

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTRE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE



Mémoire

De master

Spécialité : Chimie analytique

Thème

**Analyses physico-chimiques de la pulpe de tomate et
de sa pelure ; Valorisation de la pelure de tomate.**

Présenté par :

- Ykrelef Assia
- Zouggali Aya

Devant les membres de jury :

Mr	Boumessaidia.S	Dr	USDB1	Président
Mme	Brahimi.S	Dr	USDB1	Examinatrice
Mme	Ziane.R	MAA	USDB1	Promotrice

2023/2024



Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout-puissant de nous avoir donné la force et le courage afin que nous puissions accomplir ce modeste travail.

Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre plus profonde gratitude à notre encadrante : madame Ziane Rania. C'est un honneur pour nous de travailler avec elle, nous la remercions pour son acceptation pour la conduite de ce travail, ses encouragements, son humilité, sa disponibilité, ses chères orientations et ses précieux conseils.

Un grand merci aux membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'évaluer et de juger notre travail. Leurs remarques et suggestions contribueront à améliorer ce travail.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à l'ensemble des enseignants du département de chimie de l'université Saad Dahleb, qui ont contribué à notre formation et à notre promotion en chimie analytique de 2024.

Nous remercions également les ingénieures de laboratoire (mesdames : Hassina, Amina, Isma et Leila) pour leur aide, leur soutien et le temps qu'ils ont bien voulu consacrer pour nous aider tout en travaillant.

Enfin, nous souhaitons exprimer notre gratitude à toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin à la réussite de ce modeste travail pour lequel nous avons tant consacré en y mettant aussi tout notre cœur.

AYA & ASSIA



DEDICACES

En premier lieu, je tiens à remercier le bon Dieu de m'avoir aidé et donner la volonté et la patience tout au long de ces années et pour réaliser ce travail.

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur. A celle qui m'a tout donné sans rien en retour, qui n'a pas cessé de m'encourager et prier pour moi, maman Chafika que j'adore, je lui dédie avec fierté ce mémoire qui reflète le fruit de son éducation et de son attention. Que Dieu le tout puissant te préserve et t'accorde santé, bonheur et longue vie.

À mon père Abdelaziz qui m'a encouragé et soutenu tout au long de mes études. Que Dieu le protège.

À ma sœur Wisseme et mon frère Mohammed que j'aime beaucoup.

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Sans oublier tous les professeurs de notre parcours.

Au père d'Assia, qui nous a beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail. Que Dieu le protège.

À tous mes amis sans exception.

À ma très chère binôme : Assia,
Sans qui rien de tout ça n'aurait été possible, pour son soutien moral, sa patience, sa motivation et sa compréhension tout au long de notre parcours, et à toute sa famille.

À toute la promotion de chimie analytique.

À toute la famille « Zougali »

Et à la famille « Haiass »

Je dédie ce travail à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce mémoire.

À tous ceux que j'aime.

AYA

إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

من قال أنا لها " نالها "

وأنا لها إن أبت رُغما عنها أتيتُ بها

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا على البدء والختام، لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها ان تكون، لم يكن الحلم قريبا ولا الطريق كان محفوا بالتسهيلات، لكني فعلتها.

أهدي هذا النجاح إلى نور البشرية ومعلم الإنسانية سيدنا محمد بن عبد الله صلى الله عليه وسلم

وبكل حب أهدي ثمرة نجاحي وتخرجي:

إلى الذي زين اسمي بأجمل الألقاب، من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل، إلى من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة، داعمي الأول في مسيرتي، سندي وقوتي وملأني بعد الله فخري واعتزازي. (حبيبي وقوتي أبي الغالي)

إلى من علمتني الأخلاق قبل الحروف، إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي، إلى اليد الخفية التي أزلت عن طريقي الأشواك والمصاعب (أمي وصديقتي ورفيقة دربي) متعها الله بالصحة والعافية.

إلى الأعمدة الثابتة في الحياة، الداعمين الساندين، إلى من اشدت بهم عضدي فكانوا خير معين، أخواتي واخواني (مريم، صفية، محمد، فاطمة، أمينة، كوثر، بشيرة، عبد الغني، شيماء)

إلى جنودي المجهولين الذين لطالما كانوا معطاءا كريما داعما وسندا لي منذ طفولتي ... أزواج أخواتي

إلى رفقاء الدرب اللذين شاركوني خطوات هذا الطريق، إلى من هونوا تعب الطريق، إلى من شجعوني على المثابرة وإكمال المسيرة ... (صفاء، راضية، مروة، لميس)

إلى كل مشايخي وأساتذتي، إلى كل من علمني حرفا وكان سببا في تربيته.

وأحب أن أختتم الإهداء إلى صاحبة الفضل العظيم، صديقة الرحلة والنجاح، إلى من وقفت بجانبني كلما أوشكت أن أتعث، صديقتي (آية).

آسيا

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale.....1

Partie théorique.

I.	Généralités sur les tomates.....	2
1.	Origine et historique.....	2
2.	Étymologie.....	3
3.	Composition de la tomate fraîche.....	4
4.	Taxonomie.....	6
5.	Variétés et formes de tomates.....	8
6.	Description botanique de la plante de la tomate.....	9
7.	Types de tomate.....	13
8.	Évaluation de la production de tomate.....	13
9.	Importance de la tomate.....	15
10.	Maladies et ravageurs de la tomate.....	16
II.	Déchets de tomates.....	17
1.	Généralité.....	17
2.	Les déchets de tomates.....	17
3.	Composition chimique des déchets de la tomate.....	18
4.	Utilisation des déchets de tomates.....	20
5.	Valorisation des déchets de tomates.....	21
5.1.	Les constituants récupérés par la valorisation des sous-produits de l'industrie de tomate.....	22
III.	Le lycopène.....	23
1.	Introduction.....	23
2.	Description du lycopène de la tomate.....	23
3.	Propriétés physico-chimiques.....	25
4.	Facteurs influençant la teneur en lycopène.....	26
5.	Les effets biologiques du lycopène.....	26
6.	Recommandation.....	27
IV.	La cutine.....	28

1.	Description de la cutine de la tomate.....	28
2.	L'utilisation de la cutine.....	28
V.	Aspect physico-chimique.....	29
1.	Les antioxydants.....	29
2.	Dosage des polyphénols totaux.....	34
3.	Les techniques d'extraction.....	34
VI.	Analyses chimiques.....	35
1.	Mesure du pH.....	35
2.	La chromatographie sur couche mince CCM.....	36
3.	Spectroscopie UV-visible.....	37
4.	Spectrophotométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).....	37
VII.	Analyses microbiologiques.....	37
1.	L'activité antioxydante.....	37
2.	L'activité antibactérienne.....	38

Partie expérimentale

I.	Description de l'échantillonnage.....	40
1.	Préparation des échantillons.....	40
2.	Préparation des extraits.....	41
3.	Rendements des extraits.....	42
II.	Résultat et discussion.....	44
1.	Les Teneurs.....	44
a)	La teneur en eau.....	44
b)	La teneur en cendre.....	45
2.	Détermination du pH.....	47
3.	Les tests screening phytochimique.....	48
a)	Flavonoïdes.....	48
b)	Teste des sucres réducteur.....	49
c)	Teste de saponosides (la mousse).....	49
d)	Teste des terpènes.....	49
e)	Teste de phlorotanins.....	49
f)	Teste d'alcaloïdes.....	49
g)	Teste de diterpènes.....	49
h)	Teste de stéroïdes.....	50
i)	Teste de tanins.....	50
j)	Teste des anthraquinones.....	50
k)	Teste des stéroïdes.....	50
4.	Les indices.....	55
a)	Indices d'acide (IA).....	55

b) Indice de peroxyde (IP).....	57
c) Indice de saponification (Is).....	60
d) Indice d'ester (IE).....	62
e) Indice d'iode (Ii).....	63
5. L'indice de réfraction.....	65
6. Détermination de l'acidité titrable.....	68
7. Caractérisation du lycopène par CCM.....	70
8. Dosage des polyphénols totaux.....	72
9. Recherche de l'activité antioxydante.....	75
10. Evaluation de l'activité antibactérienne de nos extraits.....	81
11. Spectrophotométrie infrarouge à transformée de Fourier(IRTF).....	90
Conclusion générale.....	93
Références bibliographiques	

Liste des abréviations :

A%	Acidité en pourcentage
AGI	Acides gras insaturés
APFA	l'Accession à la Propriété Foncière Agricole
ATP	Adénosine triphosphate
°C	Degré Celsius.
CCM	Chromatographie sur couche mince
cm	Centimètre
DMSO	Diméthylsulfoxyde
DPPH	1,1-diphényl-2-picryl-hydrazile
EAG	Equivalent d'acide gallique
EOR	Espèces réactives de l'oxygène
FAO	l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
g	Gramme
ha	Hectare
HT	Huile de tomate
IR	L'indice de réfraction.
kcal	Kilocalories.
LDL	Low-density lipoprotein (lipoprotéine basse densité)
Log	Logarithme
m²	Mètre carré
max	Maximum

MCV	Maladies cardio-vasculaires
mg	Milligramme.
MS	Matière sèche
nm	Nanomètre
pH	Potentiel d'hydrogène
PNDA	Plan national du développement agricole.
ppm	Parties par million.
Qx	Quinteux.
RF	Rapport frontal
ROS	Reactive Oxygen Spèce (espèces réactives de l'oxygène)
µg	Micro-gramme
UV	Ultra-violet
VNR	Valeurs Nutritionnelles de Référence
%	Pourcentage

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Position systématique de la tomate.	7
Tableau 2 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate.	15
Tableau 3 : Composition biochimique des pelures de tomates.	18
Tableau 4 : Composition biochimique des graines de tomate.	19
Tableau 5 : Propriétés physico-chimiques de lycopène.	25
Tableau 6 : Liste des échantillons.	41
Tableau 7 : Résultats des tests du screening phytochimique.	50
Tableau 8 : Résultats de l'indice d'acide.	56
Tableau 9 : Résultats de l'indice de peroxyde.	58
Tableau 10 : Résultats de l'indice de saponification.	60
Tableau 11 : Résultats de l'indice d'ester.	62
Tableau 12 : Résultats de l'indice d'iode (Ii).	64
Tableau 13 : Les valeurs des rapports frontaux de nos échantillons.	71
Tableau 14 : Concentrations des polyphénols totaux dans les extraits.	74
Tableau 15 : Préparation des différentes concentrations des deux extraits, pulpe de la tomate et de la pelure.	75
Tableau 16 : Résultats d'absorbances et l'inhibition de DPPH pour l'extrait de la pulpe.	76
Tableau 17 : Résultats de l'absorbance et de l'inhibition de DPPH pour l'extrait des pelures.	76
Tableau 18 : Noms scientifiques des souches bactériennes utilisées.	81
Tableau 19 : Expression de la sensibilité.	86
Tableau 20 : Résultats de l'antibiogramme de l'extrait des pulpes de tomate.	87
Tableau 21 : Résultats de l'antibiogramme de l'extrait des pelures de tomate.	88

Liste des figures :

Figure 1 : Diffusion de la tomate dans le monde.....	3
Figure 2 : Premières images de tomate publiées. (A) Image publiée par Dodoens en 1553. (B) Planche de tomate dessinée par Mattioli en 1590.	3
Figure 3 : Composition moyenne de la matière sèche du fruit de tomate.	6
Figure 4 : Principales formes de tomates.....	7
Figure 5 : Quelques variétés de tomates.....	9
Figure 6 : Variétés de tomates qui se trouvent en Algérie.....	9
Figure 7 : Anatomie de plante de tomates.	10
Figure 8 : Racines d'une plante de tomates sont concentrées dans les premiers 30 centimètre.....	10
Figure 9 : Tige de plant de tomates.	11
Figure 10 : Feuilles d'une plante de tomates.	11
Figure 11 : Anatomie d'une fleur de tomate.....	12
Figure 12 : Anatomie du fruit de la plante de tomates.	12
Figure 13 : Évolution de la production de tomate par pays.....	13
Figure 14 : Évolution du rendement national de la tomate.....	14
Figure 15 : La production de tomate par wilaya en 2016.	14
Figure 16 : Déchets issus de la fabrication du concentré de la tomate.	18
Figure 17 : Les principales voies de valorisations des résidus agroalimentaires.....	21
Figure 18 : Structure du lycopène.....	24
Figure 19 : Lycopène pur.	24
Figure 20 : Structure chimique du bêta-carotène.....	25
Figure 21 : Mécanisme proposé pour le rôle du lycopène dans les maladies chroniques.	27
Figure 22 : La structure moléculaire de la famille C16 des monomères de cutine.....	28
Figure 23 : Sous-familles de polyphénols.	31
Figure 24 : Piégeage des ERO (X^\bullet) par un noyau catéchol.....	31
Figure 25 : Structure d'une coumarine.	32
Figure 26 : Structure générale des composés flavonoïdes.....	33
Figure 27 : Structure de l'acide gallique.	34
Figure 28 : Mode opératoire de l'analyse par chromatographie sur couche mince.	36
Figure 29 : Mécanisme de réduction du radical libre DPPH ^o par un antioxydant.....	38
Figure 30 : Déroulement de la préparation de purée de la pulpe et la poudre de pelure.	40
Figure 31 : Préparations des extraits par Soxhlet.	42
Figure 32 : Histogramme des résultats du rendement d'extraction.	43
Figure 33 : Variation de la teneur en eau des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.	44
Figure 34 : Elle représente les capsules pleines de pulpe et de pelure avant et après calcination dans le four à moufle.	46
Figure 35 : Histogramme de variation de la teneur en cendre des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.	46
Figure 36 : La variation du pH en fonction des échantillons.....	47
Figure 37 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice d'acide des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.....	56

Figure 38 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice de peroxyde de quelques échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.	58
Figure 39 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice de saponification des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.	60
Figure 40 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice d'ester de quelques échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.	62
Figure 41 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice d'Iode des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.	64
Figure 42 : Le réfractomètre.	65
Figure 43 : La variation du l'indice de réfraction en fonction des échantillons.	66
Figure 44 : La variation du Brix en fonction des échantillons.	67
Figure 45 : Teneur en acidité titrable (%).	69
Figure 46 : Les chromatogrammes des extraits avec les standards.	71
Figure 47 : La courbe d'étalonnage de l'acide gallique.	73
Figure 48 : Histogramme des taux d'inhibition de DPPH° en fonction des concentrations de l'extrait de la pulpe.	77
Figure 49 : Histogramme des taux d'inhibition de DPPH° en fonction des concentrations de l'extrait de la pelure.	77
Figure 50 : Evolution des taux d'inhibition de DPPH° par l'extrait de la pulpe.	78
Figure 51 : Evolution des taux d'inhibition de DPPH° par l'extrait de la pelure.	79
Figure 52 : Histogramme des taux d'inhibition de DPPH° et l'index IC ₅₀ des deux extraits.	80
Figure 53 : La stérilisation de matériel par l'autoclave.	82
Figure 54 : Les suspensions bactériennes.	83
Figure 55 : La préparation des différentes concentrations.	83
Figure 56 : La préparation de milieu.	84
Figure 57 : L'étape de l'ensemencement.	84
Figure 58 : La préparation des boîtes de Pétri.	85
Figure 59 : L'incubation des boîtes de Pétri.	86
Figure 60 : Teste d'antibiogramme des souches pathogènes testés A,B,C,D,E vis-à-vis les extraits de pulpe (T) et de pelure (D).	88
Figure 61 : Le spectre ATR-FTIR d'échantillon 9 de pelure de tomate.	89
Figure 62 : Le spectre ATR-FTIR d'échantillon 10 de pelure de tomate.	90
Figure 63 : Le spectre ATR-FTIR d'échantillon 9 de pulpe de tomate.	91
Figure 64 : Le spectre ATR-FTIR d'échantillon 10 de pulpe de tomate.	91

Résumé :

Chaque année des quantités considérables de déchets organiques sont rejetées dans l'état par les industries agro-alimentaires. Ils présentent un effet néfaste sur l'environnement. Cependant, ces déchets peuvent être valorisés et utilisés dans différents domaines. Notre étude s'est intéressée à la valorisation des pelures de tomates. Cette étude vise à extraire les substances bioactives de la pulpe et de la pelure de tomate en utilisant la méthode de Soxhlet, afin de déterminer leurs propriétés physico-chimiques. Nous avons également réalisé un dosage des polyphénols totaux en utilisant le réactif de Folin-Cicalteu et l'acide gallique comme standard. Les résultats ont montré que la pelure de tomate est riche en métabolites secondaires avec une valeur de 2,7 mg EAG/g MS par rapport à la pulpe qui contient 5 mg EAG/g MS de polyphénols totaux. La composition chimique des extraits a été analysée par CCM, ce qui a permis d'identifier deux composés majeurs : le lycopène et la bêta-carotène. Notre travail consiste aussi à étudier le pouvoir antioxydant des extraits préparés en utilisant la méthode de DPPH°. Les résultats obtenus ont montré l'existence d'une activité antioxydante importante et proportionnelle avec l'augmentation de concentration des extraits en particulier pour les pelures de tomate ($I=37\%$; $IC_{50}=14,96$ mg/ml). Nous avons également essayé d'évaluer l'activité antibactérienne des extraits, et d'après les résultats obtenus suite à la méthode des disques on constate que les pelures de tomates possèdent une bonne activité antibactérienne contre une bactérie à Gram négatif. Enfin, nous avons réalisé une spectrophotométrie infrarouge à transformée de Fourier pour confirmer ces résultats.

Cette valorisation vise à limiter la pollution environnementale et à maximiser les profits issus de ces déchets organiques.

Les mots clés : tomate, pelure, déchets, valorisation, lycopène.

Abstract :

Every year, considerable quantities of organic waste are discharged into the environment by the agri-food industry, which has a detrimental effect on the environment. However, this waste can be valorized and used in various fields. Our study focused on the recovery of tomato peelings. This study aims to extract bioactive substances from tomato pulp and peel using the Soxhlet method, in order to determine their physico-chemical properties. We also carried out a total polyphenol assay using the Folin-Cicalteu reagent and gallic acid

as standard. The results showed that tomato peel is rich in secondary metabolites, with a value of 2.7 mg EAG/g DM compared with pulp, which contains 5 mg EAG/g DM of total polyphenols. The chemical composition of the extracts was analyzed by TLC, enabling us to identify two major compounds: lycopene and beta-carotene. We also studied the antioxidant power of the extracts prepared using the DPPH° method. The results obtained showed the existence of significant antioxidant activity, proportional to the increase in extract concentration, particularly for tomato peels (I=37%) ; IC₅₀=14,96 mg/ml). We also tried to assess the antibacterial activity of the extracts, and from the results obtained using the disc method we can see that tomato peels have good antibacterial activity against Gram-negative bacteria. Finally, we performed Fourier transform infrared spectrophotometry to confirm these results.

The aim is to limit environmental pollution and maximize profits from this organic waste.

Keywords : tomato, peel, waste, recovery, lycopene.

ملخص :

في كل عام، يتم تصريف كميات كبيرة من النفايات العضوية في البيئة من قبل الصناعات الزراعية والغذائية. ولهذه النفايات تأثير ضار على البيئة. ومع ذلك، يمكن إعادة تدوير هذه النفايات واستخدامها في مجالات مختلفة. ركزت دراستنا على إعادة تدوير قشور الطماطم. تهدف هذه الدراسة إلى استخلاص المواد النشطة بيولوجيًا من لب وقشر الطماطم باستخدام طريقة سوكسليت ، من أجل تحديد خصائصها الفيزيائية الكيميائية. كما أجرينا أيضًا اختبارًا للبوليفينول الكلي باستخدام كاشف فولين-سيكالتو وحمض الغاليك كمعيار. وقد أظهرت النتائج أن قشر الطماطم غني بالمستقلبات الثانوية بقيمة 2.7 ملغم من EAG/غرام من اللب الذي يحتوي على 5 ملغم من EAG/غرام من إجمالي البوليفينول. وقد تم تحليل التركيب الكيميائي للمستخلصات عن طريق الكروماتوغرافية الرقيقة الطباقية، مما أتاح تحديد مركبين رئيسيين هما: الليكوبين والبيتا كاروتين. تضمن عملنا أيضًا على دراسة القوة المضادة للأكسدة للمستخلصات المحضرة باستخدام طريقة DPPH°. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وجود نشاط كبير مضاد للأكسدة يتناسب مع الزيادة في تركيز المستخلص، خاصة بالنسبة لقشور الطماطم (I=37%؛ IC₅₀=14.96 ملغم/مل). كما حاولنا أيضًا تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلصات، ومن النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام طريقة الأقراص، وجدنا أن قشور الطماطم لها نشاط مضاد للبكتيريا جيد ضد البكتيريا سالبة الجرام. وأخيرًا، أجرينا القياس الطيفي بالأشعة تحت الحمراء المحولة فورييه لتأكيد هذه النتائج.

الهدف من هذه النتائج هو الحد من التلوث البيئي وتعظيم الأرباح من هذه النفايات العضوية.

الكلمات المفتاحية : طماطم، قشور، نفايات، تقييم، ليكوبان.

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE :

La tomate est le fruit d'une plante originaire d'Amérique centrale appelée *Solanum lycopersicum* [1]. Elle est consommée depuis plusieurs siècles, d'abord comme fruit, puis elle a été introduite dans de nombreuses recettes culinaires à travers le monde grâce aux conquérants et aux voyageurs.

L'homme a choisi la tomate comme aliment après avoir découvert plusieurs effets bénéfiques pour la santé humaine, pour l'asepsie de certaines plaies et pour le nettoyage de certaines surfaces métalliques.

En effet, elle a été utilisée comme ingrédient de base dans les sauces, les salades, les potages, les jus, les conserves, et elle a également servi à nettoyer certaines plaies. Elle est toujours utilisée comme élément de base pour le nettoyage de certaines surfaces métalliques, comme c'est le cas pour les rondelles de citron.

Les recherches sur la tomate, sa pulpe, sa pelure, ses graines, ses tiges et ses feuilles ont montré que ce produit est riche en lycopène, bêta-carotène, polyphénols, flavonoïdes, sucres, produits antioxydants et antibactériens, à des concentrations différentes selon les variétés [2]

Dans le cadre de cette recherche, nous avons axé notre travail sur des analyses physico-chimiques et infrarouges de la pulpe et de la pelure de tomate. Nous cherchons, à travers cette étude, à valoriser les pelures qui représentent la plus grande partie des déchets de l'industrie de la tomate et des ménages, et à comparer les résultats à ceux de la pulpe.

Des analyses physico-chimiques, des tests de screening phytochimiques et des analyses IRTF ont été réalisés afin de déterminer la présence de composants bioactifs contenus dans la pelure et la pulpe de tomate.

Ces analyses ont été réalisées à partir des extraits obtenus par extraction par Soxhlet sur divers échantillons.

D'autre part, nous souhaitons trouver dans les pelures de tomates des produits utiles afin de pouvoir valoriser les utiliser dans des formulations cosmétiques ou autres.

Ce travail est réparti en trois grandes parties, partie bibliographique, partie expérimentale, conclusion générale et recommandations.

Partie théorique

I. GENERALITES SUR LES TOMATES :

Les tomates, scientifiquement connues sous le nom de *Solanum lycopersicum*, sont des plantes herbacées largement consommées en tant que légumes, bien qu'elles soient botaniquement des fruits [3]. Originaires du nord-ouest de l'Amérique du Sud, les tomates ont une histoire riche et variée et ont été introduites en Europe au XVI^e siècle par les Espagnols [4].

Elles sont devenues l'un des légumes les plus importants dans l'alimentation humaine, cultivées sous presque toutes les latitudes, elles jouent un rôle essentiel dans la gastronomie de nombreux pays, notamment en Grèce, en Italie, en Espagne et en France [5].

Les tomates se déclinent en une variété de formes, tailles et couleurs, allant du rouge vif au jaune, blanc, noir, orange, bleu, violet et même bicolore. Outre leur aspect culinaire, les tomates offrent de nombreux bienfaits nutritionnels. Elles sont riches en antioxydants, en vitamine C, en potassium et en eau, ce qui contribue à une alimentation équilibrée et à la santé de l'organisme [4].

1. Origine et historique :

La tomate est une plante annuelle de la famille des Solanacées, comme la pomme de terre, originaire d'Amérique du Sud. Sans doute fut-elle d'abord cultivée au Pérou (on l'appelait autrefois "Pomme du Pérou"), puis au Mexique où les indigènes lui donnèrent le nom de "tomalt" ou "tomalti", on la trouve encore actuellement à l'état sauvage, au Pérou, aux Antilles et au Texas. La tomate traversa l'Atlantique au début du XVI^e siècle par les conquérants espagnols, heureux de rapporter de leurs voyages, non seulement des trésors, mais aussi des plantes inconnues. Ils appelèrent celles-ci : tomate [6].

En Algérie, ce sont les cultivateurs du sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduite étant donné les conditions qui lui sont favorables. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905, puis elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral algérois [5].

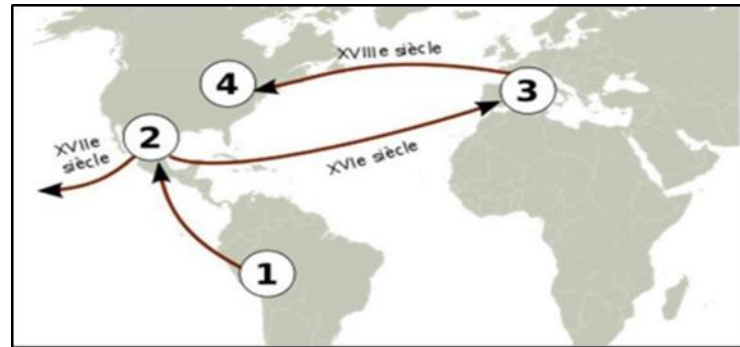


Figure 1 : Diffusion de la tomate dans le monde [5].

- (1) **Pérou** : centre de diversification.
- (2) **Mexique** : premier centre de domestication.
- (3) **Europe** : deuxième centre de domestication.
- (4) **Etats-Unis** : troisième centre de domestication.



Figure 2 : Premières images de tomate publiées. (A) Image publiée par Dodoens en 1553.
(B) Planche de tomate dessinée par Mattioli en 1590 [5].

2. Étymologie :

Le mot féminin "tomate" est emprunté à l'espagnol "tomate", via diverses traductions [7]. En nahuatl (une langue de la famille uto-aztèque), le mot "tomatl" désigne le fruit de la tomatille. La première mention du terme "tomate" en français remonte à 1598 dans la traduction de l'ouvrage de José de Acosta. Le mot "tomate" a été intégré dans le dictionnaire de l'Académie française en 1835, bien que le fruit ait été appelé "pomme d'amour" ou "pomme d'or" [8].

Le nom de la tomate est largement répandu dans de nombreuses langues avec des variations phonétiques et orthographiques, telles que "tomato" en anglais, "tomate" en allemand, espagnol, français et portugais, "tomatã" en roumain, etc. Le terme scientifique

pour "tomate", *Solanum lycopersicum*, est dérivé du grec ancien "lúkos" signifiant "loup", et du latin "persicum" signifiant "pêche" : "pêche de loup" [1].

3. Composition de la tomate fraîche :

La composition biochimique des fruits de tomate fraîche dépend de plusieurs facteurs, à savoir: la variété, l'état de maturation, la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales.

Une tomate mûre est composée environ de 90 % d'eau, soit 5 à 10 % de matière sèche. Environ la moitié de cette matière sèche est constituée de sucres (principalement du glucose et du fructose), un quart est composé d'acides organiques, d'acides aminés, de minéraux et de lipides, et un quart de protéines, de pectines, de cellulose et d'hémicellulose [9].

3.1. Sucre :

Les sucres représentent près de la moitié de la matière sèche du fruit mûr. Ils sont principalement stockés sous forme de fructose et de glucose, et en moindre quantité, de saccharose. Cependant, la saveur sucrée de la tomate est limitée car la quantité de sucre est relativement faible en pourcentage de la matière fraîche totale [10].

Il existe des différences importantes de teneur en sucre d'une variété à l'autre. L'indice de réfraction (IR), qui mesure la matière sèche soluble, permet d'évaluer ces différences. Pour les variétés habituellement cultivées en forme ronde ou de gros calibre, l'IR varie de 3,5 à 5,5 degré Brix. Pour les variétés cocktail ou cerise, l'IR peut être beaucoup plus élevé, allant de 6 à 11degré Brix. Un jus de tomate dont le Brix est de 20% contient 200 g/litre de sucres solubles [11].

3.2. Les acides :

Les acides sont essentiels pour la saveur des tomates. Plus d'un huitième de la matière sèche du fruit est constitué d'acides organiques, principalement du citrique et du malique, ainsi que d'acides aminés di-carboxyliques, dont les concentrations relatives dépendent des variétés et de la nutrition minérale. L'acide citrique représente environ 70% de l'acidité totale du fruit mûr et contribue principalement à la perception de la saveur acide du fruit. Le jus de tomate a un pH qui se situe généralement entre 4 et 4,5 [4].

3.3. Les vitamines :

La tomate crue est une bonne source de vitamine A et de vitamine C. En effet, 100 g de tomate fournissent environ 17,50 % des Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR) en vitamine A, (soit 140 µg pour 100 g). De plus, elle fournit près de 17,87 % de VNR en vitamine C, soit environ 143 µg pour 100 g. En ce qui concerne les autres vitamines, la tomate crue apporte 10,25 % de la VNR en vitamine B9 (soit 20,50 µg pour 100 g) et 9,25 % de VNR en vitamine E (soit 1,11 mg pour 100 g). Les autres vitamines représentent moins de 6 % de VNR [12].

3.4. Les protéines :

Les constituants protéiques sont présents en faible concentration dans la majorité des fruits et légumes. Ils sont toutefois d'une importance capitale en tant qu'enzymes impliquées dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance. La tomate, malgré sa faible teneur en protéines (1,1%), contient pratiquement tous les acides aminés [13].

3.5. Les lipides :

La composition en lipides varie en fonction de la variété et du degré de maturité lors de la récolte ; plus de 33 acides gras sont répertoriés dans le péricarpe, la teneur en lipides est de 0,3 g par 100g de poids frais [13].

3.6. Les polyphénol :

Tous les végétaux possèdent des composés phénoliques. Ces derniers regroupent une large gamme de substances, des formes les plus simples aux plus complexes (lignines et tanins) et possèdent toutes un noyau aromatique portant un ou plusieurs groupements hydroxyles [14].

Les composés d'intérêt pour la qualité du fruit sont principalement les acides phénoliques, les phénylpropanoïdes, les coumarines et les flavonoïdes (flavonols, anthocyanidins, flavanols...). Ces composés jouent un rôle dans l'apparence du fruit (pigmentation), son goût (astringence et amertume) et sa valeur nutritive (antioxydant). Les flavonoïdes sont majoritairement localisés dans la partie externe du fruit (peau et péricarpe) [14].

3.7. Minéraux :

Les principaux minéraux que contient la tomate sont : le Calcium (2,95 à 3,95 ppm), le Magnésium (2,5 à 4 ppm), le Fer (0,6 à 0,8 ppm), le Phosphore (2,4 à 2,9 ppm), le Potassium (18,7 à 29,5 ppm) et le Sodium (15,7 à ppm) [15].

3.8. Pigments liés à la coloration du fruit :

• β -carotène et lycopène :

Les caroténoïdes sont des pigments naturels des fruits et des légumes à 40 atomes de carbone. Ils leur apportent une coloration jaune orangé à rouge violet. Les caroténoïdes forment une importante classe de molécules lipophiles synthétisées par les plantes, les algues et de nombreuses bactéries.

La tomate contient deux principaux caroténoïdes, le lycopène et le β -carotène. Ils ne sont pas également répartis dans le fruit, la majorité du lycopène est retrouvé dans la peau et les graines. Il représente 80 % à 90% de la totalité des pigments présents dans la tomate et est responsable de la couleur rouge des tomates mûres. La teneur en β -carotène est négligeable face à celle du lycopène, mais son activité biologique est importante, car le β -carotène est un précurseur de la vitamine A, plus communément connue sous le nom de Rétinol [14].

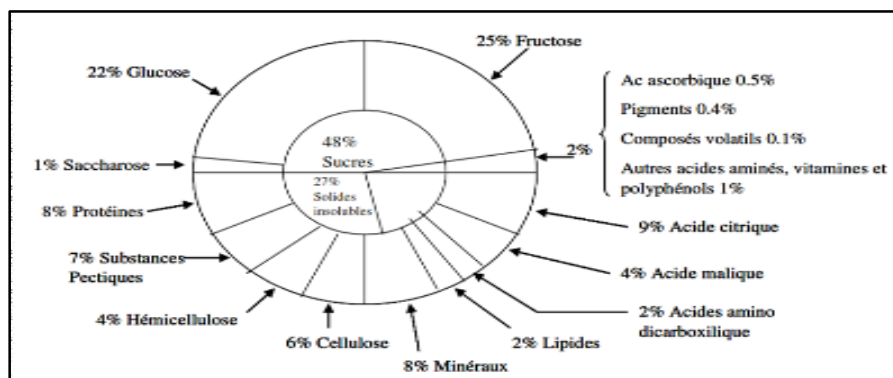


Figure 3 : Composition moyenne de la matière sèche du fruit de tomate.

4. Taxonomie :

Les tomates ont eu plusieurs noms scientifiques au fil des ans, Solanum lycopersicon 1753, lycopersicon esculentum Mill 1768, Lycopersicon pomumamoris Moench 1794, Lycopersicon lycopersicum Karst 1882 [16].

La classification de la tomate est présentée dans le **tableau 1**[17] :

Tableau 1 : Position systématique de la tomate.

Règne	Plante
Sous règne	Trachenobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	Solanum ou Lycopersicon
Espèce	Lycopersicum esculentum

4.1. Taxonomie suivant la forme de fruit :

On distingue cependant plusieurs catégories de tomates, selon le mode de croissance de la plante et surtout selon le type de fruit. Principales formes de tomates (**Figure 4**) :

-1aplatie ; -2 légèrement aplatie ; -3 arrondie ; -4 haute et ronde ; -5 en forme de cœur ;
-6 cylindrique ; -7 en forme de poire ; -8 en forme de prune [18].

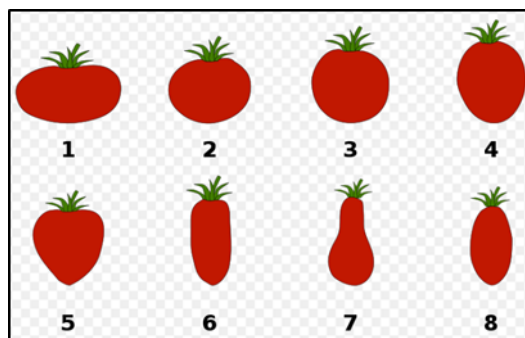


Figure 4 : Principales formes de tomates [18].

4.2. Taxonomie suivant la transformation industrielle :

Les tomates utilisées pour la préparation de concentré doivent répondre à un certains nombres de critères de qualité, les fruits doivent être fermes, sains, résistants à l'éclatement et l'écrasement au moment de la récolte, durant le transport et le stockage. Cependant, d'autres critères sont à considérer :

✚ **Calibre de fruit** : le fruit doit être de grand calibre, ce qui se traduit par une diminution de la main-d'œuvre à la récolte et au triage.

✚ **pH** : le pH du produit à transformer doit être inférieur à 4,5 de façon à limiter le temps de stérilisation nécessaire pour préserver la qualité du produit fini.

✚ **Couleur du fruit** : La couleur doit être d'une caractéristique rouge aussi bien pour la peau du fruit que pour la pulpe.

✚ **Extrait sec** : l'extrait sec total du fruit de tomate est essentiel pour l'élaboration du concentré. Plus l'indice de réfraction est grand, moins il faut de kg de tomate fraîche pour fabriquer 1 kg de double concentré à 28 %.

✚ **Pectines** : Le fruit doit avoir une teneur élevée en substances pectiques (1,2 à 1,5 %) afin d'augmenter la consistance du produit fini.

✚ **L'acidité** : de même importance que le pH, la teneur en acide citrique dans la tomate ne doit pas être inférieure à 0,35 % [18].

5. Variétés et formes de tomates :

La sélection faite par les hommes a privilégié les plantes à gros fruits. On distingue cependant plusieurs catégories de tomates selon les caractéristiques qui les font différencier, à savoir :

- Le type de croissance : déterminé ou indéterminé.
- La longueur du cycle.
- La période de la culture : saison chaude et humide, saison froide, toute l'année.
- Les caractéristiques des feuilles : (forme, couleur, pilosité,...).
- Les caractères des fruits : (forme, grosseur, couleur,...).
- Utilisation : industriel, frais.

Il existe plusieurs milliers de variétés cultivées de tomates, mais il existe des variétés fixes et d'autres hybrides [19]. Toutes les tomates (y compris celles que l'on appelle « anciennes ») sont issues de croisement et d'amélioration pour donner les variétés d'aujourd'hui :

Variétés fixes : comme leur nom l'indique, le croisement dont elles sont issues a permis de conserver de manière stable leurs caractéristiques (vigueur, forme, couleur, goût...).

Variétés hybrides F1 : la variété est issue du résultat du croisement de deux variétés de lignées pures. Cette variété de première génération bénéficie du patrimoine de ses deux parents, avec un effet de vigueur supplémentaire [20].

Toutes les variétés ne sont pas inscrites au catalogue officiel des semences, nous en avons sélectionné quelques-unes (**figure 5**) [21].



Figure 5 : Quelques variétés de tomates.

En Algérie, on trouve deux variétés fixes : la tomate Marmande et la tomate saint-pierre (**Figure 6**) [22].

- **Célèbre tomate Marmande** : c'est une variété assez précoce, vigoureuse et productive, fruits de 150 à 250 g, chair ferme, sucrée, parfumée, de bonne qualité. En salade, à farcir, en gratin, en sauce, etc.
- **Tomate saint- pierre** : c'est une variété vigoureuse, demi-précoce, à gros fruits rouge vif, ronds et lisses, peu de graines, variété hâtive [22].



Figure 6 : Variétés de tomates qui se trouvent en Algérie.

6. Description botanique de la plante de la tomate :

La hauteur d'un plant de tomates varie de 30 centimètres pour les plus petits plants de type déterminé, à plusieurs mètres chez les plants de type indéterminé. Les tiges et les feuilles

contiennent une huile essentielle qui donne aux plantes de tomates leur odeur caractéristique [23]. On peut distinguer deux types différents de plantes de tomates, selon le mode de croissance : le type à croissance indéterminée et le type à croissance déterminée [4].



Figure 7 : Anatomie de plante de tomates.

6.1. Racine :

Les racines d'une plante de tomates sont abondantes et très ramifiées. Très présentes dans les premiers 30 centimètres, les racines peuvent atteindre jusqu'à un mètre dans les sols profonds [23], comme le montre la **figure 8** [23].



Figure 8 : Racines d'une plante de tomates sont concentrées dans les premiers 30 centimètre.

6.2. Tige :

De consistance herbacée en début de croissance, la tige tend à devenir un peu ligneuse en vieillissant. La croissance de la tige est assurée par les bourgeons [24].

Les tiges ont des couleurs vertes pourvues de poils blanchâtres. Elles portent les feuilles, les fleurs et les fruits. Le plus souvent, elles sont retombantes et demandent à être attachées à des tuteurs [4].



Figure 9 : Tige de plant de tomates [4].

6.3. Feuille :

Les feuilles d'une plante de tomates sont composées, c'est-à-dire qu'elles comportent plusieurs folioles. Elles sont poilues, alternes (et non opposées) sur la tige et très odorantes. Leur couleur varie entre le vert et le jaune foncé. Dans la plupart des variétés, les feuilles sont composées de cinq à sept folioles (**figure 10**), plus ou moins dentelées ou découpées, certaines sont plissées. Leur longueur varie généralement de 10 à 25 centimètres, mais peut parfois atteindre jusqu'à 50 centimètres [23].



Figure 10 : Feuilles d'une plante de tomates.

6.4. Fleur :

Les fleurs sont réunies en cymes, inflorescences de type déterminé (**figure 11**) ; cependant, chez la tomate, le méristème de l'inflorescence ne se termine pas par une fleur et, en fait, maintient son indétermination [25].

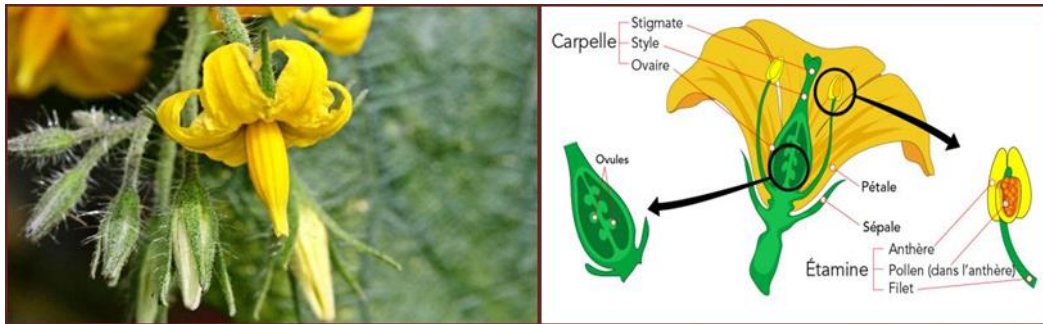


Figure 11 : Anatomie d'une fleur de tomate.

6.5. Fruit ; tomate :

Le fruit est une baie charnue, de forme globulaire ou aplatie, avec un diamètre de 2 à 15 cm (**Figure 12**). Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général, les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés [4].

Si les fruits sont traditionnellement sphériques et rouges, ils peuvent être de diverses tailles, couleurs et formes. Il existe ainsi des fruits blancs, jaunes, orange ou noirs violacés [21].

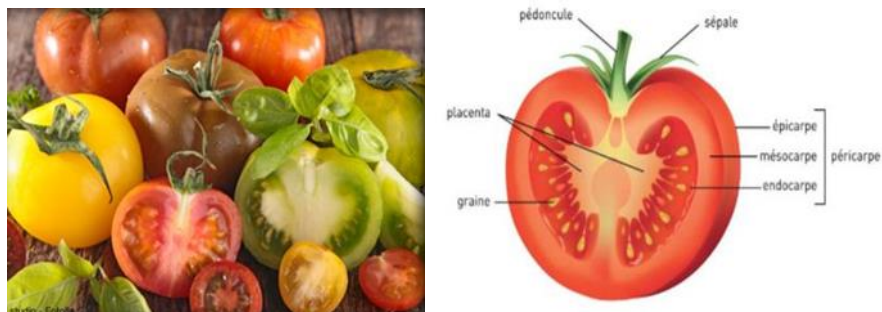


Figure 12 : Anatomie du fruit de la plante de tomates.

6.6. Grains :

Les pépins sont entourés d'une sorte de mucilage provenant de la gélification de l'enveloppe de la graine. Les graines sont nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g [21].

7. Types de tomate :

7.1. Tomate de table :

Elles sont grosses, elles sont moins rouges que les tomates industrielles, elles contiennent beaucoup de pépins et d'eau, leur peau est peu résistante. Elles sont utilisées pour la salade ou transformées en purée pour sauce [26].

Leur rendement à l'hectare est faible comparé à la tomate industrielle ; elles ne peuvent donc pas faire l'objet d'une transformation industrielle [26].

7.2. Tomate industrielle :

De dimensions souvent plus petites et parfois allongées, d'aspect très rouge désiré pour les sauces, elles ont un taux de matières sèches plus élevées aussi elles ont une peau résistante. Ce sont ces tomates qui se prêtent à une transformation industrielle, comme leur nom l'indique. Or, les variétés produites (tomates de table) ne répondent pas du tout aux techniques actuelles de conservation ou de transformation. Il faut résoudre un premier problème qui est agronomique en changeant de variétés de tomates [26].

Les avantages sont évidents :

- Meilleur rendement pour la culture ;
- Possibilité de transformer la production [26].

8. Évaluation de la production de tomate :

8.1. La production de tomate par pays :

La tomate est cultivée dans de nombreux pays du monde (170 selon la FAO) et sous divers climats, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. C'est, par le volume de production, le premier légume au plan mondial, devant la pastèque et le chou, mais derrière la pomme de terre et la patate douce [27].

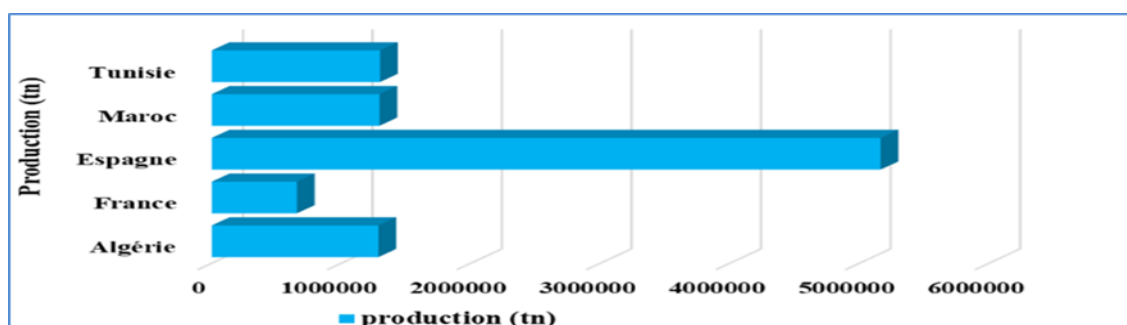


Figure 13 : Évolution de la production de tomate par pays [27].

En 2017, l'Algérie a produit 1,2 million de tonnes de tomates fraîches, la France, 656 408 tonnes, le Maroc (1,3 million de tonnes), l'Espagne (5,1 millions de tonnes) et la Tunisie a produit 1,3 million de tonnes [27].

8.2. Le rendement national de la tomate :

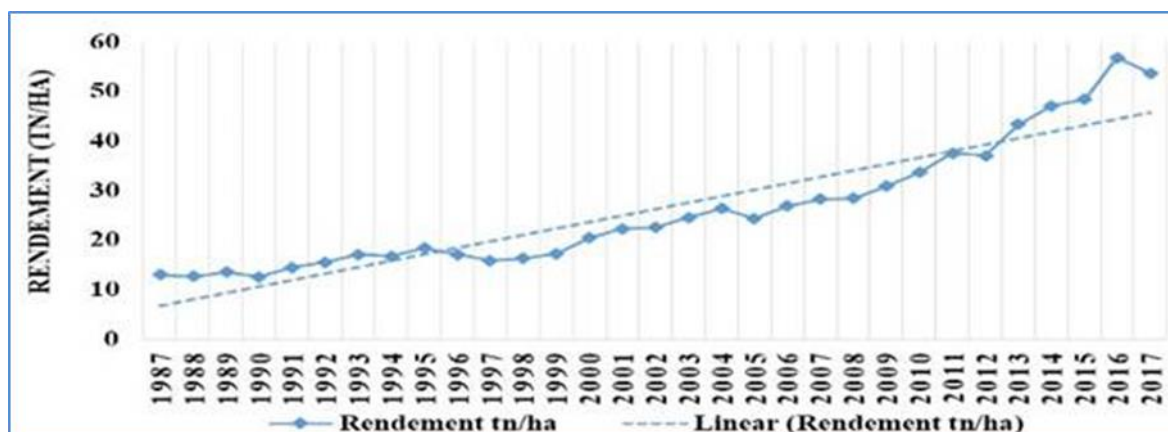


Figure 14 : Évolution du rendement national de la tomate [28].

En Algérie, le rendement de la tomate n'a pas connu une forte augmentation, entre 1987 et 2000. À partir de l'année 2000, nous constatons une augmentation jusqu'à l'année 2017. En 2017, le rendement de tomate dépasse 53 tonnes/hectare [28].

8.3. La production de tomate par wilaya :

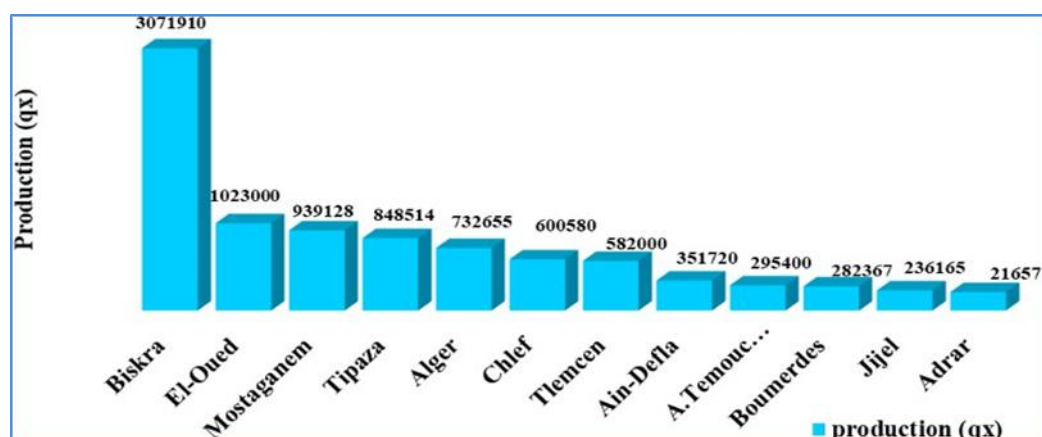


Figure 15 : La production de tomate par wilaya en 2016 [28].

La wilaya de Biskra vient en tête des 12 wilayas productives de tomate avec une production plus de 3 millions de quintaux, El-Oued est la secondaire région productrice avec une production plus de 1 million de quintaux et la troisième région est Mostaganem avec une production de 939 128 de quintaux, suivie de Tipaza avec une production de 848 514 quintaux [28].

9. Importance de la tomate :

9.1. Importance nutritionnelle :

La tomate, largement consommée, joue un rôle bénéfique dans notre alimentation. Ce fruit contient 93% à 95% d'eau. Très pauvre en calories, ne fournit guère plus de 19 k calories à 100g, soit 63 k joules. Elle est très riche en carotène et en lycopène qui lui donnent sa couleur rouge. Cet antioxydant diminuerait le risque de maladies cardiaques et de certaines formes de cancer, dont celui de la prostate. Elle fournit des quantités appréciables de vitamines C (18 mg et plus), ainsi que de la provitamine A et de nombreuses vitamines du groupe B. Ses minéraux sont abondants (notamment en potassium, magnésium et phosphore) [29].

Tableau 2 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate [29].

Comportement de la tomate crue valeur nutritionnelle pour 100g		
Eau		93.80
Valeur calorique		19.00 kcal
Éléments énergétiques	Protides	0.80 g
	Glucides	3.50 g
	Lipides	0.30 g
Vitamines	Provitamine A	0.00 mg
	Vitamine B1	0.06 mg
	Vitamine B2	0.05 mg
	Vitamine B6	0.00 mg
	Vitamine C	18.00 mg
	Vitamine PP	0.60 mg
Minéraux	Fer	0.40 mg
	Calcium	9.00 mg
	Magnésium	11.00 mg
	Phosphore	24.00 mg
	Potassium	226.00 mg
	Sodium	5.00 mg
	Soufre	11.00 mg
	Zinc	0.24 mg
	Chlore	40.00 mg

Fibres	1.20 g
Cellulose	0.60 g

9.2. Importance médicinale :

Le rôle médicinal de la tomate est connu depuis longtemps chez les Incas en Amérique du Sud, qui utilisaient les feuilles fraîches de la plante de tomate comme antibiotique. De plus, la consommation de tomate joue plusieurs rôles importants :

- Elle accélère la formation de sucre dans le sang, ce qui permet au corps de lutter contre la fatigue;
- Elle diminue l'hypertension grâce à sa teneur élevée en potassium ;
- Elle contient des traces d'éléments antitoxiques (chlorite et sulfure) excellents pour la santé du foie;
- Elle contribue à la prévention des maladies cardiovasculaires, de l'artériosclérose et de la cécité;
- Elle joue un rôle dans la prévention du cancer grâce à sa teneur en pigments caroténoïdes antioxydants, notamment une forte concentration en lycopène (3,5 mg/125 g de tomate) [29].

10. Maladies et ravageurs de la tomate :

La tomate est sujette à diverses attaques de ravageurs (acariens, insectes et nématodes) et de maladies cryptogamiques, bactériennes et virales. Elle peut être également concurrencée par des mauvaises herbes et agressée par des facteurs abiotiques dont l'importance varie selon plusieurs facteurs, comme le mode d'installation en plein champ ou sous abris [30].

- **Maladies cryptogamiques :** dus au fongique (ex le Midou) [31].
- **Maladies bactériennes :** La culture de la tomate, comme les autres cultures maraichères, est exposée à pas mal de maladies bactériennes. Ces dernières sont généralement moins fréquentes en Algérie, contrairement aux maladies fongiques [31].
- **Maladies virales de la tomate.**
- **Maladies physiologiques:** Parallèlement, avec les bios agresseurs de la culture de la tomate, les maladies physiologiques peuvent affecter cette culture, causant des pertes considérables, parmi lesquelles, il est cité les nécroses et les blochyripening [32].
- **Principaux ravageurs de la tomate :** Les insectes phytophages sont par définition le premier groupe potentiel de nuisibilité sur la tomate. Ils peuvent s'attaquer à des

parties bien précises ou à toutes les parties [33]. Parmi les ravageurs le plus redoutable en Algérie et un peu partout dans le monde, il y a la fameuse mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*), à laquelle s'ajoute la mouche blanche (*Trialeurodes vaporariorum*), le tétranyque tisserand (*Tetranychus urticae*) [34].

II. DECHETS DE TOMATES :

1. Généralité :

La tomate est une plante utilisée dans une variété de préparations culinaires (comme la salade, dans les préparations alimentaires, le jus, la soupe, la purée, le ketchup ou la pâte) [35]. La culture de la tomate est très répandue dans le monde entier mais 90% de la production mondiale est obtenue dans l'hémisphère nord (bassin méditerranéen, Californie et Chine) [36]. Environ 130 millions de tonnes de tomates ont été produites dans le monde en 2008. La Chine est le plus grand producteur de tomates, avec environ un quart de la production mondiale, suivie des États-Unis et de la Turquie [2]. La tomate est cultivée aussi bien pour la consommation fraîche que pour la transformation industrielle [36].

2. Les déchets de tomates :

Une grande quantité de déchets est produite lors de la transformation commerciale de la tomate en jus, en pâte et/ou en ketchup. [37]. Les déchets de tomates représentent, environ 10-30% du poids des fruits frais [38] ; ils se composent de 33% de graines, 27% de peaux et 40% de pulpe en plus de tomates vertes non transformées, parfois mélangés à des feuilles. En Algérie, la production annuelle des résidus de tomates est estimée à 1.305.000 tonnes/an [2]. Les déchets de tomates séchés contiennent 44% de graines et le reste, 56% de peaux et de pulpe [39]. Les déchets de tomates peuvent être séchés facilement à l'air libre sous soleil [40]. Cependant, pour des applications alimentaires, ils doivent être séchés immédiatement pour réduire l'humidité avant la contamination microbienne afin d'améliorer leur durée de vie, leur apparence, leur saveur originale et leur valeur nutritionnelle [41].



Figure 16 : Déchets issus de la fabrication du concentré de la tomate.

3. Composition chimique des déchets de la tomate :

Les co-produits de la tomate sont les résidus des industries de conserverie et sont constitués de peaux, pépins, d'un peu de pulpe et des pédoncules parfois mélangés à quelques feuilles et écarts de triage.

a. Pulpes de tomate :

Les analyses des composés pariétales montrent une forte teneur en lignine et en cellulose brute de 24,65 % de MS par rapport à la pectine 5% [42].

La pulpe de tomate présente une composition en acides aminés similaire à celle du tourteau de soja, ce qui en fait un aliment intéressant pour les ruminants en termes de valeur protéique. En conséquence, elle constitue une source appréciable de vitamines A, B1 et B2 [43].

b. Les pelures :

Concernant les tomates récoltées généralement à un stade de maturité assez avancé, les peaux constituent la part la plus importante des sous-produits livrés par les conserveries [44].

La peau de tomate est constituée d'un hypoderme, d'un épiderme, et d'une cuticule. Les peaux sont donc essentiellement constituées de cellules à parois lignifiées (15 à 35% de lignine). Elles sont recouvertes d'une cuticule constituée de produit d'excrétions lipidiques désignées globalement sous le terme de cires ou de cutine [42].

Tableau 3 : Composition biochimique des pelures de tomates [43].

Composants	Teneurs (mg/100g MS)
lycopène	73,40
Bêta-carotène	02,93
Protéine	10,08
Lipides	03,22
Cendres	25,64
Calcium	180,0
Phosphore	270,0
Magnésium	140,0
cuivre	0,76
Manganèse	1,25
Zinc	2,75

c. Les graines de tomate :

Elles constituent une excellente source de substances riches en nutriments comme les caroténoïdes, les sucres, les fibres et les protéines, avec une composition en acides aminés proche de celle des graines de soja ou de tournesol. Les graines de tomate sont assez riches en huile soit 18 à 27 % de leur poids total [45]. La composition biochimique des graines de tomate est caractérisée par un taux de matières sèches de 93%, favorable à l'extraction directe de l'huile sans recours à un séchage préalable des graines de tomates [46].

Tableau 4 : Composition biochimique des graines de tomate [46].

Constituants	Quantité
Eau	6,97 %
Matières sèches	93,03 %
Cendres	4,16 %
Matières azotées totales	3,95 %
Protéines	24,72 %
Lipides	26,2 %
Sucre totaux	4,25 %
Cellulose brute	24,24 %
Bêta-carotène	1,76 mg/100g
Lycopène	2,76 mg/100g

d. Feuilles :

Sur le champ, il existe un autre type de déchets composé par la plante elle-même après la récolte. Des tonnages importants de matière verte sont ainsi trop souvent enfouis dans les champs. Auparavant le seul moyen de s'en débarrasser était de les accumuler dans une décharge et de les brûler. De nos jours, les feuilles rentrent dans le compostage (utilisées comme engrais pour protéger d'autres cultures du potage) [44].

4. Utilisation des déchets de tomates :

Les sous-produits de l'industrie de la tomate sont peu ou pas utilisés (utilisation directe). Ils sont soit détruits, soit revendus pour l'alimentation animale. Pour maximiser ses profits, les déchets de tomates peuvent servir à de nombreuses utilisations [47].

a. Alimentation :

De part sa teneur élevée en fibres susceptibles d'être digérées par les animaux [41], les déchets de tomates sont principalement utilisés dans la nutrition de bétail, en particulier les ovins et les bovins [39] et aussi pour l'alimentation des autres animaux. Par ailleurs, les déchets de tomates peuvent représenter une source intéressante de fibres pour la consommation humaine [48]. De leur côté, les graines contiennent environ 40% de protéines [49]. Par conséquent, les graines de tomates sont recommandées comme source de protéines dans les applications alimentaires pour l'homme [35]. En outre, Brodowski et Geisman (1980) ont rapporté que ces déchets contiennent 13% de lysine de plus que les protéines de soja, ce qui pourrait améliorer substantiellement la qualité des protéines des aliments à basse teneur en lysine tels les produits de céréales.

b. Agent antioxydant :

Une grande quantité de caroténoïdes est perdue sous forme de déchets au cours de la transformation des tomates [50]. Du fait que, 72–92% du lycopène est associée à la fraction insoluble dans l'eau et à la peau. Ces déchets représentent donc une excellente source de caroténoïdes bon marché. Par conséquent, les extraits de peau sont particulièrement riches en lycopène qui pourrait être extraite par l'utilisation de solvants organiques [35]. De plus, la qualité des huiles comestibles pourrait être améliorée et enrichis par les caroténoïdes de peaux [51].

d. Production d'huiles :

Les graines de tomates contiennent environ 20 % d'huile. Si elle est entièrement raffinée, c'est une bonne source d'huile de salade ; on sait peu de choses sur la capacité antioxydante de l'huile de graines de tomate [52]. Il a également été mentionné qu'il serait possible de réduire le taux de cholestérol en donnant aux cobayes 1 ml d'huile par kilogramme. L'huile de pépins de tomate est également utilisée dans l'industrie cosmétique comme les savons, les lubrifiants, les peintures et les vernis [53].

5. Valorisation des déchets de tomates :

Selon la législation européenne (Directive 2006/12/CE), les résidus doivent être manipulés de manière à ne pas mettre en danger la vie humaine et à éviter l'utilisation de méthodes pouvant être nocives pour l'environnement [54].

Grâce aux progrès de la recherche scientifique, les sous-produits de l'industrie de la tomate peuvent désormais être valorisés au-delà des méthodes classiques telles que l'alimentation animale, le compostage et l'épandage. Il est possible de récupérer des composants nutritionnellement précieux tels que les pigments caroténoïdes (comme le lycopène et le β -carotène), les protéines, les sucres, les fibres et l'huile (contenant jusqu'à 75% AGI). Ces produits trouvent des applications dans les industries alimentaires, cosmétiques et industrielles [54].

Les voies de valorisations des résidus agroalimentaires sont illustrées par la figure ci-dessous :

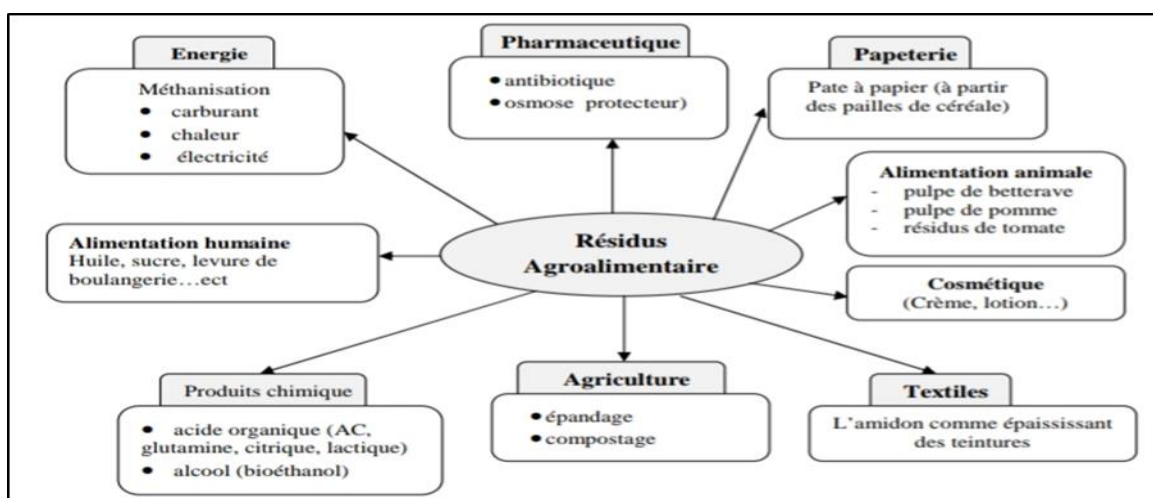


Figure 17 : Les principales voies de valorisations des résidus agroalimentaires.

5.1. Les constituants récupérés par la valorisation des sous-produits de l'industrie de tomate :

a. Lycopène :

Il est principalement présent dans la peau (54mg/100g), le lycopène est le caroténoïde le plus répandu dans le corps humain. Son nom provient de la classification de la tomate «solanumlycopersicum ». Le lycopène protège contre les maladies dégénératives et a un effet antioxydant. Il réduit la probabilité de maladie cardiovasculaire et de cancer. Il stimule l'immunité, soutient la santé de la peau et la protège des UV [54].

b. Les fibres de tomates :

Elles font partie des aliments végétaux non digérés qui facilitent la digestion. Les fibres diététiques sont constituées par des polysaccharides autres que l'amidon et divers composés de plantes tels que la cellulose, les dextrines, l'inuline, la lignine, les cires, la chitine, les pectines, les β -glucanes et les oligosaccharides.

Ces fibres présentent plusieurs effets métaboliques qui sont [54]:

- Effet positif lors des mécanismes de mastication.
- Réduire la contribution énergétique des aliments, le taux de glycémie et le taux de cholestérol.
- Sensation de satiété.
- Piégeage les substances toxiques.
- Stimulation de digestion.
- Augmentation de durée du transit intestinal, etc.

c. Huile des graines de tomate :

La plupart des résidus de tomate sont concentrés dans les graines, qui renferment environ 20% d'huile, avec une teneur en matières sèches allant de 14,6% à 30,4%. L'huile de graines de tomate est également employée dans diverses industries cosmétiques, telles que la fabrication de savon, de lubrifiants, de peintures et de vernis. Cette huile possède des propriétés apaisantes et adoucissantes, et elle offre une protection au système vasculaire [54].

d. La cutine :

Un polymère naturel présent dans la peau des tomates, la cutine, pourrait remplacer les substances chimiques actuellement utilisées dans les vernis à l'intérieur des boîtes de conserve pour isoler les aliments, tout en conservant la même efficacité. Angela Montanari, chimiste et coordinatrice du projet Biocopac, affirme que la cutine peut être utilisée comme vernis avec des caractéristiques technologiques, hygiéniques et sanitaires similaires à celles des vernis standard [55].

Après avoir exploré les déchets de tomates, l'analyse physico-chimique de la pelure et la pulpe de tomate se révèle comme une démarche essentielle pour valoriser efficacement ces résidus, notamment à la lumière de leurs composants comme le lycopène.

III. LE LYCOPENE :

1. Introduction :

Pour échapper aux graves séquelles du stress oxydant, il y a nécessité de maintenir l'équilibre entre oxydants et antioxydants, afin de préserver les performances physiologiques optimales de l'organisme. Les antioxydants alimentaires comprennent des vitamines (A, C et E), certains oligoéléments (sélénium, zinc), mais également des éléments bioactifs qui ne sont ni des vitamines ni des minéraux et qui se trouvent naturellement dans les aliments issus du règne végétal appelés phytonutriments. Ces métabolites secondaires sont fortement impliqués en prophylaxie de plusieurs cancers et pathologies chroniques. Les composés antioxydants font actuellement l'objet de nombreuses études, car en plus d'un intérêt certain, dans la conservation des denrées comestibles pour l'industrie alimentaire, ils pourraient s'avérer utiles dans la prévention ou le traitement de nombreuses maladies [56].

2. Description du lycopène de la tomate :

Fontaine de Jouvence? Jeunesse éternelle? Les antioxydants peuvent-ils tenir toutes ces promesses? Surement pas, mais ils valent certainement la peine qu'on s'y intéresse, car leur effet préventif contre certaines maladies dégénératives chroniques se confirme au fur et à mesure que la recherche sur le sujet progresse.

Le lycopène est un tétraterpène appartient à la famille des caroténoïdes naturel très lipophile à cause de sa structure apolaire, non pro-vitaminiques A. Il doit son nom au nom latin de la tomate (*Solanum lycopersicum*). C'est le pigment responsable de la couleur rouge, orange de certains végétaux. Il est synthétisé par les plantes et des micro-organismes mais pas par l'homme ou les animaux. C'est un polyène acyclique symétrique de chaîne ouverte dont la formule moléculaire est $C_{40}H_{56}$ et appartient aux caroténoïdes non saturés. Sa structure est linéaire et comprend 11 doubles liaisons conjuguées et 2 non conjuguées, le rendant le plus long caroténoïde [56] (**Figure 18**).

Le lycopène est réputé être un antioxydant, donc très bon pour lutter contre les méfaits du soleil (UV) sur nos organismes (vieillesse cellulaire, perte d'élasticité de la peau, cancer, etc...).

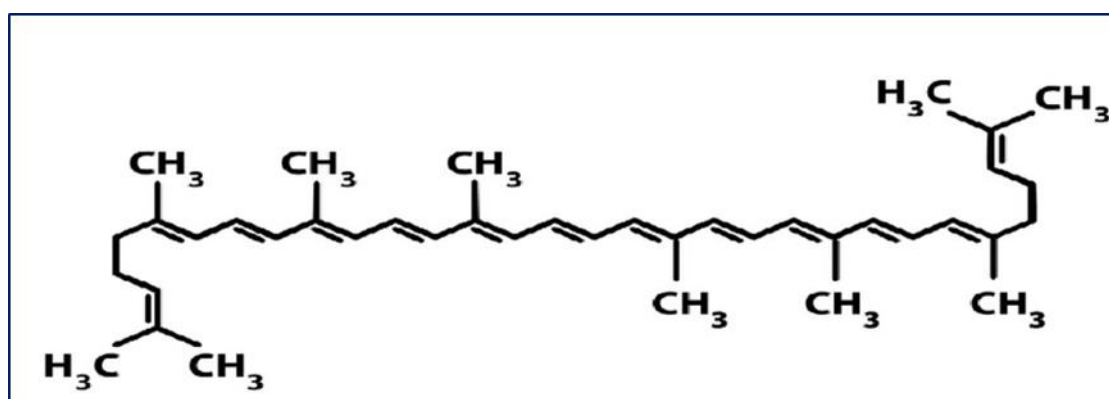


Figure 18 : Structure du lycopène [57].

Les onze doubles liaisons conjuguées du lycopène lui confèrent sa couleur rouge intense et son activité antioxydante (**Figure 19**).



Figure 19 : Lycopène pur [58].

Le lycopène ressemble beaucoup au β -carotène dans sa structure chimique (**Figure 20**). Le β -carotène $C_{40}H_{56}$ est une chaîne constituée de huit unités isopréniques, avec une série de onze doubles liaisons conjuguées. Elle peut absorber la lumière bleu-indigo et donc apparaître orange comme dans la carotte, c'est lui qui donne la couleur aux carottes et aux feuilles d'automne et joue un rôle essentiel dans la croissance et dans le mécanisme de vision [59].

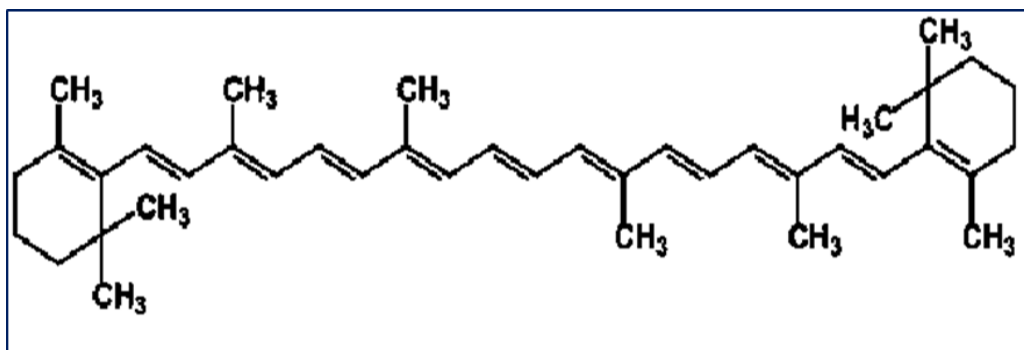


Figure 20 : Structure chimique du bêta-carotène [60].

En raison de sa forte hydrophobicité, le lycopène est pratiquement insoluble dans l'eau, l'éthanol ou le méthanol, mais il se dissout bien dans des solvants organiques tels que le chloroforme, le benzène, le dichlorométhane, l'hexane et l'acétone. En milieu aqueux, il a tendance à s'agréger et à précipiter sous forme de cristaux. Le lycopène existe sous plusieurs isomères, les deux formes principales étant le lycopène all-trans et le lycopène 5-cis. Le lycopène all-trans est la forme prédominante dans les végétaux, tandis que le lycopène 5-cis est principalement présent dans le plasma et certains tissus cibles [61]. Le lycopène est sensible à la lumière, à la chaleur, à l'oxygène, aux acides et aux ions métalliques .

3. Propriétés physico-chimiques :

Les propriétés physico-chimiques du lycopène sont représentées dans le **tableau 5**.

Tableau 5 : Propriétés physico-chimiques de lycopène [62].

Formule chimique	$C_{40}H_{56}$
Poids moléculaire	536,9 g/mol
Couleur	Rouge foncé
Forme des cristaux	Aiguilles rouges
Absorbance	Longueur d'onde optimale dans l'hexane et le dichlorométhane : 472nm
Solubilité	Soluble dans le chloroforme, le benzène et le dichlorométhane, pratiquement insoluble dans le méthanol, l'eau et l'éthanol

Point de fusion	172-173° C
Coefficient d'extinction moléculaire	$E_{1\text{cm}}$ est de 3450
Sensibilité	Oxygène, lumière, acides, températures élevées et les ions métalliques.

4. Facteurs influençant la teneur en lycopène :

Parmi les facteurs affectant le taux de lycopène dans les tomates :

- ❖ **Les variétés** : Nous notons une grande différence entre certaines variétés de tomates rouges, jaunes, vertes...
- ❖ **La température et le rayonnement** : Les tomates ayant mûri à la lumière ont présenté une teneur en lycopène plus élevée [63].
- ❖ **Le stade physiologique** : Pendant la maturation, le fruit subit une variation significative de sa couleur. Plus les tomates sont mûres, plus leur taux de lycopène est plus élevé [64].

5. Les effets biologiques du lycopène :

La plupart des réactions oxydatives provoquées par l'oxygène dans l'organisme humain sont très lentes, ce qui rend l'oxygène lui-même peu toxique. Cependant, sous l'action de radiations ionisantes, de rayons UV, de métaux de transition ou de réactions enzymatiques, plusieurs espèces beaucoup plus réactives sont produites. Le terme "espèces réactives de l'oxygène" (ERO) englobe les radicaux libres d'oxygène ainsi que certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires, dont la toxicité est significative [65].

Les mécanismes de défense contre l'oxydation sont en grande partie génétiquement programmés. De plus, certains mécanismes de défense sont fournis par des composés alimentaires tels que la vitamine C, la vitamine E, le sélénium et probablement des substances caroténoïdes. Le lycopène possède une capacité à neutraliser les radicaux libres dérivés de l'oxygène moléculaire à la fois physiquement et chimiquement [66]. La **figure 21** montre les différents mécanismes proposés qu'implique le lycopène dans la prévention des maladies chroniques.

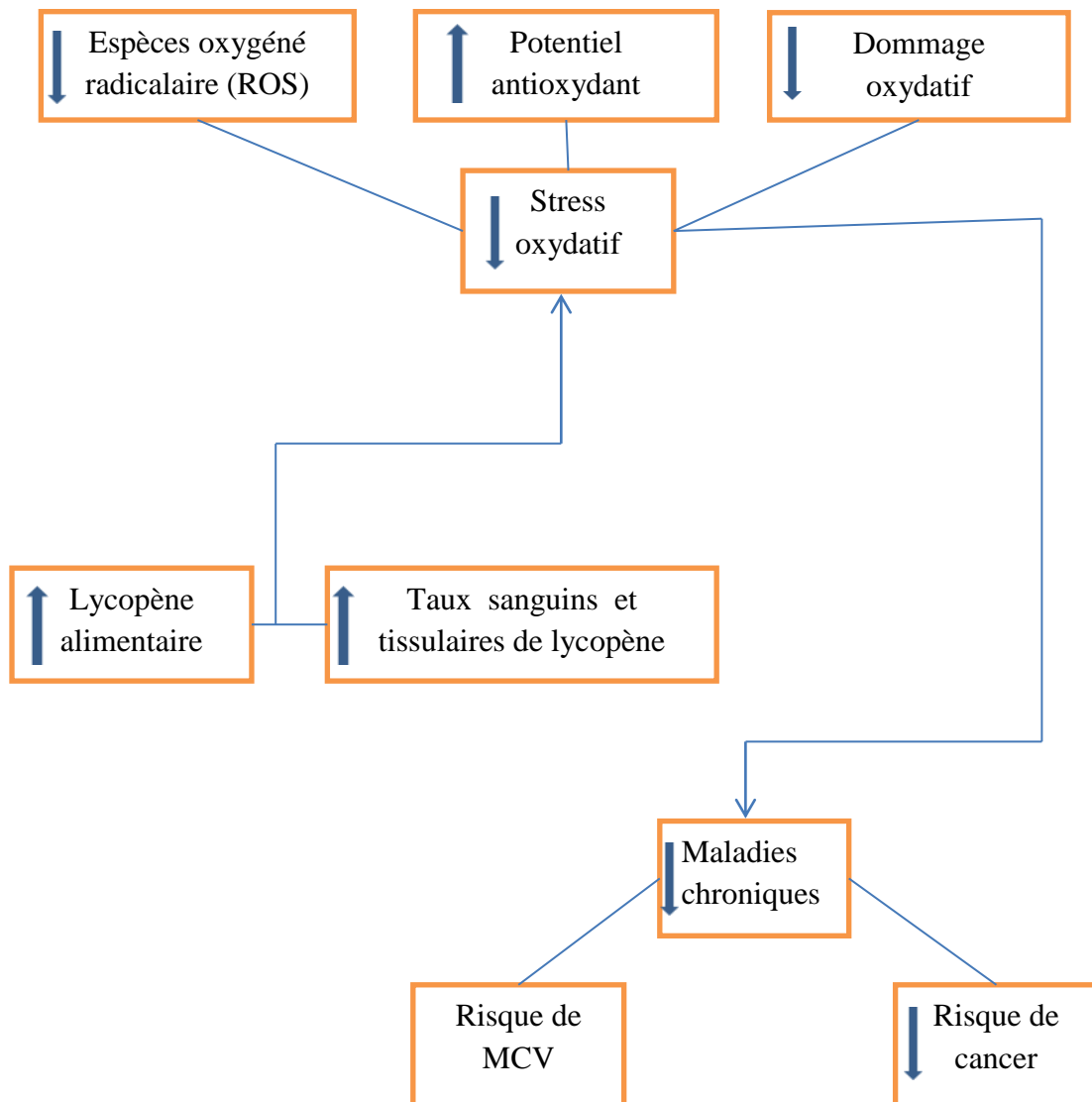


Figure 21 : Mécanisme proposé pour le rôle du lycopène dans les maladies chroniques [66].

6. Recommandation :

Il est recommandé de consommer plus de 10 portions de tomates cuites ou d'aliments riches en lycopène par semaine. Les suppléments de lycopène sont également disponibles commercialement, avec une dose recommandée de 30 à 60 mg par jour. Un tel apport en lycopène pourrait réduire d'environ un tiers le risque de cancer de la prostate [67]. D'après certaines études une consommation régulière de la tomate ou de produit à base de tomate réduirait les risques des maladies cardiovasculaires, de diabète et d'ostéoporose.

Après avoir exploré les propriétés du lycopène dans les tomates, nous nous tournons maintenant vers la cutine, afin de valoriser pleinement ce précieux composant végétal.

IV. LA CUTINE :

1. Description de la cutine de la tomate :

La cutine est un polymère lipidique qui assure un rôle structural et qui peut être assimilée au squelette de la cuticule. C'est un polyester d'acides gras hydroxylés dont les unités de base, les monomères de cutine, peuvent être caractérisés par dépolymérisation [68]. Ces monomères sont classés en deux grandes classes : les monomères en C16 et les monomères en C18 ; chacune composée d'une large gamme de molécules. La composition ou le ratio entre les C16 et les C18 de la cutine varie suivant les espèces considérées, l'organe ou le stade de développement [69].

La cutine de la tomate est une couche cireuse et hydrophobe qui recouvre la surface externe de la peau de la tomate. Elle joue un rôle essentiel dans la protection contre la perte d'eau, les maladies et les dommages physiques.

La figure suivante représente la cutine de la peau des tomates :

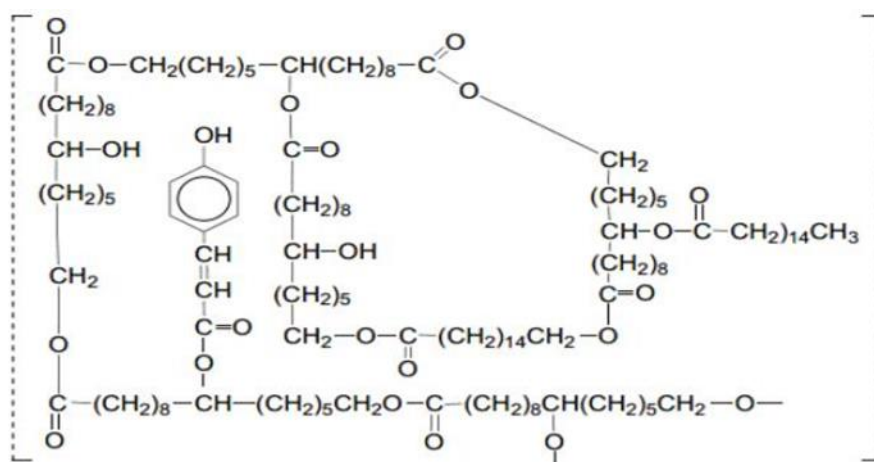


Figure 22 : La structure moléculaire de la famille C16 des monomères de cutine [70].

2. L'utilisation de la cutine :

La cutine utilisée comme produit est généralement extraite à partir de sources végétales telles que les fruits, les feuilles ou les tiges. Elle peut être transformée et utilisée dans une variété d'applications industrielles, agricoles, cosmétiques et pharmaceutiques en raison de ses propriétés uniques. Voici une description détaillée de la cutine en tant que produit à utiliser: [71]

❖ **Applications alimentaires** : La cutine peut être utilisée comme agent d'enrobage alimentaire pour améliorer la durée de conservation des aliments en formant une barrière protectrice contre l'humidité, l'oxygène et les contaminants.

❖ **Emballages biodégradables** : La cutine peut être utilisée comme matériau d'emballage biodégradable et écologique en remplacement des plastiques conventionnels. En raison de sa nature biocompatible et de sa dégradabilité, elle offre une alternative durable pour les emballages alimentaires, les sacs et les films d'emballage.

❖ **Applications agricoles** : La cutine peut être utilisée comme revêtement protecteur pour les cultures agricoles afin de réduire les pertes post-récolte dues aux maladies, aux ravageurs et aux dommages mécaniques. Elle peut être pulvérisée sur les plantes pour former une barrière hydrophobe qui limite les infections fongiques, la pourriture des fruits et l'adhérence des insectes.

❖ **Applications cosmétiques** : La cutine peut être utilisée dans les formulations de produits cosmétiques tels que les crèmes, les lotions et les baumes pour la peau. En formant une barrière protectrice sur la peau, elle aide à retenir l'humidité, à protéger contre les agressions environnementales et à améliorer la texture et l'apparence de la peau.

❖ **Applications pharmaceutiques** : La cutine peut être utilisée dans les formulations pharmaceutiques pour la libération contrôlée de médicaments. En raison de sa perméabilité sélective aux gaz et de sa capacité à former des films minces, elle peut être utilisée comme matériau de libération prolongée pour améliorer l'efficacité thérapeutique des médicaments.

La cutine utilisée comme produit offre une multitude d'applications pratiques dans divers domaines, offrant des avantages en termes de durabilité, de sécurité alimentaire, de protection des cultures et de développement de produits cosmétiques et pharmaceutiques respectueux de l'environnement. Son utilisation continue de susciter un intérêt croissant en tant que solution durable et polyvalente pour répondre aux besoins industriels et commerciaux actuels.

V. ASPECT PHYSICO-CHIMIQUE :

1. Les antioxydants :

1.1. Les caroténoïdes :

Les caroténoïdes font partie de composés synthétisés par les plantes et présents dans les fruits et légumes et responsables des couleurs jaune, orange ou rouge. Il s'agit de

tétraterpénoïdes, les plus abondants étant le β -carotène, l' α -carotène, le lycopène, la lutéine et la cryptoxanthine [72]. Ces pigments lipophiles sont divisés en deux familles principales selon leur composition chimique : les carotènes hydrocarbonés et les xantophylles contenant l'oxygène sous la forme de fonctions cétone, alcool, ester. Les caroténoïdes grâce à la conjugaison de leurs doubles liaisons sont capables de désactiver l'action des radicaux libres. Ils neutralisent efficacement l'oxygène singlet, un radical libre particulièrement agressif [73].

Le lycopène, principal caroténoïde qui possède des propriétés antioxydantes particulièrement intéressantes, et un intérêt pour lutter contre certaines maladies chroniques [74].

Les caroténoïdes peuvent agir en tant qu'antioxydants (OA) selon plusieurs mécanismes. Ils sont capables de bloquer les chaînes de réactions radicalaires, selon les équations suivantes :



1.2. Les polyphénols :

Les polyphénols sont capables de piéger les radicaux libres découlant aussi bien des réactions d'oxydation de différents nutriments que de celles de l'organisme. La richesse des structures des polyphénols en résidus hydroxyles, leur confère une meilleure capacité à neutraliser les radicaux libres. Etant des antioxydants primaires et radicalaires, ils peuvent ralentir la formation de radicaux libres et interrompre la chaîne autocatalytique. Toutefois, les mécanismes par lesquels les polyphénols peuvent avoir des effets protecteurs sur la santé via une action antioxydante ne sont pas bien élucidés [75].

Les composés phénoliques de la tomate sont des antioxydants actifs [76] et contribuent aux effets synergiques avec du lycopène. Des effets antioxydants synergiques contre l'oxydation de LDL ont été obtenus quand le lycopène a été employé en association avec différents polyphénols [77].

Les polyphénols constituent une famille de molécules répandues dans le règne végétal. Leur structure comporte un ou plusieurs noyaux aromatiques portant un ou plusieurs

groupements hydroxyles [78]. On distingue 4 sous-familles, les phénols simples, les flavonoïdes, les acides phénoliques et les polyphénols non flavonoïdes (**figure 23**).

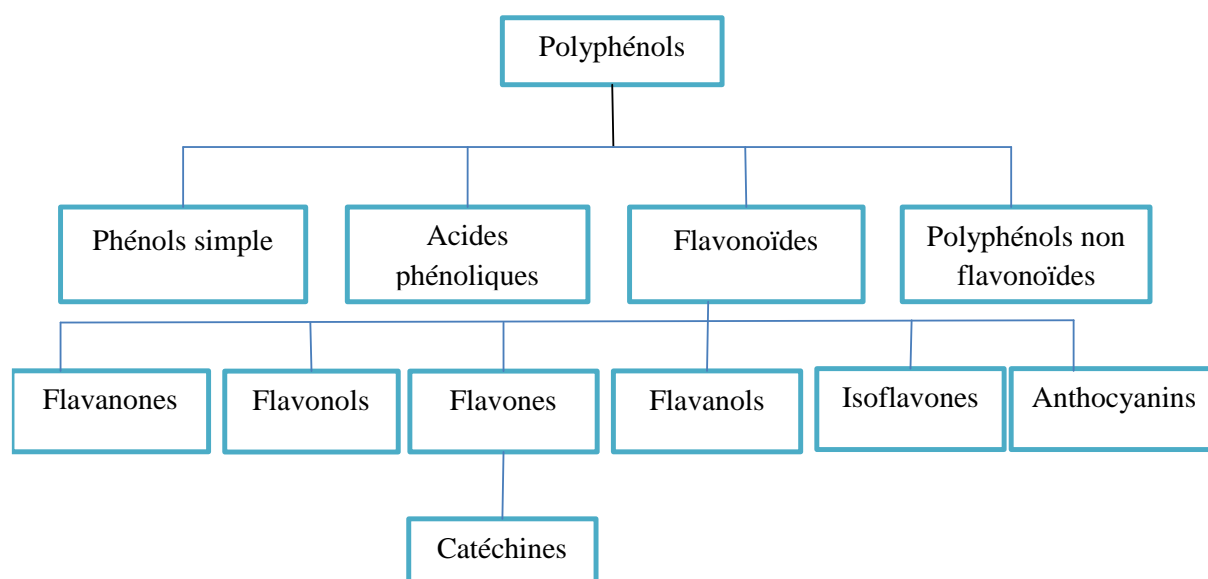


Figure 23 : Sous-familles de polyphénols.

Les antioxydants d'origine alimentaire contribuent vraisemblablement à la défense de l'organisme contre le stress oxydant et ses conséquences. A ce titre, les polyphénols, particulièrement abondants dans une alimentation riche en produits végétaux, pourraient jouer un rôle protecteur important [79]. Les composés phénoliques exercent une activité antioxydante via plusieurs mécanismes :

- L'induction de la biosynthèse d'enzymes antioxydantes.
- L'inhibition des enzymes génératrices d'ERO.
- Le piégeage direct des ERO.

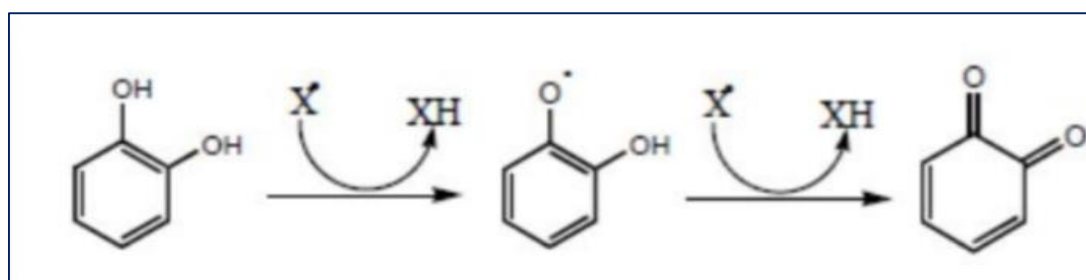


Figure 24 : Piégeage des ERO (X^\bullet) par un noyau catéchol.

1.2.1. Les sous-familles des polyphénols :

a. Les coumarines :

Les coumarines ont un squelette en C6-C3, mais ils possèdent un atome d'oxygène hétérocycle dans le cadre de l'unité C3 [80]. Elles sont issues du métabolisme de la phénylalanine via un acide cinnamique, l'acide coumarique. Les coumarines sont cytotoxiques, antivirales, immunostimulantes, tranquillisantes, vasodilatatrices, anticoagulantes (au niveau du cœur), hypotensives ; elles sont également bénéfiques en cas d'affections cutanées. L'odeur de foin fraîchement coupé de la coumarine est très utilisée en parfumerie et dans les produits cosmétiques [81]. Les coumarines se trouvent naturellement dans de nombreuses plantes, comme le persil, mais et la cannelle de Chine.

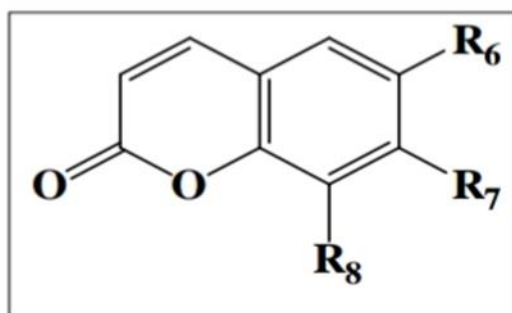


Figure 25 : Structure d'une coumarine.

b. Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont des pigments quasiment universels des végétaux. Presque toujours hydrosolubles, ils sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Tel est le cas des flavonoïdes jaunes (chalcones, aurones, flavonol jaunes), des antocyanosides rouges, bleus ou violets. Quand ils ne sont pas directement visibles, ils contribuent à la coloration par leur rôle de co-pigments. Dans certains cas, la zone d'absorption de la molécule est située dans le proche ultraviolet. Tous les flavonoïdes plus de 4000 ont une origine biosynthétique commune et de ce fait possèdent le même élément structural de base à savoir l'enchaînement 2-phénylchromane [82].

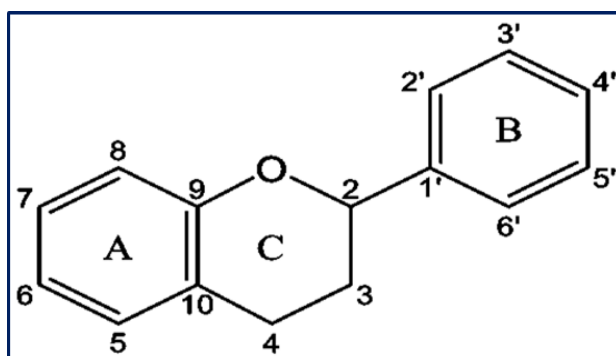


Figure 26 : Structure générale des composés flavonoïdes.

C. Polyphénols complexes (tannins) :

Les tannins sont des composés phénoliques à haut degré de polymérisation et de poids moléculaire élevé. La caractéristique la plus déterminante des tanins est leur capacité à former des complexes (par précipitation) avec les polymères naturels comme les protéines et les polysaccharides. En raison de leur structure et de leurs propriétés chimiques, deux classes sont distinguées : les tannins hydrolysables et les tannins condensés [83].

d. Les alcaloïdes :

Les alcaloïdes sont des composés organiques d'origine naturelle qui contiennent de l'azote et sont basiques. Ils sont produits par des plantes, des animaux, des champignons et des bactéries. Les alcaloïdes ont des structures chimiques complexes et sont souvent toxiques ou dangereux pour les organismes, mais ils ont également des propriétés pharmacologiques importantes, telles que des effets anti-cancéreux, antiparasitaires et analgésiques. Les alcaloïdes sont classés en trois groupes : les alcaloïdes vrais, les protoalcaloïdes et les pseudoalcaloïdes, en fonction de leur structure et de leurs propriétés chimiques. Ils sont utilisés dans de nombreux domaines, notamment en médecine, en chimie et en pharmacologie. Les alcaloïdes sont souvent extraits de plantes, où ils sont localisés dans des parties spécifiques telles que les racines, l'écorce ou le latex [84].

e. Les saponines :

Les saponines sont un groupe de molécules détergentes et émulsifiantes naturellement produites par certaines plantes et même quelques animaux. Elles possèdent des propriétés tensioactives qui leur permettent de former une mousse semblable au savon [85].

2. Dosage des polyphénols totaux :

Ce dosage est fondé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait [86]. Le réactif de Folin-Ciocalteu est un mélange d'acides phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀), est réduit en présence de polyphénols en un mélange bleu d'oxyde de tungstène (W₈O₂₃) et de molybdène (Mo₈O₂₃). La coloration bleue produite est proportionnelle aux taux de composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel qui sont estimés par un spectrophotomètre UV. L'acide gallique est utilisé comme standard à une longueur d'onde $\lambda = 765 \text{ nm}$ [87] (Figure 27).

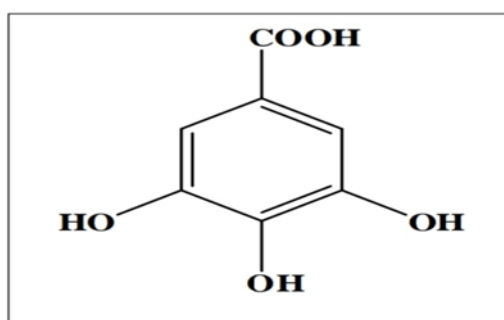


Figure 27 : Structure de l'acide gallique.

3. Les techniques d'extraction :

L'extraction est une soustraction des parties actives des tissus végétaux ou animaux des composants inactifs ou inerte à l'aide de solvant sélective, traditionnellement l'eau, les huiles végétales et les graisses animales. Les produits ainsi obtenus sont relativement impurs sous forme de liquides, semi-solide ou poudre exclusivement destinés à un usage oral ou externe. Plusieurs techniques sont utilisées pour extraire les composés phénoliques. Ces techniques sont soit conventionnellement, tels que l'extraction par macération, par infusion et au Soxhlet, ou nouvelles comme l'extraction assistée par micro-ondes, par ultrason, ou par fluide supercritique.

Méthode conventionnelle :

➤ Soxhlet :

L'extraction par Soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté

dans la matière première. Il est composé d'un corps en verre, dans lequel est placée une cartouche en papier-filtre épais pénétrable pour le solvant, d'un tube siphon et d'un tube de distillation. Dans le montage, l'extracteur est placé sur un ballon contenant le solvant d'extraction. Le ballon est chauffé afin de pouvoir faire bouillir son contenu. La cartouche contenant le solide à extraire est insérée dans l'extracteur, au-dessus duquel est placé un réfrigérant servant à liquéfier les vapeurs du solvant. Le ballon étant chauffé, le liquide est amené à ébullition, les vapeurs du solvant passent par le tube de distillation et rentrent dans le réfrigérant pour être liquéfiées. Ensuite, le condensat retombe dans le corps de l'extracteur sur la cartouche, faisant ainsi macérer le solide dans le solvant. Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'au sommet du tube-siphon, suivi par le retour dans le ballon du liquide de l'extracteur accompagné de substances extraites. Ainsi, le solvant dans le ballon s'enrichit progressivement en composants solubles. L'extraction continue jusqu'à l'épuisement de la matière solide chargée dans la cartouche [88].

La séparation du solvant de l'extrait est faite à l'aide de l'appareil appelé Rotavap (évaporateur rotatif). Dans cet appareil on réalise une évaporation sous vide en utilisant une pompe à vide avec une vanne de contrôle. Pendant l'évaporation, le ballon est mis en rotation et plongé dans un bain liquide chauffé. L'appareil est muni d'un réfrigérant avec un ballon-collecteur de condensat. La rotation du ballon crée une surface d'échange plus grande et renouvelée permettant donc d'effectuer une évaporation rapide. L'abaissement de la pression permet d'évaporer le solvant à température réduite, évitant ainsi la dégradation thermique éventuelle des composés. C'est une méthode d'évaporation simple, utile, douce et rapide [88].

VI. ANALYSES CHIMIQUES :

1. Mesure du pH :

Le terme « pH » est l'abréviation de potentiel d'hydrogène et mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) (appelés aussi couramment protons) en solution. Plus couramment, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Il s'agit d'un coefficient permettant de savoir si une solution est acide, basique ou neutre [89]. Le pH a été défini comme l'inverse du logarithme décimal de la concentration en ion hydrogène :

$$pH = -\log (H_3O^+)$$

2. La chromatographie sur couche mince CCM :

La chromatographie sur couche mince est la plus simple des méthodes chromatographiques. Elle consiste à placer sur une feuille (papier, silice ou autre....) une tache et de la laisser éluer en trempant la feuille dans un solvant ou un mélange de solvants (appelé éluant), l'éluant diffuse le long du support. La tache migre sur la feuille plus ou moins vite selon la nature des interactions qu'elle subit de la part du support et de l'éluant [90].

❖ Principe :

Lorsque la plaque sur laquelle on a déposé l'échantillon est placée dans la cuve, l'éluant monte à travers la phase stationnaire, essentiellement par capillarité. En outre, chaque composant de l'échantillon se déplace à sa propre vitesse derrière le front du solvant. Cette vitesse dépend d'une part, des forces électrostatiques retenant le composant sur la plaque stationnaire et d'autre part, de sa solubilité dans la phase mobile.

Les composés se déplacent donc alternativement de la phase stationnaire à la phase mobile, l'action de rétention de la phase stationnaire étant principalement contrôlée par des phénomènes d'adsorption [90].

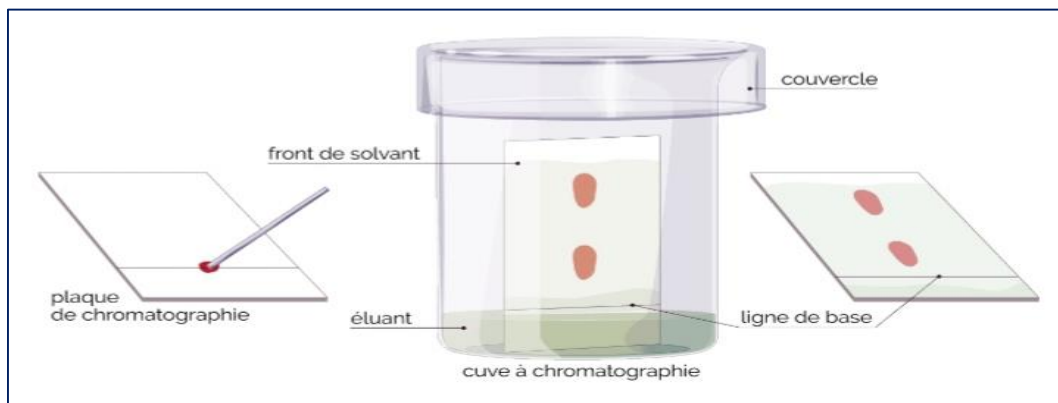


Figure 28 : Mode opératoire de l'analyse par chromatographie sur couche mince.

❖ Exploitation de la CCM :

La distance parcourue entre la ligne de dépôt et le centre de chaque tâche dans des conditions données (phase fixe et éluant connus), nous permet de calculer le rapport frontal pour chaque tâche selon la relation suivante [89]:

$$R_f = d / D$$

d : La distance entre la ligne de dépôt et le centre de la tâche, c'est la distance parcourue par l'espèce chimique

D : La distance parcourue par l'éluant dans le même temps ; c'est la distance entre la ligne de dépôt et le front du solvant.

3. Spectroscopie UV-visible :

Pour enregistrer le spectre UV visible d'une substance, on prépare une solution diluée que l'on introduit dans une cuve en verre ou en quartz. Le solvant doit être transparent dans la zone de longueurs d'onde choisie. Dans le spectrophotomètre, l'échantillon est traversé par un faisceau lumineux et un détecteur mesure, pour chaque longueur d'onde, l'intensité avant et après absorption (I_0 et I) [89]. La mesure est donnée par l'appareil directement.

4. Spectrophotométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) :

La spectrophotométrie infrarouge est une méthode d'analyse qualitative et quantitative qui permet d'identifier et de caractériser les différents pics correspondant aux groupements fonctionnels.

Pour identifier les liaisons de vibration existant dans la matière organique, on fait une comparaison entre les bandes de vibration de nos spectres IRTF et celle de la bibliographie [89].

VII. ANALYSE BIOLOGIQUE :

1. L'activité antioxydante :

Le DPPH[°] est l'un des composés les plus utilisés pour une analyse rapide et directe de l'activité antioxydante, en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse. Cette stabilité est due à la délocalisation des électrons libres au sein de la molécule. Le test DPPH[°] permet de mesurer le pouvoir antiradicalaire de molécules pures ou d'extraits végétaux dans un système modèle (solvant organique, température ambiante). Il mesure la capacité d'un antioxydant (AH) à réduire le radical chimique DPPH[°] (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) par transfert d'un hydrogène.

La réduction du DPPH[°] s'accompagne par le passage de la solution d'une couleur violette à une couleur claire (DPPH-H) (**figure 29**), l'absorbance est mesurée par spectrophotomètre à 517 nm (λ max de DPPH). La quantité de DPPH-H formée dépendra de

la concentration en antioxydant. Une faible absorbance indique une meilleure activité antiradicalaire [91] qui est calculée par la formule suivante :

$$I \% = [(AC - AT) / AC] \times 100$$

I % : pourcentage d'inhibition de DPPH°.

AC : absorbance du contrôle négatif (solution de DPPH° sans extrait).

AT : absorbance en présence de l'extrait.

❖ La détermination de l'indice IC₅₀ :

Ce paramètre est défini comme étant la concentration d'antioxydant nécessaire pour diminuer la concentration initiale de DPPH° de 50%. L'indice IC₅₀ a été déterminé à partir de la courbe d'inhibition [92].

Une valeur d'IC₅₀ faible correspond à une grande efficacité antioxydante de l'extrait.

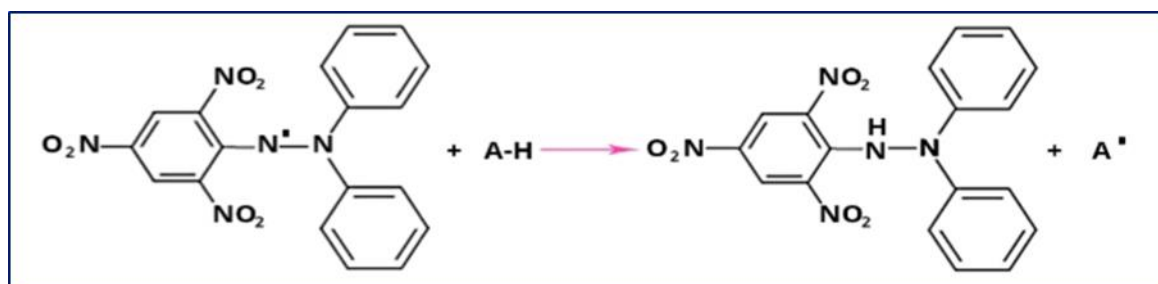


Figure 29 : Mécanisme de réduction du radical libre DPPH° par un antioxydant.

2. L'activité antibactérienne :

Plusieurs études ont évalué l'activité antibactérienne des différentes parties de la tomate. Les résultats montrent que :

La pelure de tomate possède une activité antibactérienne intéressante grâce à sa composition en composés bioactifs. Elle est riche en composés phénoliques, flavonoïdes et caroténoïdes qui ont des propriétés antibactériennes. De plus, la cuticule de la pelure, principalement composée de cutine, confère des propriétés antimicrobiennes naturelles. Par conséquent, on peut considérer que la pelure de tomate est une source intéressante de composés antibactériens naturels qui pourraient être valorisés dans des applications

antimicrobiennes [93]. Cependant, la composition peut varier selon les variétés et les méthodes d'extraction.

La pulpe de tomate possède une activité antibactérienne intéressante. Elle contient des composés phénoliques, des flavonoïdes et des caroténoïdes. De plus, elle est riche en vitamines B1, B2 et A, qui ont également des propriétés antibactériennes [94].

Partie expérimentale

I. DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLONNAGE:

1. Préparation des échantillons:

Nous avons récolté des tomates de plusieurs wilayas. Tout d'abord, nous les avons soigneusement lavées à l'eau, puis nous avons enlevé les pelures. Ensuite, nous les avons laissées sécher à l'air libre. Enfin, nous avons écrasés les pelures sèches et les pulpes à l'aide d'un hachoir, puis nous les avons conservés dans des boîtes hermétiques.



Figure 30 : Déroulement de la préparation de purée de la pulpe et la poudre de pelure.

Les différentes analyses sont effectuées sur des échantillons de pulpe et de pelure, en leur attribuant des codes comme illustré dans le tableau ci-dessous:

Tableau 6 : Liste des échantillons.

Code d'échantillons	Sites d'origine déclarée
A	Sahara
B	Tipaza
C	Tlemcen
D	Ouesara (Djelfa)
E	Alger (Bouzeria)
F	Oued souf (Ouadi)
G	Bouira (Kadiria)
H	Espagne
I	Constantine
J	El Alma (Stif)
K	Saoudia

2. Préparation des extraits :

Dans le but d'extraire les substances actives de la plante de tomate, nous avons utilisé la méthode d'extraction par Soxhlet.

➤ **Mode opératoire :**

Une quantité précise d'échantillon a été prélevée et placée dans une cartouche, mise dans le réservoir de Soxhlet. Ensuite, le ballon a été rempli avec 230 ml de dichlorométhane. L'extracteur a été connecté au ballon et au réfrigérant. Le ballon a été chauffé à l'aide d'un chauffe-ballon à 40 °C pendant 5 heures (le cycle continu permet une extraction efficace).

Lorsque le processus d'extraction est terminé, le dichlorométhane de l'extrait est évaporé à sec à l'aide d'un évaporateur rotatif à une température de 40 °C.

Le résidu des pelures est dissous dans du dichlorométhane afin de récupérer la plus grande quantité d'extrait sec possible. Ensuite, il est conservé dans un tube hermétiquement fermé, à l'abri de la lumière, jusqu'à son analyse. L'huile extraite de la pulpe est conservée directement. Elle a une couleur jaune et une odeur piquante.

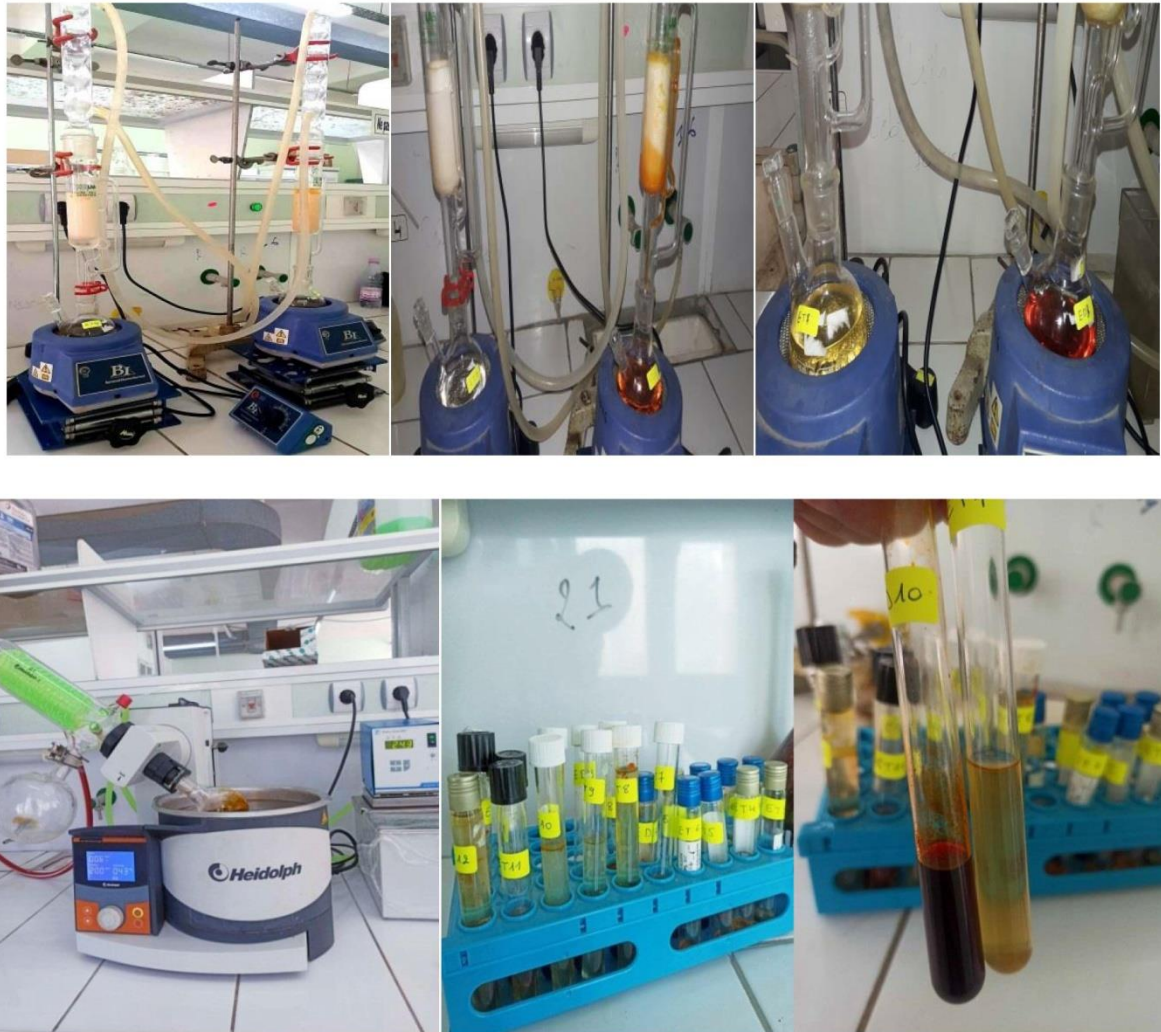


Figure 31 : Préparations des extraits par Soxhlet.

3. Rendements des extraits :

Les rendements de l'extrait de la pulpe et de pelure ont été calculés selon la formule suivante :

$$R\% = (P_1 - P_2) / P_3 * 100$$

P₁ : Poids du ballon après extraction.

P₂ : Poids du ballon vide.

P₃ : Poids de la pulpe ou de la poudre de pelure.

Les résultats de rendement d'extraction sont résumés dans la figure suivante :

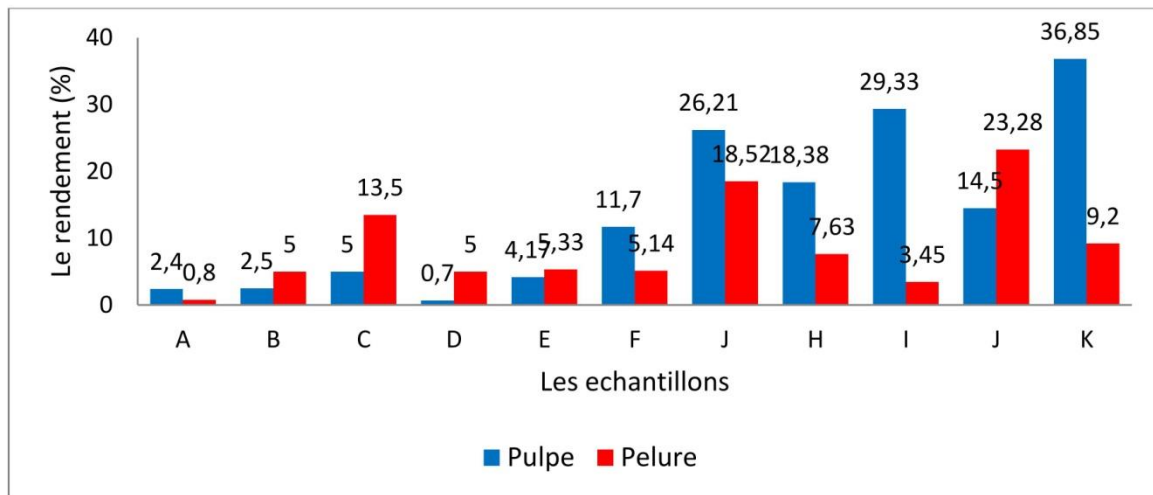


Figure 32 : Histogramme des résultats du rendement d'extraction.

Tout d'abord, pour notre travail l'extraction par Soxhlet à 40°C en utilisant le dichlorométhane comme solvant d'extraction est plus rentable que l'utilisation d'autres solvants à différentes températures [95].

Selon la **figure 32**, il est clair que les plantes des différentes régions A, B, C, D et E présentent un rendement plus faible que les autres régions. Cette différence s'explique par l'augmentation de la quantité utilisée dans le processus d'extraction, dans le but d'obtenir la plus grande quantité d'extrait possible. De plus, la variation du rendement pour les échantillons prélevés avec la même quantité de matière végétale peut être due à plusieurs facteurs, notamment [96] :

- La variété de tomate utilisée.
- Le taux de maturité.
- L'environnement et les méthodes de récolte (manuelle ou mécanique).

II. RESULTATS ET DISCUSSION :

1. Les teneurs :

a) La teneur en eau :

➤ Mode opératoire : [97]

Dans des capsules vides séchées à l'étuve durant 15 min à 103 °C, on a pesé dans chacune 3g d'échantillon, on les a placés dans l'étuve réglée à 105 °C pendant 2 heures jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

La teneur en eau (TE) en pourcentage de matière humide est déterminée par la formule suivante:

$$TE\% = [(M1 - M2)/P]$$

Avec :

- **M1** : masse de capsule + matière avant séchage
- **M2** : masse de l'ensemble après séchage
- **P** : la masse de la prise d'essai

La matière sèche MS est calculée par la formule suivante :

$$MS\% = 100 - TE$$

➤ Résultat et discussion :

La teneur en eau est un facteur déterminant dans l'étude des tomates fraîches et de leurs pelures.

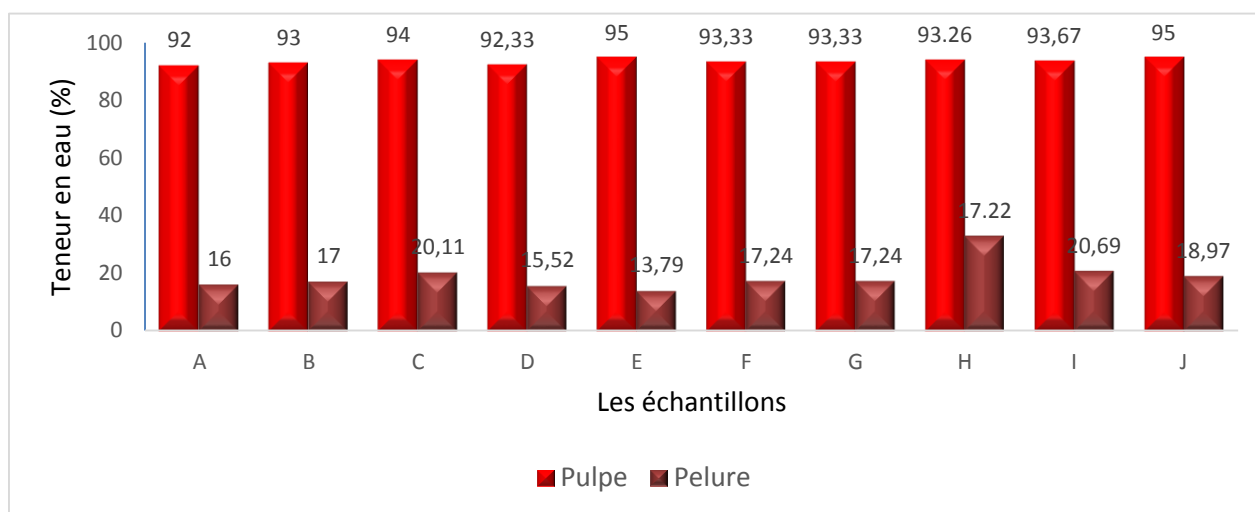


Figure 33 : Variation de la teneur en eau des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.

Le test d'humidité permet de déterminer la teneur en eau de la pulpe de tomate et de sa pelure. Il permet de rapporter les résultats des composants biochimiques de la matière sèche, car une faible teneur en eau indique une teneur élevée en matière sèche.

Les résultats obtenus (**figure 33**) montrent que les pulpes de tomate étudiées ont une teneur en eau d'environ 93,49 %, ce qui s'explique par la composition de ce fruit (composé d'environ 94-95 % d'eau). En revanche, les pelures présentent une teneur de 17,38 %. Cette différence s'explique par le fait que les pulpes de tomates sont principalement constituées d'eau, tandis que les pelures étant plus riches en éléments solides, ont une teneur en eau nettement inférieure à celle de la partie comestible du fruit. Ainsi, la teneur élevée en eau de la pulpe confère à la tomate des propriétés rafraîchissantes et hydratantes, en plus de sa saveur caractéristique.

Ces taux se situent dans l'intervalle trouvé par Martin et al [98], qui est entre 93,05 % et 95 % pour les pulpes de tomates, et entre 17 % et 21 % pour les pelures.

b) La teneur en cendre :

➤ Mode opératoire : [99]

Cette méthode est basée sur la destruction totale de toutes les particules organiques et la pesée de la matière minérale restante.

Un premier échantillon obtenu à partir de pulpe de tomate fraîche et un deuxième de pelure de tomate, pesant 4 g chacun, sont placés dans des capsules en porcelaine (M1) et est ensuite mise dans un four à moufle réglé à 550 °C pendant 5 heures jusqu'à ce qu'elle prenne une couleur grise, claire ou blanchâtre. Après refroidissement, les capsules (Mz) sont pesées.

La teneur en matière organique (MO) est exprimée par la formule suivante :

$$MO\% = (M1 - Mz) / P * 100$$

- **MO** : matière organique en %
- **M1** : masse des capsules avec la prise d'essai
- **Mz** : masse des capsules avec cendres
- **P** : masse de la prise d'essai

La teneur en cendre (TC) est calculée comme suit :

$$TC = 100 - MO\%$$



Figure 34 : Elle représente les capsules pleines de pulpe et de pelure avant et après calcination dans le four à moufle.

➤ Résultats et discussion :

Les résultats expérimentaux obtenus avec les échantillons de pelure et de pulpe de tomate sont indiqués dans la figure ci-dessous :

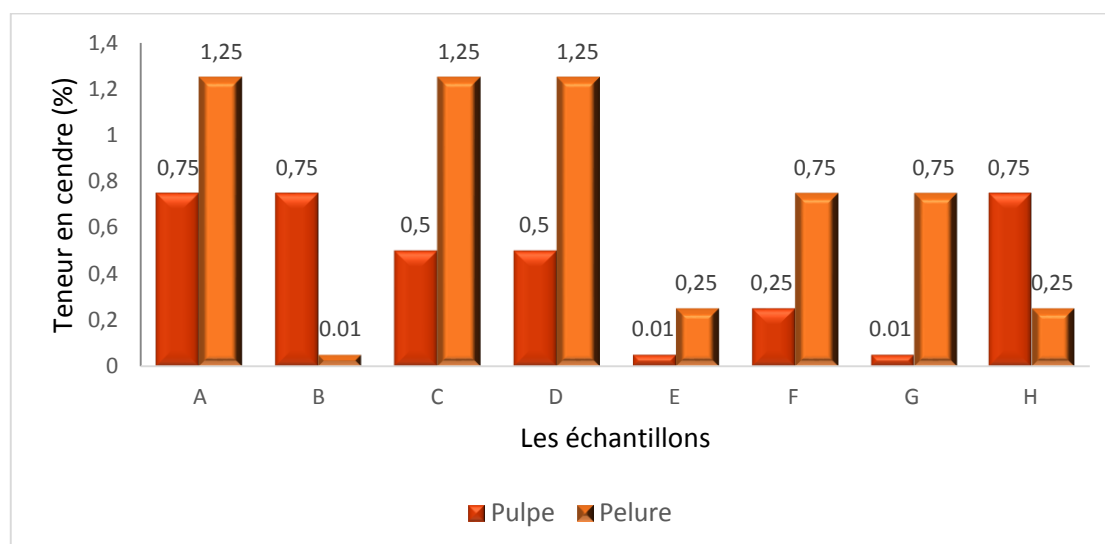


Figure 35 : Histogramme de variation de la teneur en cendre des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.

Le taux de cendres représente la quantité totale de sels minéraux présents dans un échantillon. Les résultats (**figure 35**) montrent que le taux de cendres de la pulpe de tomate est d'environ 1.72%, tandis que celui de la pelure est de 2.66%. Ces taux sont inférieurs au taux trouvé par une étude précédente[100], qui est de 3.5 % pour la pulpe de la tomate et 6.6 % pour les pelures. Cette différence peut s'expliquer par des variations variétales, certaines variétés peuvent naturellement avoir une teneur en cendres plus faible que d'autres. Elle peut également s'expliquer par les conditions de culture des tomates, telles que la composition du sol.

2. Détermination du pH :

➤ Mode opératoire :

La pulpe et la pelure de tomate sont placées dans des béciers séparés, puis on ajoute trois fois leur volume d'eau distillée dans chacun des béciers. On chauffe les béciers dans un bain-marie pendant 30 minutes, en remuant de temps en temps. Ensuite, le mélange obtenu est broyé dans un mortier [101]. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre électronique, en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.

❖ Résultat et discussion :

La mesure des pH des échantillons de pulpe et de pelure de tomate montre les résultats suivants :

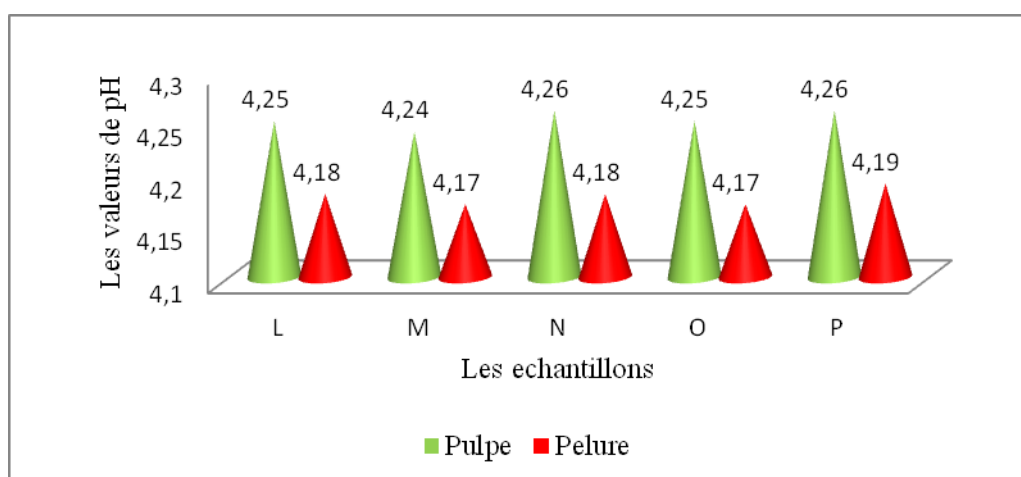


Figure 36 : La variation du pH en fonction des échantillons.

Le pH joue un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire car il limite la prolifération des micro-organismes responsables de la détérioration des aliments. Il s'agit également d'un facteur clé pris en compte lors de la sélection des tomates.

L'acidité des tomates est le résultat des acides organiques tels que l'acide citrique, malique et inorganiques dissous dans le sol. Les résultats obtenus (**Figure 36**) montrent que le pH de la pulpe est de 4,25, ce qui est proche de la valeur trouvée dans une étude précédente qui était de 4,37 [102]. Cette légère différence peut être attribuée à plusieurs facteurs, tels que le stade de maturité et les variations climatiques.

Les pelures séchées de tomates ont un pH de 4,18, ce qui est similaire aux résultats obtenus par d'autres auteurs. Une valeur de 4,18 se situe dans la plage normale du pH (entre 4 et 4,5) [103-104]. Ce pH est défavorable aux bactéries [105].

L'augmentation du potentiel d'hydrogène de la pulpe de tomate par rapport à la pelure peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Tout d'abord, la pelure de tomate contient une concentration plus élevée d'acides organiques, notamment de l'acide citrique, ce qui contribue à une acidité plus élevée [106]. Ensuite, la pulpe de tomate a une teneur en eau plus élevée, avec une humidité d'environ 93,25 % [107], ce qui peut affecter la concentration des acides organiques et donc le potentiel d'hydrogène. Enfin, les conditions de culture, telles que la salinité de l'eau d'irrigation, peuvent également influencer le potentiel d'hydrogène de la tomate [108].

3. Les tests screening phytochimiques :

Le screening phytochimique représente l'ensemble des techniques qualitatives permettant la détermination des différents groupes chimiques contenus dans un organe végétal. Ce sont des réactions physicochimiques qui permettent d'identifier la présence de substances chimiques. Les groupes phytochimiques sont nombreux, mais les principaux sont les polyphénols totaux y compris les flavonoïdes, les anthocyanes, les tannins, les coumarines, les alcaloïdes, les saponosides, les stéroïdes, les stérols, les terpènes...etc [109].

Le screening phytochimique a été réalisé tant sur les phases aqueuses qu'organiques par des réactions usuelles à l'aide des réactifs de caractérisation classiques [110].

Les résultats sont classés en :

- (+) : test faiblement positif.
- (-) : test négatif.
- (++) : Test positif.
- (+++) : Test fortement positif.

➤ Mode opératoire :

a) Flavonoïdes :

Dans un tube à essai, mettre 5ml d'extrait à tester plus 5ml d'ammoniaque (NH₃) dilué et 1ml d'acide sulfurique (H₂SO₄). L'apparition d'une couche supérieure avec une couleur jaune prouve la présence des flavonoïdes [111].

b) Test des sucres réducteurs :

Dans un tube à essai, 1ml de liqueur de Fehling est ajouté à 1ml de l'extrait à analyser, la préparation est incubée dans un bain marie, bouillant. L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des sucres réducteurs [112].

c) Test des saponines (la mousse) :

Dans un tube à essai, introduire 10 mg de poudre, le tube est agité vigoureusement pendant 5 minutes puis laissé au repos 15 minutes. La formation d'une mousse persistante et supérieure à 1 cm indiquait la présence des saponines [113].

d) Test des terpènes :

Dans un tube, on met 0,5 ml d'anhydride acétique, puis 0,5 ml de chloroforme. Après dissolution, la solution est transférée dans un tube à essai auquel est ajouté 0,5 ml de HCl concentré. La réaction est effectuée à froid.

L'apparition, à l'interface, d'un anneau pourpre (rouge violacé) ou violet, virant au bleu puis au vert, indique une réaction positive (présence de terpènes) [114].

e) Test des phlorotanins :

Dans un tube, on a mis 0,5 ml de HCl concentré et 10 mg de poudre, et porté le tout au bain-marie pendant 30 minutes. L'apparition d'une coloration rouge-noir indique la présence de phlorotanins [114].

f) Test des alcaloïdes :

On ajoute 5 ml de HCl 1% à 1 ml de chaque extrait, le tout est chauffé au bain-marie, puis traité avec le réactif de Wagner.

▪ Réactif de Wagner : dans 75 ml d'eau distillée, on a dissous 2 g de KI et 1,25 g d'I₂. Le volume obtenu est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée.

La formation d'un précipité blanc ou brun révèle la présence des alcaloïdes [114].

g) Test des diterpènes :

Dans un tube, on met 1 ml d'eau distillée et 10 mg de l'extrait, puis 3 à 4 gouttes d'acétate de cuivre. L'apparition de la couleur émeraude vert indique la présence de diterpènes [114].

h) Test des stérols :

Dans un tube, on met 1 ml de chloroforme et 10 mg de l'extrait, puis 1 ml de H₂SO₄ concentré. Le mélange est secoué, puis laissé au repos quelques minutes.

L'apparition de la couleur rougeâtre dans la couche chloroformique indique la présence des stérols [114].

i) Test des tanins :

Dans un tube, on mélange 4 à 5 gouttes de solution de FeCl_3 à 2% dans le méthanol, puis 10 mg de poudre et 1 ml d'eau distillée.

La couleur vire au bleu-noir en présence de tanins galliques et au brun verdâtre en présence de tanins catéchiques [114].

j) Test des anthraquinones :

Dans le premier tube, on a préparé la solution chloroforme/éther de pétrole dans les proportions (1 :1).

Dans le deuxième tube, on ajoute 1 ml de la solution précédente, puis 10 mg de poudre et quelques gouttes de NaOH. L'apparition d'une couleur rouge indique la présence des anthraquinones [114].



k) Teste des stéroïdes :

Dans 1 ml d'extrait, ajouter 0,5 ml de solution d'acide acétique (CH_3COOH), suivi par 0,5 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré. Si la solution ne donne aucune couleur verte, cela prouve la présence des stéroïdes non saturés. Dans un deuxième tube, le même volume de H_2SO_4 est ajouté à 1 ml d'extrait. L'apparition d'une couleur rouge indique la présence des dérivés stéroïdes [115].



➤ **Les résultats:** sont exprimée dans les tableaux suivants :

Tableau 7 : Résultats des tests du screening phytochimiques.

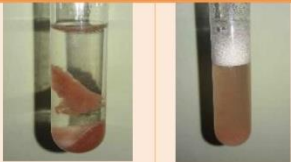
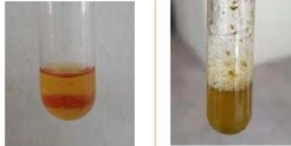
a) Teste de flavonoïde :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons A,B,C.		+++
sur les pelures, pour les échantillons A,B,C.		++

b) Teste de sucre réducteur :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons D,E,f.		++
sur les pelures, pour les échantillons D,E,F.		-


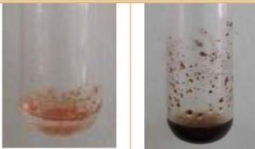
c) Test des saponosides (la mousse) :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons I,G,K.		+++
sur les pelures, pour les échantillons I,G,K.		+++



d) teste de terpènes :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons J,H,A.		+
sur les pelures, pour les échantillons J,H,A.		-

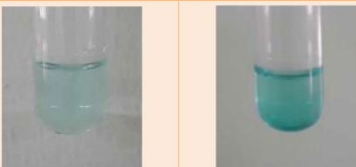

e) Teste de phlorotanins :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons B,E,F.		+++
sur les pelures, pour les échantillons B,E,F.		+++


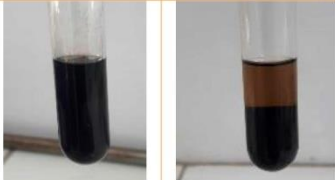
f) Teste des alcaloïdes :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons H,C,I.		+
sur les pelures, pour les échantillons H,C,I.		+++

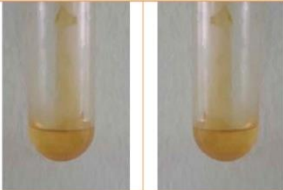
g) Test de diterpènes :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons D,E,F.		+++
sur les pelures, pour les échantillons D,E,F.		+++

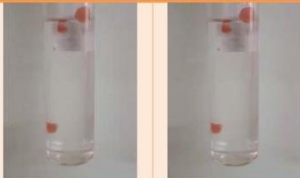
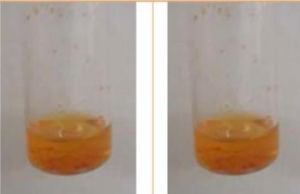
h) Test de stérols :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons J,K,B.		++
sur les pelures, pour les échantillons J,K,B.		++

i) Teste de Tanins :

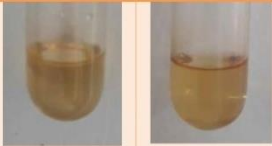
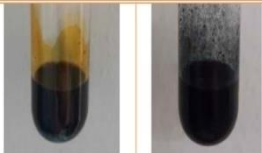
		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons A,F,C.		-
sur les pelures, pour les échantillons A,F,C.		-

j) Test des anthraquinones :


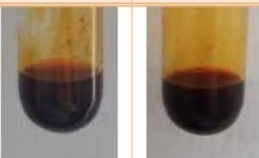
		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons I,B,D.		-
sur les pelures, pour les échantillons I,B,D.		-

k) Teste des stéroïdes :

Non saturée :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons A,E,C.		+++
sur les pelures, pour les échantillons A,E,C.		-

Dérivées de stéroïdes :

		Présence/absence
sur la pulpe, pour les échantillons G,B,J.		-
sur les pelures, pour les échantillons G,B,J.		-

➤ Discussion :

Ces tests consisteront à détecter la présence de différents composés chimiques existants d'une part dans la pelure de tomate et d'autre part dans la pulpe, par des réactions qualitatives de caractérisation.

Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques. Ces dernières permettent de définir la présence ou non de quelques métabolites secondaires.

D'après les résultats de l'analyse phytochimique, il a été remarqué que les extraits de pelures de tomate et de pulpe contiennent des saponines, des phlorotannins, des diterpènes et des stérols. Cependant, ils ne contiennent ni les tanins ni les anthraquinones ni les dérivés de stéroïdes. Quant aux sucres réducteurs, ils se trouvent dans la pulpe et non dans la peau. De même, en ce qui concerne les terpènes et les stéroïdes non saturés.

Les résultats des flavonoïdes révèlent que ces composés sont plus abondants dans la pulpe que dans la peau. En ce qui concerne les alcaloïdes, ils sont présents dans la peau, comme en témoigne la formation d'un précipité brun au fond du tube à essai. Cependant, la visualisation de ce précipité dans la pulpe a été difficile en raison d'une coloration rouge présente dans les résultats. Par conséquent, nous n'avons pas réussi à disperser le précipité brun, ce qui empêche donc de confirmer la présence des alcaloïdes dans la pulpe.

4. Les indices :

a) Indices d'acide (IA) :

➤ Mode opératoire : [116]

- On prélève 10 ml des extraits (par Soxhlet) obtenus à partir de la pulpe de la tomate et des extraits obtenus à partir des pelures et on les introduit dans des ballons en verre.

- On ajoute 5 ml d'éthanol à 96% et 5 gouttes de phénophtaléine (PP) à 0,2%.

- On neutralise en ajoutant grâce à une burette la solution éthanolique de KOH (0,1 mol/l) jusqu'au changement de couleur.

- On note le volume de la solution éthanolique de KOH ajoutée. Le calcul de l'IA est donné par la formule :

$$IA = 5.61 \times V/m$$

Avec :


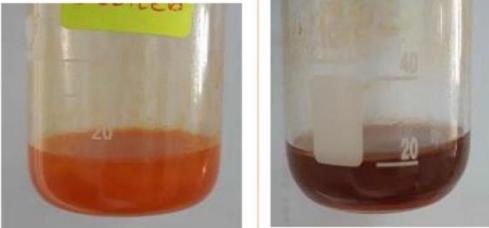
La valeur 5,61 qui correspond à 0,1 mol/l de KOH.

V : Volume en ml de la solution éthanolique de KOH (0,1 mol/l) utilisée pour le titrage.

m : masse en g des différents extraits (par Soxhlet) des pulpes et des pelures de tomates.

➤ **Résultats :**

Tableau 8 : Résultats de l'indice d'acide.

Les échantillons	Valeur de l'indice
sur la pulpe, pour les échantillons I,G,K . 	pour EI : V= 11 ml ; IA = 25 mg KOH/g. pour EG : V=10.3 ml ; IA = 23.4 mg KOH/g. pour EK : V= 11.5 ml ; IA = 26.1 mg KOH/g.
sur les pelures, pour les échantillons I,G,K . 	pour EI : V= 9ml ; IA = 43 mg KOH/g. pour EG : V=9 ml ; IA = 43 mg KOH/g. pour EK : V= 8.6 ml ; IA = 41.6 mg KOH/g.

Avec **EI** : L'échantillon **I** ; **EG**: L'échantillon **G** ; **EK** : L'échantillon **K**.

➤ **Discussion :**

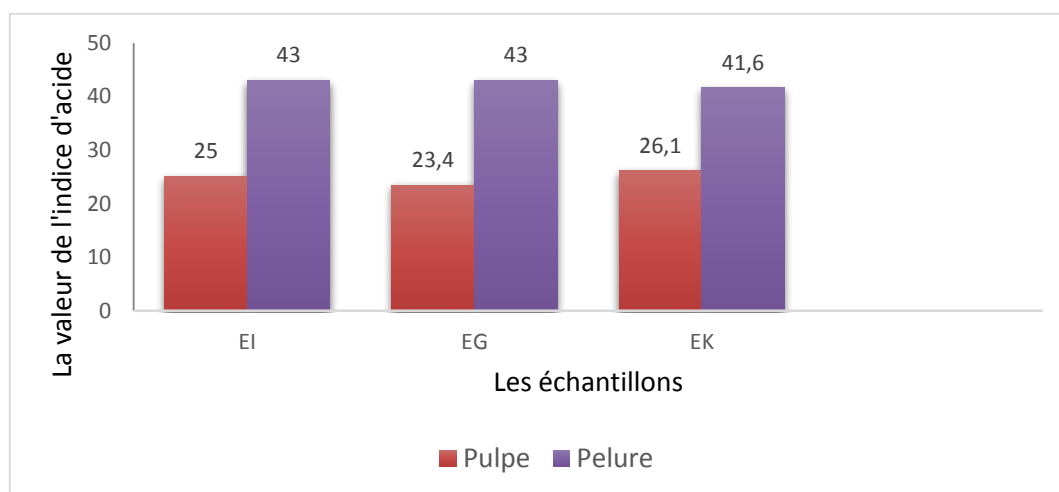


Figure 37 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice d'acide des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.

L'indice d'acide (Ia) est la masse d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser l'acidité libre contenue dans un gramme d'échantillon. Il permet d'évaluer l'état de détérioration des extraits [117].

En analysant les résultats obtenus, il est évident que les échantillons provenant du même extrait (pulpe ou pelure de tomate) présentent une variété de valeurs. Cette variation peut

s'expliquer par la diversité naturelle de la composition en acides organiques des tomates, qui peut varier en fonction de la variété, du stade de maturité, des conditions de culture, etc. De plus, les différences dans les conditions de stockage, de transformation et de préparation des échantillons peuvent également influencer la libération d'acides, et donc l'acidité mesurée par l'indice d'acide [118].

En ce qui concerne les valeurs trouvées dans les extraits de pulpe de tomate, elles sont de 24,8mg KOH/g et pour les extraits de pelure 42,3 mg KOH/g. Ces deux valeurs indiquent une acidité modérée des échantillons. Cela peut s'expliquer par la composition naturelle de la pulpe et de la pelure de tomate, qui contiennent une quantité significative d'acides organiques tels que l'acide citrique et l'acide malique. Cependant, cela peut également suggérer une dégradation partielle de l'huile dans la pulpe, par exemple par hydrolyse des triglycérides des grains en acides gras libres, et une dégradation partielle des pelures dans les extraits de pelure de tomate, par exemple par hydrolyse des pectines en acides uroniques lors d'un stockage prolongé ou de mauvaises conditions de conservation [119]. Ces processus libéreraient davantage d'acides gras, augmentant ainsi l'acidité totale des extraits.

Il convient également de souligner que les pelures de tomate contiennent naturellement une quantité plus élevée d'acides organiques que la pulpe. Ces acides s'accumulent davantage dans les pelures pendant la maturation des tomates [120]. C'est pourquoi l'indice d'acidité, qui mesure la quantité d'acide libre, est plus élevé dans l'extrait de pelure (42,3 mg KOH/g) que dans l'extrait de pulpe (24,8 mg KOH/g). Ainsi, les pelures de tomate sont naturellement plus acides que la pulpe.

b) Indice de peroxyde (IP) :

➤ Mode opératoire : [116]

- On mesure 1 ml des extraits (par Soxhlet) obtenus à partir de la pulpe de la tomate et des extraits obtenus à partir des pelures avec un micro tube, on verse son contenu dans un Erlenmeyer, on ajoute 1 ml de chloroforme et on agite.

- On ajoute 1,5 ml d'acide acétique CH_3COOH , puis 1 ml de la solution aqueuse saturée de KI, on bouche aussitôt, on agite et on laisse le flacon pendant 5 min à l'abri de la lumière.

- On ajoute 7,5 ml d'eau distillée.

- On fait la titration soigneusement en présence d'empois d'amidon, l'iode est libéré avec la solution Na_2S_3 (0,01 N) jusqu'à décoloration totale de la solution.

- Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions. Le calcul de l'IP est donné par la formule :

$$IP = (V_{sol} - V_B) \times 1000/m$$

Avec :





m : est la masse en kilogrammes de la prise d'essais.

Vsol : est le volume de la solution de thiosulfate versée.

V_B : c'est le volume de blanc.

➤ Résultats :

Tableau 9 : Résultats de l'indice de peroxyde.

Les échantillons			Valeur de l'indice
sur la pulpe, pour les échantillons A,F,C .			<p>pour EA: $V_{sol} = 2.25$ ml ; IP = 40 meq/kg.</p> <p>pour EF: $V_{sol} = 2.2$ ml ; IP = 43.1 meq/kg.</p> <p>pour EC: $V_{sol} = 2.3$ ml ; IP = 46 meq/kg.</p>
sur les pelures, pour les échantillons A,F,C .			<p>pour EA: $V_{sol} = 3.3$ ml ; IP = 27 meq/kg.</p> <p>pour EF: $V_{sol} = 3.2$ ml ; IP = 26.4 meq/kg.</p> <p>pour EC: $V_{sol} = 3.35$ ml ; IP = 29 meq/kg.</p>

Avec **EA** : L'échantillon **A** ; **EF** : L'échantillon **F** ; **EC** : L'échantillon **C**.

➤ Discussion :

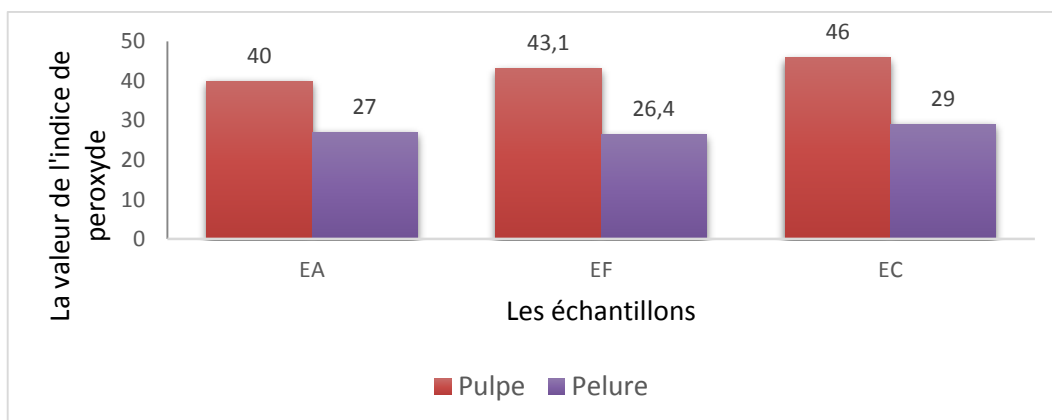


Figure 38 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice de peroxyde de quelques échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.

L'indice de peroxyde mesure la quantité d'oxygène actif présent dans un kilogramme de produit, exprimée en milliéquivalents. Il donne une indication de la quantité de peroxyde présente dans un produit ce qui est crucial pour évaluer sa qualité et sa stabilité [121].

Les variations observées dans les valeurs de l'indice de peroxyde entre les échantillons de la pulpe/pelure des tomates peuvent être attribuées à plusieurs facteurs tels que la maturité des tomates, les conditions de stockage et de manipulation des échantillons, la température et l'exposition à la lumière...

En ce qui concerne les valeurs de l'indice de peroxyde trouvées dans les extraits de pulpe de tomate, elles sont de 43 meq/kg et pour les extraits de pelure 27.5 meq/kg. Ces deux valeurs indiquent une oxydation élevée des lipides dans ces échantillons.

La valeur de 43 meq O₂/kg peut s'expliquer par la composition naturelle des lipides de la pulpe de tomate, qui contient des acides gras insaturés et des triglycérides. Ces composés sont plus sensibles à l'oxydation que les acides gras saturés, ce qui explique la valeur élevée de l'indice de peroxyde.

En revanche, la valeur de 27.5 meq O₂/kg pour l'extrait de pelure de tomate indique une oxydation modérée des lipides dans cette fraction. La pelure de tomate contient également des acides gras insaturés et des triglycérides, mais en quantité moindre que la pulpe. Cela explique pourquoi l'indice de peroxyde est plus faible pour la pelure.

c) Indice de saponification (Is) :

➤ Mode opératoire : [116]

- Peser 2g d'extrait et les introduire dans un ballon à col rodé ;
- Ajouter 25ml de potasse alcoolique (KOH) à 0.5N ;
- Porter à ébullition sous réfrigérant à reflux (avec de la pierre ponce), pendant une heure, en agitant de temps en temps ;
- Titrer l'excès d'alcalis de KOH avec l'acide chlorhydrique 0.5N en présence de phénolphtaléine jusqu'à la décoloration.
- Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions.

$$I_s = \frac{(V_T - V_E) \times C \times 56.1}{m}$$

Avec :

Is : indice de saponification.

V_T : volume versé au témoin en L.

V_E : volume versé à l'essai, en L.

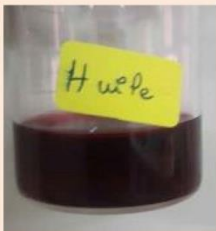



C : concentration de la solution titrée d'acide chlorhydrique, en mol/L.

56,1 : (g/mol) masse molaire de KOH.

m : masse de corps gras analysée, en g.

➤ **Résultats :**

Tableau 10 : Résultats de l'indice de saponification.

Les échantillons	Valeur de l'indice		
sur la pulpe, pour les échantillons H,C,I .			<p>pour EH : $V = 24.6$ ml ; $I_s = 12.6$.</p> <p>pour EC : $V = 24.4$ ml ; $I_s = 15.4$.</p> <p>pour EI : $V = 24.4$ ml ; $I_s = 15.3$.</p>
sur les pelures, pour les échantillons H,C,I .			<p>pour EH : $V = 24.9$ ml ; $I_s = 8.4$</p> <p>pour EC : $V = 24.9$ ml ; $I_s = 8.5$</p> <p>pour EI : $V = 24.7$ ml ; $I_s = 7$</p>

Avec **EH** : L'échantillon **H** ; **EG** : L'échantillon **C** ; **EK** : L'échantillon **I**.

➤ **Discussion :**

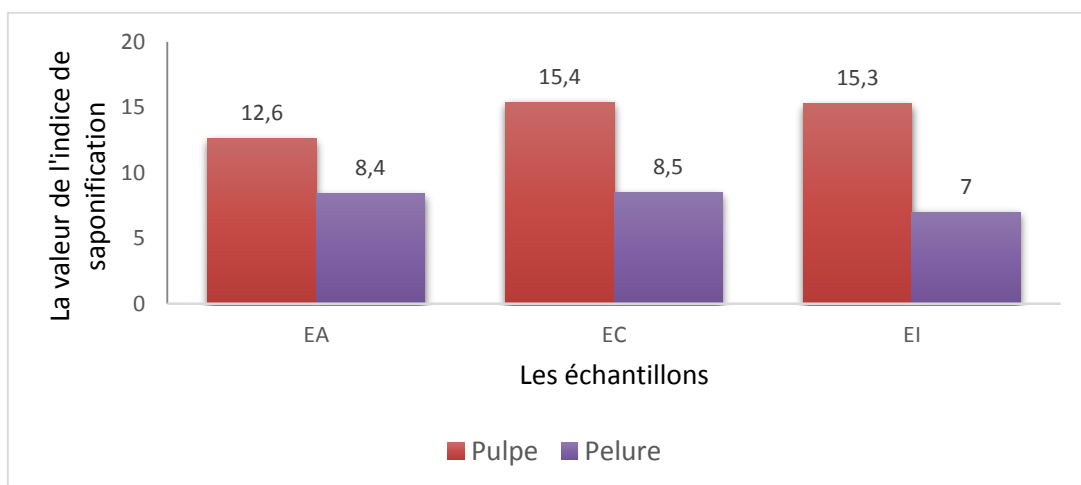


Figure 39 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice de saponification des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.

L'indice de saponification (I_s) est une mesure de la quantité de potasse (KOH) nécessaire pour saponifier les acides gras libres et les esters d'acides gras contenus dans un gramme de matière grasse [122].

Les variations observées dans les valeurs de l'indice de saponification entre les échantillons de pulpe et de pelure de tomate peuvent être attribuées à des différences dans la composition chimique des acides gras et des esters d'acides gras présents dans chaque extrait. L'indice de saponification est influencé par la masse molaire des acides gras, qui varie en fonction de la longueur des chaînes carbonées. Les acides gras à chaîne courte nécessitent moins de potasse pour la saponification, tandis que les acides gras à chaîne longue nécessitent davantage de potasse [123].

Une valeur d' I_s de 14,5 pour la pulpe de tomate indique une faible teneur en matières grasses dans nos extraits, ce qui est cohérent avec sa composition typique principalement constituée d'eau, de glucides, de fibres, de vitamines et de minéraux, avec une faible teneur en matières grasses.

De plus, une valeur d' I_s de 7,9 pour la pelure de tomate indique également une très faible teneur en matières grasses dans nos extraits. Il est possible que de petites quantités de matières grasses soient présentes dans la pelure de tomate, mais elles sont probablement en quantités si minimes qu'elles ont peu d'impact sur l'indice de saponification. Et en quantité moindre que la pulpe. Cela explique pourquoi l'indice de saponification est plus faible pour la pelure.

d) Indice d'ester (IE) :

➤ Mode opératoire : [116]

- On introduit dans un ballon de 100 ml, 1g d'extrait et 25mL d'une solution alcoolique d'hydroxyde de potassium (KOH) 0,5 M à l'aide d'une burette, ainsi que quelques pierres ponce.

- L'ensemble est porté à reflux pendant 1h. Après refroidissement de la solution, on ajoute 20ml d'eau distillée.

- Après refroidissement de la solution, on ajoute 20ml d'eau distillée et quelques gouttes de phénolphtaléine, l'excès de KOH est titré avec une solution d'acide chlorhydrique (HCl) 0,5N jusqu'à la disparition de la couleur rose.

- Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions.

Le calcul de l'IE est donné par la formule:

$$IE = (28,05 \times (V_0 - V_1)/m) - IA$$

Avec :

28,05 g/l correspondant à 0,5 mol/l de KOH.


m : masse en gramme de la prise d'essai.

V0 : Volume en ml de la solution Hcl (0,5 mol/l) utilisé pour l'essai à blanc.

V1 : Volume en ml de la solution Hcl (0,5 mol/l) utilisé pour la détermination de l'IE de l'extrait (par Soxhlet) fixe.

➤ **Résultats :**

Tableau 11 : Résultats de l'indice d'ester.

Les échantillons			Valeur de l'indice
sur la pulpe, pour les échantillons J,H,A			<p>pour EJ : V=26.5ml ; IE = 60.</p> <p>pour EH : V=24ml ; IE = 60.</p> <p>pour EA : V= 25.2 ; IE = 59.5.</p>
sur les pelures, pour les échantillons J,H,A			<p>pour EJ : V= 2.5ml ; IE = 20.</p> <p>pour EH : V=2.9 ml ; IE = 21.</p> <p>pour EA : V=3 ml ; IE = 19.</p>

Avec **EJ** : L'échantillon **J** ; **EH**: L'échantillon **H**; **EA** : L'échantillon **A**.

➤ **Discussion :**

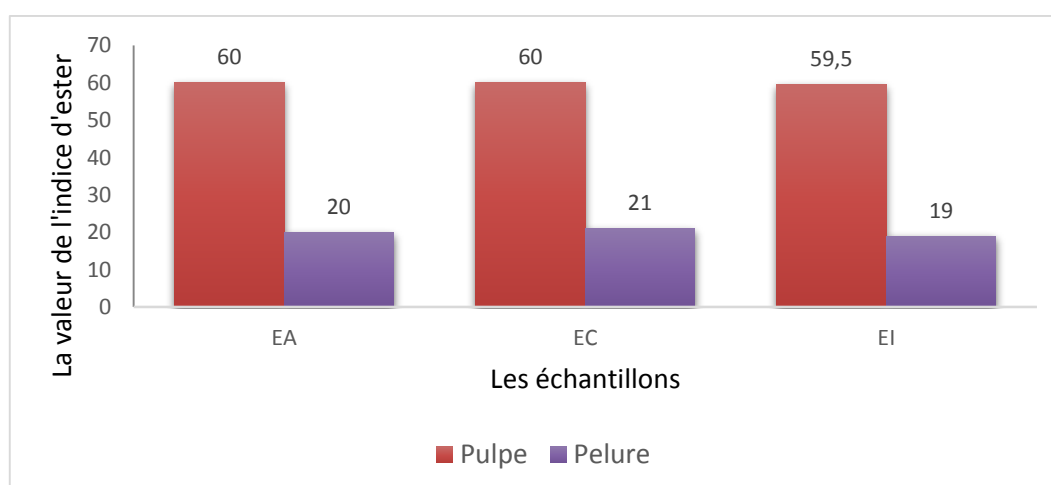


Figure 40 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice d'ester de quelques échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.

L'indice d'ester (IE) est une mesure utilisée pour évaluer la teneur en esters présents dans un échantillon. Une valeur élevée de l'IE indique une forte teneur en esters, tandis qu'une valeur basse indique une teneur plus faible en esters.

Les variations observées dans les valeurs de l'indice d'ester entre les échantillons de pulpe et de pelure de tomates peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, tels que la variabilité naturelle des tomates, la composition chimique des fruits de la même variété et les variations des conditions de culture,...

Une valeur d'IE de 59,75 pour la pulpe de tomate indique une teneur relativement élevée en esters, ce qui est cohérent avec la composition connue de la pulpe de tomate. En revanche, l'extrait de pelures de tomate présente une teneur plus faible en esters, ce qui explique la valeur trouvée de 20. Par rapport à d'autres extraits, tels que l'extrait de beurre de cacao qui a un IE d'environ 190-200 [124], cela suggère une teneur beaucoup plus élevée en esters dans le beurre de cacao que dans la pulpe et les pelures de tomates testées.

e) Indice d'iode (Ii) :

➤ Mode opératoire : [116]

- On introduit 10ml d'extraits, 10ml de tétrachlorure de carbone (CCl_4) et 12.5ml d'une solution d'iode (1N) sont mis dans un erlenmeyer.

- le mélange est laissé à l'abri de la lumière pendant 2h. Au terme de cette durée, 10 ml d'une solution d'iodure de potassium (KI) à 50% et 20ml d'eau distillée sont ajoutés.

- L'excès d'iode est titré par une solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N, en présence d'empois d'amidon jusqu'à la décoloration totale.

- Dans les mêmes conditions que précédemment, un essai à blanc est réalisé. Le calcul de l'Ii est donné par la formule :

$$I_i = 12,69 C (V_1 - V_2) / M$$

Avec :

C : concentration en mole par litre de la solution de thiosulfate de sodium utilisée.





M : est la masse en gramme de la prise d'essais.

V1 : est le volume de la solution de thiosulfate N/10 du témoin.

V2: est le volume de la solution de thiosulfate N/10 de l'échantillon.

➤ **Résultats :**

Tableau 12 : Résultats de l'indice d'iode (Ii).

Les échantillons	Valeur de l'indice
sur la pulpe, pour les échantillons A,B,C	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>pour EA : V= 1 ml ; Ii = 10</p> <p>pour EB : V=0.8ml ; Ii = 9.9</p> <p>pour EC : V= 1.05ml ; Ii = 10</p>
sur les pelures, pour les échantillons A,B,C	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>pour EA : V= 3 ; Ii = 7</p> <p>pour EB : V=2.8 ml ; Ii = 6.8</p> <p>pour EC : V= 2.8 ml ; Ii = 6.8</p>

Avec **EA** : L'échantillon **A** ; **EB**: L'échantillon **B**; **EC** : L'échantillon **C**.

➤ **Discussion :**

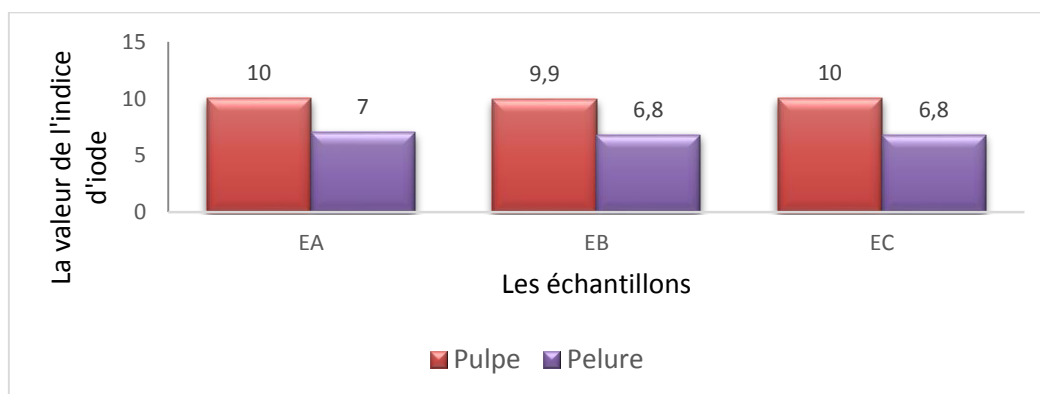


Figure 41 : Histogramme de variation de la valeur de l'indice d'iode des échantillons de la pulpe des tomates et de leurs pelures.

L'indice d'iode indique la quantité d'acides gras insaturés présents dans un échantillon, Les acides gras insaturés ont des liaisons doubles dans leur structure moléculaire. L'iode a la capacité de se lier à ces liaisons doubles, ce qui permet de mesurer indirectement la quantité d'acides gras insaturés présents [125].

Les variations observées dans les valeurs de l'indice d'iode entre les échantillons de pulpe et de pelure de tomate peuvent être attribuées à des différences dans la composition chimique des acides gras insaturés présents dans chaque extrait.

En ce qui concerne les valeurs trouvées dans les extraits de pulpe de tomate, elles sont de 9.96 et pour les extraits de pelure 6.9, ces deux valeurs indiquent une faible teneur en acides gras insaturés, ce qui indique une stabilité oxydative relativement élevée dans nos extraits et par la suite il peut être un avantage pour la qualité et la durée de conservation de nos extraits de pulpe et de pelures du tomate testées. Les acides gras insaturés sont connus pour leur sensibilité à l'oxydation, un processus qui peut altérer la qualité de nos extraits en générant des composés indésirables tels que les radicaux libres. Une faible teneur en acides gras insaturés dans les extraits de pulpe et de pelure de tomate indique donc une moindre susceptibilité à ce type de détérioration.

5. L'indice de réfraction :

L'indice de réfraction d'une matière est une grandeur qui caractérise le pouvoir de cette matière, à ralentir et à dévier la lumière. Cela dépend également de la concentration des matières sèches soluble, car plus leur quantité est grande, plus leur valeur est élevée, ainsi que de la température, de la pression, de la densité, du milieu lui-même et des propriétés optiques des molécules, telles que leur taille, leur forme et leur arrangement dans l'espace [126]. L'indice de réfraction d'une matière est mesuré à l'aide d'un réfractomètre.

• **Le réfractomètre** : est un instrument optique servant à déterminer l'indice de réfraction d'une substance, c'est-à-dire la mesure dans laquelle la lumière est déviée en traversant la substance.



Figure 42 : Le réfractomètre.

➤ Mode opératoire :

- Ouvrir le prisme secondaire puis déposer 4 à 5 gouttes d'extrait sur la partie centrale du prisme principal (la totalité de la surface du prisme doit être couverte).

- Fermer doucement le prisme secondaire. L'échantillon s'étale entre le prisme principal et le prisme secondaire en un film mince.

- Attendre que la température soit stable pour effectuer la mesure. La valeur de mesure pour un échantillon liquide étant modifiée suivant le changement de température.

- Lire l'indicateur de température pour connaître le degré de mesure réelle, et le joindre sans faute à la valeur mesurée.

✓ Le champ de vision doit être éclairci par la lumière pour lire l'indice de réfraction.

✓ Le réfractomètre doit être ajusté de façon à donner à la température de 20°C pour l'eau distillée un indice de réfraction de 1,330 [127].

❖ Méthode de calcul :

L'indice de réfraction, à la température de référence 20 °C, est donné par l'équation suivante :

$$I_D^{20} = I + 0,0003 (T - 20 \text{ °C})$$

Où **I** : est la valeur de lecture, obtenue à la température T à laquelle a été effectuée la détermination.

Les résultats présentés ci-après (**figure 43**), montrent la variation de l'indice de réfraction des différents échantillons :

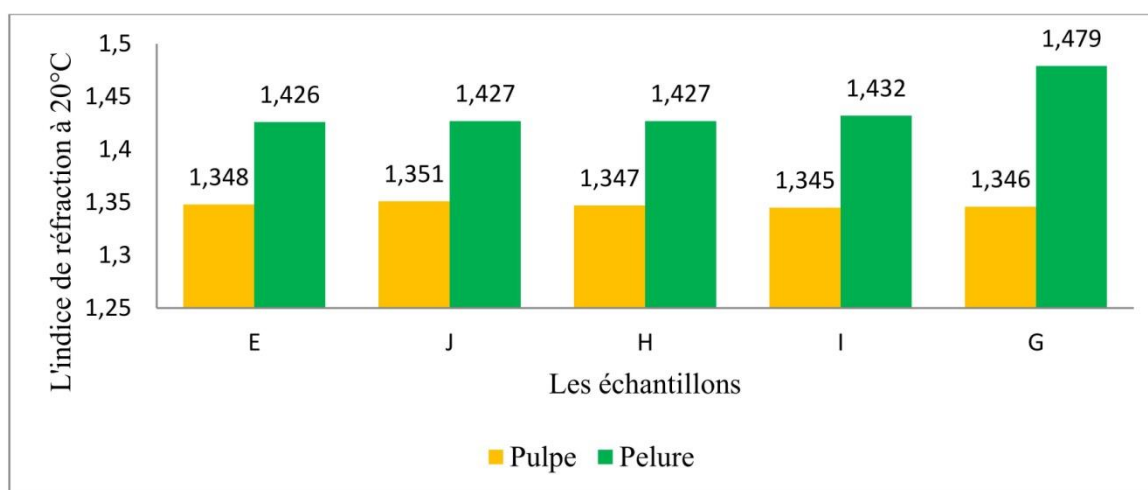


Figure 43 : La variation de l'indice de réfraction en fonction des échantillons.

Selon la **figure 43**, la valeur de l'indice de réfraction de la pulpe est de 1,347, tandis que celle de la pelure, est de 1,438. Cela est logique car le taux de réflexion de la lumière pour chaque extrait est lié au pourcentage de matières sèches qu'il contient, et nous savons qu'il est plus élevé dans les pelures que dans les pulpes. Cela signifie que le pourcentage d'eau présent dans la pulpe est supérieur à celui présent dans les pelures, et c'est ce que nous avons effectivement constaté dans l'étude précédente (la teneur en eau). De plus, l'indice de réfraction est plus élevé dans la pelure que dans la pulpe car la pelure contient des molécules de cellulose et de lignine qui ont des propriétés optiques différentes de celles de la pulpe [128].

Matière sèche soluble (Brix) :

Le degré Brix, également appelé résidu sec soluble, correspond à la concentration de matière sèche dans une solution aqueuse qui a le même indice de réfraction que le produit analysé, dans des conditions de préparation et de température identiques. On utilise un réfractomètre pour déterminer le degré Brix, et les concentrations sont exprimées en pourcentage massique [129].

L'échelle de Brix est utilisée pour mesurer la quantité de saccharose dans un liquide, ce qui correspond au pourcentage de matière sèche soluble dans la solution. Plus le pourcentage Brix est élevé, plus l'échantillon est sucré, tel que 1% Brix équivaut à 1 gramme de saccharose pour 100 grammes de solution.

Dans notre travail, quelques gouttes d'extrait de pulpe et de pelure sont déposées entre les deux surfaces du prisme du réfractomètre afin de mesurer le taux de Brix. Le taux de saccharose est ensuite lu sur l'échelle de graduation.

Les résultats sont présentés dans la figure suivant :

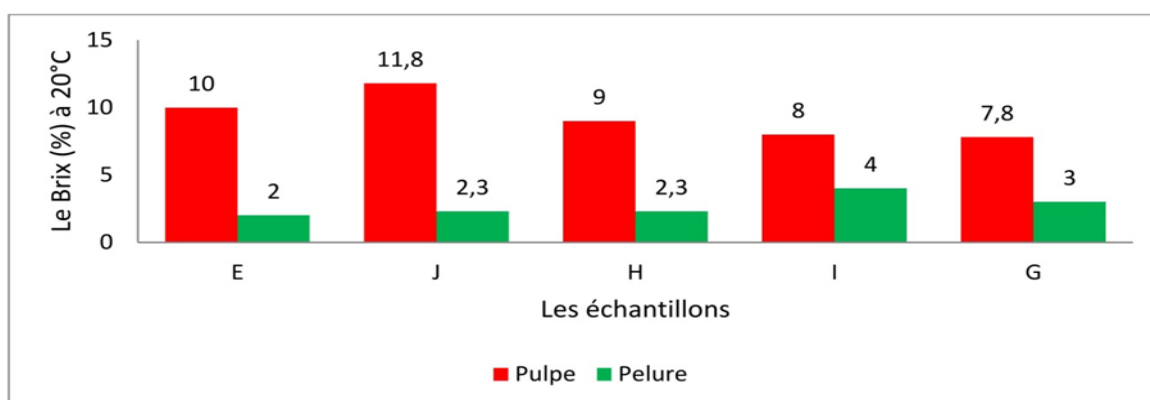


Figure 44 : La variation du Brix en fonction des échantillons.

D'après la **figure 44**, le pourcentage de Brix dans la pulpe est de 9,32 %, tandis que celui de la pelure est de 2,72 %. La plus grande valeur de Brix dans la pulpe par rapport à la pelure s'explique par la présence d'un pourcentage plus élevé de saccharose dans la pulpe que dans la pelure. Une étude antérieure a révélé des valeurs différentes, avec 5,58 % trouvés dans les pelures séchées [130] et 7 % dans la pulpe [131]. Cette différence pourrait être attribuée à la période prolongée de conservation des extraits, qui aurait pu affecter leur composition, ainsi qu'à la méthode de séchage ou d'extraction utilisée.

6. Détermination de l'acidité titrable :

Le principe de la méthode est basé sur le titrage de l'acidité d'une solution aqueuse de l'extrait avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphaléine comme indicateur.

On pèse 25 g de pelure et de pulpe de tomate chacune dans un erlenmeyer, puis on y ajoute 50 ml d'eau distillée récemment bouillie et refroidie, puis on mélange jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène dans un bain de glace. Le contenu est ensuite chauffé au bain-marie pendant 30 minutes.

Après refroidissement, on verse le mélange dans une fiole jaugée de 250 ml en complétant jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie. Après filtration, on prélève 25 ml du filtrat et on titre avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0.1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante [101].

L'acidité titrable est exprimée en grammes d'acide citrique pour 100 g de produit.

$$A \% = \frac{(250 \times V_1 \times 100)}{(V_0 \times M \times 10)} \times 0.07 = 175 \times \frac{V_1}{V_0 \times M}$$

Où :

M est la masse du produit prélevée en grammes.

V₀ est le volume en ml de la prise d'essai.

V₁ est le volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N utilisée.

0,07 est le facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique (C₆H₁₂O₈ pour 100 g de tomate).

❖ Résultat et discussion :

Les valeurs de l'acidité obtenues des pelures séchées et des pulpes de tomate sont montrées dans la figure suivante :

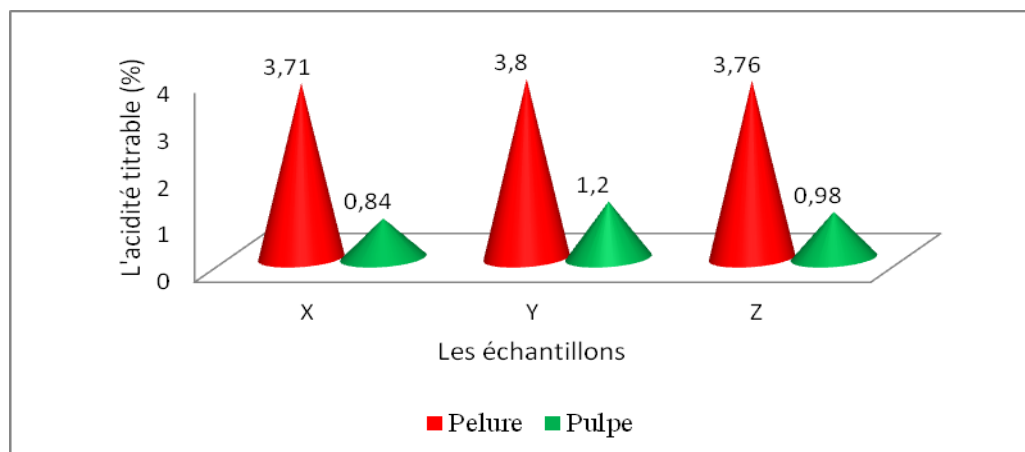


Figure 45 : Teneur en acidité titrable (%).

L'acidité titrable est une mesure de la concentration totale de l'acide. Dans les titrations avec une base, tous les ions H^+ sont neutralisés, qu'ils soient ionisés ou non. Cette mesure est essentielle pour garantir la qualité des produits alimentaires en assurant leur conformité aux normes et en préservant leur durée de conservation [132]. Dans les fruits et légumes, l'acidité est principalement due à des acides organiques tels que l'acide malique, l'acide tartique, l'acide citrique et plus rarement l'acide oxalique [133]. Chez la tomate, l'acidité qui domine est celle de l'acide citrique avec 75 % à 80 % de l'acidité totale.

L'acidité est liée à la composition biochimique de la tomate. D'après la **figure 45**, l'acidité des pelures séchées est de l'ordre de 3,76 %, tandis que celle des pulpes est d'environ 1,01%. Des études antérieures ont montré des résultats plus élevés, avec une acidité de 4,48 % pour les pelures [134] et de 2,98 % pour les pulpes [135]. Cette différence s'explique par le fait qu'au cours de la maturation des tomates, la teneur en acide (essentiellement citrique et malique) diminue en faveur de l'augmentation de la teneur en sucre (les tomates vertes sont plus acides que les tomates mûres). Par conséquent, les tomates mûres récoltées ont une faible teneur en acide [136]. De plus, il y a un autre facteur qui peut influencer comme : la variété (certaines variétés sont naturellement plus acides que d'autres), et les conditions de culture telles que le climat, l'irrigation et la fertilisation.

L'acidité plus élevée de la pelure des tomates par rapport à la pulpe s'explique par la répartition inégale des acides organiques dans le fruit [137]. Les acides organiques, dont l'acide citrique est le plus abondant dans la tomate, sont principalement concentrés dans la

pelure et les parties externes du fruit [138]. Cela contribue à l'équilibre sucre/acide qui détermine la saveur des tomates [139].

7. Caractérisation du lycopène par CCM :

Une combinaison de trois solvants a été utilisée comme phase mobile de la chromatographie sur couche mince, l'éther de pétrole, l'hexane et l'acétone (5:4:1 v/v) et la phase stationnaire est une plaque de verre en silice. Pour caractériser le lycopène, on utilise le poivron rouge comme référence, et pour le β -carotène, on utilise la carotte.

✓ La préparation des standards :

On écrase les carottes et les poivrons rouges à l'aide d'un mortier tout en y ajoutant un peu de dichlorométhane afin d'extraire leur jus.

✓ Nos échantillons :

Extrait de pelure (E), l'huile de pulpe (H), le poivron rouge (P) et la carotte (C).

✓ Mode opératoire :

- Dans la cuve de chromatographie, placer le mélange d'éluant à une hauteur d'environ 0,5 cm, puis fermer la cuve.
- Préparer la plaque de chromatographie en traçant une ligne de départ et en marquant l'emplacement des taches.
- Utiliser un tube capillaire pour chaque prélèvement et déposer une quantité de chaque extrait sur la plaque de chromatographie.
- Placer la plaque dans la cuve de chromatographie contenant l'éluant et laisser l'élution migrer par capillarité sur la plaque. Le front de l'éluant doit monter jusqu'à environ 1 cm du haut de la plaque.
- Une fois l'élution terminée, noter le niveau atteint par le solvant.
- Observer la tâche à l'aide de la lampe UV.
- Identifier les tâches obtenues et mesurer les R_f .

Les résultats de l'analyse par CCM des extraits de pulpes et de pelures de tomate sont résumés dans le tableau et la figure suivants. Il s'agit des informations sur les facteurs de rétention (R_f) des constituants chimiques et leur comportement à la lumière UV.



Figure 46 : Les chromatogrammes des extraits avec les standards.

Tableau 13 : Les valeurs des rapports frontaux de nos échantillons.

Les échantillons	R _f (E) de lycopène	R _f (E) de β-carotène	R _f (P) de lycopène	R _f (C) de β-carotène
A	0,17	0,93	0,18	0,97
B	0,32	0,91	0,32	0,95
C	0,42	0,93	0,43	0,96
D	0,23	0,93	0,30	0,97
E	0,24	0,89	0,32	0,94
F	0,31	0,97	0,31	0,99
J	0,4	0,91	0,39	0,95
H	0,28	0,89	0,27	0,96
I	0,36	0,93	0,36	0,96
J	0,42	0,92	0,42	0,96

La CCM est un outil de choix pour l'analyse de la routine d'extrait brut, des fractions et des produits purs isolés. Le choix de cette technique est fait dans le but de caractériser les différents constituants de l'huile des pulpes et de l'extrait des pelures de tomate.

La méthode de séparation par migration par le solvant l'éther de pétrole, l'hexane et l'acétone (5:4:1 v/v), nous a permis d'avoir une bonne séparation des constituants et une visibilité des spots.

D'après les chromatogrammes, on observe pour l'extrait de pelure deux spots indiquant la séparation d'au moins deux molécules différents dans cette phase à une R_f de : 0,32 et 0,92.

Pour les standards, les chromatogrammes confirment que ces produits sont purs car chaque produit présente une seule tâche (spot). Pour le bêta-carotène nous avons trouvé un rapport frontal de 0,96 et pour le lycopène 0,33.

En comparant les rapports de notre extrait avec les rapports des références, nous confirmerons la présence à la fois de bêta-carotène et de lycopène dans la pelure de tomate, et c'est ce que nous avons effectivement trouvé dans la partie théorique. Ce résultat vient renforcer à la fois la fiabilité de la méthode et le choix des solvants utilisés.

8. Dosage des polyphénols totaux :

Le dosage des polyphénols totaux dans les extraits a été effectué par spectrophotométrie selon la méthode du réactif de Folin-Cicalteu [140].

❖ Principe :

Ce dosage est fondé sur la quantification de la concentration totale des groupements hydroxyles présents dans l'extrait. Le réactif de Folin-Cicalteu consiste en une solution jaune acide (Ac) contenant un complexe polymérique d'ions (hétéro polyacides). En milieu alcalin, le réactif de Folin-Cicalteu oxyde les phénols en ions phénolates et réduit partiellement ses hétéro polyacides, d'où la formation d'un complexe bleu [141].

➤ Mode opératoire :

Dans un tube à essai on introduit :

- 0.4 ml d'extrait (10 fois dilué dans le dichlorométhane).
- On ajoute 2 ml du réactif de Folin-Cicalteu fraîchement préparé (10 fois dilué).
- 1.6 ml de la solution de Na_2CO_3 à 7.5 % (7.5g dans 100 ml).
- L'ensemble est incubé à température ambiante et dans l'obscurité pendant deux heures.
- La lecture est effectuée contre un blanc sans extrait à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS à 765 nm.

✓ Expression des résultats :

La concentration équivalente a été calculée à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y = ax + b$) établie avec des concentrations précises (de 0 à 1 mg/ml) d'acide gallique comme standard de référence, dans les mêmes conditions que l'échantillon.

Le taux de polyphénols totaux dans nos extraits a été calculé à partir de la formule suivante :

$$T = (C \cdot V) / m$$

T : Teneur en (mg d'acide gallique / g de matière sèche).

C : Concentration d'acide gallique établie à partir de la courbe d'étalonnage (mg/ml).

V : Volume de l'extrait (ml).

m : Poids de la matière sèche (g).

❖ Résultat et discussion :

La courbe d'absorbance a été tracée en fonction de la concentration ($A = f(C)$) pour l'acide gallique standard, comme illustré sur la **figure 47** :

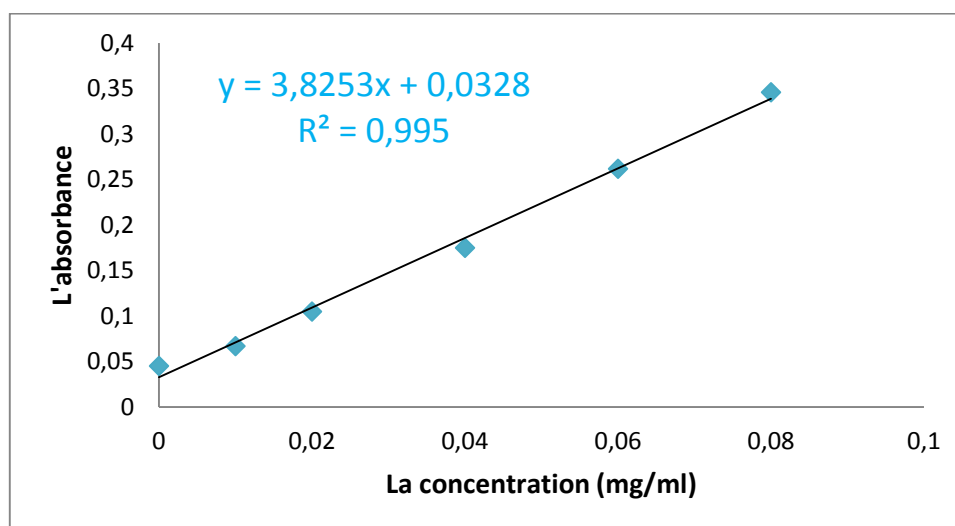


Figure 47 : La courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Après avoir projeté l'absorbance de chaque échantillon et effectué les calculs, les concentrations des composés phénoliques totaux ont été exprimées en mg EAG/g de matière sèche. Les résultats obtenus sont présentés dans le **tableau 14**.

Tableau 14 : Concentrations des polyphénols totaux dans les extraits.

Extrait	Concentrations des polyphénols totaux (mg/g)
Huile des pulpes (mg/g)	2,7
Pelures (mg/g)	5

Le dosage des polyphénols totaux permet d'estimer la quantité globale de différents composés phénoliques présents dans l'extrait des pelures séchées et des pulpes de tomate. D'après ce tableau, on remarque que la concentration des polyphénols totaux est de 2,7 mg/g dans l'huile des pulpes et de 5 mg/g dans les pelures. Cette différence s'explique par la présence d'un pourcentage élevé de polyphénols dans les pelures par rapport aux pulpes. Par conséquent, on peut considérer les pelures de tomate comme une source d'antioxydants naturels.

Des études antérieures ont montré des résultats supérieurs aux nôtres, avec une concentration de 14,75 mg/g dans la pulpe [134] et de 52,82 mg/g dans les pelures [142]. Cela s'explique par plusieurs facteurs, notamment les conditions d'extraction. De plus, les conditions climatiques varient d'une région à l'autre et peuvent influencer la période de récolte, qui est liée à la période de maturité. De plus, cette analyse a été effectuée deux mois après l'extraction et certains facteurs peuvent avoir affecté l'extrait, en particulier la chaleur.

9. Recherche de l'activité antioxydante :

1. Le test DPPH° (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) :

Le DPPH° est l'un des composés les plus utilisés pour une analyse rapide et directe de l'activité antioxydante, en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse.

Le test DPPH° (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) a été initialement développé par Blois (1958). Le DPPH° est un radical libre stable de couleur violacée. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH° est réduit et change de couleur. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH°, qui est proportionnel au pouvoir anti-radicalaire de l'échantillon [91].

2. Préparation de la solution éthylique de DPPH° :

2 mg de DPPH° ont été mélangée à 50 ml de méthanol dans une fiole, la solution a été agitée avec un agitateur et un barreau magnétique. La fiole a été protégé avec de l'aluminium à la fin de la préparation pour la mettre à l'abri de la lumière [143].

3. Préparation des dilutions en différentes concentrations des extraits :

100 mg d'extrait a été pesé, à dissoudre dans 10ml de méthanol afin d'obtenir une concentration de 10 mg/ml (solution mère) pour préparer les différentes concentrations d'extrait (solutions filles).

Tableau 15 : Préparation des différentes concentrations des deux extraits, pulpe de la tomate et de la pelure.

Tubes	1	2	3	4	5	6	7
Dilutions (mg/ml)	0.5	1	1.5	2.5	5	7.5	10
Volume de solution mère (µl)	100	200	300	500	1000	1500	2000
Volume de méthanol (µl)	1900	1800	1700	1500	1000	500	0
Volume final (ml)	2	2	2	2	2	2	2

➤ Mode opératoire :

Dans des tubes à essai secs, une quantité de 2ml de chaque dilution des deux extraits bruts comme suit :(0,5mg/ml ; 1mg/ml ; 1,5mg/ml ; 2,5mg/ml ; 5mg/ml ; 7,5mg/ml ; 10mg/ml), chaque dilution a été mélangé avec 2ml de la solution éthylique de DPPH°, après agitation, les tubes sont placés à l'obscurité à une température ambiante pendant 30 minutes [143].

4. La lecture des résultats :

La lecture des résultats a été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre par la mesure de l'absorbance 517 nm.

❖ Expression des résultats :

a. Détermination du pourcentage d'inhibition : [92]

L'inhibition des radicaux libres en pourcentages (I%) est calculée en utilisant la formule suivante :

$$I\% = [1 - (Ab_{\text{test}} / Ab_{\text{contrôle}})] \times 100$$

- **I %** : pourcentage d'inhibition de DPPH°.
- **Abs test** : absorbance de l'échantillon.
- **Abs contrôle** : absorbance de contrôle négatif.

La cinétique des réactions des extraits avec le DPPH° a été inscrite à chaque concentration examinée. Chaque concentration en extraits en fonction des pourcentages du DPPH° inhibés, ont été tracées à la fin des réactions afin d'obtenir l'index IC₅₀.

b. La détermination de l'index IC₅₀ :

Ce paramètre est défini comme étant la concentration d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du DPPH° initiale de 50%. L'index IC₅₀ a été déterminé à partir de la courbe d'inhibition.

➤ **Résultats et discussion** :

Un léger changement de couleur a été observé dans les solutions préparées : elles sont passées d'un violet foncé à une couleur plus clair. Après avoir laissé les tubes à l'obscurité pendant 30 minutes, la lecture des valeurs de l'absorbance au spectrophotomètre a donné les résultats notés ci-dessous.

Les résultats d'inhibition du radical libre sont calculés et donnés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Résultats d'absorbances et l'inhibition de DPPH° pour l'extrait de la pulpe.

Concentration (mg/ml)	0,5	1	1,5	2,5	5	7,5	10
Absorbance à 517 nm	1.510	1.501	1.444	1.239	1.088	1.045	0.968
Inhibition (%)	1.05	1.64	5.37	18.81	28.70	31.52	36.57

Tableau 17 : Résultats de l'absorbance et de l'inhibition de DPPH° pour l'extrait des pelures.

Concentration (mg/ml)	0,5	1	1,5	2,5	5	7,5	10
Absorbance à 517 nm	0.889	0.844	0.811	0.681	0.682	0.672	0.635
Inhibition (%)	24.98	28.1	29.91	39.43	42.32	44.59	46.55

Il a été noté l'augmentation des pourcentages d'inhibition de radical libre parallèlement avec l'augmentation de la concentration des extraits.

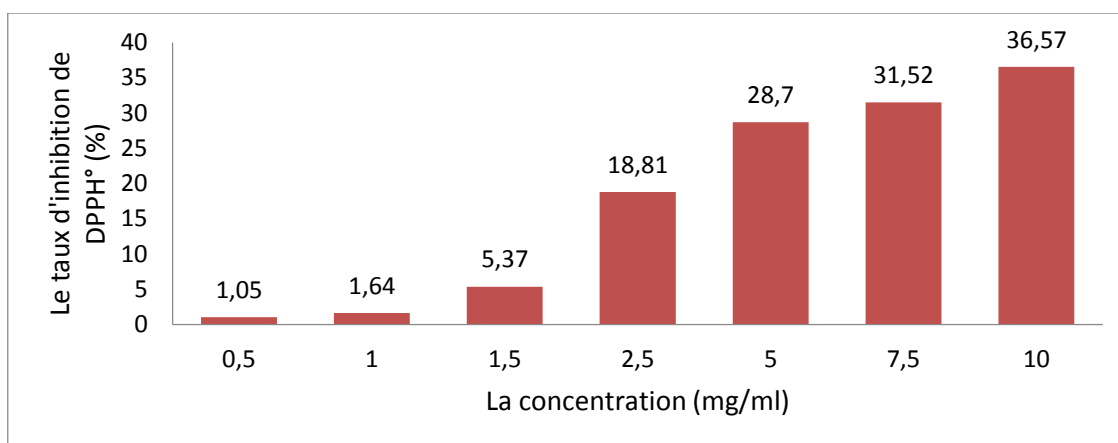


Figure 48 : Histogramme des taux d'inhibition de DPPH° en fonction des concentrations de l'extrait de la pulpe.

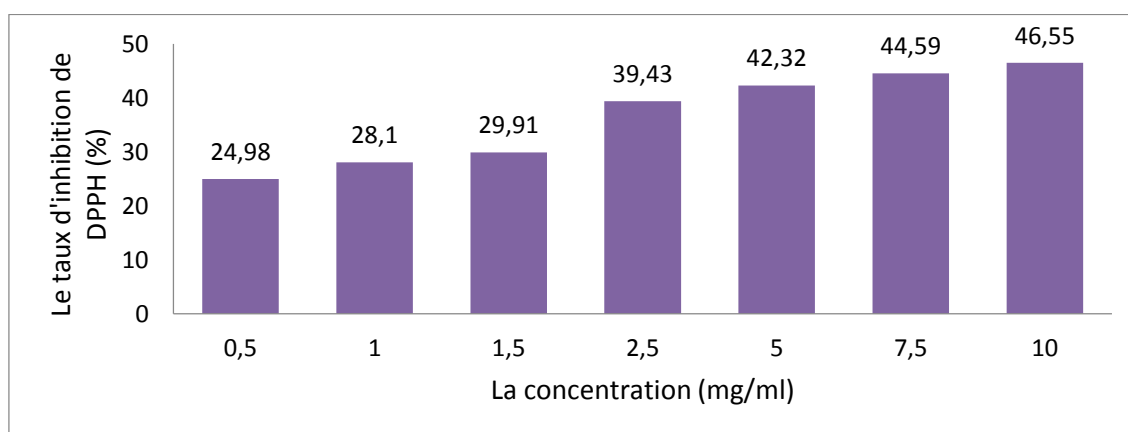


Figure 49 : Histogramme des taux d'inhibition de DPPH° en fonction des concentrations de l'extrait de la pelure.

Les deux histogrammes précédents illustrent les pourcentages d'inhibition du DPPH° en fonction des concentrations des extraits de pulpe de tomate et de pelures de tomate testés. Ces graphiques montrent clairement une augmentation des pourcentages d'inhibition du DPPH° à mesure que les concentrations des deux extraits augmentent.

✓ La détermination de l'index IC₅₀ :

- Pour l'extrait de la pulpe :

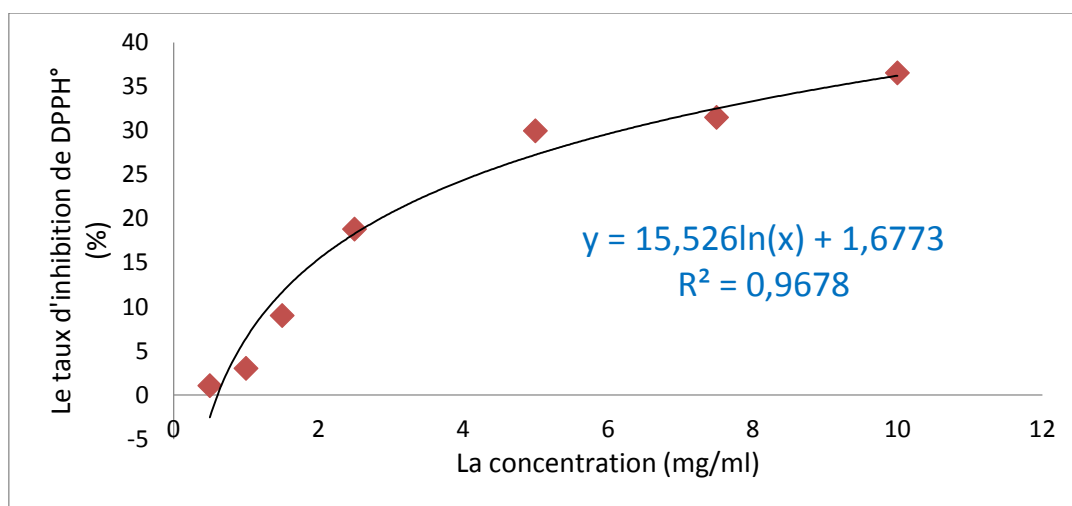


Figure 50 : Evolution des taux d'inhibition de DPPH° par l'extrait de la pulpe.

L'index IC_{50} est déterminé à partir de la courbe des pourcentages d'inhibition du radical DPPH° (**figure 50**).

L'index IC_{50} de l'extrait de la pulpe de la tomate est égal: 22,47 mg/ml

Lors de notre étude sur l'activité antioxydante de l'extrait de pulpe de tomate, nous avons obtenu un pourcentage d'inhibition de 17,7 %. Cela indique que notre extrait a la capacité de piéger 17,7 % des radicaux libres DPPH° présents dans le milieu réactionnel. Plus ce pourcentage est élevé, plus l'extrait possède un fort pouvoir antioxydant. Cependant, 17,7 % reste une valeur relativement faible comparée à d'autres études qui rapportent des pourcentages d'inhibition supérieurs à 50 % [144].

D'autre part, l'index IC_{50} représente la concentration d'extrait nécessaire pour inhiber 50 % des radicaux DPPH°. Notre extrait a un IC_{50} de 22,47 mg/ml, ce qui signifie qu'il faut 22,47 mg d'extrait par ml pour neutraliser la moitié des radicaux libres. Plus cette valeur est faible, plus l'extrait est antioxydant. Par rapport à d'autres huiles végétales comme l'huile de tournesol qui a un IC_{50} de 3557,6 mg/ml, l'extrait de pulpe de tomate présente une activité antioxydante plus élevée.

En combinant ces deux résultats, il apparaît que l'extrait de pulpe de tomate présente une activité antioxydante prometteuse, bien que des ajustements de concentration puissent être nécessaires pour optimiser son efficacité. Cependant, il est important de noter que d'autres facteurs, tels que la variété de tomate, les conditions de culture et les méthodes d'extraction, peuvent influencer l'activité antioxydante de notre extrait.

- Pour l'extrait des pelures :

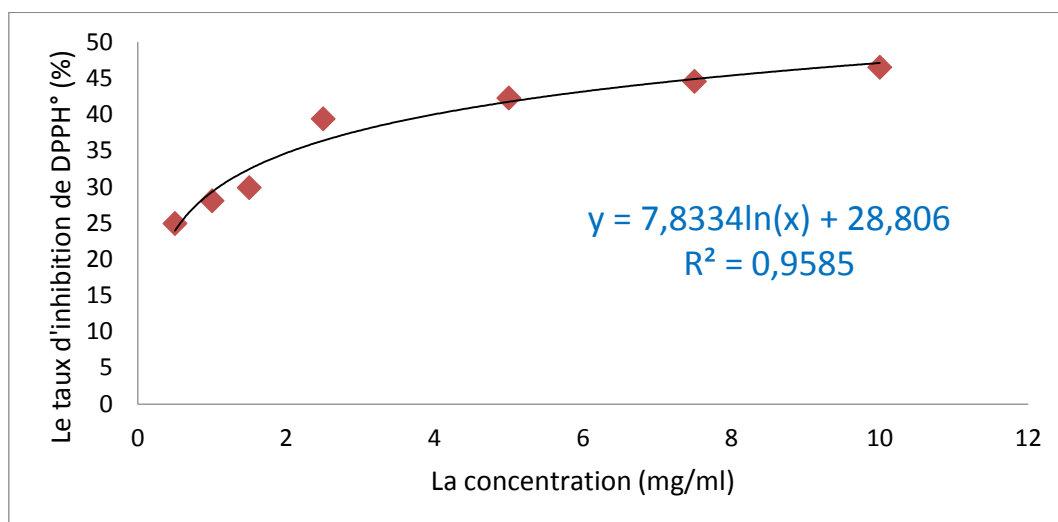


Figure 51 : Evolution des taux d'inhibition de DPPH° par l'extrait de la pelure.

L'index IC_{50} est déterminé à partir de la courbe des pourcentages d'inhibition du radical DPPH° (**figure 51**).

L'index IC_{50} de l'extrait des pelures de la tomate est égal: 14,96 mg/ml

Les résultats de l'analyse de l'activité antioxydante de l'extrait des pelures de tomate montrent un pourcentage d'inhibition de 37%, ainsi qu'une valeur de l' IC_{50} de 14,96 mg/ml. Ces deux valeurs fournissent des indications précieuses sur l'efficacité de l'extrait de pelures de tomate en tant qu'antioxydant.

Le pourcentage d'inhibition de 37% indique que l'extrait a une capacité significative à neutraliser les radicaux libres. Cette valeur élevée suggère que l'extrait de pelures de tomate possède une activité antioxydante notable, ce qui peut être attribué à sa composition antioxydants comme les polyphénols, les flavonoïdes et les caroténoïdes, connus pour leurs propriétés antioxydantes. Ce résultat est inférieur à ceux obtenus par une étude précédente [145] qui a montrée des résultats pour la pelure de deux variétés de tomate respectivement de l'ordre 53,3% et 54,3% .

En ce qui concerne l' IC_{50} de 14,96 mg/ml, cette valeur représente la concentration nécessaire de l'extrait pour réduire de moitié l'activité du radical DPPH°. Un IC_{50} plus bas indique une plus grande activité antioxydante. Ainsi, l'obtention d'une valeur d' IC_{50} relativement faible de 14,96 mg/ml suggère que l'extrait de pelures de tomate présente une activité antioxydante prometteuse, offrant un potentiel pour son utilisation dans divers produits de santé et de bien-être. Ces résultats soulignent l'importance des pelures de tomate

comme source potentiellement précieuse d'antioxydants naturels, offrant des avantages pour la santé et la nutrition.

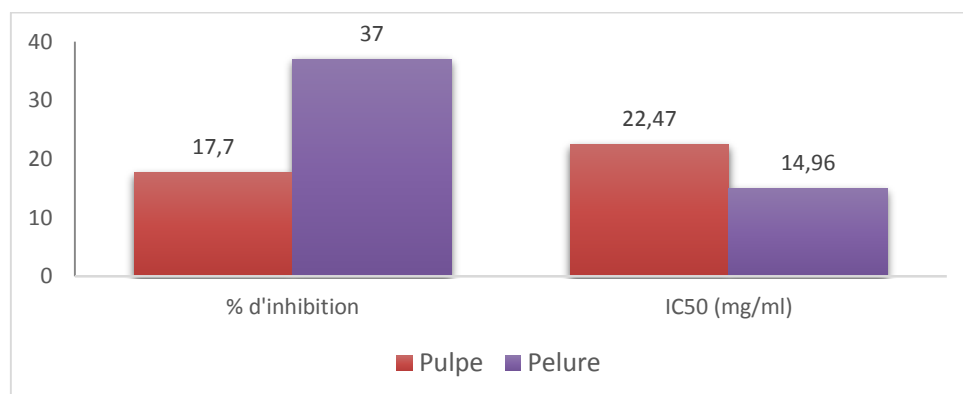


Figure 52 : Histogramme des taux d'inhibition de DPPH° et l'index IC₅₀ des deux extraits.

L'histogramme précédent met clairement en évidence que les pelures de tomate ont une activité antioxydante plus élevée que la pulpe. Cette différence peut s'expliquer par leur composition en composés bioactifs. En effet, les pelures de tomate contiennent des teneurs plus importantes de caroténoïdes, notamment le lycopène et le bêta-carotène, par rapport à la pulpe, qui est pauvre en ces composés. Ces caroténoïdes sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes qui leur confèrent la capacité de piéger les radicaux libres [146]. Ainsi, la plus forte teneur en ces antioxydants naturels dans les pelures explique leur activité antioxydante supérieure à celle de la pulpe de tomate. Ces résultats confirment l'intérêt de valoriser les sous-produits de tomate, en particulier les pelures, pour leurs vertus antioxydantes bénéfiques pour la santé.

10. Evaluation de l'activité antibactérienne de nos extraits :

C'est une méthode *in vitro* utilisée pour tester le pouvoir antimicrobien des composés. La technique utilisée est celle de contact direct avec les bactéries, c'est la méthode des disques. L'essai de pouvoir antibactérien est réalisé par la diffusion sur milieu gélose soit Muller-Hinton pour tester la sensibilité des différentes souches.

Les tests ont été effectués au niveau du Laboratoire d'Hygiène de la Wilaya de Blida-Algérie.

✓ Technique des disques :

La méthode des disques est la technique choisie pour déterminer l'activité antibactérienne des extraits à tester. Elle repose sur la migration des extraits sur un milieu solide à l'intérieur d'une boîte de Pétri. Cette méthode permet de mettre en évidence l'effet antibactérien des extraits sur les bactéries, ainsi que la détermination de la résistance ou la sensibilité de ces bactéries vis-à-vis de cet extrait. Elle consiste à faire des puits remplis d'un certain volume d'extrait à la surface de la géloseensemencée par les germes à tester, puis à mesurer les diamètres d'inhibition autour de disques en millimètre (mm) après incubation.

L'apparition et l'importance du diamètre de la zone d'inhibition reflète l'impact des solutions à tester sur les souches bactériennes.

✓ Choix et origine des souches bactériennes :

Les supports bactériens sont constitués de cinq souches bactériennes de référence sous forme de lots "American Type Culture Collection ATCC".

Le choix des souches pour cette étude se sont des bactéries impliquées dans la contamination et l'altération des denrées alimentaires. Ces bactéries ont été fournies par le laboratoire d'Hygiène de la Wilaya de Blida-Algérie. Les bactéries à tester sont présentées dans le **tableau 18**.

Tableau 18 : Noms scientifiques des souches bactériennes utilisées.

		Bactéries	
Souches	Gram positif	Gram négatif	
	Bacillus cereus	Escherichia coli	
	Staphylococcus aureus	Salmonella sp	
	-	Pseudomonas aeruginosa	

✓ Choix du milieu de culture :

Suivant les méthodes employées dans l'essai et selon les souches, nous pouvons utiliser comme milieu de culture :

➤ **Muller-Hinton (MH) :** C'est le milieu de culture utilisé pour étudier l'activité antibactérienne car c'est le milieu le plus employés pour les tests de sensibilité aux agents antibactériens.

✓ La stérilisation de nos matériels :

Nous stérilisons tous les outils que nous utiliserons pour cette activité.



Figure 53 : La stérilisation de matériel par l'autoclave.

Pour commencer la manipulation dans le laboratoire de microbiologie, suivons précisément les étapes cruciales. Tout d'abord, lavons soigneusement nos mains avec du savon et de l'eau. Ensuite, désinfectons la surface de travail en utilisant de l'eau de Javel pour éliminer les germes potentiels. Assurons-nous de respecter ces protocoles impératifs afin de maintenir des conditions stériles, ce qui garantira la fiabilité des résultats de notre expérience microbiologique.

✓ Préparation de la suspension bactérienne :

Des colonies bien isolées de cultures bactériennes fraîchement repiquées et incubées ont été prélevées à l'aide d'une pipette Pasteur stérile et homogénéisées chacune dans des tubes stériles contenant 10 ml de solution d'eau physiologique stérile. Les conditions de stérilisation doivent être respectées, à savoir : ne pas dépasser les 20 cm du bec bunsen et utiliser du matériel stérile.

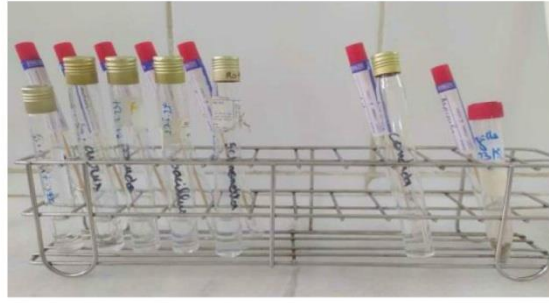


Figure 54 : Les suspensions bactériennes.

✓ **La dilution des extraits** :

La dilution a été effectuée avec du DMSO parce qu'il ne possède pas d'activité antibactérienne. Pour l'huile de tomate, nous avons préparé les concentrations suivantes : 100 % HT, 50 % HT et 25 % HT. Pour l'extrait sec des pelures, les concentrations testées sont les suivantes : 50 mg/ml, 100 mg/ml et 200 mg/ml.



Figure 55 : La préparation des différentes concentrations.

✓ **Préparation de milieu:**

- Mets les géloses dans un bain-marie jusqu'à ce qu'elle se dissout complètement.
- Dès que les géloses ont un peu refroidi, le coulé à raison de 15 à 20 ml dans des boîtes de Pétri stériles près d'un bec bunsen.
- Laisser refroidir et solidifier sur la paillasse.
- Après quelques minutes, ferme les boîtes de Pétri.



Figure 56 : La préparation de milieu.

✓ **Ensemencement** :

Un écouvillon stérile a été imbibé par la suspension bactérienne et étaler à la surface de la gélose MH sèche, de haut en bas à trois reprise, tournant la boîte à 60° dans le but d'avoir une distribution égale de la bactérie à la surface sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même, passer l'écouvillon sur le périphérique de la boîte de Pétri à la fin de l'ensemencement, recharger l'écouvillon à chaque fois, dans le cas où on ensemencement plusieurs boîtes (l'écouvillon doit être utilisé pour une seule bactérie), toutes ses étapes doivent être réalisées devant le bec Bunsen dans un milieu stérile pour éviter toute contamination extérieure.



Figure 57 : L'étape de l'ensemencement.

✓ **Application des disques et incubation** :

Des disques du papier Wattman stériles, ont été imprégnés de différentes concentrations de chaque extrait. Puis déposer à l'aide d'une pince stérile, dans des conditions aseptiques, sur la surface de gélose et pressé doucement pour garantir un bon contact avec la

Partie expérimentale

surface de la gélose, facilitant ainsi la diffusion des agents antibactériens. Chaque souche a été testée en parallèle avec le un antibiotique (Cefazoline) comme témoin positif et le DMSO seul comme témoin négatif.

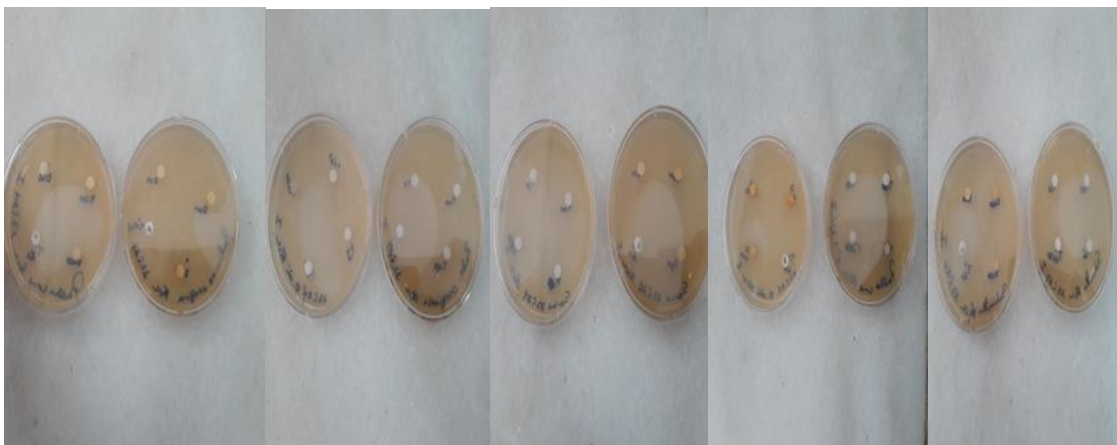


Figure 58 : La préparation des boites de Pétri.

✓ L'incubation :

Les boîtes ont été incubées dans une étuve à 37°C pendant 24 heures, afin que les bactéries se développent et que les agents antibactériens se diffusent dans la gélose.



Figure 59 : L'incubation des boîtes de Pétri.

✓ La lecture des résultats :

À la sortie de l'étuve, l'absence de croissance microbienne se traduit par un halo translucide autour des disques, identique à la gélose stérile, dont le diamètre est mesuré à l'aide d'une règle en (mm). Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition autour des disques pour les différentes concentrations des extraits et du témoin positif, et peuvent être symbolisés par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis de l'extrait. La sensibilité à l'extrait a été classée en fonction du diamètre des halos d'inhibition, selon l'échelle décrite par Ponce et al [147] :

Tableau 19 : Expression de la sensibilité.

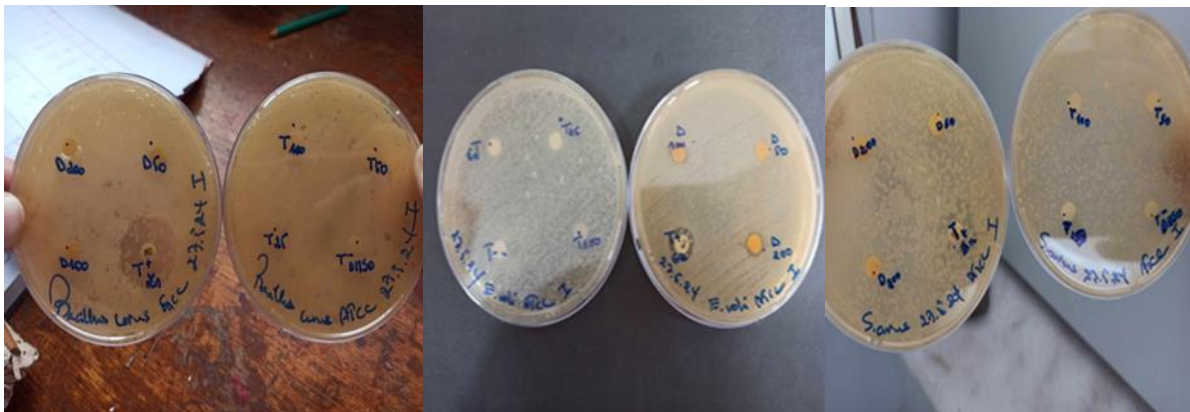
Mention	Degré de sensibilité	Diamètre (mm)
Souche non sensible ou résistante	-	moins de 8
Souche Sensible	+	de 8 à 14
Souche très sensible	++	15 à 19
Souche extrêmement sensible	+++	20

➤ Résultats et discussions :



A : Salmonella sp.

B : Pseudomonas aeruginosa.



C : Bacillus cereus.

D : Escherichia coli.

E : Staphylococcus aureus.

Figure 60 : Teste d'antibiogramme des souches pathogènes testés A,B,C,D,E vis-à-vis les extraits de pulpe (T) et de pelure (D).

➤ Les résultats de l'antibiogramme de l'extrait des pulpes de tomate sont regroupés dans le **tableau 20**.

Tableau 20 : Résultats de l'antibiogramme de l'extrait des pulpes de tomate.

La concentration (%)		Diamètre de la zone d'inhibition (mm)				
		25	50	100	Cefazoline	DMSO
Souche	Salmonella sp	-	-	-	-	-
	Pseudomonas aeruginosa	-	-	-	-	-
	Bacillus cereus	-	-	-	23	-
	Escherichia coli	-	-	-	10,5	-
	Staphylococcus aureus	-	-	-	-	-

À partir du tableau ci-dessus, on observe que notre huile de pulpe de tomate ne présente aucune activité antibactérienne contre les bactéries testées, avec une absence de zone d'inhibition pour toutes les concentrations. En revanche, l'antibiotique de contrôle (Cefazoline) a donné très bon résultats. Deux bactéries se sont avérées très sensibles à cet antibiotique, avec une zone d'inhibition de 23 mm pour *Bacillus cereus* et de 10,5 mm pour *Escherichia coli*. Les résultats ont également confirmé que le solvant n'a aucune activité antibactérienne, ce qui justifie notre choix de l'utiliser.

Cette inefficacité d'extrait est probablement due à la perte de composés volatils de l'huile pendant le stockage et/ou l'extraction. En effet, ces composés peuvent s'évaporer de milieux de culture, ce qui réduit leur concentration et par conséquent, leur activité antibactérienne. De plus, la composition chimique des huiles peut varier en fonction de plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques.

➤ Les résultats de l'antibiogramme de l'extrait des pelures de tomate sont regroupés dans le **tableau 21**.

Tableau 21 : Résultats de l'antibiogramme de l'extrait des pelures de tomate.

La concentration (mg/ml)		Diamètre de la zone d'inhibition (mm)				
		50	100	200	Cefazoline	DMSO
Souche	<i>Salmonella</i> sp	-	-	-	-	-
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-	-
	<i>Bacillus cereus</i>	-	-	-	23	-
	<i>Escherichia coli</i>	8	9	10	10,5	-
	<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	-	-	-

D'après les valeurs enregistrées, toutes les souches bactériennes testées ont montré une résistance à l'extrait, à l'exception d'une seule souche « *Escherichia coli* » qui a présenté une sensibilité vis-à-vis de l'extrait avec un diamètre d'inhibition maximum de 10 mm. Ainsi, l'effet antibactérien de l'extrait étudié augmente avec l'augmentation de la concentration de l'extrait testé. Cela signifie que notre extrait de pelures (à différentes concentrations testées) présente un effet antibactérien contre cette souche. La même sensibilité a été observée avec la Cefazoline (avec un diamètre d'inhibition de 10,5 mm), tandis que toutes les souches ont montré une résistance au DMSO (qui n'a aucun effet).

Plusieurs études ont confirmé la résistance élevée des bactéries Gram-négatives par rapport aux Gram-positives. Cette observation peut être attribuée à la présence d'une couche

de lipopolysaccharides (LPS) chez les bactéries Gram-négatives, qui agit comme une barrière efficace contre toute biomolécule. L'efficacité de notre extrait sur la bactérie Escherichia coli (Gram-négatif) souligne sa grande efficacité.

Pour les autres bactéries, il faut noter que l'efficacité des extraits peut varier en fonction de divers facteurs tels que la concentration utilisée, la méthode d'application, le volume d'extrait placé dans les disques, l'épaisseur de la couche de gélose, le solvant utilisé, la composition du milieu de culture, ainsi que la sensibilité spécifique à chaque souche bactérienne.

11. Spectrophotométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) :

Dans un premier temps, on constate que les spectres sont ressemblant deux à deux :

- ED9 et ED10 ont les mêmes allures à quelques petites exceptions près.
- ET9 et ET10 sont pareils aussi.

Pour procéder à l'analyse de ces spectres, on tient compte des tables de fréquence des vibrations de valence caractéristiques en IR [148].

➤ **Echantillon ED9 :**

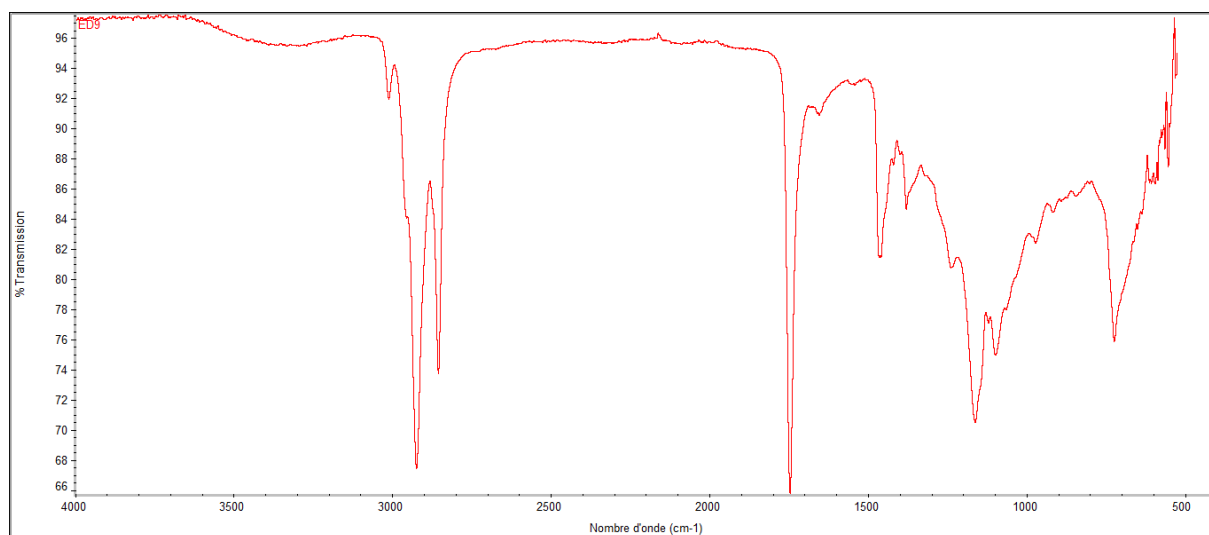


Figure 61 : Le spectre ATR-FTIR d'échantillon 9 de pelure de tomate.

➤ Echantillon ED10 :

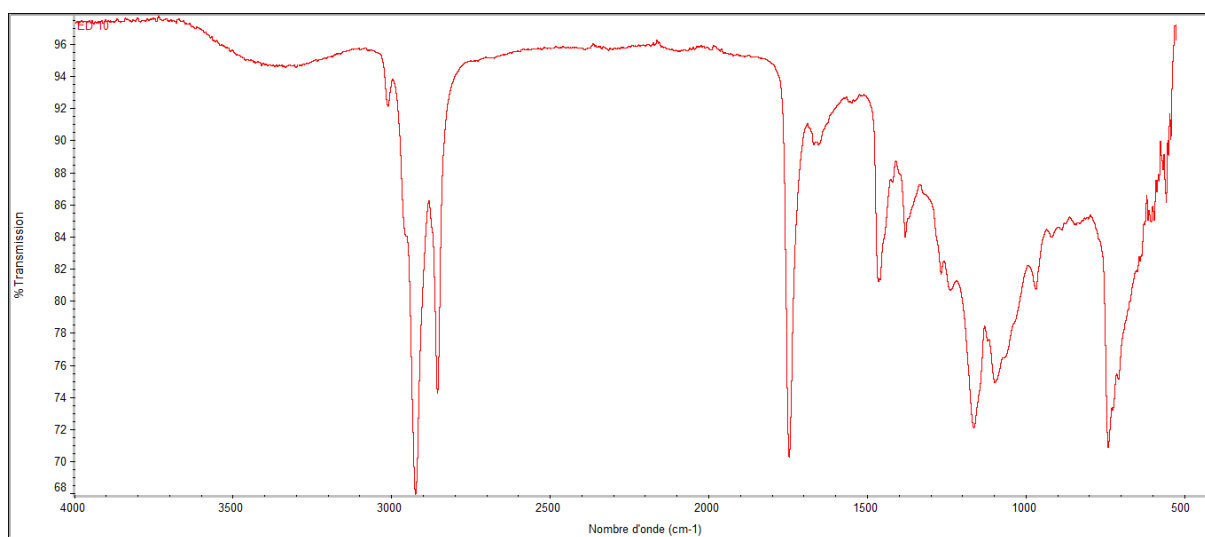


Figure 62 : Le spectre ATR-FTIR d'échantillon 10 de pelure de tomate.

Si on étudie les nombres d'ondes correspondants à ces types de spectres on note :

Pour les échantillons ED9 et ED10 (pelure de la tomate) : les spectres présentent beaucoup de pics comparés aux deux autres, l'analyse des nombres d'onde obtenus permet de conclure que :

- Il y a présence d'acides organiques grâce à la présence simultanée de ces deux bandes : bande OH présente, elle est très large elle se situe entre 3300 et 2400 cm^{-1} , il y a également les groupements C=O qui donnent des absorptions intenses entre 1820 et 1600 cm^{-1} ,
- Présence de phénols grâce aux deux bandes : OH bande large $3300\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$ et C-O entre 1000 et 1300 cm^{-1} ,
- Présence de cycles aromatiques : il y a absorption dans la zone $1450\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$ et on vérifie la présence de C=C dans la région au-delà de 3000 cm^{-1} ,
- Présence de groupements CH aliphatique, CH₂ alcane et CH₃ alcane : bande $2925 - 2890\text{ cm}^{-1}$,
- Présence des esters confirmée par les bandes C=O à $1730\text{-}1750\text{ cm}^{-1}$ et la bande C-O à $1050\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$.

Ces résultats viennent confirmer les résultats des analyses physico-chimiques, screening phytochimiques, tests antioxydation...ect.

➤ **Echantillon ET9 :**

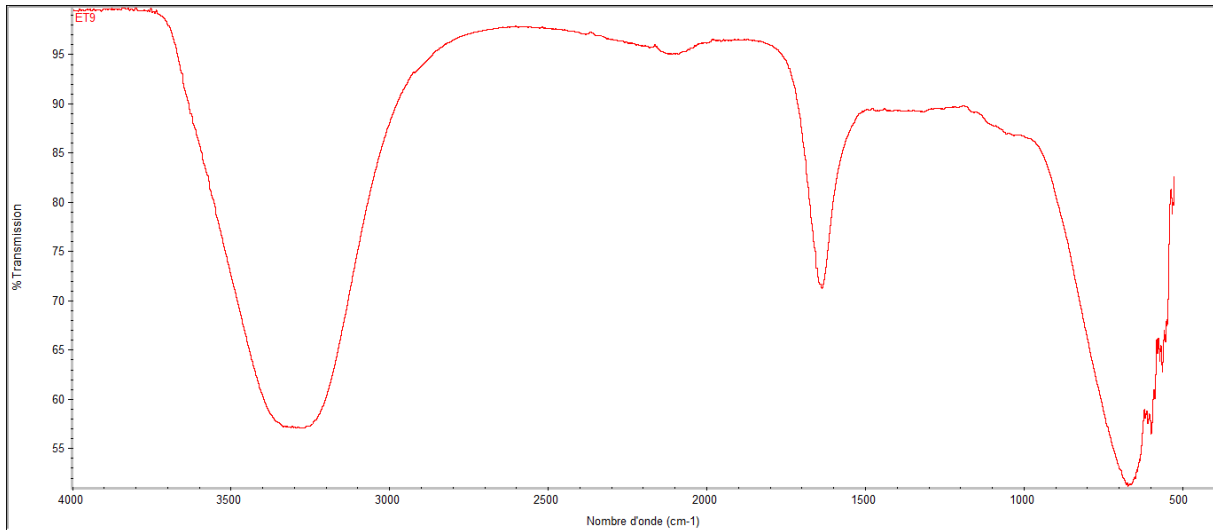


Figure 63 : Le spectre ATR-FTIR d'échantillon 9 de pulpe de tomate.

➤ **Echantillon ET10 :**

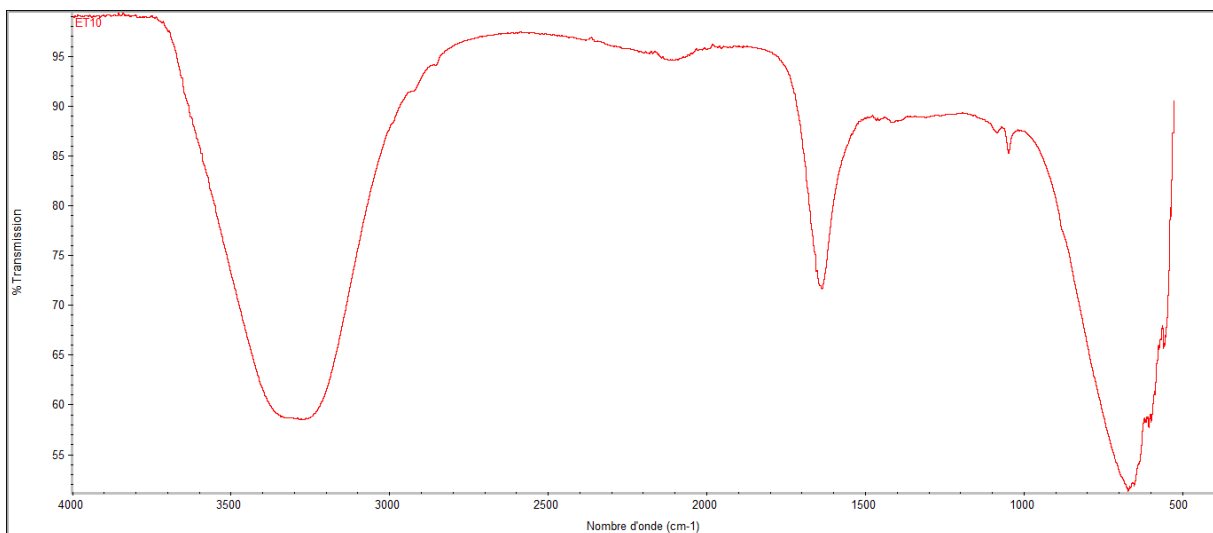


Figure 64 : Le spectre ATR-FTIR d'échantillon 10 de pulpe de tomate.

Pour les échantillons ET9 et ET10 (pulpe de la tomate) : les spectres des pulpes analysés par infrarouge présentent trois sortes de pics :

- 550-850 cm^{-1} : peu intense et large, la bande est caractéristique à la vibration de déformation de C-H dans CH=CH,
- 1600-1700 cm^{-1} : peu intense et peu large, la bande est caractéristique à la vibration d'élongation de groupement C=C dans un cycle aromatique,
- 3100-3600 cm^{-1} : plus intense que les autres et très large, la bande est caractéristique à la vibration d'élongation d'O-H de phénol.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE :

La tomate, fruit largement consommé frais mais aussi sous forme transformée, est reconnue pour ses qualités nutritionnelles riches en micro-constituants, tels que les caroténoïdes (en particulier le lycopène), les composés phénoliques, etc. La transformation industrielle de la tomate entraîne jusqu'à 30 à 40 % de la matière première comme déchets.

Le développement des nouvelles technologies pour la valorisation des déchets organiques issus des industries agroalimentaires est nécessaire, surtout que les quantités produites par ces industries ne cessent d'augmenter au fil des années.

Notre recherche est basée sur l'étude des paramètres physico-chimiques, et la quantification de certains métabolites secondaires qui peuvent être présents dans les extraits de pulpe et de pelure de tomate. Cette quantification a été réalisée par le biais de différents tests de screening, de dosages des polyphénols totaux, de mesurer du taux de Brix, d'évaluation de l'activité anti-radicalaire par la méthode colorimétrique et l'activité antibactérienne par la méthode des disques.

Le rendement moyen d'extraction par Soxhlet pour les pelures est de 8,80 %, ce qui représente un rendement faible par rapport au rendement moyen d'extraction de l'huile des pulpes, qui est de 13,79 %.

Pour les paramètres physico-chimiques, une différence nette est observée en ce qui concerne la teneur en eau de la pulpe (93,49%) ce qui montre que le produit est frais et celle de la pelure (17,38 %). En revanche, la teneur en cendres est légèrement plus élevée dans la pelure (2,66 %) que dans la pulpe (1,72 %) ce qui dénote un rapport normal entre les deux. Pour les valeurs de pH, la pelure présente un pH légèrement acide (4,18) par rapport à celui de la pulpe (4,25). En ce qui concerne l'acidité titrable, elle est plus élevée dans la pelure (3,76 %) que dans la pulpe (1,01 %) ce qui nous permet de conclure que des acides organiques sont plus présentes dans la pelure.

Les résultats obtenus grâce au screening phytochimique ont révélé la présence de saponines, de stérols, de phlorotannins et de diterpènes dans les deux extraits. En plus de ces composés, la pelure contient également des flavonoïdes et des alcaloïdes.

Les analyses faites sur les indices ont révélé que : l'indice d'acide est de 24,8 mg KOH/g pour la pulpe et de 42,3 mg KOH/g pour la pelure, l'indice de peroxyde est de 43 méq O₂/Kg pour la pulpe et de 27,5 méq O₂/Kg pour la pelure, l'indice de saponification est de

14,5 pour la pulpe et de 7,9 pour la pelure, ce résultat permet de dire que la pulpe de tomate possède un caractère de tension active naturelle, l'indice d'ester est de 59,75 pour la pulpe et de 20 pour la pelure, et l'indice d'iode est de 9,96 pour la pulpe et de 6,9 pour la pelure.

Les résultats obtenus ont montré que nos échantillons analysés sont riches en composés phénoliques. Les pelures séchées présentent un taux de polyphénols totaux légèrement plus élevé (5 mg EAG/g MS) par rapport à celui des pulpes (2,7 mg EAG/g), ce qui signifie que les pelures possèdent une meilleure capacité antioxydante.

La mesure du taux de Brix montre que le pourcentage de saccharose est plus élevé dans la pulpe (9,32 %) que dans la pelure (2,72 %).

Afin d'identifier les constituants chimiques des extraits nous avons utilisé la chromatographie sur couche mince (CCM). Cette analyse a révélé la présence de deux constituants majeurs dans la pelure : le lycopène et la bêta-carotène.

L'étude du pouvoir antioxydant contenu dans la pulpe et la pelure de tomate a été réalisée en utilisant le test du piégeage du radical libre DPPH°. Les résultats ont montré un pourcentage d'inhibition de 17,7 % pour la pulpe et de 37 % pour la pelure. En ce qui concerne l'index IC₅₀, nous avons obtenu des valeurs de 22,47 mg/ml pour la pulpe et de 14,96 mg/ml pour la pelure. Il est important de noter que la pelure a présenté le plus faible IC₅₀, ce qui indique une plus grande efficacité. De plus, ce test a démontré que le pouvoir antioxydant est proportionnel à l'augmentation de la concentration des extraits.

L'évaluation de l'activité antibactérienne, par la méthode des disques nous a permis de mettre en évidence l'intensité du pouvoir antibactérien des pelures de tomates vis-à-vis d'une bactérie à Gram négatif, qui est *Escherichia coli*. Par conséquent, l'évaluation de telles propriétés demeure une tâche intéressante et utile, notamment pour trouver de nouvelles sources d'agents antibactériens naturels.

Les résultats de la spectrophotométrie infrarouge à transformée de Fourier ont confirmé les analyses physico-chimiques obtenues.

Les résultats obtenus ont montré que la pelure séchée possède une qualité indéniable : elle contient des minéraux, des antioxydants, des polyphénols...

D'après ces résultats, nous concluons que les pelures de tomate peuvent être considérées comme une source importante de composés bioactifs possédant des propriétés antioxydantes et antibactériennes. Elles peuvent être utilisées à diverses fins thérapeutiques et dans des

préparations alimentaires afin de remplacer certains produits chimiques. Cela permettrait d'une part de limiter le problème de pollution environnementale engendrée par ces déchets, et d'autre part de synthétiser une large gamme de produits qui trouveraient différentes utilisations et aussi l'exploitation économique de ces déchets, à condition que cette valorisation ne soit pas coûteuse.

En perspective il est intéressant :

➤ D'extraire les substances bioactives à l'aide de techniques modernes telles que l'extraction assistée par macération, par ultrasons ou par fluide supercritique, afin d'améliorer le rendement, surtout il est préférable d'utiliser les méthodes de la chimie verte.

➤ D'effectuer des études technico-économiques pour évaluer la possibilité d'utiliser le lycopène à l'échelle industrielle dans les domaines de l'alimentaire, de la cosmétique et de la pharmacie.

➤ De modifier la méthode ou les conditions de travail utilisées pour étudier l'activité antibactérienne, afin d'obtenir davantage de résultats.

➤ De considérer le contenu en saponine de pelure, ce qui suggère la possibilité de les utiliser en tant que tensio-actif naturel et émulsionnant.

Références bibliographiques

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE :

- [1] S. Gilgenkrantz, « Histoire de la tomate à travers son génome », *médecine/sciences*, vol. 28, n° 11, p. 1000-1002, nov. 2012, doi: 10.1051/medsci/20122811022.
- [2] FAO. (2008). World crop production statistics. Food and Agricultural Organization of United Nations Statistical Database Online Services.
- [3] Spark, Red, « Tomate », Herbea. Disponible sur: <https://www.herbea.org/fr/fiches/7954/Tomate>
- [4] S. Naika, J. Jeude, M. Goffau, M. Hilmi, et B. Dam, *La culture de la tomate production, transformation et commercialisation*. 2020.
- [5] « Tout savoir sur la tomate », Les fruits et légumes frais — Interfel. Disponible sur: <https://www.lesfruitsetlegumesfrais.com/fruits-legumes/legumes-fruits/tomate/tout-savoir-sur-la-tomate>
- [6] « 162 M.PPV.pdf ». Disponible sur: <https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/9040/1/162%20M.PPV.pdf>
- [7] « Définition de tomate | Dictionnaire français », La langue française. Disponible sur: <https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/tomate>
- [8] « Tomates_1_2013__1_.pdf ». Disponible sur: https://www.yverdon-les-bains.ch/fileadmin/documents/y1b/Travaux-Environnement/pdf/Tomates_1_2013__1_.pdf
- [9] N. Zineb et T. Bordjiba, « Amélioration de la stabilité des caractéristiques physico-chimiques et température ambiante », avr. 2019.
- [10] A. Boubekri, « Valorisation De La Pâte De Tomate Par Le Procédé De Séchage Solaire Indirect à Convection Forcée ». Disponible sur: https://www.academia.edu/54529085/Valorisation_De_La_P%C3%A2te_De_Tomate_Par_Le_Procédé_De_Séchage_Solaire_Indirect_a_Convection_Forcée
- [11] « Les différents types de sucres | LaNutrition.fr ». Disponible sur: <https://www.lanutrition.fr/les-differents-types-de-sucres>
- [12] M. AREF, M. HEDED, et C. Atef, « Contribution à l'étude phytochimique, les activités biologiques (Antioxydante et Antibactérienne) d'une plante médicinale *Cleome arabica* L (Région d'Oued Souf). N° d'ordre : N° de série », 2015.
- [13] M. M. Alhag Dow, « Caractérisation fonctionnelle de la GDP-D-mannose-3,5-épimérase et galactono-1,4-lactone déshydrogénase, enzymes de la voie de biosynthèse de la vitamine C chez la tomate », Thèse de doctorat, Bordeaux 1, 2006. Disponible sur: <https://theses.fr/2006BOR13162>
- [14] « Des tomates qui guérissent le cancer ». Disponible sur: <https://www.aa.com.tr/fr/mode-de-vie/des-tomates-qui-guérissent-le-cancer/457068>
- [15] S. Abdelmadjid, M. Soltane, et L. Mezedjri, « Etude de la Complémentation des Pailles Traitées L'ammoniac (PNH3) Avec les Pulpes de Tomates en vue de Réduire la Dépendance Alimentaire des Ruminants Domestiques en Algérie », *Eur. J. Sci. Res.*, vol. 22, p. 168-176, oct. 2008.

- [16] O. Girardin, « Performance de six cultivars de tomates *Lycopersicon esculentum* Mills ». Disponible sur: https://www.academia.edu/21362459/Performance_de_six_cultivars_de_tomates_Lycopersicon_esculentum_Mills
- [17] R. Spichiger, V. V. Savolainen, et M. Figeat, *Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales*, 3. éd., rev. Corr. in Collection biologie. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 2004.
- [18] « Les différentes variétés de tomate ». Disponible sur: <https://www.aujardin.info/fiches/tomate-varietes.php>
- [19] M. Y. Ali *et al.*, « Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Tomatoes and Their Impact on Human Health and Disease: A Review », *Foods Basel Switz.*, vol. 10, n° 1, p. 45, déc. 2020, doi: 10.3390/foods10010045.
- [20] Permacool, « Graines hybrides F1, reproductibles, bio : comment s'y retrouver ? », Blog jardinage. Disponible sur: <https://permacool.fr/blog/varietes-hybrides-modifiees-bio-reproductibles-comment-sy-retrouver/>
- [21] J.-M. Polese, *La culture des tomates*. in Les clefs du jardinage. Paris: Artémis éd, 2007.
- [22] C. Bénard *et al.*, « Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds », *J. Agric. Food Chem.*, vol. 57, n° 10, p. 4112-4123, mai 2009, doi: 10.1021/jf8036374.
- [23] L. Michaud, *La Tomate De la Terre à la Table*. Québec: Editions MultiMondes, 2018.
- [24] C. Chauv et C. Foury, *Productions légumières. T. 1: Généralités*. in Agriculture d'aujourd'hui. Paris: Lavoisier, 1994.
- [25] N. Welty, C. Radovich, T. Meulia, et E. Van Der Knaap, « Inflorescence development in two tomato species », *Can. J. Bot.*, vol. 85, n° 1, p. 111-118, janv. 2007, doi: 10.1139/b06-154.
- [26] R. Reppe et R. de Roumont, « Produits Bio - Couvre-sol - Voile d'hivernage - Filet protection ».
- [27] « Statistics | FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations », Statistics. Disponible sur: <https://www.fao.org/statistics/en>
- [28] A. Bouzid et S. Bedrani, « LA PERFORMANCE ECONOMIQUE DE LA FILIERE TOMATE INDUSTRIELLE EN ALGERIE », *Cah. CREAD*, vol. 29, n° 103, p. 85-105, mars 2013.
- [29] M. Goka, R. Mensah, M. Dufrechou, S. D. Karou, et Y. Ameyapoh, « IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE DE LA PRODUCTION ET PROPRIETES NUTRITIONNELLES DE LA TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) AU TOGO: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SOCIO-ECONOMIC IMPORTANCE OF TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) PRODUCTION AND NUTRITIONAL PROPERTIES IN TOGO: LITERATURE REVIEW », p. 89-104, janv. 2023.
- [30] « Maladies et ravageurs de la Tomate », Tomatofifou. Disponible sur: <https://www.tomatofifou.com/maladies-et-ravageurs-de-la-tomates/>

- [31] N. Guellier, « Les maladies et ravageurs des tomates », Binette & Jardin. Disponible sur: <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-3957-maladies-ravageurs-tomates.html>
- [32] G. Marchoux, F. Leclant, et H. Lecoq, « Rôle des Aphides dans l'épidémiologie des maladies à virus des cultures maraîchères », *Bull. Société Entomol. Fr.*, vol. 89, n° 1, p. 716-730, 1984, doi: 10.3406/bsef.1984.18115.
- [33] « Catalogue illustré des principaux insectes ravageurs et auxiliaires des cultures de Guyane | Ecophytopic ». Disponible sur: <https://ecophytopic.fr/pic/piloter/catalogue-illustre-des-principaux-insectes-ravageurs-et-auxiliaires-des-cultures-de>
- [34] Ab. Biologique Centre National de Ressources en Agriculture, « Les Lépidoptères ravageurs en légumes biologiques ». Disponible sur: https://abiodoc.docressources.fr/index.php?lvl=notice_display&id=9140
- [35] Sogi D.S., Bhatia R., Garg S.K., Bawa A.S. (2005). Biological evaluation of tomato waste seed meals and protein concentrate. *Food Chem.*, 89 ; 53–56.
- [36] Celma A.R., Cuadros F., López-Rodríguez F. (2009). Characterisation of industrial tomato byproducts from infrared drying process. *Food Bioproducts Proc.*, 87 ; 282–291.
- [37] Sogi D.S., Shivhare U.S., Garg S.K., Bawa A.S. (2003). Water Sorption Isotherm and Drying Characteristics of Tomato Seeds. *Biosystems Eng.*, 84 (3); 297–301.
- [38] King A.J., Zeidler G., (2004). Tomato pomace may be a good source of vitamin E in broiler diets. *California Agric.*, 58(1) ; 59–62.
- [39] Sogi D. S., Bawa A. S. (1998). Studies on dehydration of tomato processing waste. *Indian Food Packer*, 52(2) ; 26–29.
- [40] Katapodis P., Christakopoulou V., Christakopoulos P. (2006). Optimization of xylanase production by *Thermomyces lanuginosus* in tomato seed meal using response surface methodology. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 22 ; 501–506. Altan
- [41] Muhtaseb A.H., Al-Harashsheh M., Hararah M., Magee T.R.A. (2010). Drying characteristics and quality change of unutilized-protein rich-tomato pomace with and without osmotic pretreatment. *Ind. Crops Prod.*, 31 ; 171–177.
- [42] Cotte F, 2000. Etude de la valeur alimentaire de pulpe de tomate chez les ruminants. Thèse Docteur vétérinaire, université Lyon 1.
- [43] Aghajanzadeh-Golshani., A., Martínez-López, A.L., Carvajal-Millán, E., Ponce de León-Renova, N., Márquez-Escalante, J., and Romo-Chacón, A., 2009. Handbook of analysis of active compound in Functional Foods.
- [44] Bouzaata C. 2016, Valorisation des sous-produits de quatre variétés de tomate industrielle (*Solanum esculentum*) dans l'est Algérien, *Université BADJI MOKHTAR Annaba*. p11 ,32 ,39.
- [45] Knoblich M., Anderson B et Latshaw D, 2005. Analyses des sous-produits de la peau et des graines de tomate et de leur utilisation comme source de caroténoïdes. *Journal de la science de l'alimentation et de l'agriculture*. Vol. 85, n°7, pp 1166-1170.
- [46] Amalou D., Ait Ammour M., Ahishakiye B. M., Ammouche A, 2013. Valorisation des sous-produits de conserverie: cas des graines de tomates. *4th International Conference of the African Association of Agricultural Economists. Hammamet-Tunisie*.

- [47] Boukhalfa H, 2010. Valorisation des sous-produits de la filière tomate transformée: optimisation de la production de la protéase par aspergillus sur un milieu à base de déchets de tomates.
- [48] Alvarado A., Pacheco-Delahaye E., Hevia P. (2001). Value of a tomato byproduct as a source of dietary fiber in rats. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 56 ; 335–348.
- [49] Al-Wandawi H., Abdul-Rahman M., Al-Shaikhly K. (1985). Tomato processing wastes as essential raw materials source. *J. Agric. Food. Chem.*, 33 ; 804–807.
- [50] Baysal T., Ersus S., Starmans D.A.J. (2000). Supercritical CO₂ extraction of β-carotene and lycopene from tomato paste waste. *J. Agric. Food Chem.*, 48 ; 5507–5511.
- [51] Benakmoum A., Abbeddou S., Ammouche A., Kefalas P., Gerasopoulos D. (2008). Valorisation of low quality edible oil with tomato peel waste. *Food Chem.*, 110 ; 684–690.
- [52] Eller F.J., Moser J.K., Kenar J.A., Taylor S.L. (2010). Extraction and analysis of tomato seed oil. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 87 ; 755–762.
- [53] Giannelos P.N., Sxizas S., Lois E., Zannikos F., Anastopoulos G. (2005). Physical, chemical and fuel related properties of tomato seed oil for evaluating its direct use in diesel engines. *Ind. Crops Prod.*, 22 ; 193–199.
- [54] Elvira Casas, Marianna Faraldi and Marie Bildstein., 2006. *HANDBOOK on bioactive compounds from tomato processing residues* .
- [55] INRAE. Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement. Salon de l’agriculture et sécurité alimentaire, 2020.
- [56] Bizeau ME, Hazel JR: Dietary fat type alters glucose metabolism in isolated rat hepatocytes. *J Nutr Biochem* 1999, 10:709-715.
- [57] Boumendjel M, Houhamdi M, Samar M F, Sabeg H, Boutebba A, Soltane M. (2012). Effet des traitements thermiques d’appertisation sur la qualité biochimique, nutritionnelle et technologique du simple, double et triple concentré de tomate. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 51 -59.
- [58] « Lycopène », *Wikipédia*. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Lycop%C3%A8ne&oldid=212768173>.
- [59] URL: <http://www.phytochemecals.info/phytochemecals/rutin/antioxydant.php>
- [60] S. Jeyakodi, A. Krishnakumar, et D. K. Chellappan, « Beta Carotene - Therapeutic Potential and Strategies to Enhance Its Bioavailability ».
- [61] Tsitsimpikou C, Tsarouhas K, Kioukia-Fougia N, Skondra C, Fragkiadaki P, Papalexis P, Stamatopoulos P, Kaplanis I, Hayes AW, Tsatsakis A, Rentoukas E: Dietary supplementation with tomato-juice in patients with metabolic syndrome: A suggestion to alleviate detrimental clinical factors. *Food Chem Toxicol* 2014, 74:9-13.
- [62] Shi J and Le Maguer M, 2000. Lycopene in tomatoes : Chemical and physical properties affected by food processing. *Critical Reviews in Biotechnology*. Vol. 20, n°3, pp 293-334.
- [63] Gautier H., Gouble B., 2005. Tomates : La lumière et la température jouent sur la teneur en antioxydants. www.inra.fr.

- [64] Giovanilli G., Lavelli V., Peri C., Pagliarini E. Zanoni, 1999. Variation in antioxydant components of tomato during vine and post-harvest ripening. *J. Sc. Food agricul.*, vol.79, p.1583-1585.
- [65] A.V. Rao, L.G. Rao, (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological Research* 55 (2007) 207–216.
- [66] Yefsah-idres A., 2007. Biodisponibilité et incidence physicochimique chez le rat. Thèse magister, INA. El-Harrach, Alger, p : 7-14.
- [67] Saad F., Perotte P, 2003. Mise à jour sur le cancer de la prostate: Où sommes-nous? *Le clinicien*, vol 1, p. 101-102.
- [68] Kolattukudy, P.E. (1981). Structure, biosynthesis and biodegradation of cutin and suberin. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 32, 539-567.
- [69] Bargel, H., Koch, K., Cerman, Z., and Neinhuis, C. (2006). Structure-function relationship of the plant cuticle and cuticular waxes - a smart material? (*Functional Plant Biology*), pp. 893-910.
- [70] Eric A. Fich, Nicholas A. Segerson, Jocelyn K.C. Rose - The plant polyester cutin: biosynthesis, structure, and biological roles, *Annual Reviews* 67 (2016) 207-233.
- [71] « Cutina - Mycosmetik - émulsifiant et ingrédient cosmétique », MyCosmetik. Disponible sur: <https://www.mycosmetik.fr/emulsifiant/96-cutina.html>.
- [72] Chai W, Liu X, Hu Y, Feng H, Jia Y, Guo Y, et al. Antityrosinase and antimicrobial activities of furfuryl alcohol, furfural and furoic acid. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2013; 57: 151 -155.
- [73] Janamatti Archana T, Gogoi R, Kaur C, Varghese E, Sharma RR, Srivastav M, et al. Bacterial volatile mediated suppression of postharvest anthracnose and quality enhancement in mango. *Postharvest Biology and Technology*. 2021; 177: 111-125.
- [74] Felicioli A, Cilia G, Mancini S, Turchi B, Galaverna G, Cirlini M, Cerri D, et al. *In vitro* antibacterial activity and volatile characterisation of organic *Apis mellifera ligustica* (Spinola, 1906) beeswax ethanol extracts. *Food Bioscience*. 2019; 29: 102-109.
- [75] Spencer JP, Schroeter H, Rechner AR, Rice-Evans C. Bioavailability of flavan-3-ols and procyanidins: gastrointestinal tract influences and their relevance to bioactive forms in vivo. *Antioxid Redox Signal* 2001;3: 1023–39.
- [76] Ramandeep K, Toor, Geoffrey P. Savage (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38 (2005) 487-494.
- [77] Krinsky, N.I. (1989). Antioxidant functions of carotenoids. *Free Radic. Biol. Med* 7(6):617–35.
- [78] Chu C, Liua W, Zhou t. Fumigation of sweet cherries with thymol and acetic acid to reduce postharvest brown rot and blue mold rot. *Fruits*. 2001; 56: 123–130.
- [79] K. Maiza, V. Hammiche et R. A. Barac de la parrère ; " Traditionalsaharian pharmacopoeia " ; Medicinal and Aromatic Plants, Vol. 332, N° 7, pp : 37-42, 1993.
- [80] W. Vermerris, R. Nicholson; "Phenolic compound biochemistry"; Springer Netherlands ISBN, 2006.

- [81] M. M. R. Kansole ; "Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques Lamiaceae du Burkinafaso : cas de *Leucas Martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *HOSLUNDIA OPPOSITA* Vahl ET *ORTHOSIPHON PALLIDUS* Royle ex Benth" ; Diplôme d'Etudes Approfondies, Université d'Ouagadougou.
- [82] J. Bruneton ; " Pharmacognosie, Deuxième édition" Tec-Doc. Paris, 2009.
- [83] A.Gueddah, K.Soualat. « Activité antioxydante et antibactérienne D'*Eucalyptus globulus* ». Mémoire de Master. Université de M'sila (Algérie), 2019.
- [84] « Les Alcaloïdes-M1 Organique.pdf ». Disponible sur: <https://fac.umc.edu.dz/fse/assets/img/Les%20Alcaloïdes-M1%20Organique.pdf>
- [85] « Saponine », *Wikipédia*. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Saponine&oldid=214186834>
- [86] Daels rakotoarison D. (1999). Extraits phénoliques d'aubépine, de cola et d'églantier. Thèse de doctorat, université de Lille-II, France.
- [87] Lapornik B., Prošek M. et Golc Wondra A. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*. 71: 214-222.
- [88] P-I. Penchev. « Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions ». Thèse de Doctorat. Institut de Toulouse (France), 2010.
- [89] Imène, R. (2020). Extraction et caractérisation de l'huile essentielle de l'*Eucalyptus Globulus*: Application comme insecticide. *Génie des Procédés*, Guelma.
- [90] Bendia, D. (2020). Techniques de séparation. *Technologie Alimentaire*, Constantine 1.
- [91] Milardović S, Iveković D, Grabarić B S. (2006). A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical. *Bioelectrochemistry*, 68(2), 175-180.
- [92] R. Ismaili, S. Houbairi, L. Sanâa, M. Khadija, et L. Abdeslam, « Etude De L'Activité Antioxydante Des Huiles Essentielles De Plantes Aromatiques Et Médicinales Marocaines », *Eur. Sci. J. ESJ*, vol. 13, no 12, Art. no 12, avr. 2017, doi: 10.19044/esj.2017.v13n12p323.
- [93] Jeter des tomates sur les bactéries - chemeurope.com <https://www.chemeurope.com/fr/news/1178174/jeter-des-tomates-sur-les-bacteries.html>
- [94] Etude de l'activité antioxydante de la tomate séchée - Mémoire Online <https://www.memoireonline.com/01/14/8533/Etude-de-lactivite-antioxydante-de-la-tomatesechee.html>
- [95] Zahra, D.(2016, Juin 04). Contribution à l'étude de lycopène de tomate Extraction et évaluation de son effet antioxydant sur une huile alimentaire. *Biologie*, Boumerdès.
- [96] Jafari M., Pirmohammadi RR, Bampidis V., 2006. The use of dried tomatopulp in diets of laying hens. *Int. Poult. Sci.*, 5 : 618-622.
- [97] A. Courtois, F. Taillade, et D. Placko, « Pourquoi mesurer la teneur en eau dans les ouvrages en béton ? », août 2017.

- [98] « Memoire Online - Valorisation de résidus de transformation industrielle de tomates: extraction et caractérisation de l'huile de graines de tomates - Martin AHISHAKIYE, Mohand AITAMOUR », Memoire Online. Disponible sur: https://www.memoireonline.com/08/11/4795/m_Valorisation-de-residus-de-transformation-industrielle-de-tomates-extraction-et-caracterisation-0.html
- [99] Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes, jus de fruits, 1ère éd. Paris: AFNOR, 1982. Disponible sur: <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb34739915f>
- [100] « Memoire Online - Dosage des polyphénols de la tomate et étude de leur pouvoir anti oxydant - Messaouda Hireche », Memoire Online. Disponible sur: <https://www.memoireonline.com/11/13/7937/Dosage-des-polyphenols-de-la-tomate-et-etude-de-leur-pouvoir-anti-oxydant.html>
- [101] Afnor.,1982. Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. AFNOR, 325 p.
- [102] Lekhouimes, S., Rahal Bahjet, F., Tercha, A., & Omane, H., 2022. Evaluation de la qualité nutritionnelle de la tomate séche (variété cultivée dans la wilaya de Oued souf). Biologie, El Oued.
- [103] Boubakeur N., 1998.influence de la date de plantation sur le comportement de quelques variétés de tomates industrielle cultivées en sec dans la région d'Annaba. Thèse d'ingénieur d'état INA d'Alger. p72.
- [104] Sbartai H., 2008. Etude des effets du Cadmium sur la Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.): essai in vivo et in vitro. Thèse Doctorat Ecotoxicologie Végétale .Univ Annaba. P62- 63.
- [105] Reynes M., Bouabidi H., Piombo G.1994. Caractérisation des principales variétés de dattes cultivés dans la région de Djérid, Tunisie ,jotnal of fruits , vol,49.p289-298.
- [106] Composition chimique des fruits de tomate - espace membre apprenant <http://www.djamiatic.net/tomate/Cours/cours4.htm>
- [107] Essai de formulation d'un jus de tomate <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/837/1/M%20570.883%20BIOLOGIE.pdf>
- [108] Impact de la correction du potentiel hydrogene d'une eau salinesur la ... <https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/10285/1/09%20M.BV.pdf>
- [109] B. Lendvai, T. Zelles, B. Rozsa, et E. S. Vizi, « A vinca alkaloid enhances morphological dynamics of dendritic spines of neocortical layer 2/3 pyramidal cells », *Brain Res. Bull.*, vol. 59, n° 4, p. 257-260, janv. 2003, doi: 10.1016/s0361-9230(02)00873-0.
- [110] « Criblage phytochimique », SlideShare. Disponible sur: <https://fr.slideshare.net/slideshow/criblage-phytochimique/251266122>
- [111] P. Tiwari, B. Kumar, M. Kaur, G. Kaur, et H. Kaur, « Phytochemical screening and Extraction: A Review », *Int. Pharm. Sci.*, vol. 1, p. 98- 106, janv. 2011.
- [112] Y.-A. Bekro, J. A. Mamyrbekova, B. B. Boua, F. T. Bi, et E. E. Ehile, « Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend. et Zarucchi (Caesalpinaceae) », *Sci. Nat.*, vol. 4, n° 2, Art. n° 2, 2007, doi: 10.4314/scinat.v4i2.42146.

- [113] K. N'Guessan, B. Kadja, G. Zirihi, D. Traoré, et L. Aké-Assi, « Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire) », *Sci. Nat.*, vol. 6, n° 1, Art. n° 1, 2009, doi: 10.4314/scinat.v6i1.48575.
- [114] J. R. Shaikh et M. K. Patil, « Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview », *Int. J. Chem. Stud.*, vol. 8, n° 2, p. 603-608, 2020, doi: 10.22271/chemi.2020.v8.i2i.8834.
- [115] D. Singh, P. Singh, A. Gupta, S. Solanki, E. Sharma, et R. Nema, « Qualitative Estimation of Bioactive Compound Present in Centella Asiatica: An Important Medicinal Plant », *Int. J. Life Sci. Med. Res.*, vol. 2, p. 5- 7, mars 2012, doi: 10.5963/LSMR0201002.
- [116] W. Benammar, « Contribution à l'étude de la qualité de l'huile d'Argania spinosa de Tindouf (Algérie) par des méthodes physicochimiques », Thesis, 2017. Disponible sur: <http://dSPACE1.univ-tlemcen.dz/handle/112/12100>
- [117] M. Ngassoum, « Etude comparative de la valeur en friture de quelques huiles végétales ». Disponible sur: https://www.academia.edu/35392691/Etude_comparative_de_la_valeur_en_friture_de_quelques_huiles_vegetales
- [118] T. Malleck, « Mécanismes d'adaptation de *Moorella thermoacetica/thermoautotrophica* sur les lignes de production de produits alimentaires appertisés », 2017.
- [119] « Chimactiv - Ressources pédagogiques numériques interactives dans l'analyse chimique de milieux complexes ». Disponible sur: <https://chimactiv.agroparistech.fr/fr/aliments/analyse-matieres-grasses/methodes-analyse/2>
- [120] « Valorisation des sous produits de tomates en vue de leur incorporation dans l'aliment de volaille : cas des poules pondeuses », Disponible sur: <https://core.ac.uk/reader/55514650>
- [121] S. Sana et Z. Nesrine, « Contribution à l'étude de la qualité d'huile d'olive produite dans la région de Guelma », juill. 2021. Disponible sur: <http://dSPACE.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/12235>
- [122] K. Novidzro *et al.*, « Etude de quelques paramètres physicochimiques et analyse des éléments minéraux, des pigments chlorophylliens et caroténoïdes de l'huile de graines de *Griffonia simplicifolia* », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 13, p. 2360, nov. 2019, doi: 10.4314/ijbcs.v13i4.38.
- [123] « Dosage indice acide (M) ». Disponible sur: <https://droguet-sebastien.e-monsite.com/pages/activites-technologiques-terminale-2014-2015/indice-acide-huile-m-.html>
- [124] « Indice d'ester », *Wikipédia*. 2 décembre 2016. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Indice_d%27ester&oldid=132339199
- [125] H. Janasi, « CARACTERISATION D'UN ECHANTILLON D'HUILE D'OLIVE, UTILISEE COMME EXCIPIENT ALIMENTAIRE », Thesis, 2013. Disponible sur: <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/8210>
- [126] Méthodes de contrôle de la qualité des produits de la tomate <http://www.djamiatic.net/tomate/Cours/cours15.htm>

- [127] Davies JN et Hobson GE., 1981. The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 15, 205-280.
- [128] Application à un procédé de - HAL Thèses <https://theses.hal.science/tel-03239555/document>
- [129] Bellili, S., et Khenouche, L., (2013). Effet de la cuisson sur la physico-chimie et l'activité antioxydante de la tomate. Mémoire d'ingénieur, université Abderrahmane Mira de Bejaia. 76p.
- [130] Louati I., 2009. Contribution à l'Etude et à la Valorisation des Résidus de Tomate par le Séchage. Diplôme de Master de Recherche de l'INAT. Institut National Agronomique de Tunisie. P82, 73, 74, 13,11.
- [131] Bezert J., 1994. Sistema de pago por calidad de tomate. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Curso Internacional de Tomate Industrial. Viña del Mar. 1 -3 diciembre. pp. 7-10.
- [132] M.-T. I. I. all rights reserved, « Mesure de l'acidité des aliments ». Disponible sur: <https://www.mt.com/be/fr/home/applications/laboratory/food-and-beverages/acidity-measurement.html>
- [133] « PS50_-_Maturite_et_Qualite_gustative_VF.pdf ». Disponible sur: https://plateformedocumentaire.ctifl.fr/GED_CTI/140888096806/PS50_Maturite_et_Qualite_gustative_VF.pdf
- [134] SEDDIKI, D., & TIET, H. a. (2021). Valorisation des sous-produits de tomates. *Sciences Biologiques, Bordj Bouarrerdj*.
- [135] BELLILI, S., & KHENOUCHE, L. (2013). Effet de la cuisson sur la physico-chimie et l'activité. *Sciences Alimentaires, Bejaia*.
- [136] Larid R., 2012. Valorisation des sous produits de tomate en vue de leur incorporation dans l'aliment de volaille (cas des poules pondeuses). Diplôme de Magister Technologie Alimentaire. Univ Tlemcen. P73, 15, 13, 23,7.
- [137] Essai de formulation d'un jus de tomate <https://dspace.univguelma.dz/jspui/bitstream/123456789/837/1/M%20570.883%20BIOLOGIE.pdf>
- [138] Composition chimique des fruits de tomate - espace membre apprenant <http://www.djamiatic.net/tomate/Cours/cours4.htm>
- [139] Gestion de la saveur des tomates - Yara France <https://www.yara.fr/fertilisation/solutions-pour-cultures/tomate/gestion-saveur-tomates/>
- [140] Singleton, V.L., Orthofer, R. & Lamuela, R. Raventós, R.M.(1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology. Orlando Academic Press*, 152-178.
- [141] Daels rakotoarison D. (1999). Extraits phénoliques d'aubépine, de cola et d'églantier. Thèse de doctorat, université de Lille-II, France.
- [142] Larid R., 2012. Valorisation des sous produits de tomate en vue de leur incorporation dans l'aliment de volaille (cas des poules pondeuses). Diplôme de Magister Technologie Alimentaire. Univ Tlemcen. P73, 15, 13, 23,7.

- [143] S. Baliyan *et al.*, « Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa* », *Molecules*, vol. 27, n° 4, p. 1326, févr. 2022, doi: 10.3390/molecules27041326.
- [144] M. Abdelmonaim, « Evaluation de l'activité antioxydante, antifongique et antibactérienne de l'huile de graines de tomates », juill. 2021. Disponible sur: <http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/12272>
- [145] J. of N. Sciences, « Phenolic composition and antioxidant activity of *Solanum sodomaeum* fruit extract during two ripening stages », *J. New Sci.*, vol. 46, oct. 2017, Disponible sur: <https://www.jnsciences.org/component/content/article.html?id=373:phenolic-composition-and-antioxidant-activity-of-solanum-sodomeaum-fruit-extract-during-two-ripening-stages>
- [146] R. Sathishkumar, « Antioxidant potentials of skin, pulp, and seed fractions of commercially important tomato cultivars », *Food Sci. Biotechnol.*, janv. 2011. Disponible sur: https://www.academia.edu/5115204/Antioxidant_potentials_of_skin_pulp_and_seed_fractions_of_commercially_important_tomato_cultivars
- [147] Ponce A.G., Fritz R., De lvalle C., Roura S.I., 2003. Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Lebensm.-Wissu.-Technol.*, 36:679-684.
- [148] TABLES DE FREQUENCE DES VIBRATIONS DE VALENCE
<http://r.chouchi.free.fr/modeles%20moleculaires/frequences.html>

