



République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
جامعة عبد الحميد بن باديس
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
كلية علوم الطبيعة و الحياة



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BOUFADA RAHMA
&
ADDA NADJET

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité : **Nutrition et Pathologie**

THÈME

**EXTRACTION DES COMPOSITIONS CHIMIQUES DE JUS DE
CITRON JAUNE (CITRUS LIMON)**

Soutenue le 25 Juin 2023, devant le jury:

Qualité	Nom et Prénom	Grade	Etablissement d'origine
Président	ZABOURI YOUNES	MCA	Université de Mostaganem
Examineur	ALACHAHER FATIMA ZOHRA	MAB	Université de Mostaganem
Rapporteur	MIR Hakima	MCA	Université de Mostaganem

Année universitaire 2022/2023

REMERCIEMENTS

Ce travail été réalisé au Laboratoire de Laboratoire Des Microorganismes Bénéfiques, Aliments Fonctionnels et de la Santé, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

*Mes plus vifs remerciements et toute ma reconnaissance vont à mon Rapporteur de recherches Madame **MIR H**, Maître de Conférences A à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, sa simplicité, sa compétence, sa rigueur scientifique, ses conseils éclairés et ses critiques m'ont été très bénéfiques. Sa présence à chaque étape de ce mémoire et la confiance qu'elle m'a accordée m'a soutenue et motivée pour mener à terme ce travail.*

*J'exprime mes respectueux remerciements à Monsieur **ZABOURI Y**, Maître de Conférences A à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider ce jury.*

*Maitre assistant, Madame **ALACHAHER F.Z** Maître de Conférences à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, qui a bien voulu participer dans ce jury et examiner ce travail*

Merci aussi à tous ceux - sans citer de nom, de peur d'oublier quelqu'un - avec qui j'ai travaillé durant la réalisation de mon mémoire.

RAHMA & NADJAT

Dédicace

Merci **DIEU** le tout miséricordieux, ton amour et tes grâces à mon égard m'ont
donné la persévérance et le courage pour accomplir ce travail.

Je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :

A l'être le plus chers de ma vie, mes parents qui ont été toujours à mes cotés et
m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études.

A Mes chers grands-parents, je les remercie de m'avoir soutenu.

A Mes chers frères, Hamza et Ahmed, Rayane, Mohamed

A Mes chères sœurs, Ikram et KHadidja

AUX petits enfants, Ishak et Yasser et Israa et Kawtar et Ikhlaz.

A toutes mes chères amies, Nadjat Boucedra, Khadidja, Rahma (Reem), Amel,
Fatima, Nadia, Hanane .Je les remercie de m'avoir soutenu.

A Ma compagne et amie ADDA NADJEt, qui ma accompagné du début à la
fin de cette recherche.

A tous mes amis de promotion de 2^{ème} année Master Nutrition Pathologie
(NP).

A tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom
BOUFADA.

A toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

RAHMA

Dédicace

Avec tout mon amour éternel et tous mes sentiments, je dédie ce travail à la source de mon bonheur et de toute ma vie, mes chers parents, en remerciement de leurs efforts et de leurs encouragements tout au long de mes études, et sans eux, je n'aurait pas été qui je suis.

A mes sœurs Houria et Zahia.

A mon frère Mohamed.

A Mon Mari, Fethi, qui ma soutenu et ma aidé avec tout ce qu'il avait, alors vous voyez cette recherche.

A Ma compagne et Amie RAHMA, qui ma accompagné du début à la fin de cette recherche.

A tous mes amis sans exception.

NADJET

SOMMAIRE

Introduction.....	15
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Généralités sur les agrumes.....	17
1.1 Définition des agrumes.....	18
1.2 Diversité du genre citrus.....	19
1.3 Utilisation des agrumes.....	20
1.4 Définition des huiles essentielles.....	20
1.5 Production mondiale d'agrumes.....	21
1.6 Production d'agrumes en Algérie.....	22
2. Le citron.....	23
2.1. Les caractéristiques du citron	24
2.2 Activité antioxydant du citron.....	25
2.3 Le jus de citron.....	27
2.4 Les bienfaits du citron jaune.....	28
3 Poly phénols.....	28
3.1 Effet Biologique du poly phénol.....	29
3.2 Flavonoïdes	30
3.2.1 Activités Biologique des flavonoïdes.....	31
3.2.2 Les aliments riches en flavonoïdes	31
3.3 Définition Acides phénoliques.....	32
4 L'extraction liquide-liquide.....	32
4.1 Les caractéristiques d'extraction.....	33
4.2 Terminologies d'extraction.....	34
4.3 Classification des Systems extraction.....	34
4.4 Solvants.....	35
4.4.1 Utilisation des Solvants.....	35
4.4.2 Les facteurs influençant l'extraction par Solvants.....	36
4.4.3 Les étapes essentielles pour l'extraction par Solvants.....	37

4.4.4	Quelles sont les principales méthodes d'extraction ?.....	37
4.4.5	Les avantages de l'extraction les types d'extraction	37
4.4.6	Les inconvénients de l'extraction et solution.....	38

Matériels & Méthodes

1.	Description et choix de la variété Citron jaune.....	40
1.1.	Systematique de <i>Citrus limon</i>	40
1.2.	Préparation de l'extrait de jus de citron jaune.....	41
1.2.1.	Les étapes de l'extraction.....	42
1.2.2.	Calcul du rendement durant l'obtention de l'extrait de jus de citron jaune.....	42
2.1.	Détermination de la teneur en poly phénols tau taux (PPT) de l'extrait du jus de citron jaune	43
2.2.	Détermination de la teneur en flavonoïdes tau taux (FT) de l'extrait du jus de citron jaune	44
3.	Analyse statistique.....	45

Résultats & Discussion

1.	Résultats de préparation des végétaux étudiés.....	49
2.	Evaluation du potentiel antioxydant du citron jaune.....	50
3.	Test de réduction du radical DPPH	54
4.	Evaluation de l'IC50	55

	Conclusion.....	57
--	------------------------	----

	Références bibliographiques.....	58
--	---	----

LISTE DES FIGURES

Figure 1: L'origine des agrume.....	5
Figure 2: Les espèce et les variétés des agrumes.....	6
Figure 3: La diversité des agrume.....	7
Figure 4: Production mondiale d'agrumes.....	9
Figure 5: La répartition des Zones productives des agrumes en Algérie.....	10
Figure 6: Le citron jaune.....	11
Figure 7: Les caractéristiques du citron.....	11
Figure 8 : Activité antioxydant de citron	14
Figure 9 : Structure chimique du phénol.....	16
Figure 10 : Les aliments riches en polyphénol	17
Figure 11 : Structure chimique du flavonoides.....	17
Figure 12 : les Aliments riches –Flavonoides.....	19
Figure 13 : Le principe d'extraction liquide-liquide.....	22
Figure 14 : Les différents types d'extraction par solvants.....	23
Figure 15 : Le Citron Jaune.....	27
Figure 16 : Les étapes de préparation du jus de citron jaune.....	29
Figure 17 : Dosages des poly phénols totaux.....	31
Figure 18 : Structure chimique de DPPH libre.....	33
Figure 19 : Mécanisme réactionnel de teste DPPH.....	34
Figure 20 : Le rendement d'extraction de citron jaune.....	36
Figure 21 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour dosage des phénols totaux.....	37
Figure 22 : Courbe d'étalonnage de Quercétine pour le dosage des Flavonoïdes.....	39
Figure 23 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH de la Vitamine C.....	41
Figure 24 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH de extraits méthanoïque de jus de citron.....	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: compositions chimiques principaux de citron	12
tableau 2: composition de polyphénol pour 100g de citron net.....	16
tableau 3: teneur en flavonoïde de l'extrait de jus de citron jaune	39
tableau 4: différentes valeurs de concentration inhibitrice médiane	42

Liste des abréviations

Abs : Absorbance

F.A.O : Food and Agriculture Organisation

U.V-VIS : Ultra-violet Visible

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

I : Inhibition

C° : Degré Celsius

E : Extrait

EAG : Equivalent Acide Gallique

EQ : Equivalent Quercétine

G : gramme

Mg : milligramme

Min : minute

ml : Millilitre

nm : Nanomètre

IC50 : Concentration Inhibitrice 50

Ug : Microgramme

R% : Rendement en pourcentage

Al : Aluminium

AlCl3 : Chlorure d'aluminium

CH3CH2OH : Ethanol

Résumé

Ce travail de recherche représente l'étude des composés chimiques présents dans les fruits des agrumes citron jaune situés en Algérie, exactement à Mostaganem . Les méthodes utilisées sont des tests de détection des composés chimiques présents dans ce fruit, à l'aide de produits chimiques qui se basent sur l'aspect ou la différence de couleur, et l'effet des solvants d'extraction sur la composition chimique des citrons, le test de couleur de Folin a été utilisé par afin de détecter la quantité de polyphénol, le trichlorure d'aluminium pour déterminer la quantité de flavonoïde, puis d'évaluer l'activité antioxydant à l'aide du test de radicaux libres DPPH, les résultats étaient significatifs.

Les résultats indiquent un rendement en extrait brut est **(9.8%)**. Par ailleurs, se caractérise par a un taux important en polyphénols totaux **(1125.25ugEA/mg d'extrait)**. Une teneur faible en flavonoïdes de **(110.78 ug EQ/mg d'extrait)**.

Les résultats de ce travail nous ont permis d'affirmer que l'activité antioxydant jus de citron jaune revient essentiellement aux composés phénoliques.

Les mots clés : Agrumes, Citron jaune, extrait, polyphénols, flavonoïdes, DPPH,

الطرق المستخدمة هي اختبارات للكشف عن المركبات الكيميائية الموجودة في هذه الفاكهة ، وذلك باستخدام المواد الكيميائية التي تعتمد على المظهر أو الاختلاف في اللون ، وتأثير مذيبات الاستخلاص على التركيب الكيميائي للثمار. الليمون، لون فولين تم استخدام الاختبار للكشف عن كمية البوليفينول وثلاثي كلوريد الألومنيوم لتحديد كمية الفلافونويد ، ثم لتقييم نشاط مضادات الأكسدة باستخدام اختبار الجذور الحرة DPPH ، كانت النتائج مهمة. اظهرت النتائج ان انتاجية المستخلص الخام بلغت (9.8%). بالإضافة إلى ذلك ، يتميز بنسبة عالية من إجمالي البوليفينول (1125.25 ميكروغرام / ملجم من المستخلص). محتوى منخفض من الفلافونويد (110.78 ميكروغرام / مجم من المستخلص). أتاحت لنا نتائج هذا العمل التأكيد على أن النشاط المضاد للأكسدة لعصير الليمون يرجع أساساً إلى المركبات الفينولية.

الكلمات الأساسية: حمضيات ، ليمون ، مستخلص ، بوليفينول ، فلافونويد ، DPPH

Summary

This research work represents the study of the chemical compounds present in the fruits of lemon citrus fruits located in Algeria, exactly in Mostaganem. The methods used are tests for the detection of the chemical compounds present in this fruit, using chemicals which are based on the appearance or the difference in color, and the effect of the extraction solvents on the chemical composition of the fruits. Lemons, Folin's color test was used by to detect the amount of polyphenol, aluminum trichloride to determine the amount of flavonoid, and then to assess antioxidant activity using the **DPPH** free radical test, the results were significant.

The results indicate a yield of crude extract is **(9.8%)**. In addition, it is characterized by a high rate of total polyphénols **(1125.25ugEA/mg of extract)**. A low flavonoid content of **(110.78 ug EQ/mg of extract)**.

The results of this work allowed us to affirm that the antioxidant activity of lemon juice is essentially due to phenolic compounds.

Key words: Citrus, Lemon, extract, polyphénols, flavonoids, **DPPH**.

Introduction

Introduction

Les agrumes sont une famille de plantes appelée (Rutaceae), qui comprend divers types de fruits contenant une quantité relativement élevée d'acide citrique. Il est cultivé dans les régions tropicales et subtropicales, elles sont plus abondants au monde, ils représentent donc un secteur important dans l'agro-alimentaire, ils offrent donc une large gamme d'utilisations allant de la consommation à l'état frais à la transformation en jus, conserves et les boissons alcoolisées, et ils sont impliqués dans le traitement des maladies, ainsi que l'extraction de composition chimique de l'écorce riche en limonène (**Riera, 2021**).

Les agrumes sont les fruits des végétaux du genres *Citrus*, *Fortunella*, *Microcitrus*, *Eremocitrus* et *Poncitrus* (famille des Rutaceae), parmi lesquels on trouve les citrons, les clémentines, les kumquats, les bergamotes, les limes, les mandarines, les oranges, les pamplemousses, les pomelos, les tangerines et les cédrats (**Kępka et al ., 2022**).

De très nombreux travaux ont été réalisés pendant ces vingt dernières années pour sélectionner les sources végétales les plus avantageuses pour des applications industrielles, ou pour des compléments alimentaires. Toutes les plantes renferment des composés phénoliques et sont, à ce titre, sources potentielles d'antioxydants (**Zhang et al ., 2021**).

Les composés phénoliques dont les flavonoïdes et polyphénols sont les métabolites secondaires les plus répandus présents dans le règne végétal, ces composés jouent de nombreux rôles biochimiques et moléculaires dans les plantes, la médiation du transport de l'auxine, l'activité antioxydant et le piégeage des radicaux libres.

Parmi les antioxydants non enzymatiques, les phénols et les flavonoïdes contribuent de manière significative en tant que piégeage des radicaux libres dans les plantes pour tolérer le stress salin en s'accumulant dans divers tissu, les polyphénols sont présents sous formes libres et liées dans les matières végétales.

Les acides phénoliques représentent la partie centrale des polyphénols présents dans les grains et les produits de boulangerie des céréales et des agrumes (**Kiani & Arzani, 2021**).

L'industrie du jus d'agrumes produit chaque année d'énormes quantités de sous-produits qui peuvent constituer une source importante de matières premières pour la production de limonène, qui est le composant principal des huiles essentielles d'agrumes, environ 95% (**Koui & Lamri, 2020**).

Le citron est notamment connu pour sa teneur en vitamine C et sa capacité à favoriser une bonne digestion grâce à sa concentration en acide citrique. Le citron a de nombreux avantages, notamment la lutte contre les radicaux libres à l'intérieur et à l'extérieur des cellules. Les radicaux libres endommagent les cellules et leurs membranes, ce qui entraîne

Introduction

des infections, des maladies chroniques et le vieillissement prématuré, le cholestérol s'accumule sur les parois des artères, ce qui les fait durcir (**Sabanovic et al., 2019**).

L'extraction liquide-liquide est une technique de séparation largement utilisée à l'échelle industrielle et alimentaire dans des domaines aussi variés que l'hydrométallurgie classique, l'industrie nucléaire la pétrochimie, l'industrie pharmaceutique ou encore, l'industrie agroalimentaire. Bien que le principe de cette technique soit relativement simple, les séparations qu'elle permet de réaliser sont en réalité le résultat de la conjonction d'un grand nombre de phénomènes physico-chimiques (**Cote, 2020**).

L'extraction des composés phénoliques, y compris les polyphénols et flavonoïdes du jus de citron jaune se fait en utilisant des réactifs, qui sont $AlCl_3$ et folin-ciocaltau, afin de déterminer quantitativement ces composés, avec plusieurs conditions et effets, notamment (solvant d'extraction, temps d'extraction, types utilisées), ces composés jouent un rôle important car ils sont le principal antioxydant naturel (**Laaboudi, 2019**).

Notre étude est représentée dans l'évaluation qualitative de la composition chimique de jus de citron jaune par tri chimique, et d'autre part, l'évaluation quantitative des teneurs en polyphénols et flavonoïdes dans le jus de citron jaune par solvant d'extraction le méthanol.

Pour cela nous nous sommes fixés:

- sur la composition des jus d'agrumes essentiellement le citron jaune
- De mettre en évidence le pouvoir antioxydant d'un extrait de jus de citron jaune

Différents dosages effectués *in-vitro*, à savoir :

- Les polyphénols totaux
- Le radical DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl)
- Avant de présenter les résultats, une revue bibliographique succincte est réalisée sur les antioxydants, les flavonoïdes, et l'effet des polyphénols sur la santé.

***Revue
Bibliographique***

1. Origine et historique des agrumes

I_ Généralités sur les agrumes

Les agrumes C'est une famille des Rutacées (**Nieto et al., 2021**) sont originaires des régions subtropicales et tropicales d'Asie, originaires de certaines parties de l'Asie du Sud-est, notamment de la Chine de l'Inde et de l'archipel malais Pour que La diffusion des agrumes dans d'autres parties du monde notamment en Afrique du Nord et en Europe du Sud. La première l'introduction des agrumes en Amérique a été réalisée par les Espagnols et Les explorateurs portugais et les vergers sont apparus pour la première fois en Floride et Californie vers 1655 et 1769 (**Liu et al., 2019**). La première grande migration des agrumes a eu lieu au premier millénaire avant notre ère, en direction de l'ouest, vers la Mésopotamie. De là, ils atteignirent les rivages de la Méditerranée, l'Égypte et la Grèce entre le VIIIe et le IVe siècle av (**Luro ,2018**). Le premier type connu d'agrumes est le *Citrus medica*, et il l'est resté pendant des centaines d'années jusqu'à ce que les autres types d'agrumes mentionnés (**Al-Allaf ,2020**) sont un fruit au goût délicieux et acidulé qui pousse sur les arbres en fleurs avec une odeur aromatique qui contient une peau à l'intérieur de laquelle il y a de la chair. Il y a ceux qui contiennent des pépins et d'autres qui n'en contiennent pas. Les agrumes comprennent également les fruits suivants : les citrons, oranges, mandarines, pamplemousses et certains hybrides (**Hamadeh ,2021**) (**figure 1**)

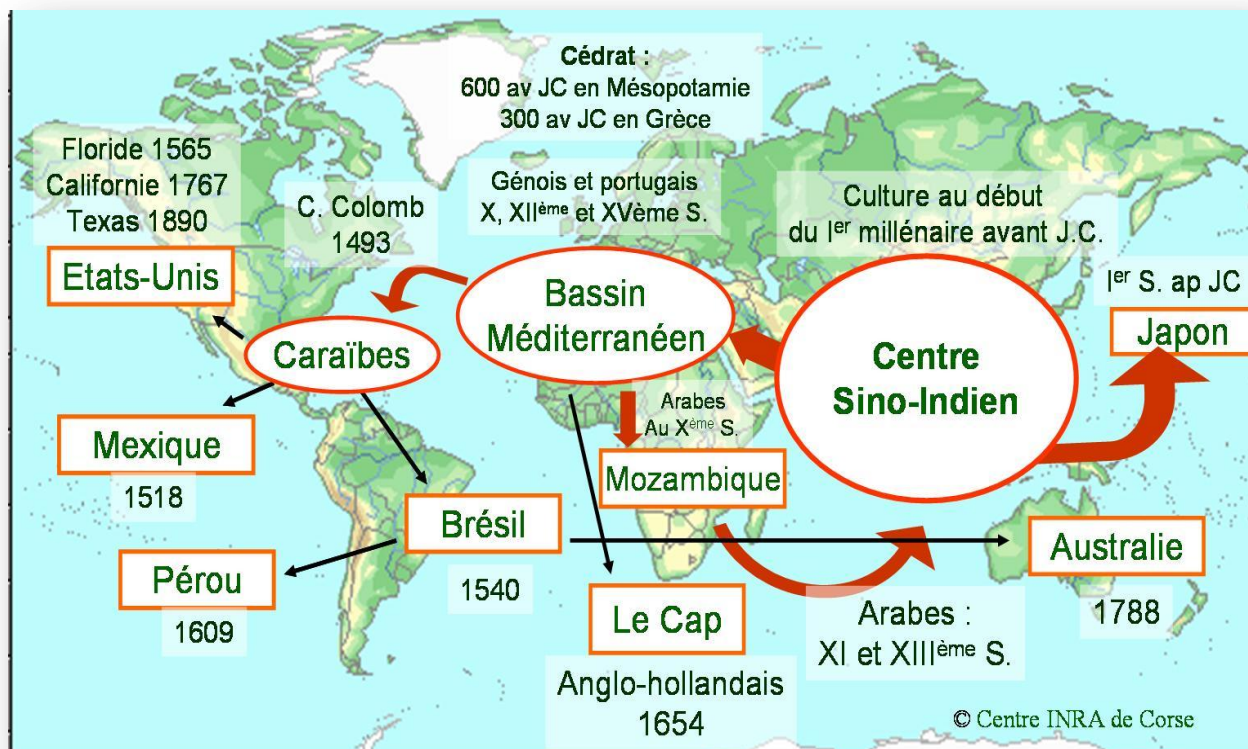


Fig.1. l'origine des agrumes (Jacquelemond *et al.*, 2021).

1.1. Définition des agrumes

Les mots « agrume » quant à lui provient du latin *accrus-men* qui désignait dans l'Antiquité des arbres à fruits acides, sont des petits arbres où arbustes, dans la taille peut varier de 2 à 10 mètres de haute suivant les espace (Bénédictte et Bâchés., 2020). Les agrumes appelé aussi Hespéridés sont des arbres produisant des fruits caractérisé par une surface de peau riche en glande à Huiles essentielle et une pulpe organe en quartier comprenant des pépins et de nombreux poils succulent gorgés de jus (Jacqueline *et al.*,2019) La plupart des agrumes présentent les mêmes qualités nutritives, à commence par une forte teneur en vitamine C, mais aussi plusieurs vitamines B, L'orange représente jusqu'à 80 mg de vitamine C (environ l'apport quotidien recommandé), un citron environ 50 mg, la clémentine environ 40 mg. Les agrumes et l'orange en particulier sont d'excellents pourvoyeurs de minéraux (calcium, magnésium, cuivre...). (Nathan ,2018) Des études ont montré que manger et consommer régulièrement des agrumes permet de prévenir les cancers tels que le cancer de l'estomac et de la vésicule biliaire (Zubiria, 2021).



Fig.2. les espèces et les variétés des agrumes (selon ,2021)

1.2. Diversité du genre citrus

- **Oranges** « *Citrus sinensis* » appelées aussi oranges du Portugal, oranges douces et le terme le plus populaire est oranges de la Chine. Depuis, son nom scientifique est devenu *Citrus sinensis* (agrume chinois). Elles représentent l'espèce commerciale de *Citrus* la plus importante dans le monde.

-**Mandarines** « *Citrus réticulât Blanco* » : elles occupent une place de plus en plus importante dans le marché des agrumes frais.

- **Bigarades** « *Citrus aurantium* » : elles sont communément appelées « oranges amères », mais c'est une espèce différente de l'orange douce. Des appellations plus familières telles que « Pomme du jardin des Hespérides » lui ont été données. Ce fruit est peu ou pas comestible.

-**citrons** « *Citrus* » : sont juteux, acides et très parfumés. Le citron est reconnu pour ses propriétés diététiques (35 kcal/100g). Il renferme du calcium à un taux relativement élevé (25mg/ 100g)

- **Limes** « *Citrus aurantifolia* » : La Lime est un petit citron vert, qui peut cependant devenir jaune et être confondu ainsi avec les citrons jaunes.

- **Cédrats** « *Citrus medica* » : Le cédrat est un fruit ovale et verruqueux. L'écorce du fruit est très épaisse, jaune pâle et laisse peu de place à la pulpe.

- **Pomelos** « *Citrus maxima* » : le pomelo n'est pas très juteux ni acide; comparé aux autres agrumes, il peut être très doux et il est le plus grand agrume.

- Pamplemousses « *Citrus paradisi* ».

- Kumquats « *Citrus japonica* Thunb »: sont des agrumes de petite taille, de couleur rouge orangée avec une chair peu juteuse et contenant de gros pépins. C'est le seul agrume qui se mange avec sa peau (Bousbia, 2019).

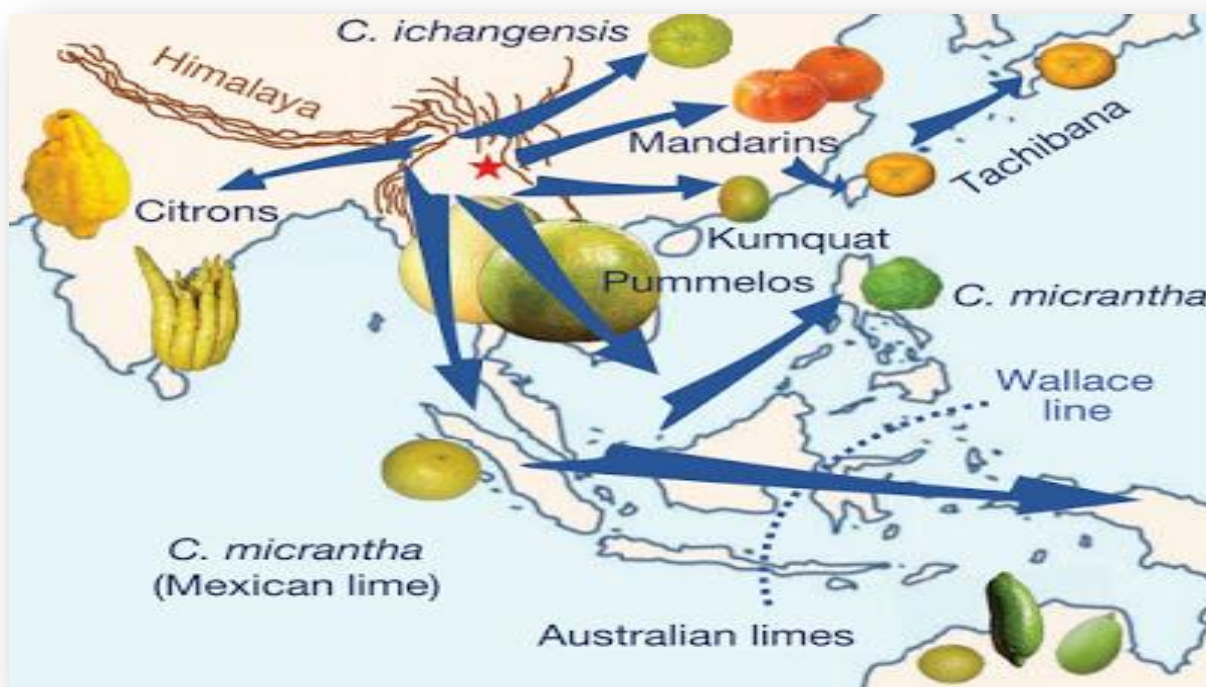


Fig.3. la diversité des agrumes (Lor et al .,2020) .

1.3. Utilisation des agrumes

Les agrumes sont utilisés dans plusieurs domaines de la vie en raison de leur richesse en composés précieux, de sorte que leurs pelures et graines sont considérées comme des sources vitales pour diverses utilisations dans les secteurs alimentaire et non alimentaire, où les composés présents dans les pelures d'agrumes peuvent être utilisés comme additifs alimentaires, molécules secondaires, ou source de pectine, d'huiles essentielles, de poly phénols, de carotène, de fibres alimentaires et de jus. Il est également utilisé pour les cosmétiques et les médicament (Suri et al., 2022).

1.4. Définition des huiles essentielles

C'est le liquide concentré et hydrofuge des substances aromatiques volatiles de la plante, obtenu par extraction mécanique, distillation à la vapeur ou distillation (BENNAMA ,2019) Les huiles essentielles de citrus sont utilisées pour la préparation des parfums, des savons, désodorisants, des bougies parfumées. En industrie alimentaires comme aromatisants, en

aromathérapie, elles sont utilisées pour traiter l'insomnie, l'anxiété et aussi pour calmer les palpitations. L'huile essentielle de citron est employée comme désaltérant et possède des propriétés antimicrobiennes, stimulantes, stomatiques et diurétiques.

- Contre les troubles nerveux.
- Contre les maladies infectieuses antivirale et antiseptique, et bactéricide.
- Désinfection de l'air, purifiant, antistress et ralentit le système cardiaque.
- Contre les problèmes de poids, détaxa, stimulant du foie.
- Contre le vieillissement prématuré, relaxante, sédative.
- Soins de la peau antirides (**Hüsnü & Buchbauer., 2020**).

1.5. Production mondiale d'agrumes

La production mondiale d'agrumes se situe autour de 89 millions de Tonnes (MT). Dont 73% de la production sont consommés en frais, 26% sont destinés à la transformation et 9% à l'exportation. Cette production est répartie en plusieurs variétés d'agrumes dans laquelle l'orange représente 57%, la mandarine 30%, le pamplemousse 7% et le citron et la lime 6% (**USDA, 2019**) avec une production de (17,34 MT). Les États-Unis (6,29 MT) et l'Union Européenne (6,07 MT). Dans la région Méditerranée (22,5 MT) d'agrumes sont produits par les 12 pays membres du Comité de liaison des agrumes Méditerranée (CLAM) dont l'Espagne, le Maroc, la Turquie, l'Italie, l'Égypte, la Grèce, la Tunisie. (**USDA, 2020**) La Chine s'est classée première pour la production d'agrumes, suivie du Brésil, de l'Inde, des États-Unis d'Amérique, de l'Espagne, du Mexique, de l'Égypte, de l'Iran et de l'Afrique du Sud (**Aboubatta 2019**), regardé le rendement suivant :

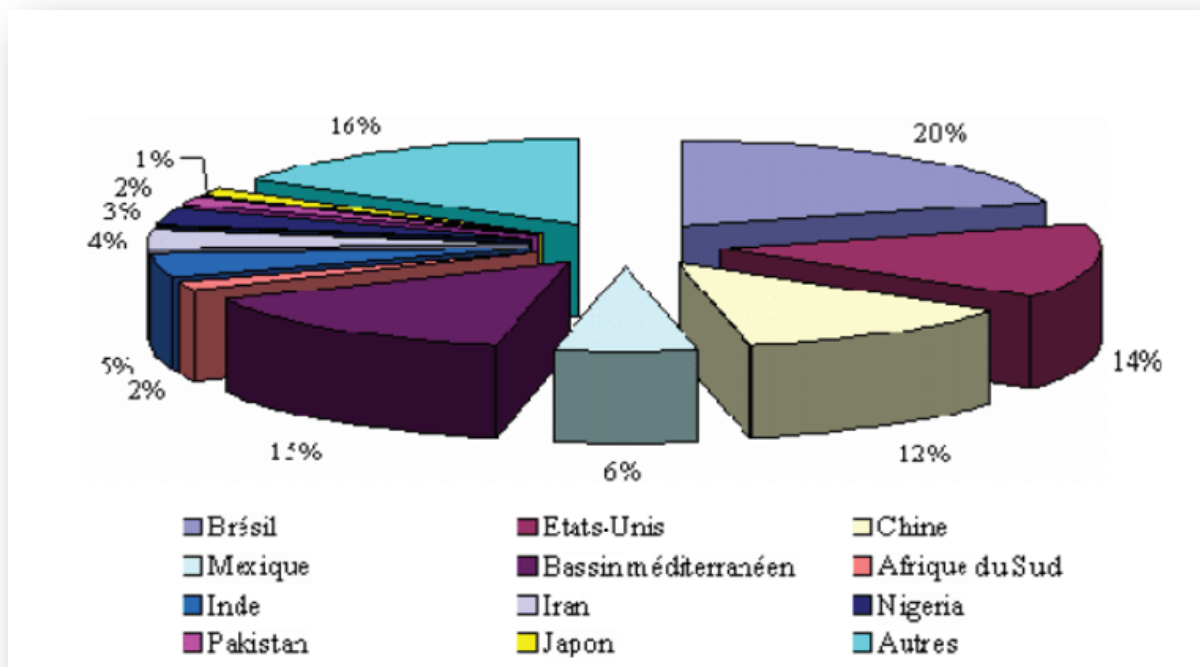


Fig.4. Production mondiale d'agrumes (USDA, 2020).

1.6. Production d'agrumes en Algérie

L'Algérie occupe le dixième rang mondial dans la production d'agrumes, et c'est l'un des principaux producteurs du bassin méditerranéen, si bien que dans les années 1966 à 1967 la production était de 96 quintaux/hectare, estimée à 400 000 tonnes. Et les mandarines de 19 %, 4438 hectares de citronniers à 7%, et 90 hectares de pomelo soit 0,1% (KHEN, 2019) Les grandes zones de production par ordre d'importance, sont la plaine de la Mitidja (44 %), Habra à Mascara (25 %), le périmètre de Bouna moussa et la plaine de Saf Saf à Skikda (16 %) et le périmètre de la Mina et le bas Chélif (14 %) (Biche, 2018), regardé la figure 5 suivante :

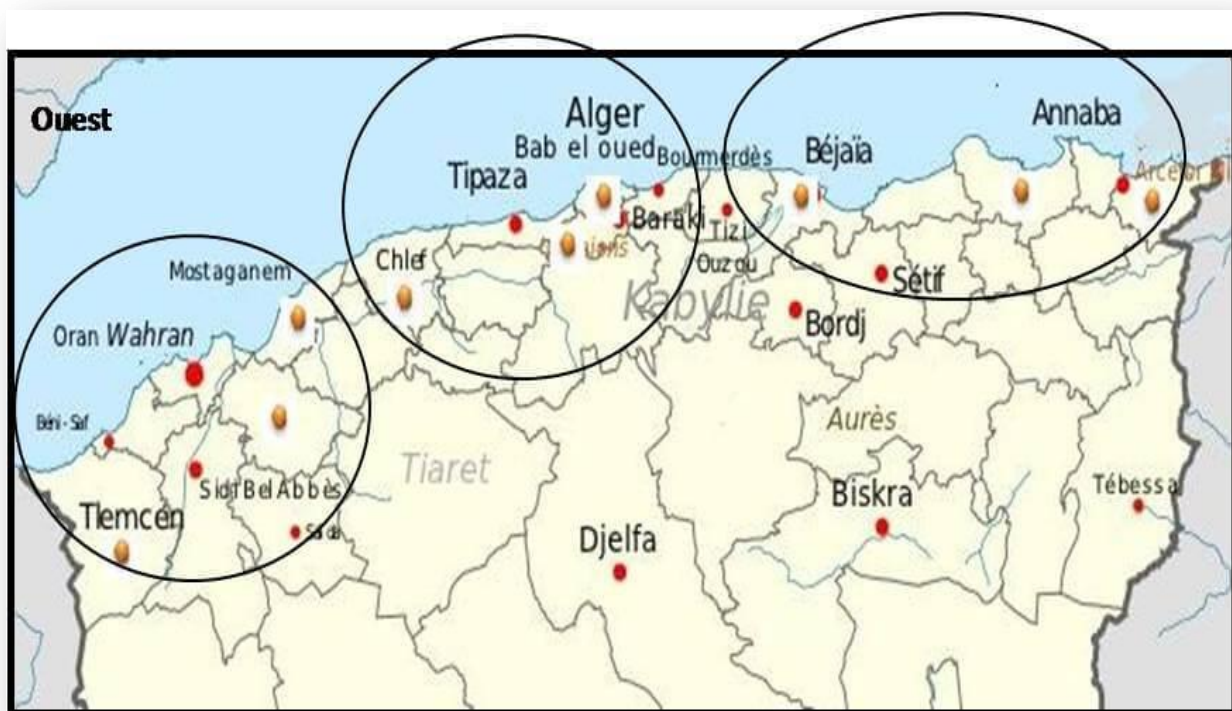


Fig.5. La répartition des zones productives des agrumes en Algérie (KHEN, 2019).

2. Le citron

L'origine du nom citron remonte à la langue persane et il s'appelle en anglais « limon », son origine est le continent asiatique, et sa culture se multiplie en Italie, aux États-Unis, en Espagne, en Grèce, en Argentine et dans de nombreux pays. en Asie et en Europe, de sorte que le citronnier appartient au royaume des plantes du genre des agrumes à fleurs, qui sont les angiospermes. Ses fruits sont de forme ovale et jaunissent pendant la maturation, atteignant une hauteur comprise entre 3 et 6 mètre (Hanifa ,2022) Le goût du citron est acide car il est riche en acide citrique (Ratini *et al.*, 2022) le citron jaune est Riche en flavonoïdes, li monoïdes, pectine, vitamine C, et encore en fer les sucres et en cuivre, cet agrume renferm Une composition détonante en molécules antioxydants (privée ,2023).



Fig.6. le citron jaune (Hamadeh ,2021)

2.1. Les caractéristiques du citron

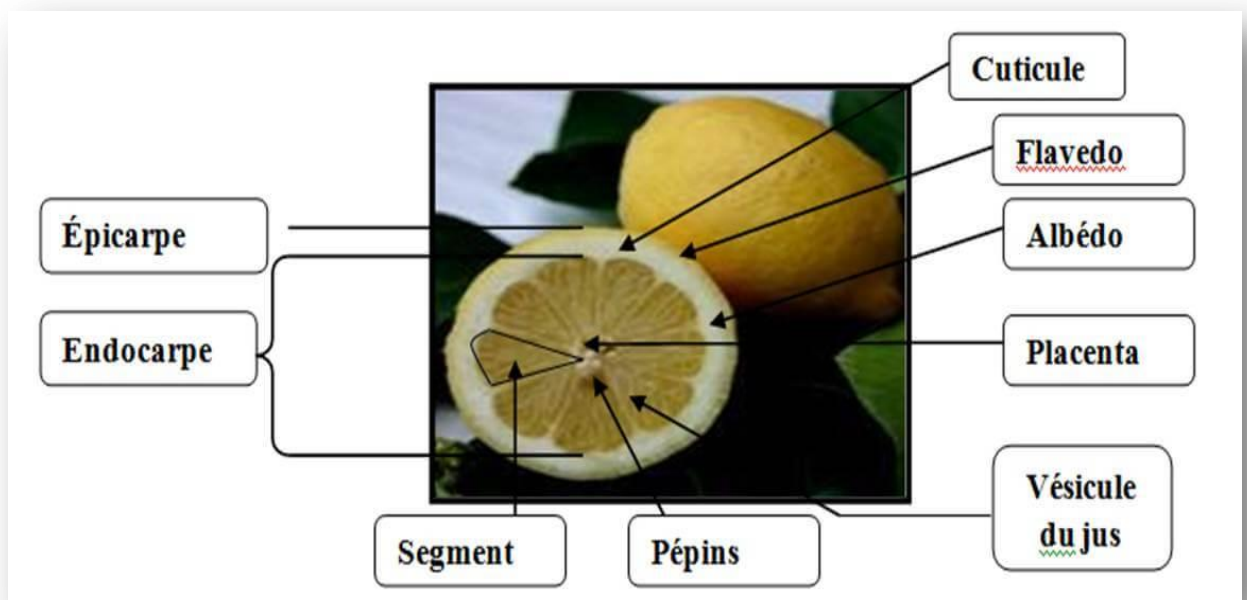


Fig.7.les caractéristiques du citron (KHEN, 2019).

Tableau 1. Compositions chimiques principaux de citron (Goetz, 2020).

Matière	Famille de constituants	Constituants chimiques
Jus	Flavanones Citroflavonoïdes	de naringine et d'hespéridine (faite d'une flavanone l'hespéretine et le discharide-rutinosé). Eriodictyol 7-rutinoside, citroflavonoïdes, nobilétine.
	Acides organiques	D'acide citrique D'acide malique
	Hydrates de carbone	De saccharose, de glucose, lévulose, etc.
	Vitamines	De Vitamine C (acide ascorbique) De vitamines A et beta carotène (provitamine A) Traces de vitamines B1, B2 et B3 ou P, P
	Minéraux et matière générales	Sodium, calcium ; phosphore ; silicium, cuivre, phosphore ; manganèse, zinc, protéines ; lipides ; glucides ; sucres simples.
Peau de citron	Huile essentielle	90% D-limonène (monoterpère cyclique). 0,4% beta pinène. (11,58%), gamma ter pinène. (9,28%), sabinienne. (1,83%), alpha pinène. (1,75% 3 à 5%) citronellal, alpha terpinéol, linalyl-acétate, acétate de géranyl, coumarine et autres constituants mineurs.

2.2. Activité antioxydant du citron

L'activité des antioxydants est étroitement liée à ses produits chimiques (**Zou et al., 2020**). Les agrumes se distinguent par leurs propriétés nutritionnelles et les antioxydants qu'ils contiennent, les antioxydants les plus connus étant les caroténoïdes, l'acide ascorbique, les tocophérols, les poly phénols, les flavonoïdes et les acides phénoliques. Les antioxydants sont des composés qui réduisent et empêchent l'oxydation des oxydants en éliminant les radicaux libres.

Les antioxydants sont classés selon différents critères :

-Leurs origines : naturelles, synthétiques.

-leur mode d'action : primaires ou secondaires. (**Kim et lee, 2019**).

-Antioxydants synthétiques (artificiels) : sont généralement des composés phénoliques d'origine pétrochimique comme le butylhydroxytoluène (BHT), le butylhydroxyanisole (BHA) ou encore les gallates.

-Antioxydants naturels : ils incluent des espèces chimiques différentes (composés phénoliques, Vitamines, etc.). qui sont d'origine végétale pour la plupart (**Berger, 2018**).

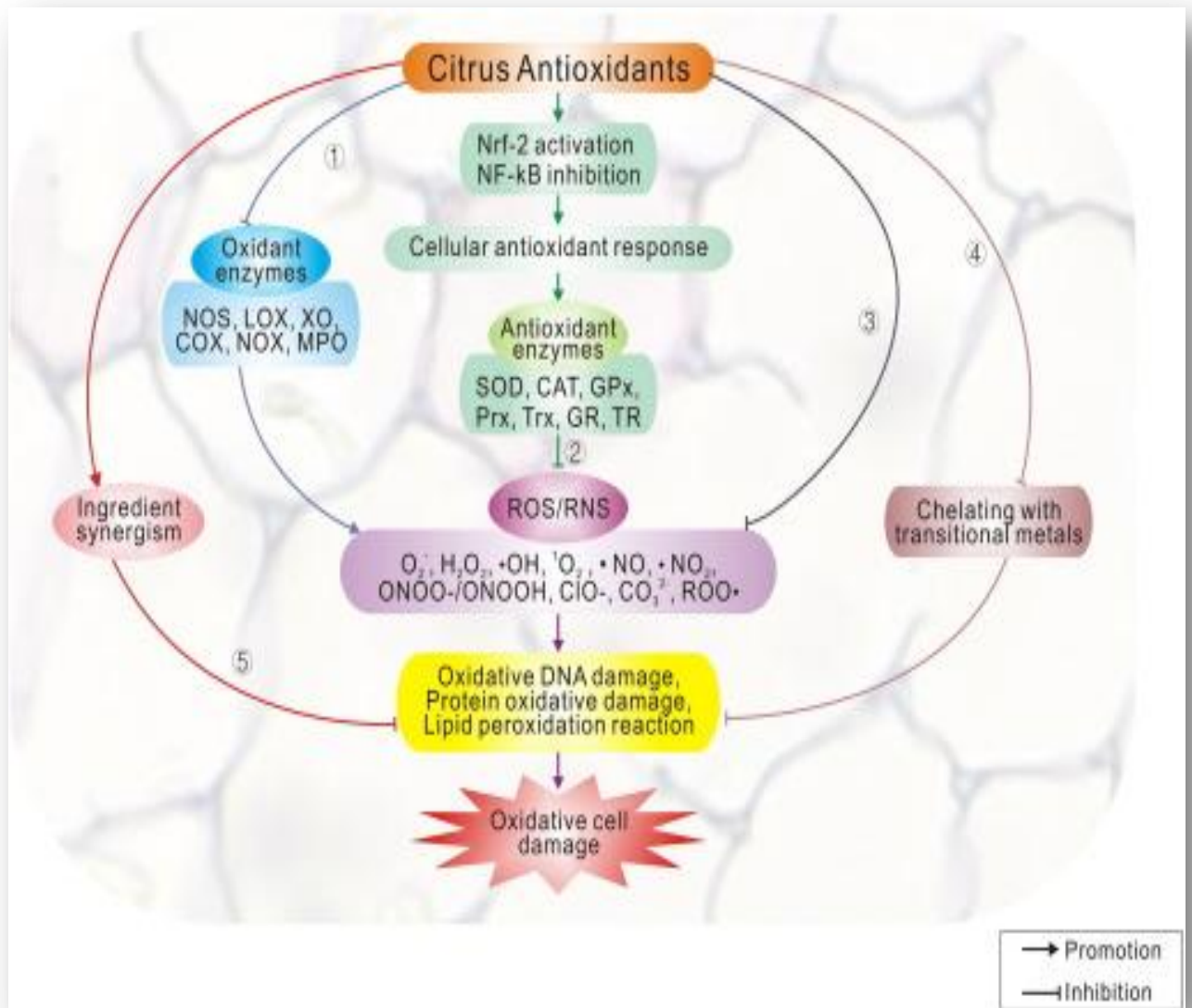


Fig.8. activité antioxydant de citron (Zou *et al.*, 2019).

2.3. Le jus de citron

Le jus de citron a plusieurs propriétés et avantages pour la santé humaine, car il est antiviral, un bon nettoyant pour le corps et bénéfique pour le foie. Il stimule la production de bile et un stimulant immunitaire, à son tour, aide à maintenir le système immunitaire grâce à des substances naturelles. défense et stimulation de l'énergie (**Pagès ,2022**) Les scientifiques ont découvert que de petites nanoparticules dans le jus de citron, lors de tests en laboratoire sur des cellules, inhibent leur prolifération et activent la mort des cellules cancéreuses ,Le jus de citron est une source précieuse de nutriments appelés flavonoïdes, qui sont des antioxydants qui protègent les cellules contre les dommages qui mènent au cancer (**Ratini , 2022**),

2.4. Les bienfaits du citron jaune

- **Maintient le cœur en bonne santé.**
- **Contrôle du poids :** Le citron est composé de fibres de pectine qui réduisent la faim et vous donnent une sensation de satiété.
- **Empêche les calculs rénaux :** Certaines études ont montré que le jus de citron prévient la formation de calculs rénaux parce que Le citron contient de l'acide citrique, qui améliore les niveaux de citrate urinaire.
- **Réduit le risque de cancer :** Les antioxydants contenus dans le citron empêchent les radicaux libres d'endommager les cellules. Un composé appelé D-limonène dans le citron a des propriétés anti-cancérogènes.
- **Il améliore la santé du système digestif :** La grande quantité de fibres alimentaires, en particulier les fibres solubles présentes dans le citron, est la principale raison d'aider à soulager la constipation et d'autres problèmes digestifs, car elle contient des niveaux élevés d'acide citrique, qui à son tour stimule la production d'acide gastrique et aide à digérer nourriture.
- **Augmente l'immunité :** La vitamine C et les antioxydants présents dans le citron renforcent votre immunité. il peut combattre le rhume et la grippe et aide également contre la grippe porcine H1N1 (**Singh et Team ,2023**).

3. polyphénols

les polyphénol sont une classe de composés présents dans de nombreux aliments végétaux qui comprend les flavonoïde ,les acide phénolique ,les lignines et les stibines il existe plus de 8000 type différents de poly phénols qui ont été identifiés à ce jour et fonctionnent comme des antioxydants dans le corps, ce qui signifie qu'ils peuvent lutter contre les dommages environnementaux (**Nok , 2021**) être divisés en deux types principaux, des dérivés d'acide benzoïque et d'acide cinnamique basés sur les squelettes C1 - C6 et C3 - C6 (**TSao, 2019**) . Ils portent un ou plusieurs groupements hydroxyle. Les chalcones, les xanthones et les flavonoïdes sont les principaux types de poly phénols chimiquement divers qui existent dans la nature avec un large éventail d'activités biologiques (**Ghani, 2020**) les poly phénols peuvent contribuer à l'amertume, l'astringence, la couleur, la saveur, l'odeur et la stabilité oxydative. Vers la fin du 20e siècle, des études épidémiologiques et des méta-analyses associées suggéraient fortement que la consommation à long terme de régimes riches en poly phénols végétaux offrait une certaine protection contre le développement de cancers, de

maladies cardiovasculaires, de diabète, d'ostéoporose et de maladies euro dégénératives (Pandy et Rizvi, 2019).

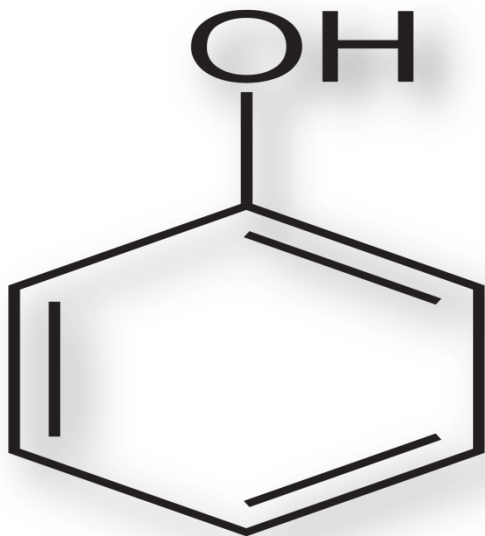


Fig.9. : Structure chimique du phénol (sabiessiak, 2020).

Tableau 2. Composition de poly phénols pour 100g de citron net (Ciqual, 2019).

Polyphénols	Quantité
Flavonoïdes	36.89 mg
Lignanes	0.02 mg
Polyphénols totaux	36.91 mg

3.1. Effet Biologique du polyphénol

L'effet protecteur des poly phénols est tributaire de leurs propriétés antioxydants, très susceptibles de prévenir des dommages oxydatifs moléculaires et cellulaires les poly phénols ont la capacité de réguler une diversité de processus cellulaires et moléculaires par interaction avec des cibles protéiques, leur conférant des propriétés anti-thermogéniques, anti-inflammatoires, anti-thrombotiques, anti-carcinogène ,aussi capables de diminuer d'autres facteurs de risque des maladies cardiovasculaires impliqués dans le syndrome métabolique (hyperglycémie, taux de lipides élevé, insuline résistance, obésité abdominale et hypertension artérielle) .(Amiot *et al* .,2020), regardé la figure10 suivante :

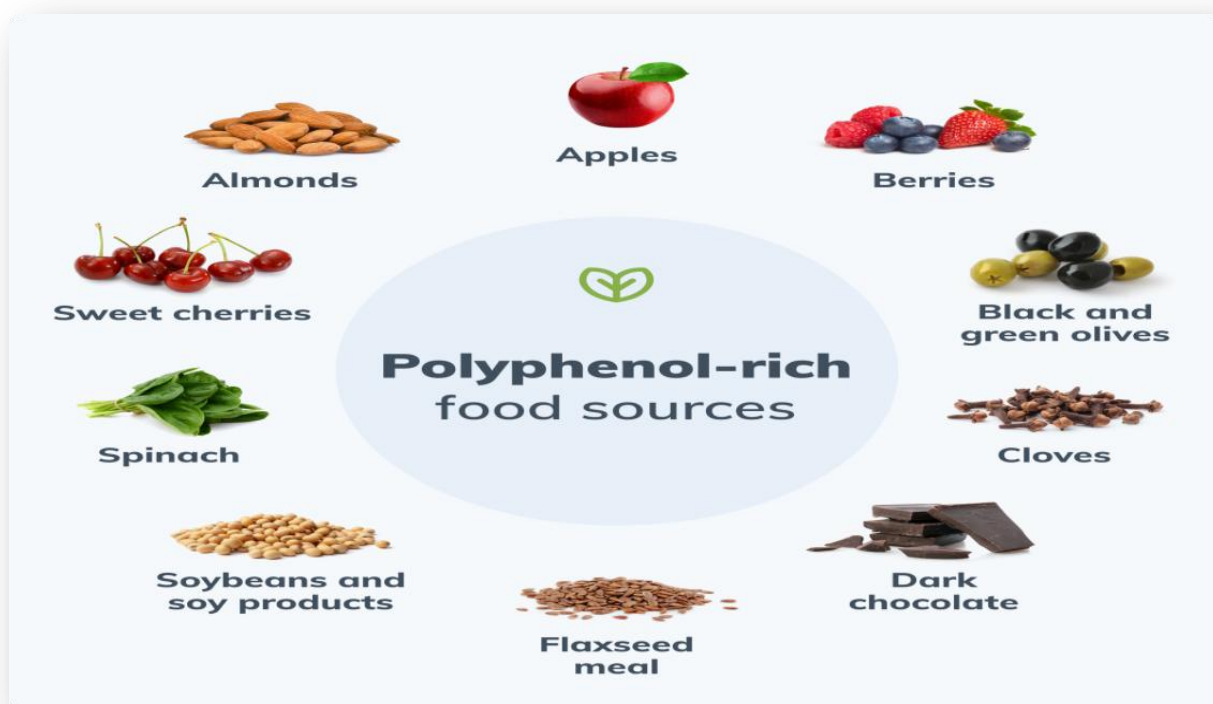


Fig.10. les aliments riche en polyphenol

3.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes en tant que poly phénols à trois cycles contenant 15 atomes de carbone et deux atomes de carbone, la mouche, un groupe de flavonoïdes provenant d'aliments abondants dans les fruits et légumes en plus d'être présents dans le vin, le thé et le chocolat, le plus grand contenant contient environ 6000 articles différents (**Hartline et Watson ,2020**) sont des pigments végétaux qui sont responsables de la coloration des fleurs et des fruits ,il donnent souvent une coloration jaune du point de vue chimique (**Rey ,2018**) jouent un rôle contre la résistance au gel, la résistance à la sécheresse et peuvent jouer un rôle fonctionnel dans l'acclimatation à la chaleur des plantes et la tolérance au gel. (**Panche, 2020**).

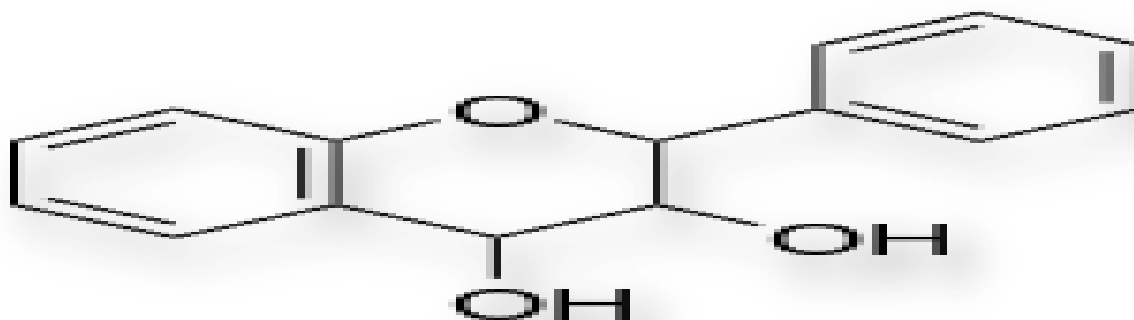


Fig.11. Structure chimique du flavonoïdes (**Choi et al ., 2019**)

3.2.1. Activités Biologique des flavonoïdes

Les flavonoïdes exercent de nombreuses activités biologiques dont des propriétés antioxydants, protectrices vasculaires, antitoxiques, anti-inflammatoires, antiulcéreuses ou encore anti-tumorales, car ils sont capables de moduler l'activité de certaines enzymes et de modifier le comportement de nombreux systèmes cellulaires (**Ghedira ,2019**).Les enquêtes sur les relations structure-fonction de 54 flavonoïdes par Lasure ont révélé une réponse dose-dépendante sur l'inhibition de l'hémolyse méditée par le complément et ont également démontré que la quercitrine et d'être parmi les inhibiteurs les plus puissants de la voie classique .(**Meserole , 2020**).

3.2.2. Les aliments riches en flavonoïdes

-Légumes : Ceux-ci comprennent les poivrons rouges, le chou-fleur, le chou, l'ail, les Épinards, les tomates, les oignons, le gingembre, les légumes-feuilles et les haricots verts.

-Fruits : Fraises, oranges, citrons, ananas et autres agrumes, mangues, papayes et pommes contiennent des flavonoïdes.

-Thé vert, chocolat noir, vin rouge, soja et tofu (**Al_Banna ,2019**), regardé la **figure 12** suivante :

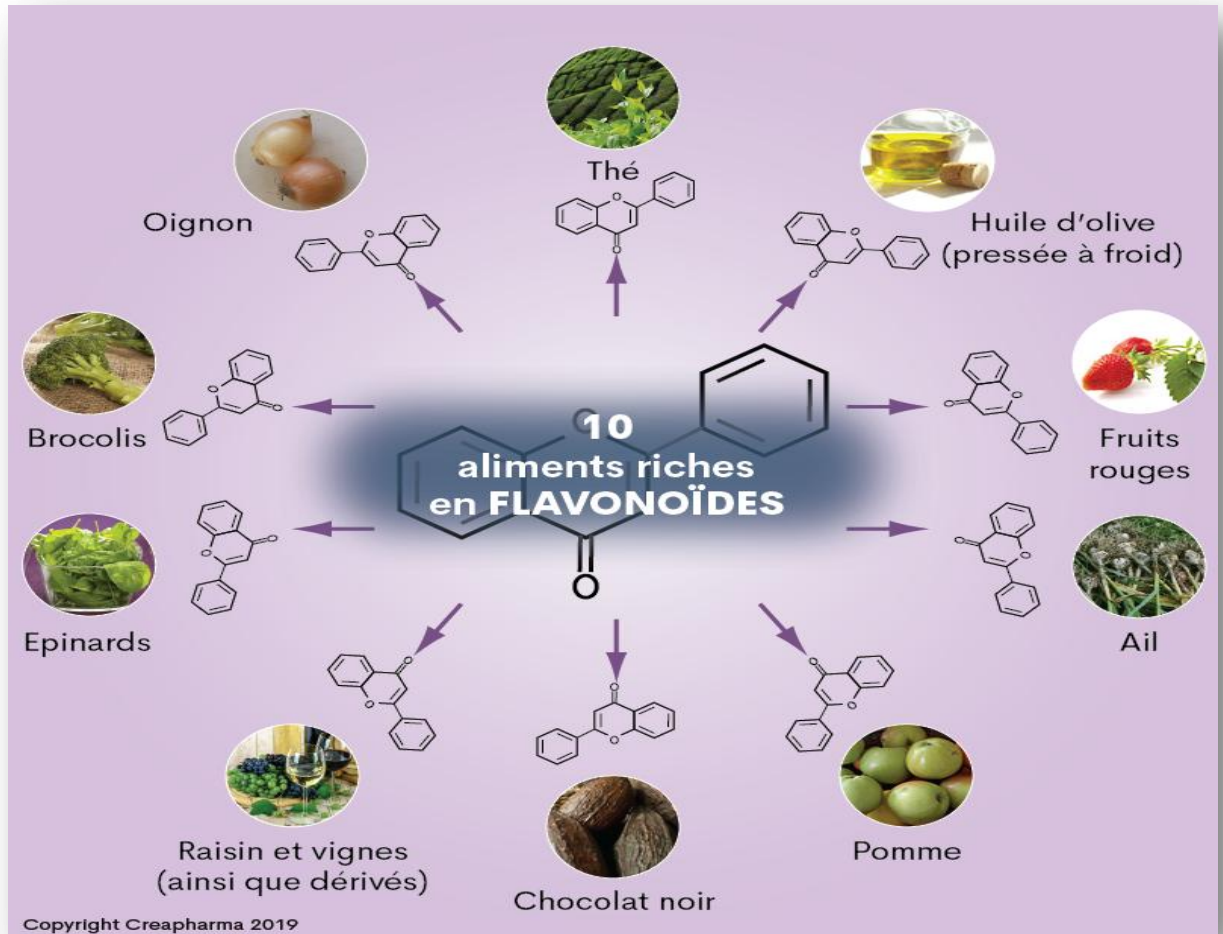


Fig.12. les Aliments-Riches-Flavonoïdes (AL Banna ,2019).

3.3. Définition Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des composés poly phénoliques non flavonoïdes qui peuvent être divisés en deux types principaux, des dérivés d'acide benzoïque et d'acide cinnamique basés sur les suries C1 - C6 et C3 - C6. Alors que les fruits et légumes contiennent de nombreux acide phénoliques libres, dans les grains et les graines - en particulier dans le son ou la coque - les acides phénoliques sont souvent sous la forme, ces acides phénoliques ne peuvent être libérés ou hydrolysés sur l'acide ou l'hydrolyse alcaline, ou par des enzymes (TSao ,2020).

4. L'extraction liquide-liquide

La technique d'extraction est utilisée pour séparer une substance ou plusieurs substances les unes des autres, et cela dépend de la solubilité et de l'extraction, car il est connu que les solvants dissolvent leur ressemblance, et par conséquent le processus d'extraction est basé sur la diffusion ou la fragmentation de la substance dissoute entre deux solvants qui ne sont pas

miscibles entre eux, et ce processus est effectué dans un entonnoir spécial pour l'extraction appelé entonnoir de séparation. Parmi les types d'extraction figurent liquide/liquide, liquide/solide et acide/base (également appelée extraction chimiquement active (**Abou _el Kassim ,2020**), parmi les méthodes les plus utilisées en analyse pour séparer les mélanges. Elles reposent sur la différence d'affinité d'un soluté entre deux phases non-miscibles entre elles qui permet de transférer un soluté d'une phase liquide à une autre phase liquide non-miscible à la première (**Demirdjian ,2019**). L'extraction de principes actifs à haute valeur ajoutée à partir de la matière végétale, notamment le cas des polyphénols, qui suscitent actuellement beaucoup d'intérêt, grâce à leur pouvoir antioxydant, est une étape très importante dans l'isolement aussi bien que dans l'identification des composés phénoliques. (**Mahmoudi et al., 2018**).

Les conditions physico-chimique sont favorables pour :

- La séparation de constituants à points d'ébullition.
- La séparation azéotropique.
- La concentration et la purification de solution.
- La séparation de composés thermosensibles. (**COT, 2021**).

4.1. Les caractéristiques d'extraction :

: Plus le solvant organique est polaire, plus il est miscible (soluble), par exemple les solvants polaires tels que le méthanol, l'éthanol et l'acétone pour les plusieurs caractéristique est :

- 1. Bonne solubilité du composé cible :** le ou les composés à extraire, qui sont présents dans une solution, doivent également être solubles dans le solvant d'extraction.
- 2. Mauvaise solubilité des impuretés :** les impuretés majeures (par exemple, issues d'une réaction) ne doivent pas être solubles dans le solvant d'extraction.
- 3. Volatilité du solvant d'extraction :** le solvant d'extraction doit être suffisamment volatil pour pouvoir être éliminé facilement de la matière extraite par distillation.
- 4. Propriétés de toxicité et sécurité du solvant d'extraction :** il est généralement souhaitable que le solvant soit non toxique et non inflammable.

Certains solvants ne sont pas toxiques mais inflammables (par exemple : éther di éthylique, hydrocarbures, éther de pétrole, hexanes). Certains ne sont pas inflammables mais toxiques (par exemple : le dichlorométhane, le chloroforme). Certains solvants sont à la fois toxiques et inflammables (par exemple : le Benzène), (**Lu et al. ,2020**).

4.2. Terminologies d'extraction

- Soluté: constituant à extraire.
- Diluant : liquide contenant les solutés.
- Solution: ensemble solute + diluants.
- Solvant : liquide destiné à extraire les solutés.
- Extrait : phase issu de l'opération contenant les solutés extraits. Cette phase est riche en solvant.
- Raffinat : phase résiduelle épuisée en soluté. Cette phase est riche en diluant.
- Phase lourde : phase ayant la plus grande masse volumique.
- Phase légère : phase ayant la plus faible masse volumique.
- Phase aqueuse et Phase organique : ces termes sont liés à la nature du solvant et diluant. (**Hazem et al., 2020**).

4.3. Classification des Systems extraction :

- L'extraction d'un soluté réalisée selon différents mécanismes et la classification de système extraction c'est :

1. Extraction par simple partage :

Le soluté conserve la même forme dans les deux phases, le partage est basé sur une différence d'affinité du soluté pour le diluant organique.

2. Extraction par solvation :

Le soluté est extrait sous forme de chélates dans la phase organique par extraction simultanée d'un anion dans les proportions stœchiométriques du point de vue de la neutralité.

3. Extraction par échange d'ions :

Extraction par échange d'ions divisée en deux classes : extraction par échange Cationique et extraction par formation de paire d'ions :

-Extraction par échange cationique :

Extraction qui peut être un acide organique lipophile de type bêta dicétone, acide sulfonique, acide carboxylique, acide organophosphoré.

-Extraction par formation de paire d'ions :

Extraction est complexe métallique anionique et $A^+ X^-$ est l'ex tractant un sel de base organique de type sel d'amine primaire, secondaire ou tertiaire un sel d'ammonium quaternaire. (COT, 2020).

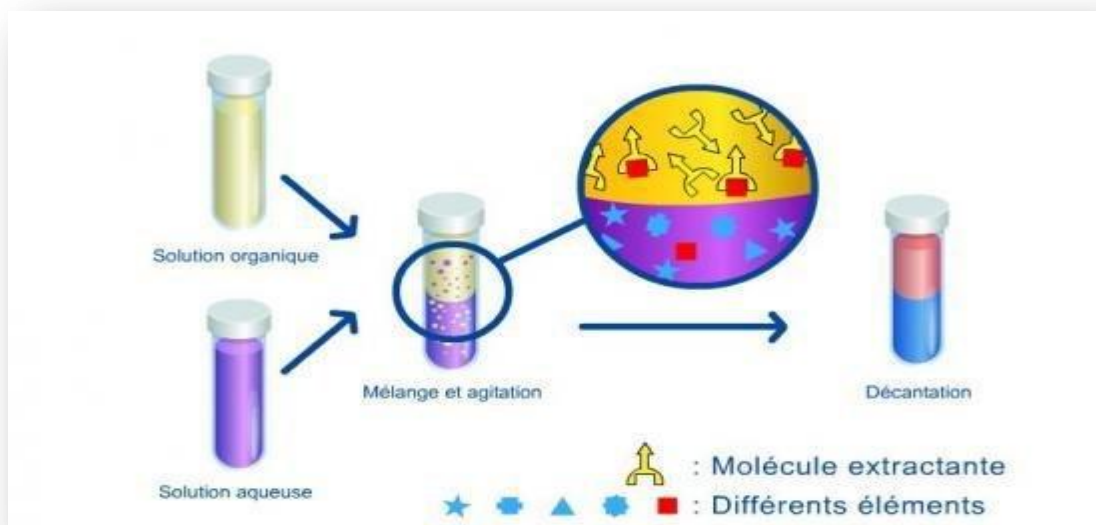


Fig.13. le principe d'extraction liquide-liquide (Cot, 2020).

4.4. Solvants

Les solvants constituent en effet un ensemble de produits chimique variés ayant pour caractéristiques techniques essentielles un fort pouvoir solubilisant associé a une volatilité en général élevée ce propriété en font des auxiliaires difficilement contournables, dans l'industrie chimique, Comme contiens plusieurs type des solvants c'est Les solvants représentent environ 200 substances d'usage courant classé en 9 famille chimique elle même regroupées en 3 grand groupe :

1 -les solvants oxygénée :le alcool ,les aster ,les éther de glycol, les cétone et les éther La majorité des solvants oxygénée sont des l'éthanol , méthanol et acétone .

2- les solvants hydrocarbonés.

3- les solvants halogénés (Canton *et al.*, 2020).

4.4.1. Utilisation des solvants

- **Ethanol** : en parfumerie.
- **Isopropanol** : pour le dégivrage et le nettoyage des pare-brises.

- **Acétone, Méthyle, éthyle cétone, méthyle, isobutyl cétone** : dans la fabrication de matériaux composites en fibres de carbone, ils permettent à la résine époxyde d'enrober facilement les fibres de carbone.
- **Acétate d'éthyle** : dans les vernis à ongles et comme dissolvant.
- **Ethers de glycol** : composants de nettoyeurs professionnels de vitres, sols.
- **Esters de glycol** : dans les peintures en spray.
- **Hydrocarbures aliphatiques** : pour la protection du bois de charpente.
- **Hexanes** : pour l'extraction de l'huile des graines de tournesol.
- **Toluène** : comme solvant d'encres d'imprimerie par rotogravure.
- **Pentanes** : comme agent d'expansion de mousses d'isolation d'appareils électroménagers (Triolet, 2019).

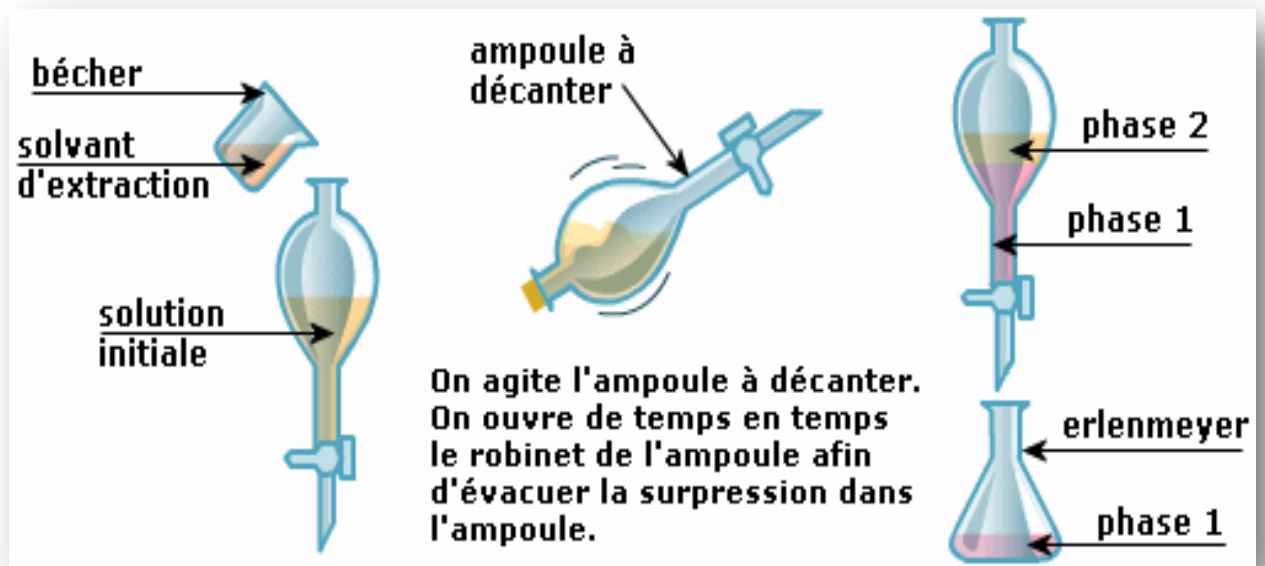


Fig.14. Les différents types d'extraction par solvants (Abe et al, 2020).

4.4.2. Les facteurs influençant l'extraction par solvants (Forest, 2019)

- 1-La nature du soluté à extraire.
- 2-La température.
- 3-La variation du PH.
- 4-Le temps d'agitation.
- 5-La concentration de la phase organique et aqueuse.

6-Le temps de décantation du mélange des deux phases.

7 -Le rapport volumique des deux phases.

8-La vitesse d'agitation.

4.4.3. Les étapes essentielles pour l'extraction par solvants (Sikh ,2019)

1. La première étape : la mise en contact entre deux phases (la phase à extraire et la phase d'extraction), pour augmenter du changement de surface.

2. La deuxième étape : consiste à obtenir l'équilibre du système.

3. La dernière étape : la séparation des phases

4.4.4. Quelles sont les principales méthodes d'extraction ?

1-Décoction : la décoction se réalise généralement pour une plante. Pour réaliser une décoction, on prépare les parties végétales que l'on place dans de l'eau froide. On porte ensuite le mélange à ébullition puis on le refroidit et on le filtre.

2-Macération : c'est une technique plus longue d'extraction qui consiste à laisser un solide dans un liquide (solvant organique) froid pour que les espèces chimiques soient extraites doucement.

3-Infusion : il s'agit d'une technique de dissolution d'un végétal placé dans une eau bouillante qu'on laisse refroidir.

4-La décantation : cette méthode permet de séparer des composés uniquement par séparation mécanique : on trouve deux types de décantation : la décantation entre deux liquides non miscibles et la décantation liquide – solide.

5-L'enflourage : cette méthode permet de récupérer des composés aromatiques de plantes

4.4.5. Les avantages de l'extraction Les types d'extraction (Michael, 2020)

-les avantages de l'extraction liquide-liquide présente de nombreux avantages parmi lesquels :

- **Le coût :** ce sont des techniques qui ne demandent pas d'investissement de gros matériel ou de réactifs. Le matériel nécessaire à la mise en œuvre de ces techniques est du matériel de base de laboratoire comme de la verrerie, des pipettes, une centrifugeuse et une hotte à solvants.
- **La concentration des échantillons :** l'utilisation de solvants organiques volatiles permet la concentration du soluté par évaporation du solvant.
- **La purification :** l'utilisation d'un solvant organique judicieusement choisi permet de solubiliser la substance d'intérêt et de laisser dans la matrice les molécules interférentes.

- **La possibilité** de travailler sur des matrices très variées.
- **La possibilité d'extraire** une gamme très étendue de molécules qui couvre une multitude d'applications.

4.4.6. Les inconvénients de l'extraction et solution :

- **La consommation de volumes** : importants de solvants, surtout lorsqu'il s'agit d'extractions multiples.
- **La toxicité des solvants** : les solvants sont des produits toxiques dont il faut se protéger.
- **Difficultés d'extraire** : les molécules très polaires de par les caractéristiques chimiques des solvants organiques (apolaires et aprotiques). Pour quantifier de telles molécules, d'autres méthodes de traitements d'échantillons devront être appliquées comme la précipitation (**Abe et al., 2019**).

Matériels & méthodes

1. Description et choix de la variété Citron jaune

Le citron (ou citron jaune) est un agrume, fruit du citronnier (*Citrus limon*). Il existe sous deux formes : le citron doux, fruit décoratif de cultivars à jus peu ou pas acide néanmoins classé *Citrus limon* (L.) *Burm. f.*; et le citron acide, le plus commun de nos jours, dont le jus a un pH d'environ 2,5.

Ce fruit, mûr, a une écorce qui va du vert tendre au jaune éclatant sous l'action du froid. La maturité est en fin d'automne et début d'hiver dans l'hémisphère nord. Sa chair est juteuse, le citron acide est riche en vitamine C, ce qui lui vaut - avec sa conservation facile - d'avoir été diffusé sur toute la planète par les navigateurs qui l'utilisent pour prévenir le scorbut. De l'écorce qui contient entre autres substances du limonène et du citral.

La variété de citron retenue dans cette étude est très répandue dans la région centre-ouest algérienne (La plaine de la Mitidja). Il s'agit d'un fruit très apprécié en Algérie. Nous avons prélevé le fruit du citron jaune (*Citrus limon*), (Rutacées) de notre arbre fruitier en avril 2023.



Fig.15. le citron jaune(**Zubiria, 2021**).

1.1. Systématique de *Citrus limon*

Selon **Cronquist, (1982)**, la classification qu'occupe *Citrus limon* dans la systématique est la suivante:

Règne.....	Plantae
Sous-règne.....	Tracheobionta
Division.....	Magnoliophyta
Classe.....	Magnoliopsida
Sous-classe.....	Rosidae
Ordre.....	Sapindales
Famille	Rutaceae
Genre.....	<i>Citrus</i>
Espèce.....	<i>Citrus limon</i>

1.2. Préparation de l'extrait de jus de citron jaune

Nous avons préparé les citrons utilisée 7 citrons équivalente 2kg et nettoyé l'extérieur du citron jaune, et nous avons pris chaque moitié d'un citron en le pressant avec un presse-agrumes à main, puis nous avons filtré le jus des résidus de pulpe, nous avons choisi ce type :

- Parce qu'il est source de vitamine C et sa capacité à bien digérer grace à la concentration en acide citrique.
- Son gout, sa qualité nutritionnelle et sa disponibilité au niveau de l'Algérie.

1.2.1 Les étapes de l'expérimentation ce présenté dans (la figure 16) suivante

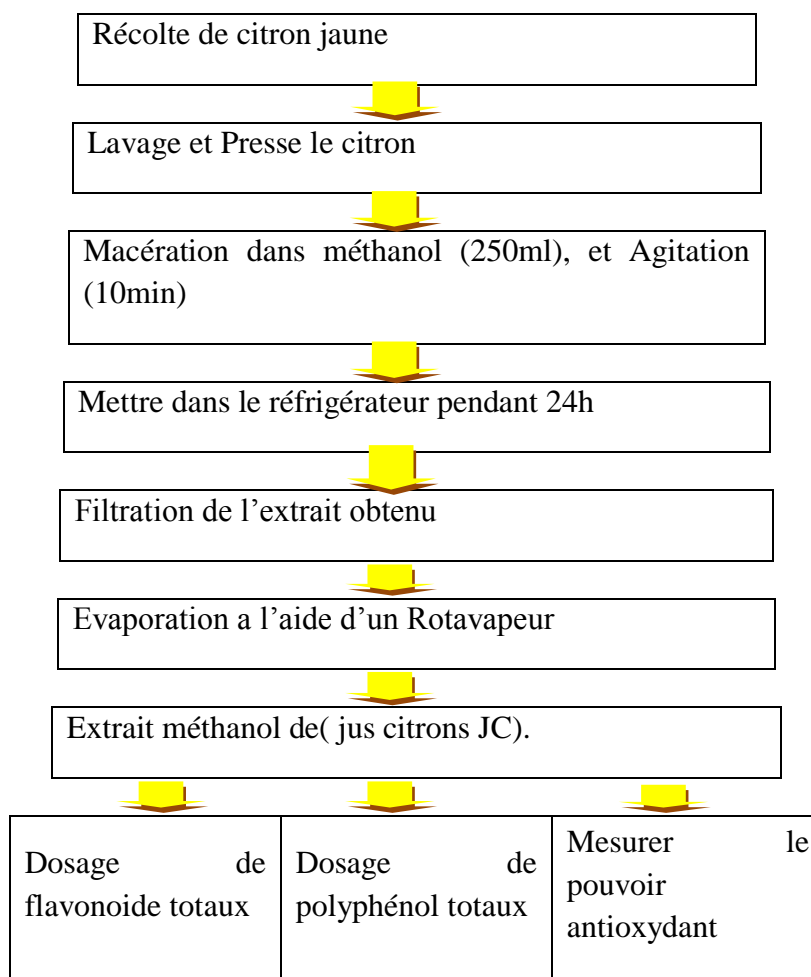


Fig.16.les étapes de préparation du jus de citron

2. Calcul du rendement durant l'obtention de l'extrait de jus de citron jaune

Le rendement de l'extraction est calcule de 50 ml de la matière première liquide, exprime en pourcentage est calcule la formul suivants :

$$Rd(\%) = \frac{p1-p2}{p3} \cdot 100$$

P1 : poids du jus après évaporation.

P2 : poids avants évaporation.

P3 : poids de la matiere sèche départ.

2. Evaluation du potentiel antioxydant du citron jaune

L'activité antioxydant du composé est représentée par sa capacité à résister au stress oxydatif par conséquent, différentes méthodes sont utilisées pour évaluer l'activité antioxydante en laboratoire, comme les radicaux libres DPPH (Sharma Ott et Bhatt., 2009).

2.1. Détermination de la teneur en polyphénols totaux (PPT) de l'extrait du jus de citron jaune

Les polyphénols totaux ont été dosés par spectrophotomètre UV-vis, par méthode colorimétrique. Le réactif de Folin est jaune (Singleton et orthofor, 1999).

La foline a une couleur jaune, cette couleur est formée d'un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lorsque le polyphénol est oxydé, il réduit le réactif de la foline en un composé bleu constitué d'oxyde de tungstène et de molybdène, ou la valeur de la couleur est proportionnelle aux niveaux des composés phénoliques oxydés (Boizot et Charpentier, 2006). Le protocole décrit par Singleton et al, est basé sur la réalisation de changements de couleur dans des tubes de verre de laboratoire.

L'objectif de ce travail est basé sur l'oxydation de polyphénol par ce réactif elle entraîne la formation d'un d'un nouvelle complexe molybdène-tungstène de la couleur bleu.

2.1.1. Méthode de dosage des polyphénols totaux

Un volume de 0,2ml de l'extrait a été mélangé avec 1,5 ml de folin ciocalteu(10%). Après 5 min,on rajout 1,5 d'une solution de carbonate de sodium (6%). Le mélange est soumis une agitation puis incubé a température ambiante a l'obscurité pendant 2h et l'absorbance est lue a 765nm sur un Spectrophotomètre. L'acide gallique est utilisé comme standard de référence. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalents d'acide gallique par mg d'extrait sec (ug EA/mg d'extrait)

$$\text{Polyphénols} = a .f/C$$

a : Concentration de polyphénols (ug Eq acide gallique/mg d'extrait) déterminée à partir de la courbe étalon.

f : Facteur de dilution (x22).

C : concentration de l'extrait .

Mode opératoire

- Prélever 0,2ml d'extrait
- Ajouter 1,5ml de folin ciocalteu (10%). Puis agitation de mélange.
- Après 5min ajouter 1,5ml de solution de Carbonate de sodium (Na₂ CO₃),(6%).
- Laisser incubation à T° ambiante pendant 2h à l'obscurité.
- La lecture de l'absorbance des différents concentration sur un spectrophotométrie à 765nm.

- La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide gallique à différentes concentrations de 0,1 au 10 μ g/l, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents d'acide gallique par gramme de matière végétale fraîche.

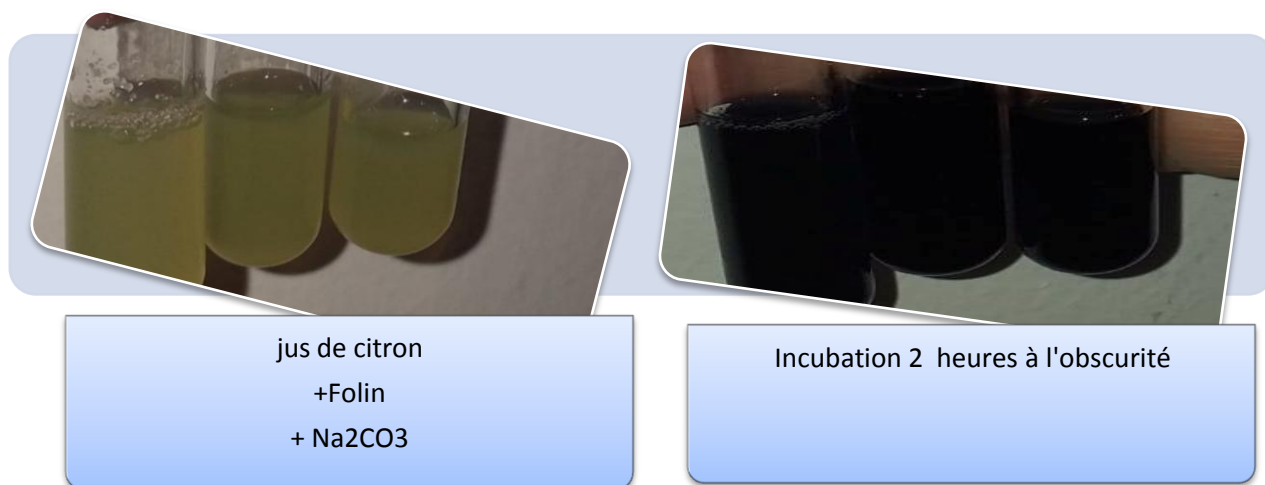


Fig.17. Dosage des polyphénols totaux

2.1.2. Courbe d'étalonnage de l'acide l'acide gallique

La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide gallique à différentes concentrations de 0.1 au 10 μ g/l, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents d'acide gallique par gramme de matière végétale fraîche.

2.2. Détermination de la teneur en flavonoïde totaux (FT) de l'extrait du jus de citron jaune

Les flavonoïdes possèdent un groupement (-OH) libre, en position 5 qui est susceptible de former avec son groupement -CO et le chlorure d'aluminium un complexe coloré. L'apparition de la couleur jaune indique la formation de ce complexe. (Ribéreau Gayon, 1968). Trichlorure d'aluminium (AlCl₃) cité par Djeridane et al, est utilisé pour quantifier le contenu en flavonoïde dans nos extraits, (Djeridane et Yousfi, 2006).

2.2.1. Méthode de Dosage des flavonoïde totaux

Un volume de 1 ml d'extrait a été additionné à 1 ml de trichlorure d'aluminium à 2% (AlCl₃). Le mélange a été placé à température ambiante et à l'obscurité pendant 10 mn puis l'absorbance a été mesurée à 430 nm sur un Spectrophotomètre. Le Quercétine est utilisé comme standard de référence. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalents Quercétine par mg d'extrait sec (ug EQ d'extrait).

$$\text{Flavonoïdes} = a \cdot f/C$$

a : Concentration de flavonoïdes (équivalent de catéchine /mg d'extrait) déterminée à partir de la courbe étalon.

f : Facteur de dilution (x10).

C : Concentration de l'extrait.

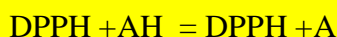
Mode opératoire :

- Pélever 1 ml d'extrait.
- Ajouter 1 ml de trichlorure d'aluminium à 2% (AlCl₃), est mélange.
- Incubation à T° ambiante pendant 10 min a l'obscurité .
- La lecture de l'absorbances des défferents concentration est faite contre un blanc à :(430 nm).

2.2.2. Courbe d'étalonnage de la Quercétine

La courbe d'étalonnage est effectuée par Quercétine à différents concentration de 0.1 au 10ug/l, dans les memes conditions et les memes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents de Quercétine par gramme de matière végétale fraiche.

2.3. Mesure de l'activité anti radicalaire :



DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) est un radical libre de couleur violet qui devient jaune, qui absorbe dans l'UV-visible à la longueur d'onde de 517nm (**Wootton Beard *et al.*, 2011**).

il fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydante des composés phénoliques (**Osman, 2011**). Il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote (**figure24**). Du fait de cette délocalisation,les molécules du radical ne forment pas des dimères. Le radical DPPH reste dans sa forme monomère relativement stable à température ordinaire (**Popovici, 2009**). Cette méthode est basé sur la mesure de la capacité des antioxydants piéger le radical DPPH d'une solution alcoolique, l'effet de chaque esctrait sur le DPPH est mesure par la procédure décrire par (**Seung-Cheol *et al.*, 2004**).

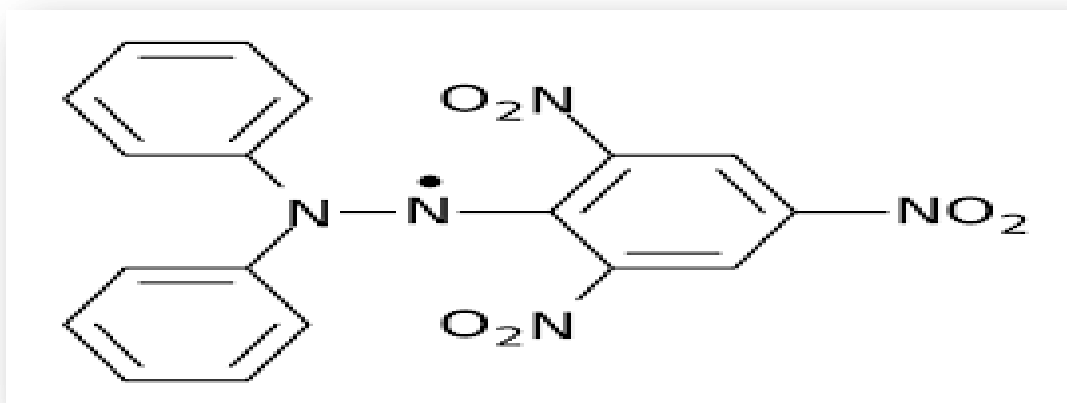


Fig.18. structure chimique de dpph libre (kayser ,2008).

2.3.1 Préparation de DPPH :

3,15 mg de DPPH est dissoute dans 50 ml du méthanol pure pour obtenir une solution de DPPH.

Mode opératoire

Selon la méthode décrite par (Bourgou et al., 2008).

- 1 ml de notre extrait.
- 500ul de solution methanolique de DPPH(0,16 mmol/l).
- En ce qui concerne le contrôle négative, ce dernier est préparé en parallèle.
- 0,1ml du méthanol avec 1ml avec solution methanolique de DPPH à la meme concentration utilisée.
- La mélange obtenu est ensuite agité, puis gardé a l'abri du lumiere a température ambiante 30min .
- La lecture a l'aide d'un spectrophométrie .à 517nm.

2.3.2. Pourcentage d'inhibition du radical DPPH

$$1\% = \frac{(Ac - At)}{Ac} \cdot 100$$

Ac : absorbance du contrôle négatif.

At : absorbance de l'extrait .

l'acide ascorbique à été utilisé comme contrôle positif à différentes concentration. Le mécanisme réactionnel du test DPPH est présenté dans la figure suivante :

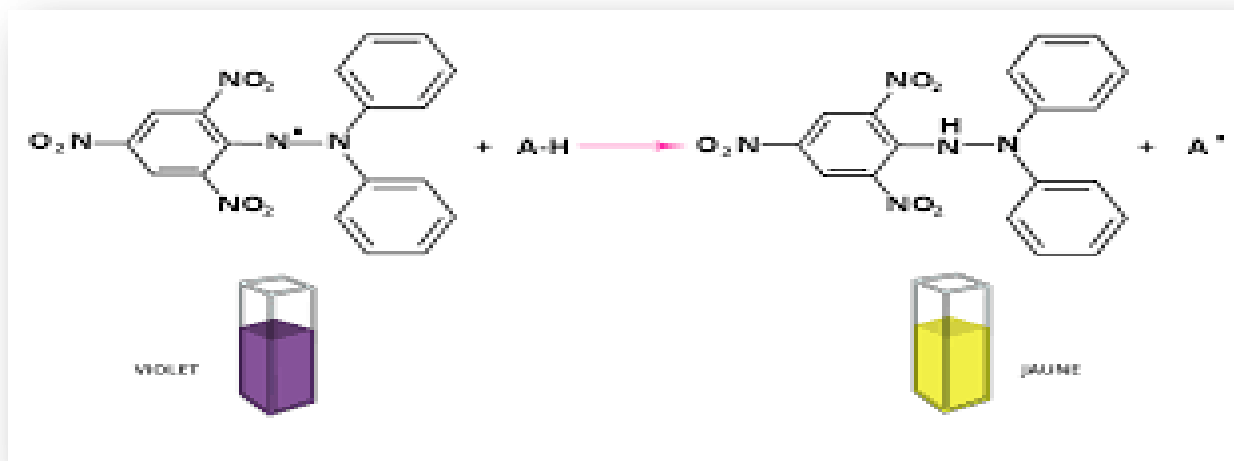


Fig.19. mécanisme réactionnel de teste DPPH (Molyneux, 2020).

Ainsi, les résultats sont exprimés en concentration inhibitrice médiane (CI 50) qui est inversement liée à la capacité anti oxydante d'un composé.

La CI 50 exprime la concentration d'extrait nécessaire pour l'obtention de 50% de la forme réduite du radical DPPH. Plus la valeur de CI 50 est basse, plus l'activité anti oxydante d'un composé est élevée. Cependant, la concentration de jus de citron nécessaire pour inhiber 50% du DPPH radicalaire est calculée en fonction des différents taux de sa substitution. (Samarth *et al.*, 2008).

3. Analyse statistique

Les résultats sont exprimés sous forme de $M \pm ES$ de 3 essais par échantillon. Après analyse de variance, la comparaison des moyennes entre les différents échantillons est effectuée en utilisant le test 't' de Student (test 't' est significatif à $P < 0,05$).

Résultat & discussion

1. Rendement d'extraction de citron jaune

Selon la méthode de **Bougandoura & Bendimerad (2012)**, l'extrait méthanolique (Mét) a été préparé à partir de jus de citron jaune. C'est une méthode d'extraction par décoction et macération dans un solvant polaire : le méthanol.

Le rendement de l'extraction se calcule par le rapport entre la masse de polyphénols extraits et la masse de la matière première végétale traitée. Après extraction et récupération d'extraits, leur rendement a été déterminé par rapport à **50 ml** du jus exprimé e pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rdt (\%)} = \text{P1} - \text{P2} / \text{PI} \times 100$$

Nous avons calculé le rendement de l'extraction, le résultat obtenu est représenté dans (**la figure 20**).

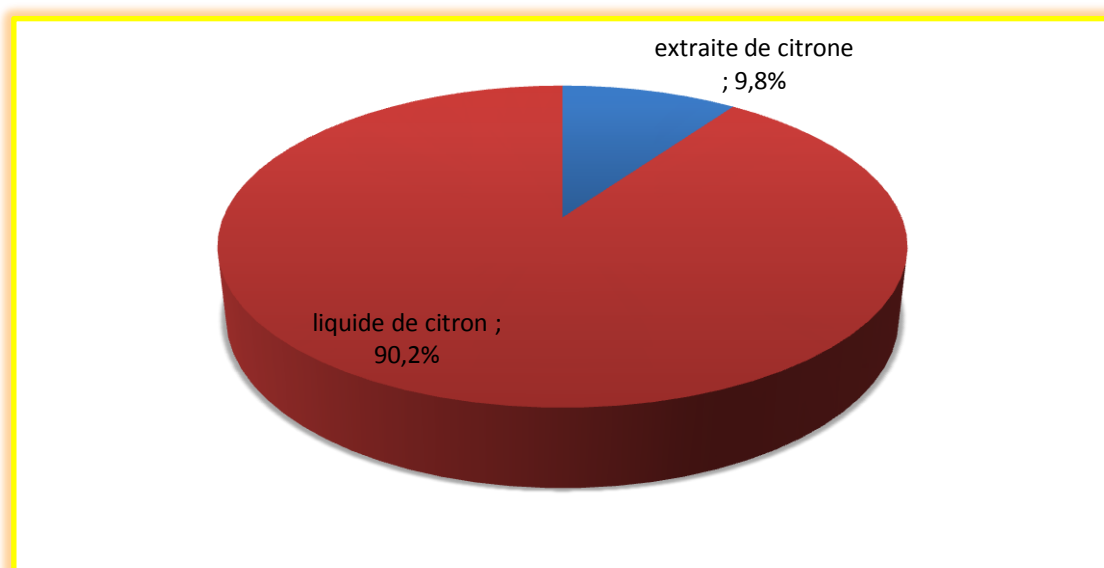


Fig.20. le rendement d'extraction de citron jaune.

le degré de production d'extraction est calculé en fonction de différents facteurs, dont la température d'extraction, les matières premières végétales et l'humidité. Le rendement d'extraction dépend également de la nature du solvant et des propriétés chimiques des particules extraites, et de la méthode d'extraction, Y compris le trempage, ébullition et sédimentation, de sorte qu'il joue un rôle important dans la détermination du produit et de la composition chimique de l'extrait préparé. (**Tefiani, 2015**).

2. Dosage des composéé phénolique

2.1.Taux de polyphénols totaux dans l'extrait citron jaune

La teneur en polyphénols totaux dans l'extrait méthanol est déterminée à partir des équations de la régression linéaire de courbe d'étalonnage exprimées en **ug. Eq** acide gallique par **mg** d'extrait.(**figure 21**)

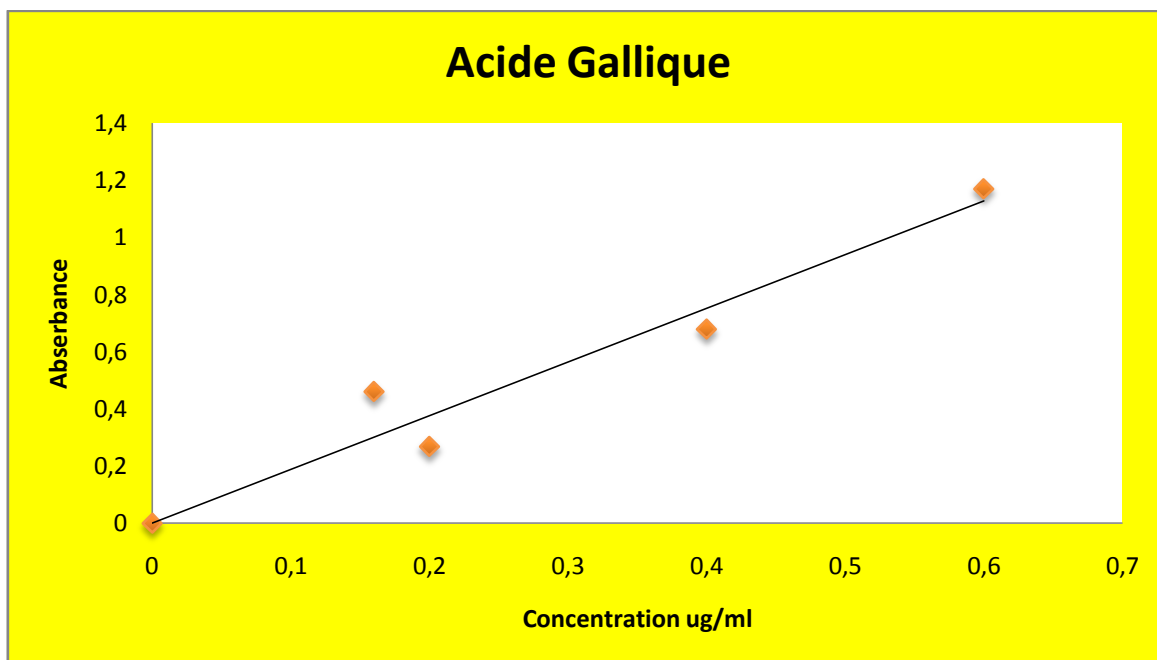


Fig.21.Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux.

Nous avons testé les polyphénols à l'aide du réactif colorimétrique folin ciocaltau à 2% afin que le réactif réagisse avec les protéines, les sucres, l'acide ascorbique et les composés soufrés, ce qui peut affecter les résultats obtenus lors de cette expérience (**Singleton et Rossi, 1965**).

Au cours de notre étude, l'analyse des composés phénoliques montre que la teneur en polyphénols enregistrée est de **1125,25±54** µg EAG/ml, si bien que des études ont montré que les polyphénols diffèrent fortement d'une espèce à l'autre en raison de facteurs externes (température, climat, etc.), Génétiques (variété, origine des espèces), physiologiques (degré de maturité, organes utilisés).

Les teneurs en polyphénols totaux de la variété étudiée est plus importantes que celles rapportées par **Gorinstein et al. (2001)**, dont les valeurs sont de 164(limon) ; 154 (orange) ; 135 mg/100g (pamplemousse) et ceux de **Tounsi et al. (2010)** pour le jus des différentes agrumes (784.67 orange amer ; citron 333 ; sanguine 255 ; et celle de mandarine 106.22 mg/l) **Xu et al. (2008)**, ont montré des teneurs dans le jus de la variété lime et citron qui sont de 1499.71 ± 16.53 et 751.82 ± 13.34 mg/l.

Guimarães *et al.* (2010). ont rapportés des teneurs en polyphénols pour le jus des différentes variétés d'agrumes pamplemousse 946 ; citron jaune 11.17 ; citron vert 9.01 ; orange 12.41 mg GAE/g).

Les différences observées entre les résultats des différents travaux et ceux obtenus dans la présente étude peuvent être liées selon **krzak. (2002)** aux conditions de culture, la saison, la méthode d'extraction, le degré de maturation des fruits et les conditions de l'environnement, cette étude concorde avec celle de **Balasundram *et al.* (2005)** ; **Li *et al.* (2006)**. Cette différence des teneurs est peut être aussi expliquée par le fait que la méthode de Folin sur estime la teneur en phénols totaux à cause des interférences de ce réactif avec d'autres composés réducteurs qui peuvent exister dans la solution (**Singleton *et al.*, 1999**) comme les sucres réducteurs (fructose, glucose...) et les acides organiques (vitamine C, acide citrique acide malonique...). Le réactif Folin-Ciocalteu n'est pas spécifique pour les composés phénoliques parce qu'il mesure la capacité de réduction de l'échantillon grâce à la capacité anti-oxydante à base de transfert électronique et, Ainsi, il peut être réduit par de nombreux composés non phénoliques Tels que la vitamine C, les sucres et les acides organiques (**Huang *et al.*, 2005**, **Li *et al.*, 2006**)

Les composés phénoliques subissent une réaction redox complexe avec le réactif de Folin Ciocalteu, Cependant, il devrait être noté également que quelques groupes chimiques comme les acides ascorbiques, acides organiques, sucres, les amines aromatiques peuvent réagir aussi avec ce réactif causant ainsi une surestimation des polyphénols (**Ghafar *et al.*, 2010**). Pour éviter toute interférence des composés phénoliques avec d'autres substances (cires, chlorophylles, terpènes et composés non phénoliques) il est préférables de procéder à un traitement préalable des échantillons avec un solvant non polaire (hexane, benzène, chloroforme ou éther) puis extraire les composés phénoliques avec un solvant polaire (acétone, méthanol, éthanol, eau,...ou un mélange de ces solvants) (**Ribereau-Gayon, 1968**).

2.2. Taux de flavonoïde totaux dans l'extrait citron jaune

Les concentrations des flavonoïdes totaux des extraits d'éthanol est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec la Quercétine ($Y = 0.0191 - 0.1178$). Les résultats sont exprimés en ug d'équivalent de la Quercétine par un milligramme de l'extrait (ug EAQ/mg d'extrait). Ces résultats ont permis de donner des estimations sur les quantités des flavonoïdes totaux contenus dans les échantillons de citron. Chaque essai a été répété trois fois

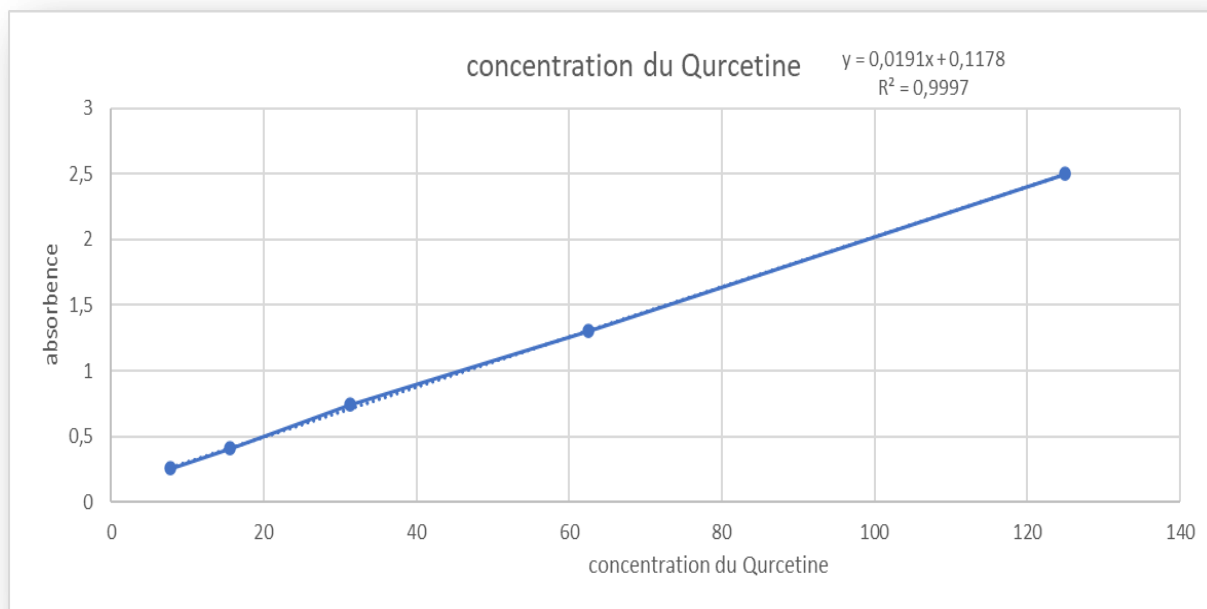


Fig.22.Courbe d'étalonnage de Quercétine pour le dosage des Flavonoïde

La teneur en flavonoides à partir de la teneur en titrage de la quercétine, elle enregistrée dans cette étude est de **110,78±34 µg EQ/ml extrait**, où nous avons constaté qu'il y a un petit pourcentage de la teneur en flavonoides dans l'extrait de citron, car le pourcentage du contenu dans le jus varie pour plusieurs raisons, y compris espèce, saison, maturité et conditions géographiques.

Tableau. 3. teneur en flavonoïde de l'extrait du jus de citron jaune

Flavonoides (ug EQ/ml extrait)	
Extrait de jus de citron jaune	110,78±34

Nous avons constaté que l'extrait de jus de citrons est riche en flavonoides totaux **110,78±34 µg EQ/ml extrait**, le méthanol que nous avons utilisé lors de notre étude reste un solvant capable d'extraire ces composés chimiques (**Abdille et al., 2005**).

Tounsi et al. (2010). Ont noté que les flavonoïdes dans les jus dans la mandarine et le citron constituaient les groupes le plus élevé 85,33 ; 82.01 mg EC L-1 et pour l'orange amère 67,8 mg EC L-1, et l'orange sanguine 34,68 mg EC L-1 .

Selon **Tsai et al., 2007** La teneur en flavonoïdes de jus de pamplemousse (rouge) et (blanc) est de 1,240±0,2 et 1,29±0,2 µg EQ/ml MF, respectivement.

Guimarães *et al.*, (2010) , Ont indiqué des teneurs pour le jus d'agrumes des différentes variétés 0.32 pamplemousse; 0.22 citron jaune ; 0.43 citron vert; 0.62 orange mg CE/g). **karoui & Marzouk. (2013)**, ont rapporté des teneurs de 136.91 ± 0.17 mg/l pour le jus de la bigarade.

Selon **Melo *et al.* (2006)**, **Xu *et al.* (2008)**, la diversité des teneurs en flavonoïdes peut être due aux conditions environnementales (la lumière, climat, saison, et le soleil), le degré de maturation ainsi que la méthode analytique.

3. Test de réduction du radical DPPH

L'activité anti radicalaire est calculée par la méthode du radical libre 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH), cette méthode est fréquemment utilisée pour sa simplicité. Elle est basée sur la réduction d'une solution alcoolique de DPPH en présence d'un antioxydant qui donne un hydrogène ou un électron, la forme non radicalaire DPPH-H est formée. L'inhibition de la décoloration du radical DPPH est en fonction de la concentration des différents extraits utilisés (**Floegel *et al.*, 2011**).

Le pouvoir antioxydant est déterminé de façon à ce qu'une quantité de l'extrait d'une concentration bien déterminée neutralise 50% du radical. Le paramètre IC50 représente la concentration équivalente à 50% de DPPH perdu. Les résultats exprimés en IC50 qui sont calculés à partir des courbes de la variation du pourcentage d'inhibition I% en fonction de la concentration de chaque extrait. Il faut rappeler que plus la valeur de IC50 est petite, plus l'activité antioxydante des extraits est grande (**Popovici *et al.* , 2009**).

Une étude quantitative de l'acide ascorbique pour le jus de citron a été réalisée par des dosages spectroscopiques. La teneur en vitamine C est exprimée en microgrammes équivalent d'acide ascorbique par gramme d'extrait.

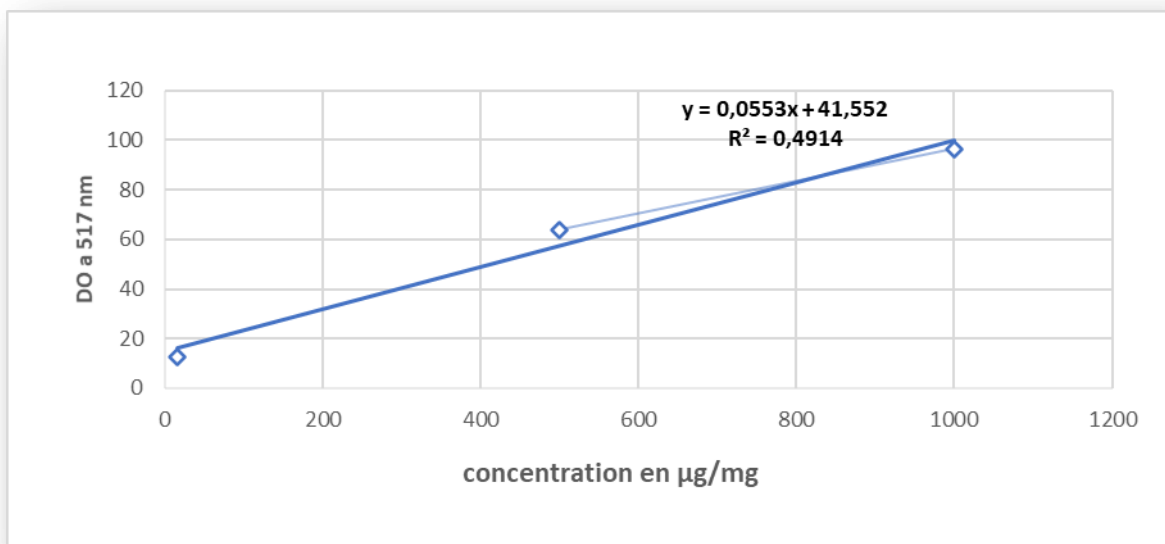


Fig.23. Pourcentage d'inhibition du radical DPPH de la vitamine C

Nous avons comparé ces résultats avec les pourcentages d'inhibition par des antioxydants puissants (acide ascorbique), que nous avons utilisés dans notre étude comme témoin positif, (figure 24).

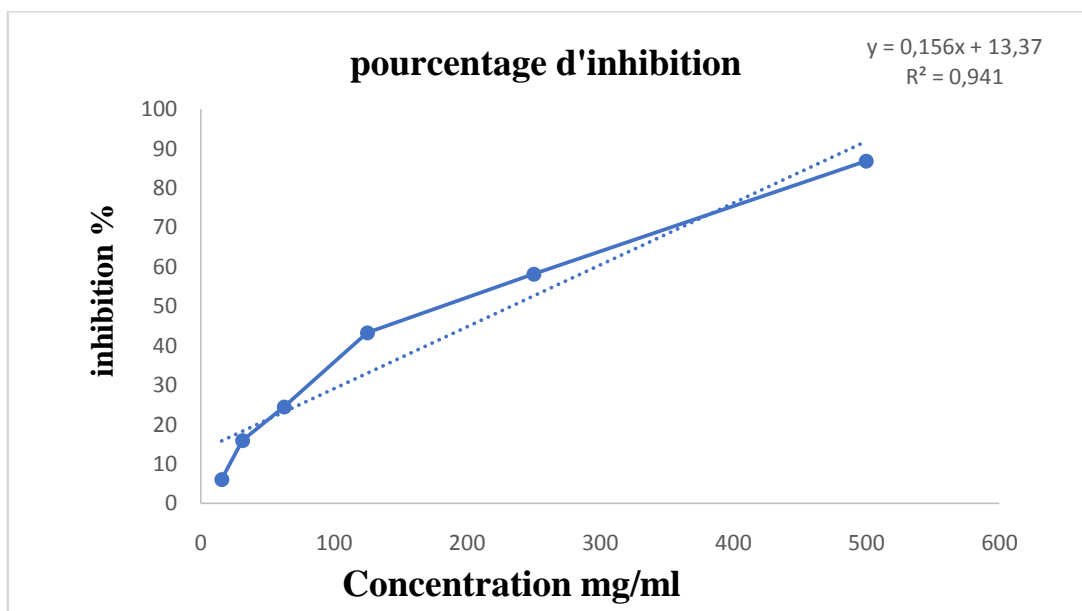


Fig.24. Pourcentage d'inhibition du radical DPPH de extraits méthanolique de jus de citron

Les résultats de l'activité antiradicalaire exprimés en pourcentages (%) montrent que l'activité antioxydante de jus de citron jaune testés est de 70,12 % à une concentration de 1mg/mL de méthanol. En comparant l'échantillon avec les standards acide ascorbique (75,17) les pourcentages de réduction du radicale DPPH se rapprochent et les valeurs obtenues avoisinent 80 %.

Résultat & discussion

D'après (Malesev D., 2007), cette forte activité antioxydante de l'extrait méthanolique pourrait s'expliquer par la présence de polyphénols. Le choix du système solvant approprié reste l'une des étapes les plus importantes dans l'optimisation de l'extraction des polyphénols, des flavonoïdes et d'autres composés antioxydants. Les résultats de l'activité antioxydante peuvent ainsi être influencés par la nature de l'organe végétal étudié.

3.1 Evaluation de l'IC50

Selon les valeurs IC50 dérivées, les extraits méthanolique présentaient des activités de piégeage plus élevées que les extraits aqueux correspondants, indiquant l'influence du solvant sur la mesure des propriétés antioxydants (Tanvir *et al.*, 2017). Plus la CI50 est faible, plus l'activité antioxydant du composé est élevée.

La comparaison de nos résultats de cette expérience ont montré que chaque plante elle a une méthode spéciale d'extraction pour extraire tous les activités antioxydantes existant dans les plantes.

Inverser la morsure par oxydation du composé, la concentration d'acide ascorbique qui inhibe 50% de l'IC50 est approfondie, et le DPPH d'acide ascorbique sur le pourcentage inférieur de l'IC50 est déterminé par le pourcentage de la courbe du rapport IC50 de 0.039 mg/ml, le pourcentage de radicaux libres valeur DPPHd'inhibition, le pourcentage le plus bas d'acide ascorbique est de 0.077mg/ml.

Tableau 4. Différentes valeurs de concentration inhibitrice médiane CI50

	IC50
Acide ascorbique	0,0770
Extrait de jus de citron	0,0398

Conclusion

Conclusion

Le programme Algérien de développement des agrumes occupe une place prépondérante dans la nouvelle politique agricole du pays, considérant les vocations pédoclimatiques des différentes zones agricoles Algériennes. L'Algérie possède une collection variétale composée de 178 variétés d'agrumes constituant un patrimoine génétique inestimable. En Algérie, les composés phénoliques dérivant d'agrumes ont suscité ces dernières années un vif intérêt due à la reconnaissance de leurs propriétés antioxydantes et ainsi leurs implications probables dans la prévention des diverses pathologies.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressées sur l'extraction des composés phénoliques et l'évaluation de l'activité antioxydant (activité anti radicalaire à DPPH), contenus dans le jus de citron jaune.

La méthode que nous avons utilisée dans l'extraction est le trempage, en utilisant le solvant d'extraction de méthanol, ce qui nous a donné un changement fort et distinct en fonction de la teneur et de la présence des composés chimiques présents dans l'extrait de jus de citron, où le méthanol nous a permis d'obtenir différents rendements et résultats.

Les résultats d'extraction de la matière végétale obtenu montrent que l'extraction brut méthanol de jus de citron jaune est récupéré avec un rendement de **9,8%**, le dosage quantitatif des composés polyphénols totaux a été effectué par la méthode colorimétrique folin. Cicalteau en utilisant un spectrophotomètre avec des rayons visibles et ultraviolets et de l'acide gallique comme standard, où nous avons obtenu une valeur de **1125,25ug/ml**. Nous avons également effectué une détermination quantitative des flavonoides totaux par la méthode au chlorure d'aluminium en utilisant la quercitine comme étalon, où nous avons trouvé sa valeur à **110,78ug/ml**.

Par conséquent, la conclusion était que la valeur des polyphénols dans le jus de citron est supérieure au pourcentage de flavonoides présents. Ces resultat indiquent la possibilité de développer de nouvelles aproches et methodes de traitement et de réduction de maladies telles que le cholestérol métabolique et l'athérosclérose, et le citron est classé comme traitement et représente une stratégie pou lutter contre ces maladie, le citron jaune a de nombreux bienfaits nutritionnelle et thérapeutique c'est pourquio nous vous recommandons de le consommer car il est une source de polyphénol et de flavonoides .

Référence Bibliographie

Référence Bibliographique

A

1. Abdille M.H., Singh R.P., Jayaprakasha G.K., Jena B.S., (2005). Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits, *Food Chemistry*,90(4). 891-896.
2. Amir Hazem, Mérieme Bouhandi, Florian Boudin, Béatrice Daille, 2020: TermEval TALN-LS2N system for automatic term extraction.
3. Andrés Garcia-Lor, François Luro, Luis Navarro, Patrick Ollitrault, 2020 : comparative use of InDel and SSR markers in deciphering the interspecific structure of cultivated citrus genetic diversity: a perspective for genetic association studies.
4. Antioxidant properties of palm fruit extract, Nagendran Balasundram, T Yew Ai, Ravigadevi Sambanthamurthi, Kalyana Sundram, Samir Samman, 2005: Antioxidant properties of palm fruit extracts. *Asia pacific journal of clinical nutrition* 14(4), 319.

B

5. Bénédicte, & Michel B., 2020 : Agrumes comment les choisir ET cultiver facilement. Les éditions eugen ulmer. 8 rue Blanche. Paris, N° d'édition : 440-01.P :127.
6. BENNAMA Wafa, 2019 : étude de la rémanence d'un savon additionné à l'huile essentielle de citron (*Citrus limon*, mémoire de master en Valorisation des Substances Naturelles Végétales.
7. Bernard Riera, 2021: « à la découverte des agrumes de l'extreme ».
8. Bhoomika Singh, Webmedy Team, 2023 : Ten Suprising Health Benefits of Lemons.
9. Biche M., 2018. Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algerie et leurs ennemis naturels. Guide pratiques :4-5.
10. Bousbia N.2019. Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de co- produits agroalimentaires.

C

11. (Camille Jacqueline, Franck curk, Marion heurzet, cours,2019). Le livre : les clémentines et autres petits agrumes, page 18. Edition Quae).
12. Cronquist A.(1982). An Integrated System of Classification of Flowering Plants. *B rittonia*.34(2): 268-270.

D

13. Diana Pinto, Maria de la Luz Cadiz-Gurrea, Stefania Sut, Ana Sofia Ferreira, Francisco Javier, Leyva-Jimenez, Stefano Dall'Acqua, Antonio Segura-Carretero,

Référence Bibliographique

Cristina Delerue-Matos, Francisca Rodrigues, 2020 : Valorisation of underexploited *Castanea sativa* shells bioactive compounds recovered by supercritical fluid extraction with CO₂ : A response surface methodology approach.

14. Duha Hamadeh, 2021 : Types d'agrumes en images... et leurs bienfaits.

E

15. E. Abe, S.C.Delyle, J.C. Alvarez, Extraction liquid-liquide: théorie, applications, difficultés, *Ann Toxicol Anal.* 2019 ; 22(2) : 51-59.

16. Elma Sabanovic, Tidza Muhic- Sarac, Mirza Nuhanovic, Mustafa Memic, 2019 : Biosorption of uranium (VI) from aqueous solution by Citrus limon peels : kinetics, equilibrium and batch studies, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 319,425-435.

17. Emily Nok, 2021 : Que sont les poly phénols ? Une autre bonne raison des manger des fruits et légumes.

18. Enas Al-Banna, 2019. Les fruits et légumes riches en flavonoïdes préviennent le cancer et les crises cardiaques.

F

19. FAO. 2020: Citrus fruit Fresh and processed. Annual statistics.

20. Floegel A., Kim, D.O., Chung, S.-J., Koo, S.I. & Chun, O.K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis* vol (24). P: 1043-1048.

21. François Luro, 2020: L'origine des agrumes: leur evolution et la naissance des espèces cultivées.

G

22. Gerard cote, 2020. Extraction liquide –liquide présentation générale.

23. Gérard COTE, 2021 : Extraction liquide –liquide- Bases physico-chimiques des procédés.

24. Gorinstein S., Haruenkit R., Park Y.S., Jung S.T., Zachwieja Z. & Jastrzebski Z. (2001)., Katrich E., Trakhtenberg S., Beloso O.M. Bioactive compounds and antioxidant potential in fresh and dried Jaffa sweeties, a new kind of Citrus fruit. *J Sci Food Agric.* 84(12): 1459-1463.

H

25. Hagop Demirdjian, 2019: l'extraction liquide-liquide.
26. Healthline. Kathryn Watson. 2020, definition of flavonoides .
27. Houda Hanifa, 2022: Informations sur le citronnier: ses types, sa culture et plus.
28. Husnu C.B. & G. Buchbauer., 2020: Handbook of essential oil: science, technology, and applications. Handbook of essential oil: science, technology, and applications.N°02.
29. Hweta Suri, Anupama Singh, Prabhat K. Nema, 2022: Current applications of citrus fruit processing Waste: A scientific outlook.
30. Hweta Suri, Anupama Singh, Prabhat K. Nema, 2022: Current applications of citrus fruit processing waste: A scientific outlook.

J

31. J. Triolet, 2019 : « Panorama de l'utilisation des solvants ».
32. Jacquелеmond C., Mario H. ET Coord, 20121 : Origine géographique et diffusion des agrumes dans le Monde.

K

33. (King-Wen Zhang, li-Gen-lin, Wen-Caiye 2018..... techniques for extraction and isolation of extraction and isolation of natural product: a comprehensive).
34. K Shikha Ojha, Ramon Aznar, Colm O'Donnell, Brijesh K Tiwari, 2020: Ultrasound technology for the extraction of biologically active molecules from plant, animal and marine source TrAC Trends in Analytical Chemistry 122,115663.
35. Kathia Kouï, Yasmine Lamri, 2020 : Etude des conservateurs et édulcorants et analyse sensorielle de trois marques de jus de fruits, nectars et boissons commercialisés.
36. KHEN Ouissam, 2019: Situation de l'agrumiculture en Algérie.
37. Kim Erickson, 2022: What Are Polyphenols? Health Benefits For Heart Health and More.

L

38. Léa Zubiria, 2021; Le citron et ses bienfaits sur la santé.
39. Leduc. S 2018 : secrets du citron.

Référence Bibliographique

40. Li Yunhai, Fred Rook, Sophie A Hadingham, Michael W, 2006: Sugar and ABA response pathways and the control of gene expression, *Plant, cell & environment* 29(3), 426-434.
41. Lu Lu, Ming Dao, Punit Kumar, Upadrasta Ramamurty, George Em Karniadakis, Subra Suresh, 2020 : Extraction of mechanical properties of materials through deep learning from instrumented indentation, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(13), 7052-7062.

M

42. Mahmoudi Souhilaa, KHali Mustaphaa et Mahmoudi Nacérab, 2018 : Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L).
43. Marie Coline Rey 2018: les flavonoïdes.
44. Marie Privé, 2023 : Des détails ? 3 éléments très importants pour bien choisir son jus de citron.
45. Marine Canton, Richard Roe, Stéphane Poigny, Jean-Hugues Renault, Jean-Marc Nuzillard, 2020, Présaturation de plusieurs signaux de solvant et élimination des artefacts de découplage dans la résonance magnétique nucléaire ^{13}C (1H), 1,155-164.
46. Masashi Higuchi, 2018: Difference between Flavonoids and polyphenols.
47. Melinda Ratini, MS, DO, 2022: Health Benefits of Lemon.
48. Michael Eisner, 2020: processus d'entreprise. Obtenez le nouveau rapport Gartner !
49. Mohammad Yousefi, Mehdi Rahimi-Nasrabadi, Seied Mahdi Pourmortazavi, Marcin Wysokowski, Teofil Jesionowski, Hermann Ehrlich, Somayeh Mirsadeghi, 2019 :Supercritical fluid extraction of essential oils 118,182-193.
Qu'est-ce que l'extraction de processus et pourquoi votre organisation en a besoin.

P

50. P. Goetz, 2020 : Citrus limon(L), *Burm.f. (Rutacées) Citronnier*, Springer-Verlag France, Vol 12 :116-121p.
51. Popovici C., Saykova, I.,& Tylkowski,B., 2009 : Evaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH *Revue de Génie Industriel* Vol (4). P : 25-39.

Référence Bibliographique

R

52. Razieh Kiani, Ahmad Arzani, 2021 : Poly phénols, Flavonoïdes and Antioxidant Activity Involved in Salt Tolerance in Wheat, *Aegilops cylindrical* and Their Amphidiploids, vol12.
53. Racha Abou-Elkassim, 2020: Parmi les types d'extraction figurant liquid-liquide, liquid-solide et acide/base (également appelée extraction chimiquement active).

S

54. Seung-Cheol L., Seok-Moo,J.,So-Young, K, Dong-Ryul, K., Seong-Chun,J., Nam, K.C., ET Ahn, D.U.2004: Effet of Heat Treatment on the Antioxydant Activity of Extracts from Citrus Peel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol(52).P: 3389-339.
55. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M., 1999: Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioyidants by means of Folin-Ciocalteu reagent.*Methods Enzymol*.Vol(299). P: 152.
56. (Sidartha Balijan. Riya Mukherjee. Anjali priyadarshini. Arpana vibhuti. Archana Gupta. Ramendra pati-pandeg. Chung Ming Chang ; 2022. Determination of antioxidants by DPPHradical scavenging activity and Quantitaf phytochemicals analysis of ficus religiosa).
57. Sandrine Perino, Farid Chemat, 2015: Chauffage micro-ondes comme éco-procédé en industrie agroalimentaire.
58. Shela Gorinstein, Abraham Caspi, Imanuel Libman, Hanna Leontowicz, Elena Katrich, Zenon Jastrzebski, Simon Trakhtenberg, 2001 : Bioactivity of beer and its influence on human metabolism, *Iternationnal journal of food sciences and nutrition* 58(2), 94-107.
59. Singleton V.L., Rossi J.A.,(1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents, *American Journal of Enology and Viticulture*, (16). 114-158.

T

60. TEFINI, I. (2015). Contribution à l'étude photochimique et à l'effet antioxydant des extraits de citron.

Référence Bibliographique

61. Tounsi M, I SMATI, I Bettaieb Rebey, M Hammami, G Hamdaoui, 2010 : Variation of the quality of lemon (Citrus limon L), juice during stage of fruit maturity Variation de la qualité du jus de citron (Citrus limon L). au cours de la maturation fruit.

U

62. U.S.D.A 2019 national agriculture statistiques service.

W

63. (Waleed Fouad Aboubatta, 2019 Unused states département of agriculture: citrus: World market and trade).

Z

64. Zaid Abou Hani, 2021: Où sont cultivés les agrumes?
65. Zhuo Zou a, Wanpeng Xi a, Yan Hu a , Chao Nie a, Zhiqin Zhou, 2019. Antioxidant activity of Citrus fruits.