



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de la matière

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences de la matière  
Filière : Chimie  
Spécialité : Chimie pharmaceutique

Réf. :

---

Présenté et soutenu par :

**Haiag Dounia Chaima**

Le : 11/06/2024

**Etude qualitative et quantitative de quelques variétés de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme***

**- Etude comparative -**

---

## Jury :

M <sup>elle</sup> Laraoui Habiba	MCA	Université de Biskara	Présidente
M <sup>me</sup> Boubekri Charifa	Prof	Université de Biskara	Rapporteur
M <sup>me</sup> Fattah Asma	MCA	Université de Biskara	Examinatrice

Année universitaire : 2023/2024

# *Remerciements*

*Je tiens tout d'abord à remercier mon encadreur professeur **BOUBEKRI Cherifa** pour avoir accepté de m'encadrer et de me diriger, pour son soutien, ses encouragements ainsi que pour la confiance qu'elle ma accordé pour la réalisation de ce modeste travail de recherche. Je la remercie profondément pour ses judicieux conseils, sa compréhension, sa patience et sa politesse incomparable, grâce à elle j'ai acquis une bonne formation.*

*On tient particulièrement à remercier les membres du jury d'avoir accepté de juger ce modeste travail et en être les examinateurs de ce mémoire de Master :*

*Docteur **LARAOUI Habiba**, d'avoir accepté de juger ce travail et de me faire l'honneur de présider ce jury de mémoire de master. Veuillez trouver ici le témoignage de nos profonds respects.*

*Docteur **FETTAH Asma** d'avoir accepté de juger ce travail et de me faire l'honneur d'examiner ce travail de master. Soyez assurée de notre profonde gratitude.*

*Sans oublier de remercier tous les ingénieurs du laboratoire pédagogique de l'Université de Biskra, pour leurs aides techniques et leur disponibilité.*

*Enfin, nous remercions toute personne qui a participé de près ou de loin, de façon directe ou indirecte, à la réussite de ce travail pour lequel nous avons tant consacré en y mettant tout notre cœur.*

# *Dédicace*

*Je suis fière de moi car J'étais toujours avec un cœur d'un enfant mais aussi avec un esprit d'un adulte.*

*Mon rêve n'était pas proche carrément et ce n'était pas facile à moi pour l'obtenu mais avec mes efforts je l'ai fait et je l'ai eu.*

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail à : mon ange , ma force après le Dieu mon premier soutien " maman " et à mon père qui nous a quittés si vite et ne m'a pas regardé être diplômé et n'a pas pu voir mon travail , j'aurais aimé que tu es avec moi en ce moment .*

*à mes chères frères et sœurs et mes amis*

*" Ferial , Halima , Imane , wissal " qui m'ont apporté leur support moral tout au long de ma démarche.*

*À ceux qui ont partagé avec moi les moments de fatigue " Rayen , kalthoum, Safaa, meriem "*  
*À la personne que la mémoire n'a jamais oubliée tu es dans mon cœur, je te dois beaucoup et merci d'être toujours là pour moi "*

## ***Résumé***

Cette étude de recherche représente une comparaison entre quatre variétés de la tomate cerise *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* cultivée dans la région de Biskra qui sont la variété rouge, la variété jaune, la variété orange et la variété noire. L'étude consiste en une comparaison qualitative en effectuant un criblage phytochimique, et une étude quantitative en effectuant le dosage des polyphénols totaux. L'effet des polarités des solvants d'extraction été aussi étudié. Les meilleurs rendements d'extraction ont été obtenus en utilisant l'éthanol comme solvant d'extraction et le meilleur résultat a été enregistré pour la variété de la tomate cerise rouge (6.50%)

Les résultats du criblage phytochimique été très significatifs et ont montrés la richesse de tous les échantillons en confirmant la valeur nutritionnelle et la richesse de la tomate en son contenu. La méthode utilisée pour le dosage des polyphénols totaux été la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu. Les résultats obtenus ont été très significatifs et ont montrés la richesse de tous les extraits en polyphénols totaux. La teneur en polyphénols totaux la plus élevée revient à l'extrait de l'éther de pétrole pour la tomate cerise noire avec la valeur (315.61 mgEAG/g).

**Mots clés :** *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, criblage phytochimique, extraction, polarité des solvants, polyphénols totaux.

## *Abstract*

This research study represents a comparison between four varieties of the cherry tomato *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* cultivated in the Biskra region which are the red variety, the yellow variety, the orange variety and the black variety. The study consists of a qualitative comparison by carrying out a phytochemical screening and a quantitative study by carrying out the determination of total polyphenols. The effect of the polarities of the extraction solvents was also studied. The best extraction yields were obtained using ethanol as extraction solvent and the best result was recorded for the red cherry tomato variety (6.50%).

The results of the phytochemical screening were very significant and showed the richness of all the samples by confirming the nutritional value and the richness of the tomato in its content. The method used for the determination of total polyphenols was the Folin-Ciocalteu colorimetric method. The results obtained were very significant and showed the richness of all the extracts in total polyphenols. The highest total polyphenol content was obtained in the petroleum ether extract for black cherry tomato with the value (315.61 mgEAG/g).

Keywords: *Solanum lycopersicum* var. *cerasiform*, phytochemical screening, extraction, solvent polarity, total polyphenols.

## Liste des abréviations

<b>°C</b>	degré Celsius
<b>A</b>	Absorbance
<b>D</b>	Dalton (unite de masse moleculaire)
<b>HCA</b>	acides hydroxycinnamique
<b>N</b>	Noire
<b>R</b>	Rouge
<b>UV-vis</b>	Spectroscopie Ultraviolet-visible
<b>J</b>	Jaune
<b>O</b>	Orange
<b>F.A.O</b>	Food and Agriculture Organization.
<b>IUPAC</b>	Union internationale de chimie pure et appliquée.
<b>Phe</b>	phénylalanine

## Liste des symboles

**Al** : aluminium

**AlCl<sub>3</sub>** : chlorure d'aluminium

**C** : carbone

**CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH** : éthanol

**CHCl<sub>3</sub>** : chloroforme

**C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub>** : acétate de sodium

**C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>** : acide acétique

**C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>** : Isoprène

**cm** : centimètre

**CO<sub>2</sub>** : dioxyde de carbone

**FeCl<sub>3</sub>** : chlorure ferrique

**g** : gramme

**H** : hydrogène

**HCl** : Acide chlorhydrique

**H<sub>2</sub>O** : eau

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : acide sulfurique

**Kg** : kilogramme

**LDL** : Lipoprotéine de basse densité

**m** : mètre

**mg** : milligramme

**mg EAG/g** : milligramme équivalent de l'acide gallique par gramme

**ml** : millilitre

**mm** : millimètre

**NaOH** : hydroxyde de sodium

**nm** : nanomètre

**µl** : microlitre

**R %** : rendement en pourcentage

# Liste des tableaux

## CHAPITRE I: Recherche bibliographique sur La tomate

<b>Tableau I.1 :</b> Différentes variétés de la tomate.....	13
---	----

### Chapitre III : Matériels et méthodes

<b>Tableau III. 1 :</b> Produits chimiques.....	42
---	----

<b>Tableau III. 2 :</b> Matériel du laboratoire.....	42
--	----

### Chapitre IV : Résultats et discussion

<b>Tableau IV. 1 :</b> Criblage des extraits de la tomate cerise rouge.....	53
---	----

<b>Tableau IV. 2 :</b> Criblage des extraits de la Tomate cerise Jaune.....	55
---	----

<b>Tableau IV. 3 :</b> Criblage des extraits de la tomate cerise orange.....	56
--	----

<b>Tableau IV. 4 :</b> Criblage des extraits de la tomate cerise noire.....	58
---	----

<b>Tableau IV. 5 :</b> Rendement des extraits de La tomate cerise Rouge.....	60
--	----

<b>Tableau IV. 6 :</b> Rendement des extraits de La tomate cerise jaune.....	61
--	----

<b>Tableau IV. 7 :</b> Rendement des extraits de La tomate cerise orange.....	61
---	----

<b>Tableau IV. 8 :</b> Rendement des extraits de La Tomate cerise noire.....	62
--	----

<b>Tableau IV. 9 :</b> Valeurs de calibrage par acide gallique.....	63
---	----

<b>Tableau IV. 10:</b> Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise rouge.....	65
--	----

<b>Tableau IV. 11:</b> Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise jaune.....	66
--	----

<b>Tableau IV. 12:</b> Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise orange.....	67
---	----

<b>Tableau IV. 13:</b> Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise noire.....	68
--	----

# Liste des figures

## Chapitre I : Recherche bibliographique sur la tomate

<b>Figure I.1:</b> Distribution mondiale de la tomate.....	6
<b>Figure I.2:</b> Tomate.....	7
<b>Figure I.3:</b> Racine de la tomate.....	8
<b>Figure I.4:</b> Tige de la tomate.....	8
<b>Figure I.5:</b> Feuilles de la tomate.....	9
<b>Figure I.6:</b> Fleur de la tomate .....	10
<b>Figure I.7:</b> Fruit de la tomate.....	10
<b>Figure I.8:</b> Coupes transversale et longitudinale d'un fruit de tomate à maturité.....	11
<b>Figure I.9:</b> Structure du fruit de la tomate.....	11

## Chapitre II : Principales classes des métabolites primaires et secondaires

<b>Figure II.1 :</b> Classification des métabolites primaires.....	20
<b>Figure II.2 :</b> Classification des glucides.....	20
<b>Figure II.3 :</b> Classification des métabolites secondaires.....	23
<b>Figure II.4 :</b> Structure du noyau phénol.....	24
<b>Figure II.5 :</b> Différentes classes des polyphénols.....	24
<b>Figure II.6 :</b> Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques.....	25
<b>Figure II.7 :</b> Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques.....	25
<b>Figure II.8 :</b> Squelette de base des flavonoïdes.....	26
<b>Figure II.9 :</b> Structure des tanins hydrolysables.....	26
<b>Figure II.10 :</b> Structure des tanins condensés.....	27
<b>Figure II.11 :</b> Structure de la coumarine.....	27
<b>Figure II.12:</b> Structure des saponines.....	28
<b>Figure II.13 :</b> Quelques exemples des proto-alcaloïdes.....	29
<b>Figure II.14 :</b> Quelques exemples des pseudo-alcaloïdes.....	30

<b>Figure II.15</b> : Exemples d'alcaloïdes vrais.....	30
<b>Figure II.16</b> : Structure de base des terpènes (isoprène).....	31
<b>Figure II.17</b> : Classification des composés terpéniques.....	32

### **Chapitre III : Matériel et méthodes**

<b>Figure III-1</b> : laboratoire pédagogique.....	40
<b>Figure III.2</b> : Les quatre variétés de tomate cerise étudiées.....	41
<b>Figure III.3</b> : Plan d'échantillonnage pour le criblage phytochimique.....	43
<b>Figure III.4</b> : Exemple d'échantillonnage de la tomate cerise orange.....	44
<b>Figure III.5</b> : Protocole d'extraction par macération.....	47
<b>Figure III.6</b> : Gamme d'étalonnage des polyphénols totaux.....	48
<b>Figure III.7</b> : Spectrophotomètre UV-Visible.....	49

### **Chapitre IV : Résultats et discussion**

<b>Figure IV.1</b> : Rendement des extraits de la tomate cerise rouge.....	60
<b>Figure IV.2</b> : Rendement des extraits de la tomate jaune.....	61
<b>Figure IV.3</b> : Rendement des extraits de la tomate cerise orange.....	61
<b>Figure IV.4</b> : Rendement des extraits de la tomate cerise noire.....	62
<b>Figure IV.5</b> : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	64
<b>Figure IV.6</b> : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise rouge .....	65
<b>Figure IV.7</b> : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise jaune.....	65
<b>Figure IV.8</b> : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise orange.....	66
<b>Figure IV.9</b> : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise noire.....	67

# Sommaire

Liste des abréviations

Liste des Symboles

Liste des Tableaux

Liste des Figures

**INTRODUCTION GÉNÉRALE.....1**

**Références bibliographiques.....3**

## **PARTIE BIBLIOGRAPHIE**

### **CHAPITRE I : Recherche bibliographique sur la tomate**

I.1.Historique.....6

I.2.Définition.....6

I.3.Classification botanique .....7

I.4 Description de la plante .....8

I.4.1Système racinaire.....8

I.4.2 Système culinaire.....8

I.4.2.1Tige.....8

I.4.2.2 Feuille.....9

I.4.2.3 Fleur.....9

I.4.2.4 Fruit.....10

I.4.2.5 Graine.....11

I.5.Structure et composition de la tomate.....11

I.5.1. Composition majeurs.....12

I.5.2. Composition mineurs.....12

I.6. La production de la tomate en Algérie.....12

I.7.Les variétés de la tomate.....13

I.8. Tomate cerise (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*).....14

I.9 Importance de la tomate cerise en Algérie.....14

**Références bibliographiques.....16**

### **CHAPITRE II : Principales classes des métabolites primaires et secondaires**

II. Généralités sur les métabolites.....19

II.1 Métabolites primaires..... 19

II.1.1.Définition.....19

II.1.2. Rôle Structurale.....	19
II.1.3.Glucides.....	20
II.1.3.1.Définition.....	20
II.1.3.2.Classification des glucides.....	20
A/ Les oses.....	20
B/ Les osides.....	21
II.1.3.3 Rôle structural.....	21
II.2. Métabolites secondaires.....	21
II.2.1.Définition des métabolites secondaires.....	21
II.2.2.Intérêt des métabolites secondaires.....	22
II.2.3.Classification des métabolites secondaires.....	22
II.2.3.1 Composés phénoliques.....	23
•Définition.....	23
•Classification.....	24
A/Acides phénoliques.....	24
• Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque (C6-C1).....	25
• Dérivés de l'acide hydroxycinnamique (C6-C3).....	25
B/Flavonoïdes.....	25
C/ Tannins.....	26
• Tanins hydrolysables.....	26
• Tannins condensés.....	26
D /Coumarines.....	27
E/ Saponines.....	28
• Rôle et intérêt des composés phénoliques.....	28
❖ Chez les plantes.....	28
❖ Chez les hommes.....	29
II.2.3.2 Composés azoté ou alcaloïdes.....	29
• Définition.....	29
• Classification.....	29
❖ Les proto-alcaloïdes.....	29
❖ Les pseudo-alcaloïdes.....	29
❖ Les alcaloïdes vrais.....	30
• Rôle et intérêt des alcaloïdes.....	30

❖ Au niveau de la plante.....	30
❖ pharmacologiquement.....	30
II.2.3.2 Terpénoïdes et stérols.....	31
A/Terpénoïdes.....	31
• Classification des terpènes.....	31
• B/Stérols.....	32
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>33</b>

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **CHAPITRE III : Matériel et méthodes**

• Objectif général .....	40
• Objectifs spécifiques.....	40
III.1. Matériels .....	41
III.1.1. Matière végétale.....	41
III.1.2. Réactifs chimiques.....	41
III.1.3. Matériels du laboratoire .....	42
III.1.4. Appareillage .....	42
III.2. Méthodes.....	42
III.2.1. Criblage phytochimique.....	42
• Préparation des extraits.....	43
• Tests phytochimiques.....	44
A/Recherche des flavonoïdes.....	44
B/Recherche des tannins.....	44
C/Recherche des coumarines.....	44
D/Recherche des saponines.....	45
E/Recherche des sucres réducteurs.....	45
F/Recherche des glycosides.....	45
G/Recherche des stérols et terpènes .....	45
H/Recherche des alcaloïdes .....	45
III.2.2. Extraction et dosage des composés phénoliques.....	46
• Extraction par macération .....	46
❖ Principe.....	46
❖ Mode opératoire.....	46
• Détermination du rendement d'extraction.....	47
III.2.3. Dosage des polyphénols totaux.....	48

❖ Principe.....	48
❖ Mode opératoire.....	48
❖ Expression des résultats.....	49
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>50</b>
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion</b>	
IV.1. Criblage phytochimique.....	53
IV.1.1. Criblage phytochimique des extraits de la tomate cerise rouge.....	53
❖ Interprétation des résultats.....	54
IV.1.2. Criblage phytochimique des extraits de la tomate cerise jaune.....	55
❖ Interprétation des résultats.....	56
IV.1.3. Criblage phytochimique des extraits de la tomate cerise orange.....	56
❖ Interprétation des résultats.....	57
IV.1.4. Criblage phytochimique des extraits de la tomate cerise noire.....	58
❖ Interprétation des résultats.....	59
IV.2. Rendement des extraits par macération (effet du solvant).....	60
❖ Interprétation des résultats.....	62
IV.3. dosage des polyphénols totaux.....	63
❖ Interprétation des résultats.....	69
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>71</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>73</b>

***INTRODUCTION***  
***GENERALE***

## Introduction générale

La tomate (*Solanum lycopersicum*) est une des cultures maraichères les plus consommées au monde [1]. Elle est considérée comme une très bonne source de métabolites secondaires, certains de ses composants, comme le lycopène, a été reconnu comme anti-oxydants et anti-cancéreux [2]. C'est un fruit très consommé par l'espèce humaine et sa culture recouvre des milliers d'hectares de sols dans les pays producteurs [3]. Il existe plusieurs variétés de la tomate qui diffèrent par le goût et l'aspect et la couleur. La tomate-cerise (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) est l'une d'elles ; elle se caractérise par de petits fruits de forme arrondie et disposés en grappes plus ou moins longues [4].

La tomate cerise (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) est une variété botanique de la plante cultivée tomate. On pense qu'elle est l'ancêtre de toutes les cultures tomates. Elle est devenu plus populaire partout dans le monde en raison de sa bonne source de vitamines A et C et de la richesse de son contenu en métabolites [5]. Elle est commercialisée à prix élevé auprès de la tomate ordinaire. La tomate cerise est parfaite pour réaliser des sauces, des soupes, ketchup, purée, currys, pâtes, poudres et sandwiches [6].

Les végétaux produisent des métabolites primaires qui entrent dans le fonctionnement vital de la cellule. Elles synthétisent également de nombreux composés qualifiés de «métabolites secondaires ». Plusieurs familles de composés font partie de métabolisme secondaire dont les composés phénoliques ou polyphénols. Chez les végétaux, ces polyphénols sont, entre autres, impliqués dans les mécanismes de résistances aux stress biotiques et abiotiques. Par ailleurs, des études récentes sur l'effet bénéfique de la consommation de fruits et légumes chez l'homme, ont suggéré l'implication de ces composés dans la prévention et la lutte contre certaines maladies [7].

Ce travail de recherche est partagé en deux parties : partie bibliographie et partie expérimentale. La partie bibliographie contient le premier chapitre qui est en réalité une étude théorique sur la tomate et le deuxième chapitre qui rassemble quelques connaissances scientifiques sur les principales classes des métabolites primaires et les métabolites secondaires.

La partie expérimentale comprend aussi deux chapitres différents : Le premier chapitre expérimental a été consacré aux matériel et méthodes utilisées, y compris le criblage phytochimique, les solvants d'extraction et le dosage des composés phénoliques (polyphénols totaux) présents dans les variétés de la tomate cerise étudiées. Le deuxième chapitre expérimental a rassemblé tous les résultats obtenus dans cette étude et leurs interprétations.

## Références bibliographiques

- [1] **Moreels, P., and Quinet, M. 2022.** Etude des barrières de reproduction entre *Solanum chilense* et *Solanum lycopersicum*.
- [2] **Gerszberg, A., Hnatuszko-Konka, K., Kowalczyk, T.,and Kononowicz,A. K.2015 .**Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the service of biotechnology. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 120, 881-902.
- [3] **Pragya Adhikari, P.A., Oh Yeon Yee, O.Y. et Panthee, D.R. 2017.** État actuel de la résistance au mildiou de la tomate : une mise à jour.
- [4] **Blanca, J., Cañizares, J., Cordero, L., Pascual, L.,Diez, M. J. and Nuez, F. 2012.** Variation revealed by SNP genotyping and morphology provides insight into the origin of the tomato. *PloS one*, 7(10), e48198.
- [5] **Prema, G. K. K. Indiresh and Santosha, H. M. 2011b.** Evaluation of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) genotypes for growth, yield and quality traits. *Asian J. Hort.*, 6(1), 181-184.
- [6] **Anwarzai, N., Kattagoudar, J., Anjanappa, M., Sood, M., Reddy, B. et Kumar, M. 2020.** Évaluation des génotypes de tomates cerises (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*) pour les paramètres de croissance et de rendement. *Revue internationale de microbiologie actuelle et des sciences appliquées* , 9, 39-50.
- [7] **Niggeweg, R., Michael, A. J. and Martin, C.2004.** Engineering plants with increased levels of the antioxidant chlorogenic acid, *Nature biotechnology*, 22(6), 746-754.

***PARTIE***  
***BIBLIOGRAPHIE***

# ***CHAPITRE I.***

## ***« RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA TOMATE »***

# CHAPITRE I

## « RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA TOMATE »

### I.1. Historique

Originaires d'Amérique du Sud, la tomate (*Solanum lycopersicum*) provient de la région andine du Chili, de la Colombie, de l'Équateur, de la Bolivie et du Pérou. Malgré l'observation des formes ancestrales de la tomate au Pérou et en Équateur, elle a été cultivée au Mexique. Elle a été introduite en Europe par les Espagnols au début du XVI<sup>e</sup> siècle. Jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, seule l'Europe du sud qui la cultivait et qui la consommait. Par la suite, elle a commencé à se propager dans le Nord de l'Europe. Actuellement, la tomate est l'une des légumes les plus couramment cultivés et consommés à travers le monde (figure I.1), que ce soit en tant que produit frais ou en tant que produit transformé [1].

En Algérie, les agriculteurs du Sud ont introduit une technique car les conditions étaient propices. Après avoir débuté dans la région d'Oran en 1905, sa consommation s'est étendue vers le centre, en particulier dans le Littoral algérois [2].

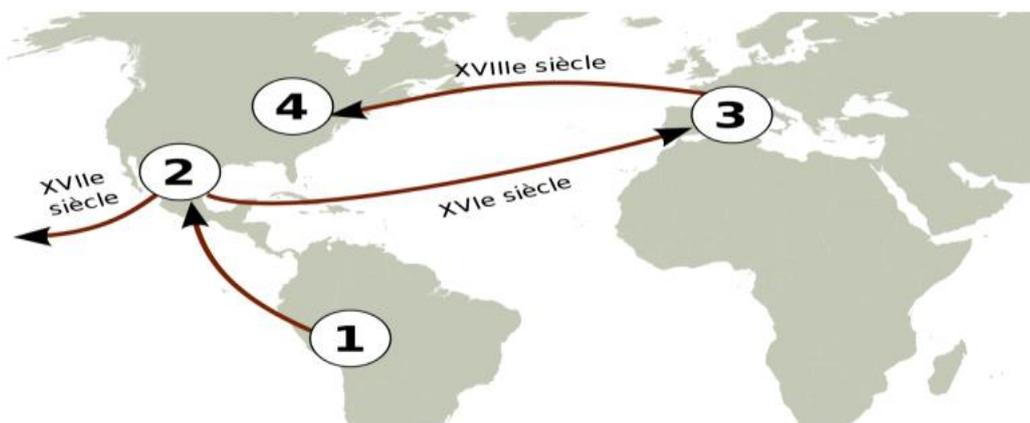


Figure I.1: Distribution mondiale de la tomate [3].

### I.2. Définition

La tomate (figure I.2) est une plante annuelle herbacée qui a une grande résistance à la culture et dont le fruit est charnu et consommé sous différentes formes, que ce soit frais ou transformé. La variété de fruits de cette plante appartient à la famille des solanacées. Elle peut varier de rouge à jaune.

La production mondiale de tomate *Solanum lycopersicum* est de 126 millions de tonnes en 2005, ce qui en fait l'un des légumes les plus importants à l'échelle mondiale [4]. Il s'agit d'une excellente ressource en nutriments et en métabolites secondaires qui jouent un rôle essentiel dans la santé humaine. Elle contient de nombreuses substances minérales, telles que la vitamine C, vitamine E,  $\beta$ -carotène, lycopes, flavonoïdes, acides organiques, composés phénoliques et la chlorophylle [5].



**Figure I.2:** *Tomate.*

### **I.3. Classification botanique**

La tomate (*Solanum lycopersium*) est une espèce de la famille des Solanacées, de l'ordre des *Solanales*. C'est une plante herbacée, vivace en pleine nature et elle est cultivée annuellement [6]. Sa classification botanique est comme suit :

<b>Règne</b>	: <i>Plantae</i>
<b>Sous règne</b>	: <i>Trachenobionta.</i>
<b>Division</b>	: <i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe</b>	: <i>Magnoliopsida.</i>
<b>Sous classe</b>	: <i>Asteridae</i>
<b>Ordre</b>	: <i>Solanales</i>
<b>Famille</b>	: <i>Solanaceae.</i>
<b>Genre</b>	: <i>Solanum</i> ou <i>Lycopersicon</i>
<b>Espèce</b>	: <i>Lycopersicum esculentum</i>

## **I.4 Description de la plante**

### **I.4.1 Système racinaire**

Le système racinaire est robuste, avec de nombreuses branches à tendance fasciculée. Il montre une grande activité dans les 30 à 40 premiers centimètres. Dans le sol profond, il est possible de localiser les racines (figure I.3) jusqu'à une profondeur d'un mètre [7].



**Figure I.3 :** *Racine de la tomate.*

### **I.4.2 Système culinaire**

#### **I.4.2.1 Tige**

La tige de la tomate (figure I.4) présente une peau pubescente et épaisse à l'intérieur. Lorsqu'elle commence à croître, sa structure est herbacée, mais au fil du temps, elle devient fine. Chaque nœud des bourgeons axillaires produit des feuilles est présent sur les rameaux qui se concluent par une inflorescence [7].



**Figure I.4:** *Tige de la tomate [8].*

### **I.4.2.2 Feuille**

Les feuilles de la tomate (figure I.5) ont des dimensions allant de 10 à 25 cm et contiennent de 5 à 7 folioles avec des lobes très découpés, alternés et imparipennés [9]. Le bord du limbe est orné de dents. Fréquemment, ils sont reliés en forme de cuillères ou même avec des bords roulés en dessus sur la tige. Ces feuilles s'éteignent [10].



**Figure I.5:** Feuilles de la tomate [8].

### **I.4.2.3 Fleur**

Les fleurs de la tomate (figure I.6) sont disposées en un bouquet lâche avec des grappes plus ou moins bifurquées, avec une taille de 3 à 8 fleurs chez les variétés fixées et plus chez les hybrides [11]. Dans l'hémisphère nord, les fleurs se développent de l'hiver à l'été (de mi-mai à mi-septembre). La forme physique de la fleur ressemble à celle d'un système pentamère [12], le calice contient cinq sépales verts qui restent toujours vivantes après la fécondation du fruit. La corolle est composée d'un vif jaune à base émussée, qui présente la forme d'une étoile à cinq branches lorsqu'elle est vue de dos, le bord est arrondi et le pistil est constitué de deux carpelles aigres qui se sont fusionnées pour former un ovaire super biloculaire avec deux lobes et un placenta central. L'ovaire se compose de plusieurs lobes [13].

Il Remarquable que la composition est la suivante : 5 sépales + 5 pétales + 5 étamines + 2 carpelles [14].



**Figure I.6:** *Fleur de la tomate [8].*

#### **I.4.2.4 Fruit**

La tomate (figure I.7) est un fruit à chaise charnue, l'épiderme est lisse et brillant, mais en fonction des variétés, il peut présenter des teintes de bleu assez variées sur certains fruits. En général, le fruit possède deux loges [15]. Le fruit peut présenter des formes très diverses, telles que des ellipses, en période méridienne. Il peut s'agir de formes cylindriques ou piriformes, qui peuvent être plus ou moins aplaties, globuleuses, ovales ou plus allongées. La dimension varie considérablement, allant de moins de 1,5 cm pour une cerise. L'exemple de la tomate cerise est parfait. La seule forme sauvage du genre *Solanum lycopersicum cerasiforme* est également référencée en dehors de l'Amérique du Sud [16]. La teinte du fruit peut varier entre un rouge foncé, un rose, un bleuâtre, un orange, un jaune et même un blanc [17].

D'après la même référence, la diversité de couleur est due à la présence de deux pigments principaux :

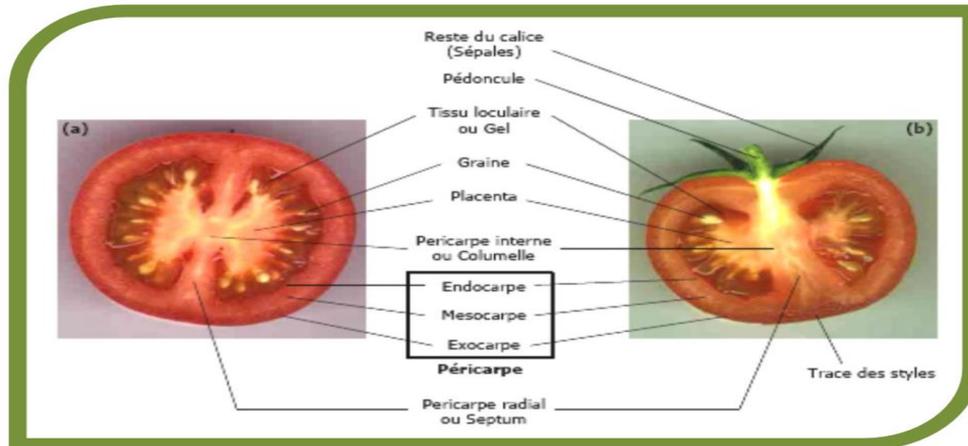
- \* Pigment carotène: **jaune.**
- \* Pigment lycopène: **rouge.**



**Figure I.7 :** *fruit de la tomate [8].*

#### I.4.2.5 Graine

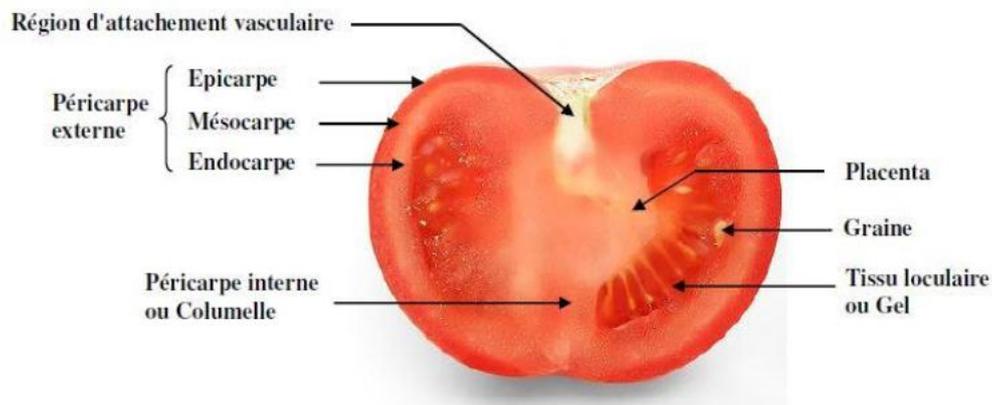
Chaque fruit contient un grand nombre de graines, variante de 80 à 500 graines par fruit. Résultat d'un mucilage qui produit un albumen et d'un embryon qui se recourbe à un stade précoce de la germination [7], La figure (I.8) représente une coupe transversale et une coupe longitudinale d'un fruit de tomate à maturité [18].



**Figure I.8 :** Coupes transversale (a) et longitudinale (b) d'un fruit de la tomate à maturité [18].

#### I.5. Structure et composition de la tomate

La texture découle des caractéristiques de la chaise (péricarpe) et de la présence de gel dans les loges du fruit et de l'épaisseur ou de l'élasticité de la peau (figure I.9). La tomate est un fruit qui présente une composition interne inégale. D'autres Les concepts de solidité et de jutosité sont liés à la chaise. La sensation globale des tomates juteuses est grandement influencée par le gel [19].



**Figure I.9 :** Structure du fruit de la tomate [20].

La composition de la tomate peut varier en fonction du cultivar, du lieu de culture, de la méthode de culture (technologie agricole et facteurs environnementaux) et de la manière dont elle est conservée après la récolte. Par exemple, une luminosité accrue peut augmenter la quantité de caroténoïdes et de la vitamine C [21].

### **I.5.1. Composition majeurs**

Contrairement à la majorité des fruits, la tomate est un aliment très faible en énergie, car consommée crue, elle ne fournit qu'environ 22 Kcalories/100g et 26 Kcalories/100g à l'état préparé. En tant que la plupart des légumes, la tomate possède une densité nutritionnelle satisfaisante avec 95% d'eau et 5% de matière sèche, comprenant 50% de sucres (fructose et glucose), 25% d'acides organiques (acides citrique et malique), 8% de minéraux, 2% d'acides aminés, de caroténoïdes et d'autres métabolites secondaires [22].

### **I.5.2. Composition mineurs**

De nombreux minéraux et oligoéléments sont présents dans la tomate, tout comme la plupart des fruits et légumes. De plus, elle apporte une grande quantité de potassium (245,0 mg/ 100g), ce qui en fait une source appréciable de ce minéral essentiel. De plus, elle peut apporter entre 50 et 160 mg de vitamine C et entre 22,5 et 90 mg de vitamine E. Elle contient des polyphénols tels que l'acide férulique, l'acide chlorogénique et l'acide caféique, et d'autres phyto-constituants [23] telle que la quercitrine, kaempférol, rutine et de la naringénine [24].

La tomate contient des pigments porphyriques tels que les chlorophylles, elle contient les caroténoïdes tels que le carotène et les xanthophylles, ...etc. Le lycopène, lui confère sa teinte rouge [25].

## **I.6. La production de la tomate en Algérie**

La culture de la tomate en Algérie a commencé dans les années 1920, dans la région de l'Est, avec la fondation de la première conservation TOMACOOOP Annaba. Les cultures de tomates industrielles se concentrent principalement dans le nord-est du pays : la région d'El Tarf, Annaba, Guelma, Skikda et Jijel couvrent 85% de la superficie totale dédiée à cette culture. Le reste est réparti entre le centre du pays (7 %) et l'ouest (3 %) [26].

## I.7. Les variétés de la tomate

Certaines espèces de tomates présentent des caractéristiques de taille, de forme, de couleur et de texture variées. La tomate peut avoir une forme arrondie, ovale, côtelée, en forme de poire et même un peu carrée. Les tomates peuvent varier en couleurs : rouges, roses, orangées, jaunes, vertes et même violettes et noires. Leur goût varie entre autres en fonction de l'acidité, du taux de sucre et d'eau, ainsi que de la période de la cueillette. Le tableau (I.2) présente les diverses espèces de tomates [27].

**Tableau I.1 :** *Différentes variétés de la tomate.*

Description		Utilisation	Photos
<b>Tomate commune</b>	La tomate commune ou ronde est arrondie, juteuse, de taille et de couleur différentes. Son poids varie de 100 à 300g. Le goût est acidulé et sucré.	Elle est utilisée pour une entrée ou une salade. En réalité, ses utilisations sont plusieurs.	
<b>Tomate italienne</b>	La tomate italienne a une longueur de 5 à 10 cm et un diamètre de 3 à 5 cm. Dénommée également tomate prune. En raison de son allongement, sa chair farineuse est généralement moins riche en pépins, en eau et en pulpe que les autres variétés de tomate.	Étant donné qu'elle a moins de pépins et qu'elle est très charnue, la tomate italienne est appréciée. parfaite pour la préparation de plats, de sauces et de conserves. Elle est moins souvent consommée crue en raison de sa texture farineuse.	

<p><b>Tomate cerise</b></p>	<p>La tomate cerise est de petite taille. Elle a un diamètre de 2,5 à 3 cm. Elle peut prendre différentes formes (ronde, poire, ovale..) et différentes couleurs (rouge, orange, jaune, violette, noire..). Les tomates cerises ont des acidité et des taux de sucre inférieurs à ceux des tomates ordinaires.</p>	<p>Étant donné qu'elles sont petites, juteuses et souvent très sucrées, on peut les consommées habituellement. Les tomates cerises peuvent être servit en entrée ou en salade. Elles sont extrêmement élégantes.</p>	
<p><b>Tomate côtelée</b></p>	<p>Les variétés anciennes de tomates tricotées présentent des couleurs variées et des formes irrégulières, avec des nervures. Elles peuvent être extrêmement volumineuses et très sucrées à l'âge adulte. Elles sont connues sous le nom de « cœur-de-bœuf ».</p>	<p>La grande taille et la texture peu juteuse des tomates tricotées les rendent très appréciées. Ils sont parfaits pour agrémenter des burgers et d'autres sandwiches.</p>	

### **I.8. Tomate cerise (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)**

La tomate cerise a connu un développement considérable au cours des dernières décennies. Elle contient une grande quantité de vitamines, minéraux et antioxydants, tels que la vitamine C et le lycopène. Ces éléments jouent un rôle crucial dans la santé des individus, aidant à prévenir différentes maladies et à améliorer l'état général de santé de la population [28].

### **I.9 Importance de la tomate cerise en Algérie**

La culture de la tomate cerise joue un rôle essentiel dans l'économie agricole en Algérie. Souvent exportée vers les marchés internationaux, notamment vers l'Europe, cette culture présente une grande valeur ajoutée. La diversification des productions agricoles est également favorisée par cette culture, ce qui diminue la dépendance du pays à l'importation de certains produits [29].

Les tomates cerises sont particulièrement adaptées à l'agriculture durable en raison de leur petite taille et de leur besoin en eau relativement modérée par rapport à d'autres cultures

marachères. Il est possible de les cultiver en serre, ce qui favorise une meilleure utilisation des ressources en eau et une gestion plus efficace des conditions météorologiques. En bref, la tomate cerise est une culture essentielle en Algérie, présentant de nombreux bénéfices tant sur le plan économique, nutritionnel, social qu'environnemental [30].

## Références bibliographiques

- [1] Naika S., Vanliddt de Jeudje de Goffaum and Vandamb. 2005. La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Agromisa Foundation, Wageningen, p 105.
- [2] Snoussi S.A. 2010. Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de mission programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. Rome, p 52.
- [3] Gallais, A., &Bannerot, H. 1992. Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Editions Quae.
- [4] FAO. 2007. FAOSTAT agriculture production database. accessed 11.07.
- [5] Giovanelli, G. et Paradiso, A. 2002. Stabilité de la pulpe de tomate séchée et à humidité intermédiaire pendant le stockage. Journal de chimie agricole et alimentaire, 50 (25), 7277-7281.
- [6] Cronquist A. 1981. An antegrated system of classification of following plant. Calambia University, p 1256.
- [7] Chaux, C.L. et Foury, C.L. 1994. Cultures légumières et maraichères. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruit .*Tec et Doc Lavoisier*, Paris. P 563.
- [8] Ibbarry, K. et Kaced, M. 2020. Effet de la fertilisation Organique et minérale sur la production, la protection et la qualité chez une variété de la tomate hybride cultivée sous serre.
- [9] Des Abbayes, H., Grasse, P. P., Gaussen, H., Prevot, A. R., and Chadefaud, M. 1963. Botanique: anatomie, cycles evolutifs, systematique.
- [10] Ramaekers, H. R., 2001. Agriculture en Afrique tropicale DDCI, Bruxelles. 611-636.
- [11] Polese, M., 2007. La culture des Tomates. *Edition Artémis*, Chine, p 95.
- [12] Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., and Stevens, P. 2002. Botanique systématique: une perspective phylogénétique. De Boeck Supérieur.
- [13] Dore, C. et varoquaux, F. 2006. Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Edition 1, irstea, cirad. INRA, ifremer. Quae.
- [14] Rey et Costes, 1965. Physiologie de tomate, Edition I.N.R.A. *Versailles*, Paris.
- [15] Grasselly, D. B. and Letard, M. 2000. Tomate pour un produit de qualité Edition, p 222.
- [16] Rick, 1968. Genetic improvement of salanaceaus Crops. Volume 2: Tomato. Sciencepublishers. 139 p.
- [17] Renaud, V. 2006. Les tomates qui ont du gout, Eugenuulmer, Paris, p 96.

- [18] **Gillapsy, G., Ben-David, H., Gruissem, W. 1993.** Fruits. a developmental perspective, *Plant Cell* 5,1439-1451.
- [19] **Navez, B., Aubert, CH., Baros, C., Bertin, N., Brand, R., Causse, M., Cottet V., Hutin, CH., Jeannequin, B., Jost, M., Le Quillec, S., Letard, M., Merendet, V., Puel, TH., Roger and A., Tisiot, R. 2009 .** *Tomate Qualité et Préférences, les connaissances sur les mécanismes qui déterminent les facteur de qualité et des conseils pratiques*, Editions centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris, 16-70, 271.
- [20] **Chanforan, C. 2010 .** Stabilité de micro constituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. Thèse de Doctorat. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse.
- [21] **Génard, M., Robin, C., Gautier, H., Massot, C., Bénard, C., Larbat, R. and Bertin N. 2010.** *Innovations agronomiques*, Vol.9, 47-57, 140.
- [22] **Davies, J.E.T. and Hobson, G. 1981.** The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. *CRC critical reviews in food science and nutrition*, 15, 205-280.
- [23] **Beecher, G.R. 1998.** Nutrient content of tomatoes and tomato products. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. Society for Experimental Biology and Medicine*, 218(2), 98-100.
- [24] **Markovic, K., Hruskar, M. and Vahcic N. 2006.** Lycopene content of tomato products and their contribution to the lycopene intake of croatians. *Nutrition research*, 26(11), 556-560.
- [25] **Degrou, A.E. 2013.** Étude de l'impact des procédés de transformation sur la diffusion des caroténoïdes : cas du lycopenne de la tomate. Thèse de Doctorat, Université d'avignon et des pays de vaucluse.
- [26] **Anseur, O. 2009.** Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie (Doctoral dissertation, Université Lumière-Lyon II).
- [27] **I.P.G.R.I. 2005.** Descripteurs du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*), *International Plant Genetic Resources Institute, Future Harvest, Rome*, p71.
- [28] **Fatima, B. 2015.** Effets de deux barèmes de stérilisation sur la qualité technologique, biochimique et nutritionnelle du triple concentré de tomate (Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar–Annaba).
- [29] **Rekibi, F. 2015.** Analyse compétitive de la filière tomate sous serre. Cas de la Wilaya de Biskra (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- [30] **Abdellah Mahdjoubi, B., Boudjema Djeflal, Y., & Touil, S. 2022.** Conduite de la fertigation des cultures fraise, laitue et tomate d ans un système hydroponique.

***CHAPITRE II.***

***« PRINCIPALES CLASSES***

***DES METABOLITES***

***PRIMAIRES ET***

***SECONDAIRES»***

## **Chapitre II**

### **Principales classes de métabolites primaires et secondaires**

#### **II. Généralités sur les métabolites**

Les plantes contiennent de multiples composés provenant de leur diversité ou de leur environnement. Ces molécules diverses jouent différents rôles dans la plante et certaines peuvent être utilisées dans des thérapies. On peut distinguer les métabolites primaires et les métabolites secondaires. Différentes familles de métabolites secondaires sont présentes, telles que les composés phénoliques, les terpènes et les alcaloïdes. On peut les distinguer par la chaîne carbonée qui les forme. La fonction physiologique de ces molécules n'est pas toujours claire, mais elles constituent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines tels que la pharmacologie ou l'agroalimentaire [1].

#### **II.1 Métabolites primaires**

##### **II.1.1. Définition**

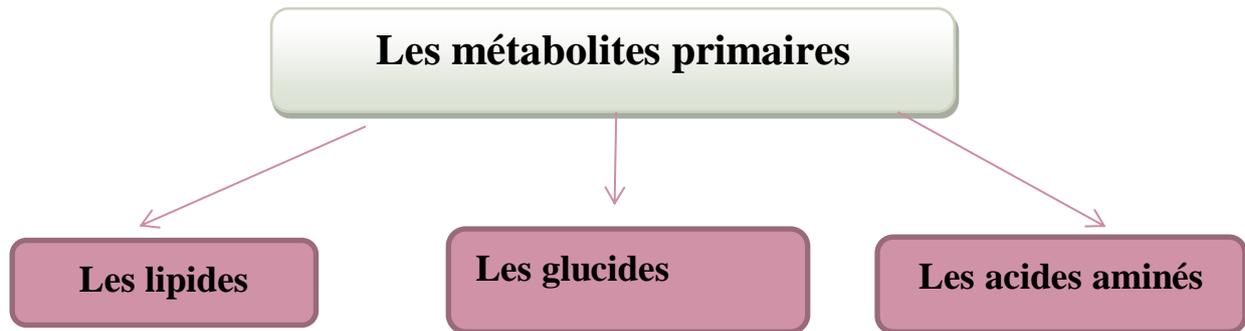
Les métabolites primaires sont des composés présents dans toutes les cellules végétales et indispensables à la survie de la plante. Ils incluent les sucres, les lipides, les protéines et les acides nucléiques [2]. Ils jouent également un rôle crucial dans : la production de la lumière, la respiration, la croissance et l'évolution de la plante [3].

##### **II.1.2. Rôle Structurale**

Les métabolites primaires sont fréquemment utilisés comme composants dans la production des différentes formes de médicaments : les oses édulcorants, les polysaccharides (natifs ou modifiés) utilisés pour la fabrication de comprimés, ainsi que les huiles nécessaires à leur production. Les métabolites primaires se distinguent par leur rôle essentiel et indispensable dans la survie de la cellule ou de l'organisme :

- Les glucides jouent un rôle essentiel en tant que source d'énergie, en particulier dans les parois cellulaires (celluloses).
- Les lipides sont utilisés comme source d'énergie dans les membranes cellulaires.
- Les acides aminés jouent un rôle essentiel dans la formation des protéines [4].

Les métabolites secondaires sont classés en : lipides, glucides et acides aminés comme le montres la figure (II.1) :



**Figure II.1 :** *Classification des métabolites primaires.*

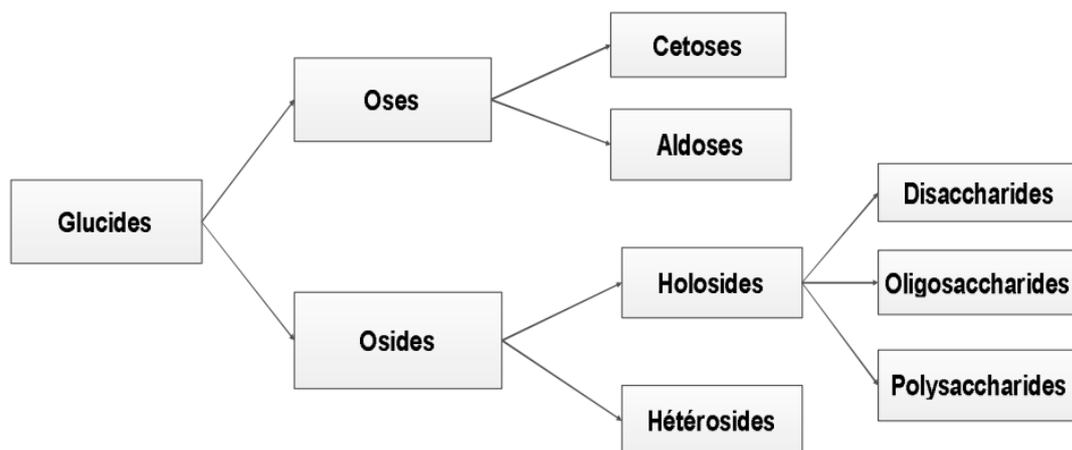
## II.1.3 Glucides

### II.1.3.1 Définition

Les glucides, également connus sous le nom de saccharides, sont un ensemble de substances qui possèdent des structures et des propriétés physiques, chimiques et physiologiques variées [5]. Ce sont les éléments essentiels de tous les êtres vivants qui y remplissent une fonction étendue ensemble de fonctions indispensables [6].

### II.1.3.2. Classification des glucides

Les glucides sont classés en 4 catégories (Monosaccharides ; Disaccharides ; Oligosaccharides ; Polysaccharides) en fonction de leurs comportements dans des milieux faiblement acides et chauds, de leurs structures chimiques et de leurs degrés de polymérisation. Ces catégories sont réparties en 2 groupes, représentés ci-dessous (figure II.2) :



**Figure II.2 :** *Classification des glucides.*

## **A/ Les oses**

Les oses, également connus sous le nom de monosaccharides, sont des molécules avec une formule générale  $C_n(H_2O)_n$ . Elles se composent d'un squelette carboné qui possède des fonctions alcooliques de « n » et une fonction réductrice (aldéhydrique ou cétonique), ce qui permet de distinguer deux familles d'oses : les aldoses et les cétooses. Il est également possible de les différencier en fonction du nombre de carbones qu'ils contiennent (triose, pentose...) [7]. Les osides sont les unités structurales qui font partie de la composition des glucides plus complexes [8].

## **B/ Les osides**

Les osides se caractérisent par la formation d'un ou plusieurs oses simples lors de leur hydrolyse [9]. En fonction des carbones présents dans la liaison osidique, il est possible de distinguer des osides réducteurs et non réducteurs [8].

- Les osides non réducteurs sont liés entre les groupes réducteurs des oses par une liaison osidique.
- Les osides réducteurs sont liés entre le groupe réducteur d'un ose et une fonction alcool de l'autre, ce qui conduit à la formation d'un groupe réducteur sur la molécule, ils sont classés en fonction de leurs constitutions [8].

### **II.1.3.3 Rôle structural**

Les glucides jouent un rôle important tels que :

- Les composants de support (cellulose), de protection et de reconnaissance se trouvent dans la cellule.
- Composés de stockage pour les végétaux et les animaux (glycogène, amidon).
- Éléments essentiels des molécules : acides nucléiques, coenzymes, vitamines.
- Ils constituent un important pourcentage de la biomasse car la majorité de la matière organique présente dans la biosphère est composée de glucides [10].

## **II.2. Métabolites secondaires**

### **II.2.1. Définition des métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées par les plantes [11,12]. Ces molécules ne sont pas impliquées dans la croissance

et le développement normal d'un organisme [13]. Les métabolites secondaires jouent un rôle important dans la résistance aux contraintes biotiques (phytopathogènes, herbivores, ....etc.) et abiotiques [14].

Les métabolites secondaires peuvent être communs ou spécifiques à une espèce, donc les espèces qui ont le même modèle de production de métabolites secondaires peuvent être classées [15].

### **II.2.2.Intérêt des métabolites secondaires**

#### **✓ En agronomique**

Il est bien connu que ces composés protègent les cultures en permettant de résister aux maladies cryptogamiques, aux infections bactériennes et à certains insectes [16].

#### **✓ En pharmacologique**

La fraction la plus active des composés chimiques présents chez les végétaux sont les métabolites secondaires, et on estime qu'environ 1/3 des médicaments actuellement disponibles sur le marché contiennent au moins une substance végétale de ce type.

#### **✓ En alimentation**

Les condiments et les aromates sont des épices et des herbes aromatiques qui contiennent plusieurs métabolites [17].

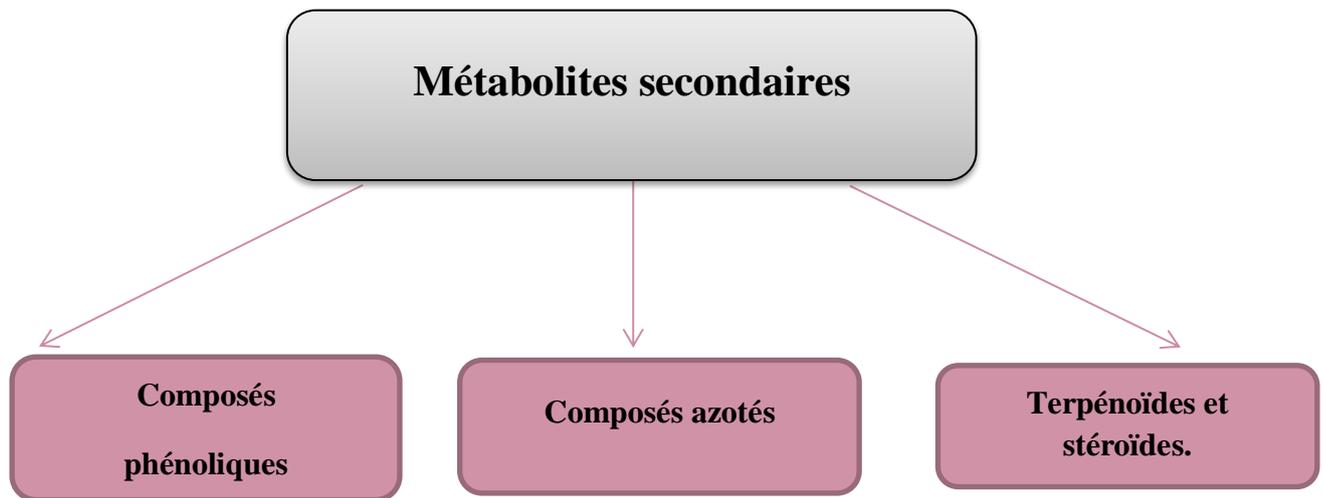
### **II.2.3.Classification des métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont classés en fonction de différents critères tels que leur structure chimique, leur composition, leur solubilité dans différents solvants ou leur méthode de synthèse.

Le principal système de classification est composé de trois grandes catégories comme le montre la figure (II.3) :

- Composés phénoliques.
- Terpénoïdes et stéroïdes. .
- Composés azotés ou alcaloïdes.

Pour chaque classe nous trouvons des sous-classes avec une complexité dans la structure [18].



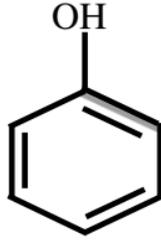
**Figure II.3 :** *Classification des métabolites secondaires.*

### II.2.3.1 Composés phénoliques

- **Définition**

Les polyphénols, également connus sous le nom de composés phénoliques, sont des substances particulières présentes dans le règne végétal [19]. Les végétaux les renferment, depuis les racines jusqu'aux fruits. Leurs tâches ne sont pas strictement définies. Ces substances sont essentielles à la vie des végétaux, mais elles jouent un rôle crucial dans les interactions entre la plante et son environnement [20], ce qui contribue à la survie de l'organisme dans son écosystème.

Environ 10000 composés naturels ont été identifiés sous le nom de « phénol » [21]. La principale caractéristique structurale qui les distingue est la présence d'au moins un noyau phénolique à 6 carbones (figure II.4), auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle (OH) libre ou impliqué dans une autre fonction : éther, ester ou hétéroside [22].

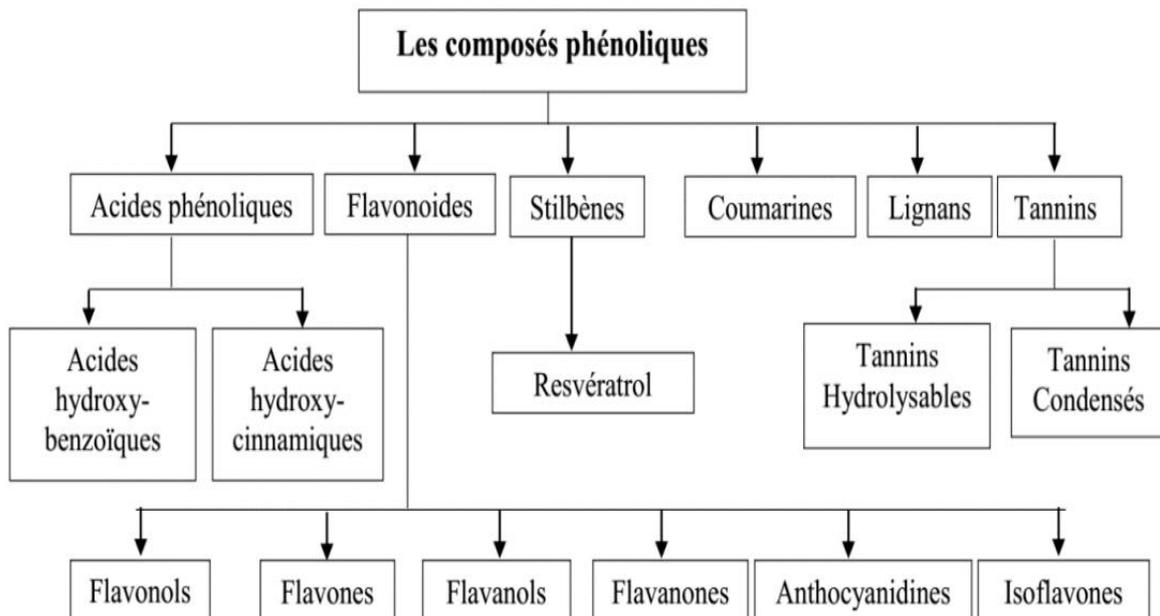


**Figure II.4 :** Structure du noyau phénol.

- **Classification**

Les polyphénols peuvent être classés en : non flavonoïdes qui comprennent les acides phénoliques, les stilbènes, les lignanes, les lignines et les coumarines [23], tandis que les flavonoïdes sont principalement caractérisés par : flavanones, flavonols, isoflavonones, anthocyanines, proanthocyanidines et flavanols [24].

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en différents groupes en fonction du nombre et de la disposition de leurs atomes de carbone (Figure II.5).



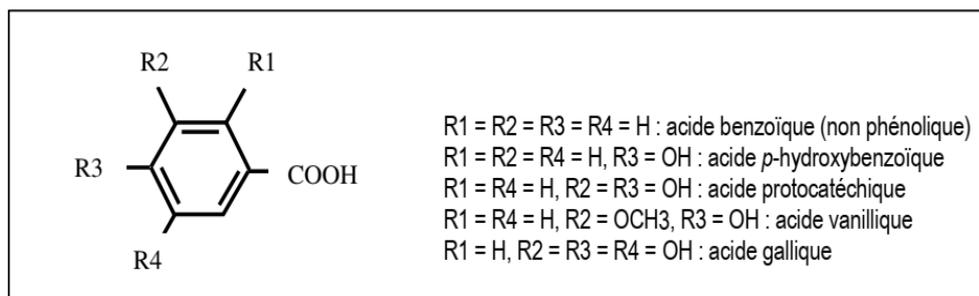
**Figure II.5:** Différentes classes des polyphénols.

**A/Acides phénoliques**

Ces substances sont des composés organiques qui ont au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Deux sous-classes sont utilisées pour représenter les acides phénoliques [25] :

- **Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque (C6-C1).**

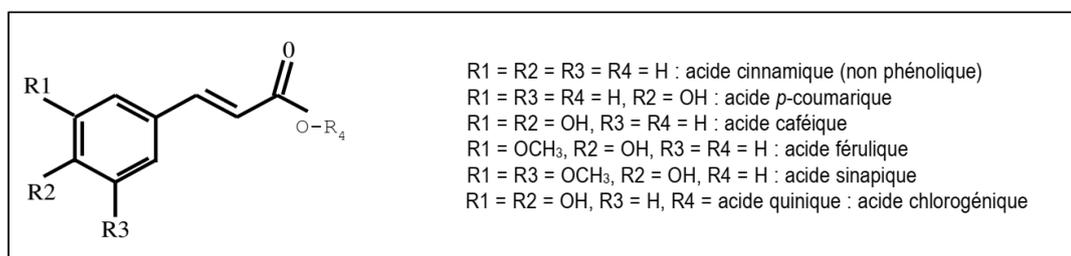
Ces acides sont extrêmement répandus, que ce soit sous forme libre ou combinés en tant qu'esters ou hétérosides [26]. Il existe une grande quantité de cette catégorie dans les végétaux et les aliments, tels que les épices, les fraises, certains fruits rouges et l'oignon, où les concentrations peuvent atteindre plusieurs dizaines de milligrammes par kilogramme de fruits frais [27]. Les dérivés les plus pratiques utilisés de l'acide hydroxybenzoïque sont présentés dans la (figure II.6) ci-dessous :



**Figure II.6:** Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques.

- **Dérivés de l'acide hydroxycinnamique (C6-C3)**

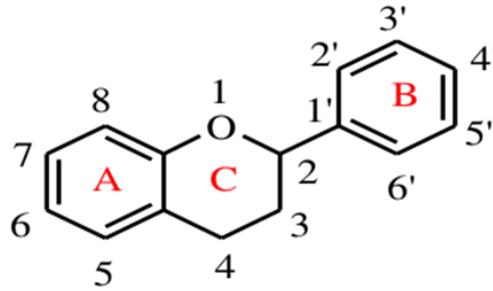
Ces composés ont une répartition extrêmement étendue. Ils sont rarement libres et sont souvent estérifiés [26] (figure II.7).



**Figure II.7 :** Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques.

## B/Flavonoïdes

Ils sont des pigments qui sont à l'origine des teintes jaune, orange et rouge de divers organes végétaux [28]. On retrouve ces différentes substances à la fois sous forme libre (aglycone) ou sous forme de glycosides. De manière générale, on les retrouve dans toutes les plantes vasculaires [29], On les retrouve dans différents organes tels que la racine, les tiges, le bois, les feuilles, les fleurs et les fruits, et ils jouent un rôle crucial dans la préservation des plantes [30]. La figure (II.8) montre le squelette de base des flavonoïdes.

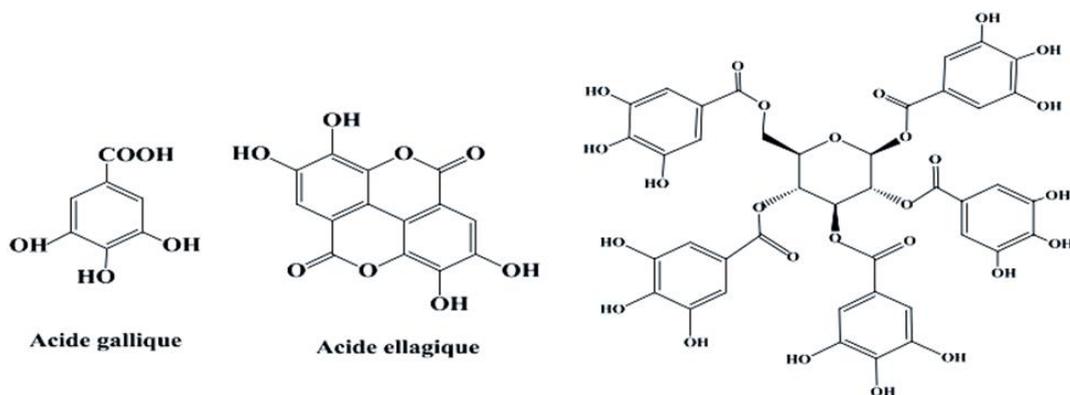


**Figure II.8 :** *Squelette de base des flavonoïdes.*

### C/ Tannins

Les polyphénols qui se trouvent dans les vacuoles sont appelés tanins [31]. Les tanins hydrolysables et les tanins condensés sont les deux types de tanins qui sont classés en fonction de leur structure [32] :

- **Tanins hydrolysables :** Ce sont des esters de l'acide gallique et de ses dérivés, en particulier de l'acide éllagique (**figure II.9**). Ces substances peuvent être facilement hydrolysées par voie chimique ou enzymatique, également connues sous le nom de tannase [33].

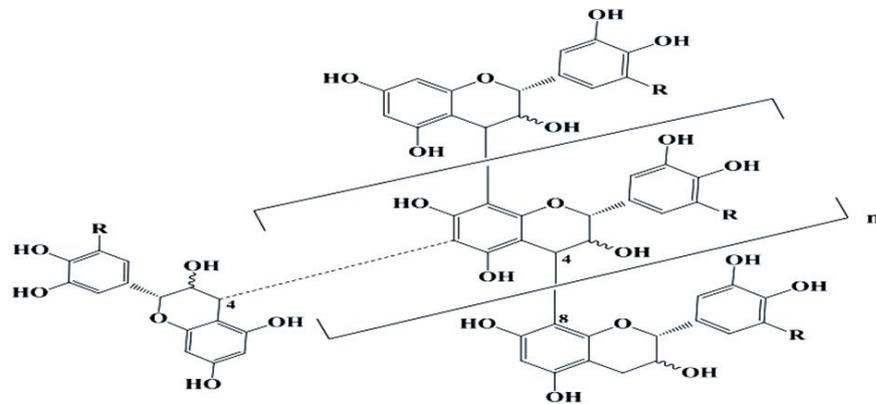


**Figure II.9 :** *Structure des tanins hydrolysables.*

- **Tannins condensés :** Les polymères appelés tanins condensés ou proanthocyanidines sont constitués d'unités flavane liées par des liaisons entre les carbones C4 et C8 ou C4 et C6 (figure II.10).

Les tanins condensés sont responsables de l'astringence caractéristique des fruits avant maturité (raisin, pêche, pomme, poire, etc.) et de l'amertume de certaines boissons (vin, cidre,

thé, etc.) et de l'astringence caractéristique des fruits avant maturité en raison de leur complexation avec les protéines salivaires chocolat noir [34].

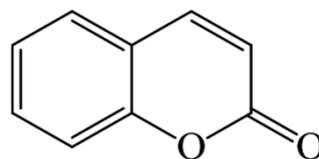


**Figure II.10 :** *Structure des tanins condensés.*

### D /Coumarines

Les coumarines sont des composés phénoliques qui ont dans leur structure un noyau benzopyrène [35] (figure II.11). Elles dégagent une odeur distinctive qui ressemble à celle du foin récemment coupé. Ces composés, à l'exception des algues, sont les composants caractéristiques du règne végétal chlorophyllien. Ils se trouvent partout dans la plante et particulièrement dans les huiles essentielles des fruits et des graines [36].

Les effets des coumarines sur le développement des plantes varient selon la concentration et l'espèce. Ils se trouvent principalement sous forme de glycosyle dans la cellule végétale [37], Cette glycosylation est une méthode de stockage pour éviter les effets néfastes. Les coumarines sont appelées phytoalexines, c'est-à-dire des métabolites que la plante synthétise en grande quantité pour lutter contre les infections causées par des champignons ou des bactéries.



**Figure II.11 :** *Structure de la coumarine.*

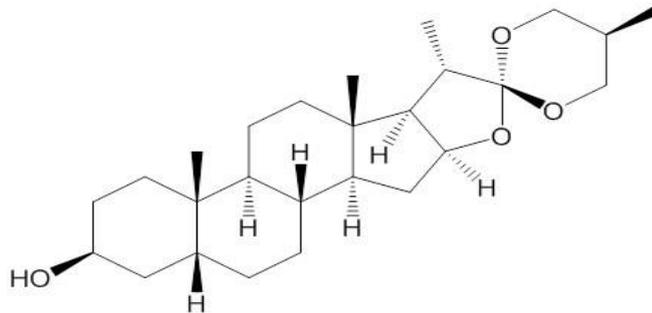
Les coumarines ont des propriétés cytotoxiques, antivirales, immunostimulantes, tranquillisantes, vasodilatatrices, anticoagulantes (au niveau du cœur), hypotensives et sont également utiles pour les affections cutanées [38].

La majorité des coumarines et leurs dérivées ont été soumises à des études approfondies dans le but d'évaluer leurs effets sur la santé humaine. Les recherches ont révélé qu'elles peuvent être des agents anti-VIH et anti-tumoraux [39], anti-cancéreux, antimicrobiens [40] et anti-inflammatoires [41].

## E/ Saponines

Les saponines, également appelées saponosides (figure II.12), sont une classe particulière de métabolites secondaires, des produits naturels fréquents du règne végétal [42]. Les glycosides sont des agents tensioactifs. Les plantes supérieures, les animaux marins inférieurs et quelques bactéries les produisent principalement [43], qui sont fréquemment consommés par les humains et les animaux [44].

Leurs propriétés de former des solutions moussantes stables dans des solutions aqueuses expliquent leur nom, qui provient du latin "savon", qui signifie "savon"[45]. Le goût des saponines est amer lorsqu'elles sont isolées de diverses sources [46]. Elles ont été utilisées en tant que détergents, pesticides et molluscicides, ainsi qu'en tant que moussants et tensioactifs dans les entreprises.



**Figure II.12 :** *Structure des saponines.*

- **Rôle et intérêt des composés phénoliques**

- ❖ **Chez les plantes**

Les composés phénoliques, en particulier les flavonoïdes ont plusieurs rôles à jouer :

- ✓ Ils assurent la coloration des fleurs, des fruits et des graines pour attirer les pollinisateurs.
- ✓ Ils représentent un système de protection contre les micro-organismes pathogènes.
- ✓ Les plantes sont protégées contre les radiations UV.
- ✓ Ils affectaient la germination du pollen et la fertilité des plantes [47].

### ❖ Chez les hommes

En effet, leur rôle d'antioxydants naturels permet à l'organisme de lutter contre les agressions de l'oxygène qui sont à l'origine d'un grand nombre de maladies, ce qui suscite de plus en plus l'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires, cardiovasculaires [48] et les pathologies neurodégénératives [49].

### II.2.3.2 Composés azoté ou alcaloïdes

#### • Définition

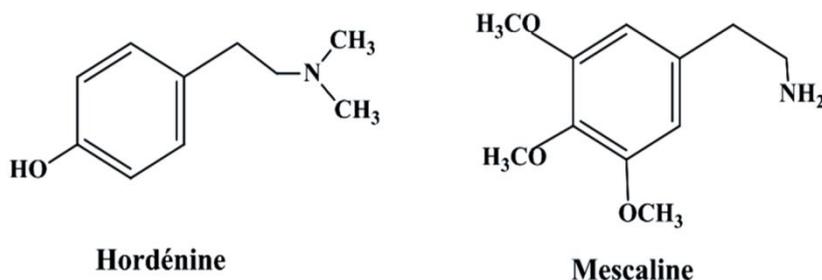
Un alcaloïde est un composé organique naturel, hétérocyclique qui comprend une base d'azote plus ou moins basique, avec une structure moléculaire complexe et des propriétés pharmacologiques prononcées même à faible dose. La plupart des alcaloïdes sont extrêmement dangereux lorsqu'ils sont pris en grande quantité [50].

Les alcaloïdes sont principalement des extraits de plantes fleurissantes, mais ils peuvent également être trouvés chez des animaux comme les fourmis, les grenouilles et les coccinelles [51]. Ils sont utilisés comme traitements anti-cancéreux, antipaludéens et anti-arythmiques [52].

#### • Classification

Environ 12 000 alcaloïdes sont différents produits par les plantes [53], qui peuvent être groupés. En général, on distingue trois catégories :

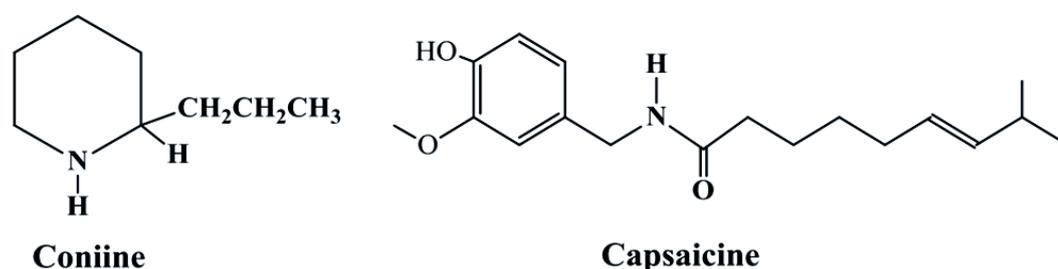
❖ **Les proto-alcaloïdes** : Les proto-alcaloïdes sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un hétérocycle (Figure II.13) [54].



**Figure II.13** : Quelques exemples des proto-alcaloïdes.

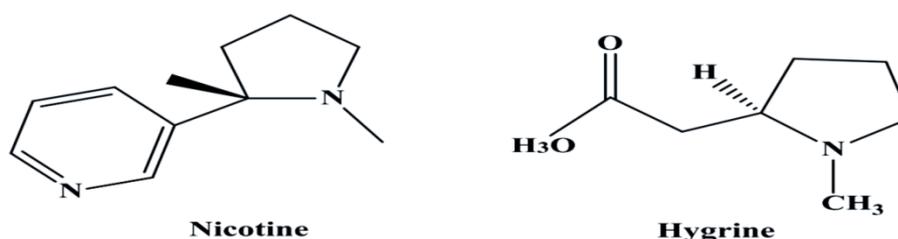
❖ **Les pseudo-alcaloïdes** : Ils ne sont pas des dérivés des acides aminés, mais présentent souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais (figure II.14) [54].

La plupart des cas connus proviennent du bouillonnant de l'acétate et des isoprenoïdes (alcaloïdes terpéniques) [55].



**Figure II.14 :** *Quelques exemples des pseudo-alcaloïdes.*

❖ **Les alcaloïdes vrais :** Le plus grand nombre d'alcaloïdes sont les alcaloïdes vrais (figure II.15), qui sont toxiques et ont un large spectre d'activités biologiques. Ils sont composés d'acides aminés et ont un atome d'azote dans un système hétérocyclique. Ils peuvent être trouvés dans les plantes, soit sous forme libre, sous forme de sel, soit sous forme N-Oxyde [54].



**Figure II.15:** *Exemples d'alcaloïdes vrais.*

- **Rôle et intérêt des alcaloïdes**

- ❖ **Au niveau de la plante**

Les alcaloïdes jouent un rôle important dans la protection des plantes contre les animaux comme agents phytophages ; ils ont également le plus grand rôle dans l'excrétion du métabolisme azoté, la substance de réserve, les régulateurs de la croissance des plantes et la protection des plantes contre les animaux [56].

- ❖ **pharmacologiquement**

Les alcaloïdes ont une multitude d'applications dans le domaine thérapeutique, en particulier dans le domaine de :

- ✓ Système nerveux central, que ce soit en tant que substances dépressives (morphine) ou stimulantes (caféine);

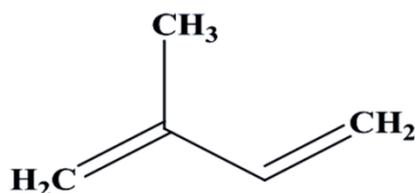
- ✓ Système nerveux autonome : substances sympathomimétiques (éphédrine), substances parasympholytiques (pilocaprine), substances anticholinergiques (atropine).
- ✓ Système de circulation sanguine (quinine).

Il convient également de démontrer l'existence d'anti-tumoraux, d'antiparasitaires, de curarisants, d'anesthésiques locaux,... Certaines études révèlent que les alcaloïdes peuvent avoir des effets désagréables, antioxydants ou toxiques sur les micro-organismes et les animaux. L'effet toxique peut être sévère, chez l'homme ou chez l'animal, en fonction de la composition des alcaloïdes présents. Les manifestations de l'intoxication sont identiques à celles d'une surdose médicamenteuse : rougeur de la face, soif intense, tachycardie, mydriase et état nauséux accompagnés de fatigue. Le coma et l'arrêt respiratoire peuvent même se manifester [57].

### II.2.3.2 Terpénoïdes et stérols

#### A/Terpénoïdes

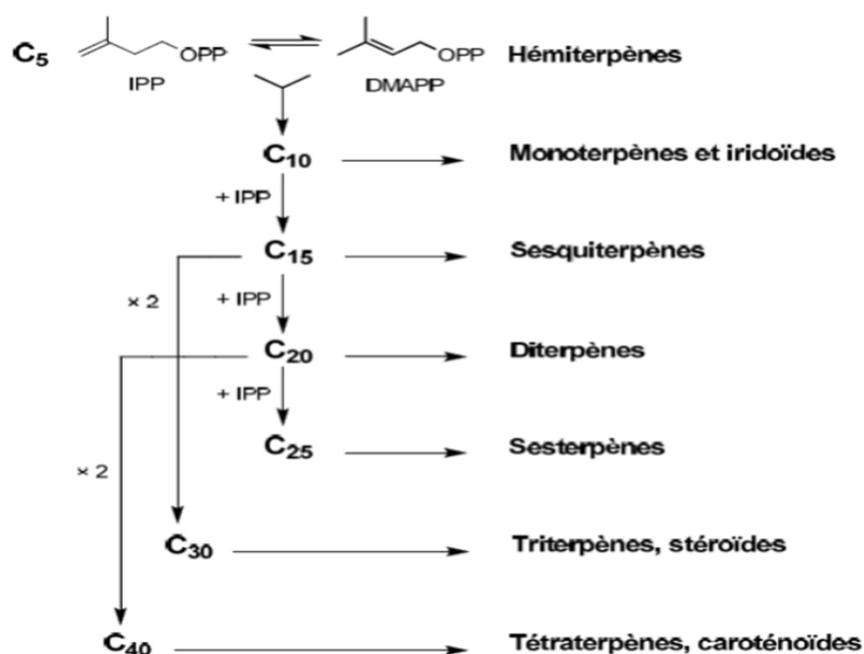
Les terpènes (figure II.16) présentent une grande diversité structurale [58]. Le terme terpénoïde fait référence à tous les éléments qui ont une structure moléculaire composé d'un monomère à 5 carbones nommé isoprène de formule  $C_5H_8$  et qui ont une ou plusieurs caractéristiques chimiques (alcool, aldéhyde, cétone, acide, lactone...etc.) Leur formule brute est  $C_5HX_n$ , dont le x varie en fonction du degré d'insaturation de la molécule et n peut prendre des valeurs (1-8), sauf dans les polyterpènes qui peuvent atteindre plus de 100 (le caoutchouc). Ils sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou à chaîne ouverte. La plupart de ces composés proviennent des plantes [59].



**Figure II.16 :** Structure de base des terpènes (isoprène).

- **Classification des terpènes**

Les terpénoïdes sont classés en fonction du nombre de répétitions de l'unité de base isoprène, ce qui donne des hémiterpènes (C5), monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), sesterpènes (C25), triterpènes (C30). ), tétraterpènes (C40) et polyterpènes, comme le montre la figure (II.17) [60].



**Figure II.17:** Classification des composés terpénique.

## B/Stérols

Les stérols et le cholestérol ont des structures chimiques similaires. Avec cette proximité, ils peuvent tromper l'organisme et limiter le passage du cholestérol de l'intestin vers le sang. Ce sont des substances naturelles stéroïdiques par un noyau polycyclique qui possède un rôle d'alcool [61].

Selon l'IUPAC, tous les lipides ayant un noyau cyclo pentanophénanthrénique (stérane) ou dérivant de celui-ci sont considérés comme des stéroïdes [60]. Les différents types de stéroïdes ne sont pas classés dans cette définition. Cependant, l'IUPAC affirme que les « stérols sont des stéroïdes qui sont distingués par la présence d'un groupe hydroxyl -OH sur le carbone C3. Cependant, pour certains biochimistes, les « stérols constituent une catégorie à part, entière incluant les stéroïdes, ainsi que cinq autres sous-classes [62].

## Références bibliographiques

- [1] **Bruneton, J. 1999:** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. *3ème Ed.* Paris.
- [2] **Raven, P.H., Evert, R.F., Eichorn et S., Bouharmont, J. 2003 :** Edition De Boeck Université.
- [3] **Croteau, R., Kutchan, T.M. et Lewis, N.G. 2000.** Produits naturels (métabolites secondaires). *Biochimie et biologiémoléculaire des plantes* , 24 , 1250-1319.
- [4]**Richter, G. 1988.** Métabolisme des végétaux – Physiologie et biochimie. *Presses polytechnique et universitaires romandes, Lausanne.*
- [5] **Paulos, C.S. Tyliano 2013 :** Carbohydrates, *Encyclopedia of human nutrition* , 265-271.
- [6] **Bruice Paula Yurkanis 2010.** Chimie Organique.
- [7]**Ha, C. E. and Bhagavan, N. V. 2011.** Essentials of medical biochemistry: with clinical cases. *Academic Press.*
- [8] **Idris, I., and Madjene, L. 2013.** Dosage d'un sucre composé par UV visible comparé à une méthode chromatographique (Doctoral dissertation, UMMTO).
- [9]**Callen, J. C. 2005.** Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes, 2e édition. Dunod, Paris.
- [10]**Touitou, P. Y. 2006.** Biochimie, structure des glucides et lipides. Faculté de médecine Pierre et Marie Curie, Université de Paris.
- [11] **Lutge, U., Kluge, M. and Bauer, G. 2002.** Botanique (3é éd). Technique et documentation. Lavoisier. Paris. P 211.
- [12] **Marouf, A., and Reynaud, J. 2007.** La botanique de A à Z. Ed Dunod. Paris. P 177.
- [13] **Costa, T. D. S. A., Vieira, R. F., Bizzo, H. R., Silveira, D., &Gimenes, M. A. 2012.** Secondary metabolites.
- [14] **Naboulsi, I., Aboulmouhajir, A., Kouisni, L., Bekkaoui, F., &Yasri, A. 2018.** Plants extracts and secondary metabolites, their extraction methods and use in agriculture for controlling crop stresses and improving productivity: A review. *Acad. J. Med. Plants*, 6(8), 223-240.
- [15] **Sell, C.S. 2003.** Fragrant Introduction to Terpenoide Chemistry. The Royal Society of Chemistry (R.S.C.).p1-2.
- [16]**KHITOUR, M. A. 2020.** L'Etude biologique de l'extrait méthanolique de la plante médicinale *Thymus vulgaris*. et comparer son efficacité à certains antibiotiques (Doctoral dissertation).

- [17] **Ghasemzadeh, A. & Ghasemzadeh, N. 2011** :Flavonoids and phenolicacids:Role and biochemicalactivity in plants and human. *Journal of Medicinal Plants Research*.5(31) : 6697-6703.
- [18] **Justin, N. K., Edmond, S., Ally, R. M. and Xin, H. 2014.** Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2 : 377-392.
- [19] **Mompon B., Lemaire B., Mengal P. et Surbel D. 1996.** Extraction des polyphénols : dulaboratoire à la production industrielle. IN « Polyphénols 96 ». Ed INRA. 31-35.
- [20] **Richter G. 1993.** Composés phénoliques in *Métabolisme des végétaux: physiologie etbiochimie*. Ed Presse polytechnique et universitaire romande. pp: 317-339
- [21] **Martin S. et Andriantsitohaina R. (2002).** Cellular mechanism of vasculo-protection induced by polyphenols on the endothelium. *Annales de Cardiologieetd'Angiologie*. 51: 304-315.
- [22] **Balasundram N., Sundram K. et Samman S. 2006.** Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*.99 : 191–203.
- [23] **Hoffmann, D. 2003.** *Medical herbalism: the science and practice of herbal medicine*. Simon and Schuster.
- [24] **Pincemail, J., Degruene, F., Voussure, S., Malherbe, C., Paquot, N., &Defraigne, J. O. 2007.** Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition clinique et métabolisme*, 21(2), 66-75.
- [25] **Bruneton J. 2008.** Acides phénols. In: *Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales*. Ed: Tec & Doc. Lavoisier, Paris. pp 198-260.
- [26] **Skerget M., Kotnik P., Hadolin B., Hras A.-R., Simonic M. et Knez Z. 2005** .Phenols,proanthocyanidines, flavones and flavonols in some plant materials and their *antioxidantactivities*. *Food Chemistry*. 89: 191-198.
- [27] **Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C., Jimenez L. 2004.** Polyphenols: foodsources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*. 79: 727-747.
- [28] **Havsteen B.H., 2002.** The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol.Therapeut*. p96,67–202.
- [29] **Erlund., 2004.** *Nut.Res*. p24, 851-74.
- [30] **Yezza S., et Bouchama S., 2014.** index des métabolites secondaires végétaux, université kasdimerbah, Ouarglafaculté des sciences de la nature et de la vie département des sciences biologiques.47 p.

- [31] **Aguilera-Carbo A., Augur C., Prado-Barragan L. A., Favela-Torres E., Aguilar C N.2008.** Microbial production of ellagic acid and biodégradation of ellagitannins. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **78**: 189-199 .
- [32] **Linden et Lorient D. 1994.** Pigments et arômes .In : Biochimie agro-industrielle valorisation alimentaire de la production agricole. Ed : Masson. 338-340.
- [33] **Ribéreau-Gayon P. 1968.** Les composés phénoliques des végétaux. Edition Dunod. Paris.pp : 173-201.
- [34] **Derbel S., Ghedira K. 2005.** Phytothérapie et nutrition : Les phytonutriments et leur impact sur la santé. *Phytothérapie*. **1**: 28-34.
- [35] **Alignan, M. 2006.** Phoma du Tournesol : déterminisme de la tolérance de l'hôte à la maladie,Toulouse. Thèse de doctorat. France.
- [36] **Deina, M., Rosa, A., Casu, V., Cottiglia, F., & Bonsignore, L. 2003.** Natural product: their chemistry and biological significance. *Journal of the American Oil Chemistry Society*.**80** :65-70.
- [37] **Hoffmann L., Besseau S., Geoffroy P., Ritzenthaler C., Meyer D., Lapierre C., Legrand M.,2004.** Silencing of hydroxycinnamoyl-coenzyme a shikimate/quinic acid hydroxycinnamoyltransferase affects phenylpropanoid biosynthesis. *The Plant Cell*.Vol 16(6).P: 1446- 1465.
- [38] **Lesley B., 1996.** Plantes médicinales et aromatiques, Ed. Lavoisier. Paris. pp. 58-61.
- [39] **Miyake, Y., Murakami, A., Sugiyama, Y., Isobe, M., Koshimizu, K., & Ohigashi, H. 1999.** Identification of coumarins from lemon fruit (*Citrus limon*) as inhibitors of in vitro tumor promotion and superoxide and nitric oxide generation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(8), 3151–3157.
- [40] **Sashidhara, K. V., Kumar, A., Kumar, M., Sarkar, J., & Sinha, S. 2010.** Synthesis and invitro evaluation of novel coumarin-chalcone hybrids as potential anticancer agents. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 20(24), 7205–7211.
- [41] **Curini, M., Epifano, F., Maltese, F., Marcotullio, M. C., Tubaro, A., Altinier, G., Gonzales, S. P., & Rodriguez, J. C. 2004.** Synthesis and anti-inflammatory activity of natural and semisynthetic geranyloxycoumarins. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 14(9), 2241–2243.
- [42] **Sparg G.S., Light M.E. Van staden J. 2004.** Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of Ethnopharmacology*. 94. 219-243.
- [43] **Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H. P. S., and Becker, K. 2002.** The biological action of saponins in animal systems: a review. *Br. J. Nutr.* **88**. 587–605 .
- [44] **Kren V and Martínková L 2001.** Glycosides in Medicine: "The Role of Glycosidic Residue in Biological Activity". *Current Medicinal Chemistry*, **8**. 1303-1328.

- [45] **Gauthier C, 2008.** Amélioration du comportement biopharmaceutique de triterpènes naturels anticancéreux par synthèse de saponines mono- et bidesmosidiques.
- [46] **Abid A., Naqvi T.S., Naqvi M.S. 2012.** Identification of Phytosaponins as Novel Biodynamic Agents: An Updated Overview. *ASIAN J.EXP.BIOL.SCI* . 3 459-467.
- [47] **Carange, J. 2010.** **Rôle antioxydant et anti-apoptotique des brassinostéroïdes, une nouvelle stratégie de neuroprotection.** Thèse de doctorat. Université du Québec Trois-Rivières.
- [48] **Stolet JC ; Chataigneau T ; Ndiaye M ; Min-Ho O ; El jasser B ; Marta C ; Valerie B ; Schini, K. 2004.** Vascular protection by dietary polyphenols. *European Journal of Pharmacology*, 500: 299-313 .
- [49] **Ramassamy C. 2006.** Emerging role of polyphenolic compounds in the treatment of neurodegenerative diseases: a review of their intracellular targets. *European Journal of Pharmacology*, 545: 51–64 .
- [50] **Donatien, K. 2009.** Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes - extraction, identification d'alcaloïdes - caractérisation, quantification de polyphénols : étude de leur activité antioxydant. Thèse de doctorat. Université Bamako.
- [51] **Mauro, N. M. 2006.** Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatoxine-a et la (±)- camptothécine. Thèse de doctorat en Chimie. Université Joseph Fourier - Grenoble I.
- [52] **Vincenzo, D. L., Pierre, L. 2001.** The expanding universe of alkaloid biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, 4:225–233 .
- [53] **Jörg, Z., Peter, J. F. 2008.** Alkaloid Biosynthesis :Metabolism and Trafficking. *Annual Review of Plant Biology*, vol. 59:735-769.
- [54] **Badiaga, M. 2011.** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea Latifolia* Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali, thèse de doctorat, université de Bamako. 10 p.
- [55] **Rakotonanahary, M. 2012.** Thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur en pharmacie diplôme d'état, université Joseph Fourier. p16, 19, 27, 28.
- [56] **Dih, A., &Belguendouz, A. 2017.** Contribution à l'étude phytochimique et évaluation du pouvoir antioxydant des alcaloïdes extraits d'*Osyris alba* L, récoltée au niveau de la région de Beni-Snousse. Tlemcen. Mémoire de Master en biologie. Université Abou-Bekr Belkaid. Tlemcen. 39 p.
- [57] **Chebili, S. 2012.** Extraction et caractérisation des alcaloïdes quinolizidiniques de *Cytisustriflorus* l'Hérit. Et l'étude de leurs activités antimicrobienne et antioxydante. Mémoire de Magister en Biologie. Université M'Hamed Bougara. Boumerdès. 96 p.

**[58]Gonzalez-Burgos, E., &Gomez-Serranillos, M. P. 2012.** Terpene Compounds in Nature :A Review of Their Potential Antioxidant Activity. *CurrentMedicinalChemistry*, 19(31), 5319–5341.

**[59]Malecky, M. 2005.** Métabolisme des terpenoïdes chez les caprins, thèse Pour obtenir le grade de docteur de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro ParisTech. p 9, 13-19, 20, 27.

**[60]Benaissa O. 2011.** Etude des métabolismes terpénique et flavonique d'espèces de la famille des composées, genres *Chrysanthemum* et *Rhantherium*. *Activité Biologique*, Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine. P :63.

**[61]Bruneton. 1993.** Photochimie et plantes médicinales; Paris, Pharmacognosie 2 édition, Techniques et documentation, Lavoisier. P: 200-274.

**[62]Fahy, E., Subramaniam, S., Brown, HA, Glass, CK, Merrill, AH, Murphy, RC, ... et Dennis, EA. 2005.** Un système de classification complet des lipides1. *Journal de recherche sur les lipides* , 46 (5), 839-861.

***PARTIE***  
***EXPERIMENTALE***

***CHAPITRE III.***  
***« MATERIEL ET  
METHODES »***

### Chapitre III : Matériels et méthodes

Ce travail de recherche a été réalisé au laboratoire pédagogique de chimie de la faculté des sciences exactes et sciences de la nature et vie, département des sciences de la matière, université de Biskra (figure III-1).



Figure III-1 : laboratoire pédagogique

#### ❖ Objectif général

L'objectif général de ce travail de recherche est d'étudier quatre variétés de tomate cerise (rouge, jaune, Noire, orange) en utilisant des solvants de différentes polarités.

#### ❖ Objectifs spécifiques

- ✓ Etude de l'effet des différents solvants d'extraction sur le rendement.
- ✓ Caractérisation qualitative des métabolites secondaires qui existent dans les variétés des tomates étudiées (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) et cela en effectuant un criblage phytochimique.
- ✓ Dosage des polyphénols totaux contenus dans les différents extraits obtenus.

### III.1. Matériels

#### III.1.1. Matière végétale

Le matériel végétal est constitué de quatre variétés différentes de tomate cerise qu'on a pu obtenu des agriculteurs de la région de Mziraa (Biskra) qui sont les variétés : rouge, jaune, orange, Noire de petite taille.



*Tomate cerise rouge    Tomate cerise orange    Tomate cerise jaune    Tomate cerise noire*



**Figure III.2 :** *Les quatre variétés de tomate cerise étudiées.*

#### III.1.2. Réactifs chimiques

Ce travail de recherche a été réalisé en utilisant différents produits chimiques. Le tableau suivant (**tableau III.1**) illustre les produits chimiques nécessaires pour cette réalisation :

**Tableau III. 1 : Produits chimiques**

<b>Eau distillée</b>	Réactif de Mayer
<b>Ethanol</b>	Réactif de wagner
<b>Chloroforme</b>	Magnésium Mg
<b>Ether de pétrole</b>	HCl concentré
<b>NaOH</b>	Réactif de Folin-ciocalteu
<b>KOH 5%</b>	Anhydre acétique
<b>FeCl<sub>3</sub></b>	Nitrates de bismuth
<b>Chlorure mercurique HgCl<sub>2</sub></b>	Carbonate de sodium
<b>KI, Iode I<sub>2</sub></b>	Acide gallique
<b>Réactif de Dragendorff</b>	Acide sulfurique

### III.1.3. Matériels du laboratoire

Le matériel du laboratoire utilisé est représenté dans le **tableau III.2** :

**Tableau III. 2 : Matériel du laboratoire**

<b>Béchers</b>	Poire
<b> Tubes à essai</b>	Verre de montre
<b>Pipettes pasteur</b>	Entonnoir
<b>Micropipette 200 µl</b>	Vortex
<b>Etuve</b>	Eprouvette graduée
<b>Papier filtre</b>	Spatule
<b>Fiole a jaugée</b>	Papier aluminium
<b>Erlenmyers</b>	Pissette d'eau distillée

### III.1.4. Appareillage

Les appareils utilisés dans cette recherche sont :

- ❖ Plaque chauffante
- ❖ Balance de précision
- ❖ évaporateur rotatif
- ❖ Spectrophotomètre UV-visible

## III.2. Méthodes

### III.2.1. Criblage phytochimique

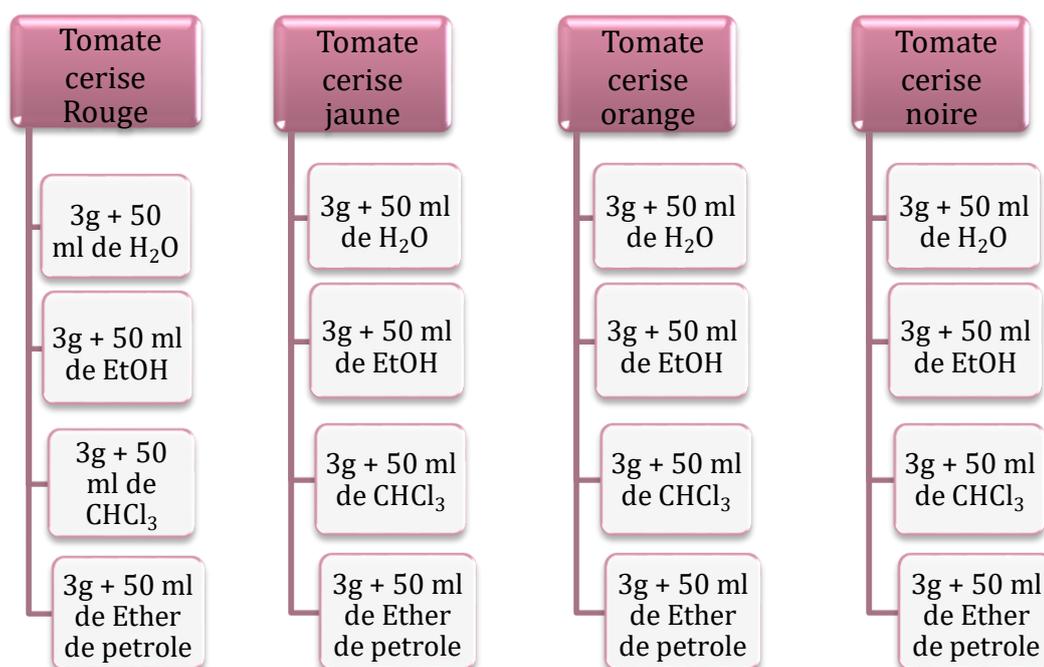
Ces méthodes sont utilisées pour identifier les divers groupes chimiques présents dans un organe végétal. Il s'agit de réactions physico-chimiques qui permettent de détecter la présence des composés.

Les groupes phytochimiques sont nombreux, mais on peut citer les principaux : les alcaloïdes, les polyphénols (flavonoïdes, anthocyanes, tannins), les saponosides, les stéroïdes, les coumarines, les stérols, les terpènes...etc.

- **Préparation des extraits**

Tous les échantillons de tomates cerises fraîches sont traités de la même façon. Nous avons utilisés quatre solvants de différente polarité afin de comparer les effets de chacun d'eux. Nous avons pesé 3g de chaque échantillon frais (nous avons donc obtenus 16 échantillons).

Les solvants utilisés sont l'eau distillée, l'éthanol, l'éther de pétrole et le chloroforme. Dans des flacons séparés, nous avons ajouté à chaque échantillon 50ml de chaque solvant. Ces flacons ont été laissés au repos pendant 2 heures à l'abri de l'ombre et filtrés ensuite sous vide à l'aide d'un papier filtre Wattman n° 1 [1,2], la figure suivante illustre une perspective claire de l'échantillonnage (figure III-3 et figure III-4).



**Figure III.3 :** Plan d'échantillonnage pour le criblage phytochimique



**Figure III. 4 :** *Exemple d'échantillonnage de la tomate cerise orange*

Les filtrats préparés ont été utilisés pour le criblage phytochimique en vue d'une étude plus détaillée.

- **Tests phytochimiques**

**A/Recherche des flavonoïdes**

❖ **Test de Shinoda**

Une petite quantité de l'extrait est dissoute dans 1 mL d'acide chlorhydrique (HCl) concentré et on n'y additionne quelques copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration allant de l'orange au rouge pourpre indique une réaction positive aux flavonoïdes [3].

❖ **Test de NaOH**

Chaque extrait est préparé en prenant 1 ml et en ajoutant quelques gouttes de soude (NaOH). La présence d'un brun jaunâtre montre la présence de flavonoïdes [4].

**B/Recherche des tannins**

On a ajouté un 1 ml de l'extrait aqueux à 10 ml d'eau distillée. On ajoute ensuite 3 gouttes de trichlorure de Fer ( $\text{FeCl}_3$ ) à une teneur de 1%. La présence des tanins galliques et catéchiques est indiquée par un précipité bleu-noir ou vert, respectivement [5].

**C/Recherche des coumarines**

2 ml de chaque filtrat sont prélevés, puis 3 ml de NaOH à 10% sont ajoutés. La présence d'une couleur jaune indique la présence de coumarines [6].

#### **D/Recherche des saponines**

Dans un tube à essai, sur quelques gouttes d'eau distillée on ajoute à 1 ml de l'extrait aqueux. La solution a été agitée avec force et l'émergence d'une mousse stable et persistante pendant 2 minutes témoigne de la présence des saponines [7].

#### **E/Recherche des sucres réducteurs**

Un mélange de 5 ml d'extrait a été ajouté à un volume de liqueur de Fehling et ensuite il a été chauffé à 100 °C sur un bec Bunsen ou un bain-marie. Un résultat positif est signalé par l'apparition d'un précipité rouge brique [8].

#### **F/Recherche des glycosides**

Dans un tube à essai, on verse 1 ml de chaque filtrat, puis on ajoute 0,4 ml d'acide acétique, une goutte de chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) et quelques gouttes d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré. Une coloration en forme d'anneau marron montre la présence de glycosides [9].

#### **G/Recherche des stérols et terpènes**

##### **❖ Test de Salkowski**

Une quantité de 2 ml d'extrait a été combinée avec 2 ml de chloroforme, puis 2 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré, ajoutée le long du côté du tube à essai. La présence des terpénoïdes est détectée par une teinte marron de l'interface [10].

##### **❖ Test de Liebermann-Burchard**

1 ml d'anhydride acétique est ajouté à 1 ml de chaque filtrat, puis quelques gouttes d'acide sulfurique concentré sont ajoutées (réaction de Liebermann). L'apparition d'un cercle rouge signale la présence des triterpènes, tandis que l'apparition d'un vert signale la présence de Les stérols [6,7].

#### **H/Recherche des alcaloïdes**

##### **❖ Test de Dragendrof**

On utilise 1 ml de chaque filtrat et on ajoute quelques gouttes de réactif de dragendrof à chaque tube. La présence d'un précipité rouge-orangé signale la présence des alcaloïdes.

#### ❖ **Test de Mayer**

1ml de chaque extrait a été ajouté à quelques gouttes de réactif de Mayer (5g de KI et 1,36g de HgCl<sub>2</sub> qui ont été dissous dans 100 ml d'eau distillée). La formation d'un précipité de couleur blanc jaunâtre est un signe de la présence d'alcaloïdes.

#### ❖ **Test de FeCl<sub>3</sub>**

On a ajouté une goutte de chaque extrait à quelques gouttes de solution de chlorure ferrique. Un précipité jaune est à l'origine de la présence d'alcaloïdes.

#### ❖ **Test de Wagner :**

On a mélangé 1 ml de chaque extrait avec des quantités équivalentes de réactif de Wagner (2 g de KI et 1,27 g d'I<sub>2</sub> dissous dans 100 ml d'eau distillée). Un précipité brun rouge est la preuve de la présence d'alcaloïdes [11].

### **III.2.2. Extraction et dosage des composés phénoliques**

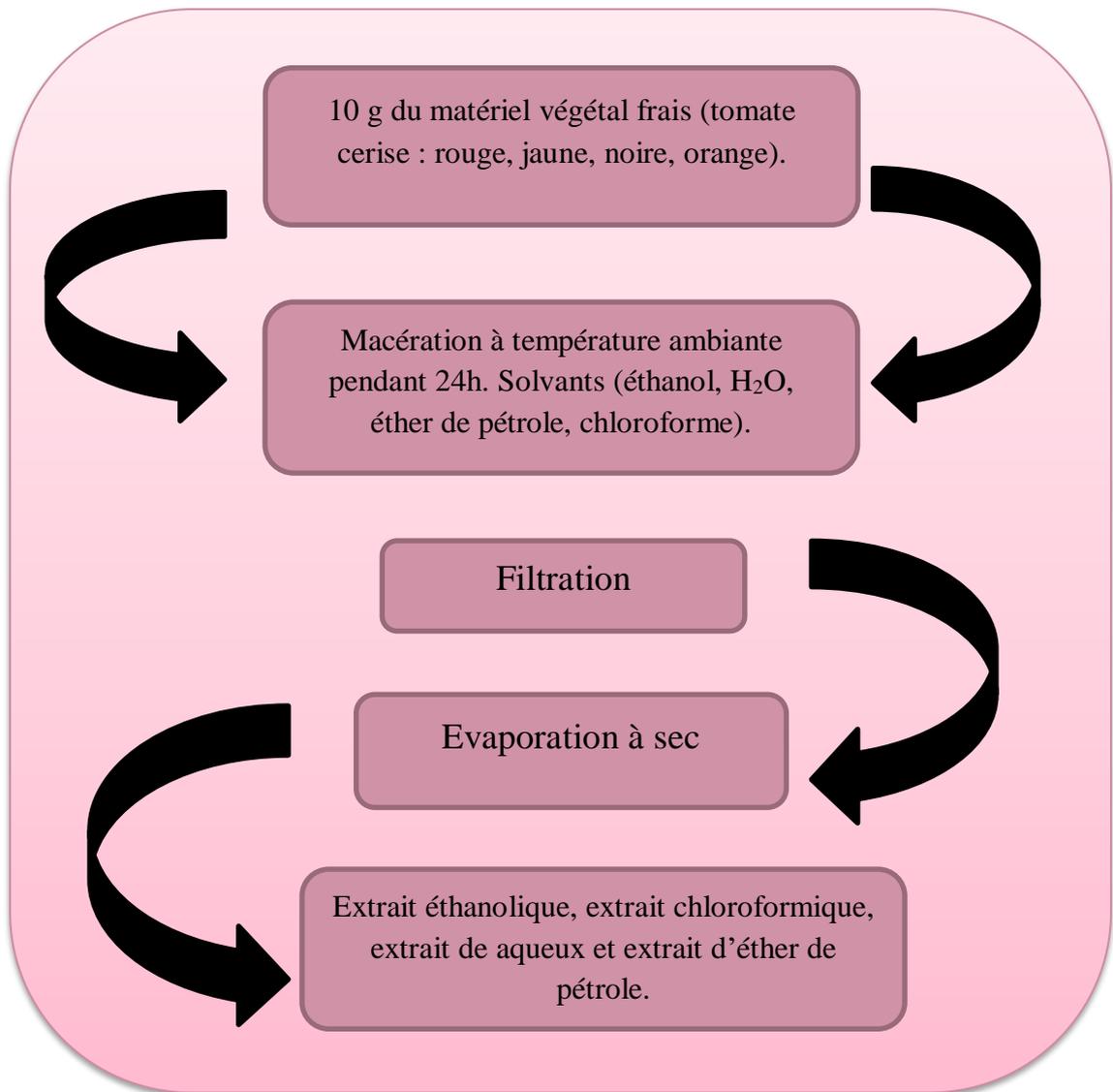
- **Extraction par macération**

- ❖ **Principe**

La macération est la méthode d'extraction solide-liquide la plus simple. Cela nécessite que le matériel végétal entre en contact avec le solvant, que ce soit sans ou avec agitation. Bien que cette opération soit généralement longue et souvent peu efficace, elle est souvent utilisée dans ce cas. Afin d'obtenir des molécules qui sont thermosensibles [12].

- ❖ **Mode opératoire**

10g de tomate cerise fraîche (rouge, jaune, orange et noire) sont mises à macérer séparément dans des béchers, en utilisant deux solvants polaires (éthanol et H<sub>2</sub>O) et deux solvants non polaires (éther de pétrole et chloroforme), pendant 24 heures à température ambiante. La filtration est réalisée sur papier filtre. Le filtrat de chaque échantillon est versé à chaque fois dans un ballon (solvant et matière solubilisées) et ensuite évaporé à sec à l'aide d'un évaporateur rotatif muni d'une pompe à vide à une température de 60 °C pour éliminer tous les solvants (éthanol, H<sub>2</sub>O, éther de pétrole et chloroforme). Pour chaque échantillon, on a obtenu quatre extraits secs à analyser. On les a pesés avec soin afin de quantifier leurs masses d'extraction. Le protocole d'extraction est résumé dans la figure III.5



**Figure III.5 :** *Protocole d'extraction par macération*

- **Détermination du rendement d'extraction**

Le rendement d'extraction est exprimé en pourcentage massique par rapport à la quantité de matière sèche selon la formule :

$$R(\%) = (m_0/m_1) \times 100\%$$

R % : Rendement des extraits.

$m_1$  : Masse de l'extrait sec obtenu exprimée en g.

$m_0$  : Masse initial de l'organe de la plante séché exprimée en g.

### III.2.3. Dosage des polyphénols totaux

#### ❖ Principe

La méthode de dosage repose sur la combinaison du réactif de Folin-Ciocalteu avec les composés phénoliques contenu dans le matériel végétal [13], où la réduction de l'acide phosphotungstique et de l'acide phosphomolybdique du réactif Folin-Ciocalteu par les polyphénols. Lorsque les polyphénols de l'échantillon sont exposés à un milieu alcalin, ils se colorent de bleu foncé en raison de la formation d'oxydes métalliques. L'intensité de ces oxydes est proportionnelle à la quantité de composés phénoliques présents dans les échantillons. La mesure de cette coloration est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre [14].

#### ❖ Mode opératoire

- ✓ À 500 µl de l'extrait de chaque échantillon, nous avons ajouté 2500 µl de réactif de **Folin-ciocalteu**
- ✓ 2000 µl  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  à 7,5% sont ensuite ajoutés ;
- ✓ Le mélange bien agité est incubé à l'obscurité pendant 30 min;
- ✓ La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc à **765 nm** au spectrophotomètre UV Visible.
- ✓ La gamme d'étalonnage est constituée par différentes concentrations d'acide gallique est préparée comme suit :
- ✓ Une solution mère d'**acide gallique** de concentration de **0,3 mg/ml** a été préparée dans méthanol ;
- ✓ À partir de cette solution mère, nous avons préparé des dilutions filles suivantes : **0,03 – 0,06 – 0,09 – 0,12 – 0,15 – 0,18 – 0,21-0,24-0,27-0,3 mg/ ml** ;
- ✓ Puis 500 µl de chaque dilution sont traités, avec la même procédure que celle des échantillons



**Figure III. 6:** Gamme d'étalonnage des polyphénols totaux.



**Figure III. 7 : Spectrophotomètre UV-Visible**

❖ **Expression des résultats :**

Les teneurs des polyphénols totaux sont exprimées en mg EAG/g en utilisant l'équation ci-dessus, déduite de la courbe d'étalonnage :

$$y = 10,636x - 0,0568$$

Où :

y : Absorbance mesurée à 765 nm.

x : Concentration en polyphénols totaux exprimées en mg/ml.

## Références bibliographiques

- [1] Ara, I., Kalam, MA, Maqbool, M. et Zehravi, M.2021. Étude de standardisation phytochimique et anti-anxiété (Izterab-e-Nafsani) d'Aftimoon Hindi (CuscutareflexaRoxb.) sur un modèle animal. CELLMED , 11 (3), 14-1.
- [2] De, S., Dey, Y. N., &Ghosh, A. K.2010. Phytochemical investigation and chromatographic evaluation of the different extracts of tuber of Amorphaphalluspaeoniifolius (Araceae). Int J Pharm Biol Res, 1(5), 150-7.
- [3] Najaa'Mokhtar, A.2011. Teknik Pengamalan Khalwahdalam Tariqah di Malaysia. AL-'ABQARI: Journal of Islamic Social Sciences and Humanities.
- [4] Archana P., Samatha T., Mahitha B., Ramaswamy N., 2012. Preliminary phytochemical screening from leaf and seed extracts of Senna alataL.Roxb-an Ethnomedicinal plant. Journal of pharmaceutical and biological research.Vol(3). P, 82- 85.
- [5]Karumi, Y., Onyeyili, P.A. et Ogugbuaja, V.O. 2004. Identification of Active Principles of M. balsamina (Balsam Apple) Leaf Extract », Journal of Medical Sciences, 4(3), p. 179-182.doi:10.3923/jms.2004.179.182 .
- [6]Savithamma N., Linga Rao M., Suhrulatha D. 2011. Screening of medicinal plants for secondary metabolites. Journal of Scientific Research.Vol(8). P,580-581.
- [7] Maria R., Shirley M., Xavier C., Jaime S., David V., Rosa S., Jodie D. 2017. Preliminary phytochemical screening, total phenolic content and antibacterialactivity of thirteen native species from Guayas province Ecuador.J. King SaudUniv – Sci.
- [8]Fehling, H. 1849. The quantitative determination of sugar and starch flour by means of copper sulfate », Annu. Chem. Pharm., 72, p. 106–113.
- [9] Archana, P., Samatha, T., Mahitha, B., Chamundeswari, C., &Ramaswamy, N. 2012. Preliminary phytochemical screening from leaf and seed extracts of Senna alata L. Roxb-an ethnomedicinalplant.
- [10] Ayoola, GA, Coker, HA, Adesegun, SA, Adepoju-Bello, AA, Obaweya, K., Ezennia, EC etAtangbayila, TO. 2008. Criblage phytochimique et activités antioxydantes de certaines plantes médicinales sélectionnées utilisées pour le traitement du paludisme dans le sud-ouest du Nigéria. *Revue tropicale de recherche pharmaceutique* , 7 (3), 1019-1024.
- [11]Guediri, I., Boubekri, C. et Smara, O. 2020. Criblage phytochimique préliminaire à partir de différents extraits de la plante Solanumnigrum poussant dans le sud de l'Algérie. *Journal des sciences fondamentales et appliquées* , 12 (2), 624-633.
- [12]Leybros, J., &Frémeaux, P. 1990. Extraction solide-liquide. I. Aspects théoriques. *Techniques de l'ingénieur. Génie des procédés*, 2, J2780-1.

[13]Brune, M., Hallberg, L., & SKÅNBERG, A. B. 1991. Determination of iron-binding phenolic groups in foods. *Journal of Food Science*, 56(1), 128-131.

[14] Folin, O. et Ciocalteu, V. 1927. Sur les déterminations de la tyrosine et du tryptophane dans les protéines. *J. biol. Chem* , 73 (2), 627-650.

*CHAPITRE IV*  
*« RESULTATS ET*  
*DISCUSSION »*

## Chapitre IV : Résultats et discussion

### IV.1. Criblage phytochimique

Le criblage phytochimique a été effectué afin de déterminer si des composés tels que les polyphénols, alcaloïdes, quinones, flavonoïdes, saponines, tanins stéroïdes, les coumarines....etc sont présents ou non dans les différents extraits bruts. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration avec des réactifs spécifiques.

Les tableaux suivants (**tableaux IV.1, IV.2, IV.3 et IV.4**) Il a été démontré que les solvants polaires et apolaires ont un impact significatif sur la composition phytochimique des métabolites secondaires, principalement en raison de la nature polaire et non polaire des solvants. Une combinaison adéquate de la polarité entre le solvant et le métabolite permet de réussir l'extraction à certains égards grâce à des solvants sélectionnés [1] et des matières végétales.

#### IV.1.1. Criblage phytochimique des extraits de la tomate cerise rouge

Les résultats du criblage phytochimique effectué sur les extraits de la tomate cerise rouge macérés dans les 4 solvants (l'éthanol, eau distillée, chloroforme et éther de pétrole) sont rassemblés dans le **tableau IV.1** suivant :

**Tableau IV. 1 : Criblage des extraits de la tomate cerise rouge**

Extrait	Test	Ethanol	H <sub>2</sub> O	CHCl <sub>3</sub>	Ether de pétrole
Alcaloïdes	Mayer	+	-	-	++
	Wagner	+	++	+	+
	FeCl <sub>3</sub>	++	+	-	+
	Dragendrof	++	+	+	-
Flavonoïdes	Shinoda	-	-	++	-

	<b>NaOH</b>	+	+	-	+
Tannins		++	+	-	+
Coumarines		+	+	+	-
Saponines		-	-	-	-
Stérols et terpènes	<b>Salkowski</b>	+	+	+++	+
	<b>Liebermann Burchard</b>	-	-	+	-
Les Métabolites primaires	<b>Sucres réducteurs</b>	++	+	+++	-
	<b>Glycosides</b>	-	+	-	-

(-) Absence ; (+) Présence ; (++) Présence forte ; (+++) Présence très forte

#### ❖ Interprétation des résultats

On a utilisé deux tests différents pour la détection des flavonoïdes dans tous les extraits, qui sont le test de Shinoda et le test de NaOH, les résultats indique la présence des flavonoïdes dans tous les extraits sauf pour les extraits des chloroforme et cela en utilisant le test de NaOH et en utilisant le test de Shinoda on a obtenu l'inverse de ce résultat. la présence des tanins dans tous les extraits sauf l'extraits du chloroforme et l'absence des coumarines dans l'extrait éther de pétrole. L'absence des saponines dans tous les extraits. La présence des sucres réducteurs dans tous les extraits sauf dans l'éther de pétrole, l'absence des glycosides dans tous les extraits sauf dans l'extrait aqueux .Concernant les stérols et les terpènes, on a utilisé deux tests qui sont test de Libermann Burchard et test de Salkowski, on a constaté l'absence des terpènes dans tous les extraits sauf dans l'extrait chloroforme et cela en utilisant le 1<sup>er</sup> test et pour le 2<sup>ème</sup> test ils sot présents dans tous les extraits. pour la détection des

alcaloïdes, on a utilisé quater tests : test de Mayer et de Dragendrof , test de FeCl<sub>3</sub> et le test dewagner, en rassemblant les résultats on a constaté la diversité des résultats.

#### IV.1.2. Criblage phytochimique des extraits de la tomate cerise jaune

Les résultats du criblage phytochimique effectué sur les extraits de la tomate cerise jaune sont rassemblés dans le tableau IV.2 suivant :

**Tableau IV. 2 : Criblage des extraits de la Tomate cerise jaune**

Extrait		Ethanol	H <sub>2</sub> O	CHCl <sub>3</sub>	Ether de pétrole
Test					
Alcaloïdes	<b>Mayer</b>	+	+	+	++
	<b>Wagner</b>	++	+	+	+
	<b>FeCl<sub>3</sub></b>	++	+	+	+
	<b>Dragendrof</b>	++	+	+	+
Flavonoïde	<b>Shinoda</b>	-	-	-	-
	<b>NaOH</b>	+++	++	+	-
Tannins		+	++	-	-
Coumarines		+++	++	+	-
Saponines		-	++	-	-
Stérols et terpènes	<b>Salkowski</b>	-	-	-	-

	<b>Liebermann Burchard</b>	-	-	+	-
Les Métabolites primaires	<b>Sucres réducteurs</b>	++	+	+	-
	<b>Glycosides</b>	-	+	-	-

(-) Absence ; (+) Présence ; (++) Présence forte ; (+++) Présence très forte

#### ❖ Interprétation des résultats

On a utilisé deux tests différents pour la détection des flavonoïdes dans tous les extraits, qui sont le test de Shinoda et le test de NaOH, le test de NaOH a donné des résultats positifs sauf le l'extrait éther de pétrole. Concernant les coumarines et les sucres réducteurs les résultats sont positifs sauf dans l'éther de pétrole, et aussi la présence des saponines et des glycosides est constaté uniquement dans l'eau distillée.

L'absence des tanins dans tous les extraits sauf dans le chloroforme et l'éther de pétrole. Concernant les stérols et les terpènes, on a utilisé deux tests qui sont test de Liebermann Burchard et et test de Salkowski, on a constaté l'absence des stérols et terpènes dans tous les extraits, en utilisant le 2<sup>ème</sup> test et l'absence des terpènes dans tous les extraits sauf dans le chloroforme en utilisant le 1<sup>er</sup> test. pour la détection des alcaloïdes, on a utilisé quater tests : on a constaté les présences des alcaloïdes dans tous les extraits.

#### IV.1.3. Criblage phytochimique des extraits de la tomate cerise orange

Les résultats du criblage phytochimique effectué sur les extraits de la tomate cerise orange sont rassemblés dans le tableau IV.3 suivant.

**Tableau IV. 3 : Criblage des extraits de la tomate cerise orange**

Extrait	Test	Ethanol	H <sub>2</sub> O	CHCl <sub>3</sub>	Ether de pétrole
Alcaloïdes	<b>Mayer</b>	+	-	-	++
	<b>Wagner</b>	+	++	+	+

	<b>FeCl<sub>3</sub></b>	+	+	+	+
	<b>Dragendrof</b>	++	+	+	-
Flavonoïdes	<b>Shinoda</b>	-	-	+	-
	<b>NaOH</b>	+++	+	+	++
Tannins		-	+	-	-
Coumarines		++	+	-	++
Saponines		--	+	++	+
Stérols et terpènes	<b>Salkowski</b>	-	-	-	-
	<b>Liebermann Burchard</b>	-	+	++	+
Les Métabolites primaires	<b>Sucres réducteurs</b>	+++	++	+	+++
	<b>Glycosides</b>	-	+	-	-

(-) Absence ; (+) Présence ; (++) Présence forte ; (+++) Présence très forte

#### ❖ Interprétation des résultats

On a utilisé deux tests différents pour la détection des flavonoïdes dans tous les extraits, qui sont le test de Shinoda et le test de NaOH, les résultats indiquent la présence des flavonoïdes dans tous les extraits en utilisant le test de NaOH. Concernant les coumarines la présence dans tous les extraits sauf dans le chloroforme, la présence des sucres réducteurs

dans tous les extraits, la présence des glycosides et des tanins dans sauf dans les extraits de l'eau distillé.

La présence saponines dans tous les extraits sauf dans l'éthanol. Concernant les stérols, on a utilisé deux tests qui sont test de Libermann Burchard et test de Salkowski, on a constaté l'absence des stérols dans tous les extraits, la présence des terpènes dans tous les extraits sauf dans l'éthanol. Pour la détection des alcaloïdes, on a constaté que leurs présences été différentes d'un test à l'autre.

#### IV.1.4. Criblage phytochimique des extraits de la tomate cerise noire

Les résultats du criblage phytochimique effectué sur les extraits de la tomate cerise noire macérés dans les 4 solvants (l'éthanol, eau distille, chloroforme et éther de pétrole) sont rassemblés dans le tableau IV.4 suivant.

**Tableau IV. 4 : Criblage des extraits de la tomate cerise noire**

Extrait		Ethanol	H <sub>2</sub> O	CHCl <sub>3</sub>	Ether de pétrole
Alcaloïdes	<b>Mayer</b>	+	+	-	++
	<b>Wagner</b>	+	+	+	++
	<b>FeCl<sub>3</sub></b>	+	+	+++	++
	<b>Dragendrof</b>	++	+	+	+
Flavonoïdes	<b>Shinoda</b>	-	-	+	-
	<b>NaOH</b>	++	+	-	+++
Tannins		-	-	-	-
Coumarines		++	+	-	+++
Saponines		-	+	-	-

Stérols et terpènes	<b>Salkowski</b>	-	-	-	-
	<b>Liebermann Burchard</b>	+	-	-	-
Les Métabolites primaires	<b>Sucres réducteurs</b>	+	++	+++	-
	<b>Glycosides</b>	-	+	-	-

(-) Absence ; (+) Présence ; (++) Présence forte ; (+++) Présence très forte

#### ❖ Interprétation des résultats

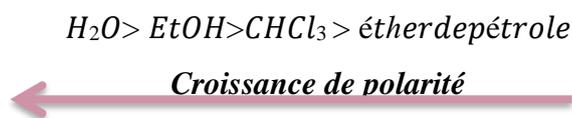
On a utilisé deux tests différents pour la détection des flavonoïdes dans tous les extraits, qui sont le test de Shinoda et le test de NaOH, les résultats indiquent l'absence des flavonoïdes dans l'extrait chloroforme en utilisant le test de NaOH, contrairement au test de Shinoda.

L'absence des tanins dans tous les extraits, concernant les coumarines la présence dans tous les extraits sauf dans le chloroforme , et aussi la présence des saponines uniquement dans l'eau distillé, la présence des sucres réducteurs dans tous les extraits sauf dans l'éther de pétrole et aussi l'absence des glycosides dans tous les extraits sauf dans l'eau distillée.

Concernant les stérols, on a utilisé deux tests qui sont test de Libermann Burchard et le test de Salkowski, on a constaté l'absence des stérols dans tous les extraits, la présence des terpènes uniquement dans l'eau distillée. Pour la détection des alcaloïdes, Pour la détection des alcaloïdes, on a constaté que leurs présences été différentes d'un test à l'autre.

Comme nous pouvons le constater, les tests d'alcaloïdes ont montré une présence significative dans presque tous les extraits.

Ces résultats justifient l'affirmation de l'effet de polarité des solvants sur la composition des extraits.



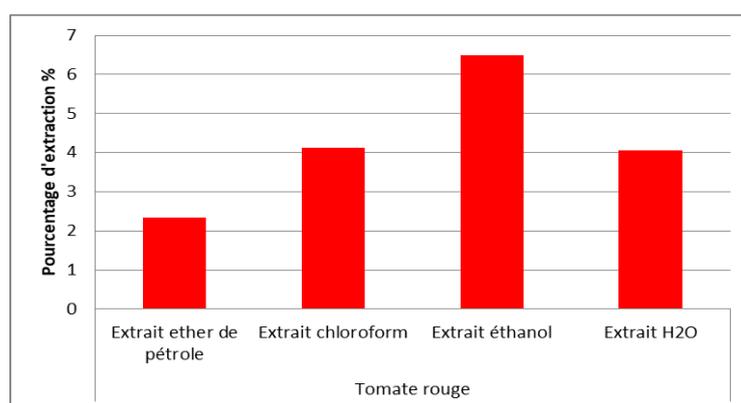
#### IV.2. Rendement des extraits par macération (effet du solvant)

Les extraits ont été macérés avec des solvants polaires, de l'eau et de l'éthanol, ainsi qu'avec des solvants apolaires, du chloroforme et de l'éther de pétrole. Il a été observé que les résultats sont variés et interprètent les effets des solvants.

Les résultats sont illustrés dans les tableaux **IV.5** jusqu'à **IV.8**, et dans les figures **IV.1** jusqu'à **IV.4** :

**Tableau IV. 5 : Rendement des extraits de La Tomate cerise rouge**

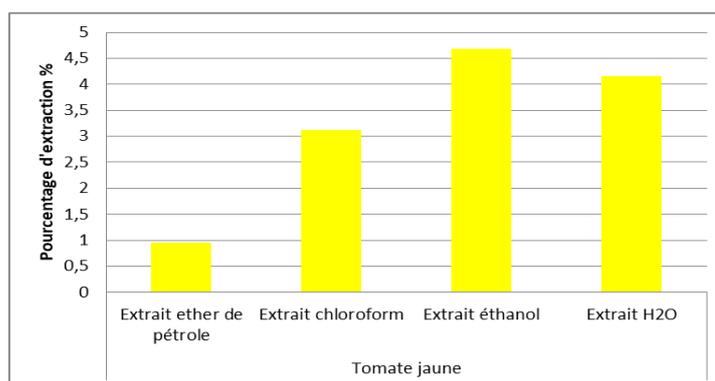
Solvant	Masse initiale (g)	Masse finale (g)	Rendement (%)
CHCl <sub>3</sub>	10	0.412	4.12
Ethanol	10	0.650	6.50
H <sub>2</sub> O	10	0.406	4.06
Ether de pétrole	10	0.235	2.35



**Figure IV. 1 : Rendement des extraits de la tomate cerise rouge**

**Tableau IV. 6 : Rendement des extraits de la tomate cerise jaune**

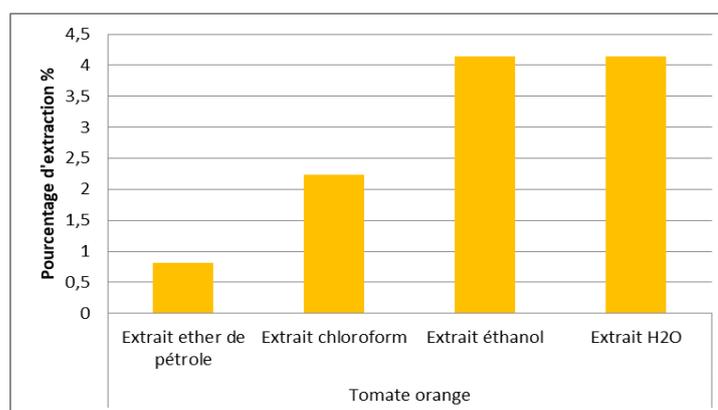
Solvant	Masse initiale (g)	Masse finale (g)	Rendement (%)
CHCl <sub>3</sub>	10	0.312	3.12
Ethanol	10	0.469	4.69
H <sub>2</sub> O	10	0.415	4.15
Ether de pétrole	10	0.096	0.96



**Figure IV. 2 : Rendement des extraits de la tomate cerise jaune**

**Tableau IV. 7 : Rendement des extraits de a tomate cerise orange**

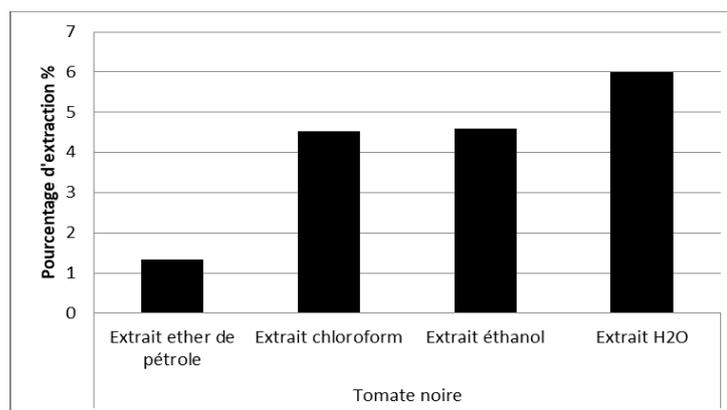
Solvant	Masse initiale (g)	Masse finale (g)	Rendement (%)
CHCl <sub>3</sub>	10	0.224	2.24
Ethanol	10	0.414	4.14
H <sub>2</sub> O	10	0.414	4.14
Ether depétrole	10	0.082	0.82



**Figure IV. 3 : Rendement des extraits de la tomate cerise orange**

**Tableau IV. 8 : Rendement des extraits de La Tomate cerise Noire**

Solvant	Masse initiale (g)	Masse finale (g)	Rendement (%)
CHCl <sub>3</sub>	10	0.453	4.53
Ethanol	10	0.460	4.60
H <sub>2</sub> O	10	0.599	5.99
Ether de pétrole	10	0.134	1.34



**Figure IV.4 : Rendement des extraits de la tomate cerise noire**

#### ❖ **Interprétation des résultats**

##### **Les extraits de chloroforme**

Il est très clair que les valeurs de rendement d'extraction entre les différents extraits la tomate cerise ne sont pas les même. La plus grande valeur revient au tomate cerise noire (4.53%) suivi par le tomate cerise rouge (4.12%), et après la tomate cerise jaune (3.12%) en dernier les extraits de la tomate cerise orange (2,24 %).

##### **Les extraits de l'éthanol**

Il est très clair que les valeurs de rendement d'extraction entre les différents extraits la tomate cerise ne sont pas les même. La plus grande valeur revient à la tomate cerise rouge (6.50%) suivi par la tomate cerise jaune (4.69%), et après la tomate cerise noire (4.60%) en dernier les extraits de la tomate cerise orange (4.14 %).

##### **Les extraits d'eau**

Il est très clair que les valeurs de rendement d'extraction entre les différents extraits la tomate cerise ne sont pas les même. La plus grande valeur revient au tomate cerise noire

(5.99%) suivi par le tomate cerise jaune (4.15%), et après sa le tomate cerise orange (4.14%) en dernier les extraits de la tomate cerise rouge (4.06 %).

### **Les extraits de l'éther de pétrole**

Il est très clair que les valeurs de rendement d'extraction entre les différents extraits la tomate cerise ne sont pas les même. La plus grande valeur revient au tomate cerise rouge (2.35%) suivi par le tomate cerise noire(1.34%), et après sa le tomate cerise jaune (0.96%) en dernier les extraits de la tomate cerise orange (0.82 %).

La diversité et la différence entre les résultats est associée à la polarité des solvants et à la nature des métabolites dissous,

### **IV.3. dosage des polyphénols totaux**

La teneur en polyphénols totaux a été estimée par la méthode colorimétrique de Folin Ciocalteu, C'est l'une des méthodes les plus anciennes conçue pour déterminer la teneur en polyphénols totaux des plantes médicinales et des nourritures. L'acide gallique est le standard employé le plus souvent dans cette méthode.

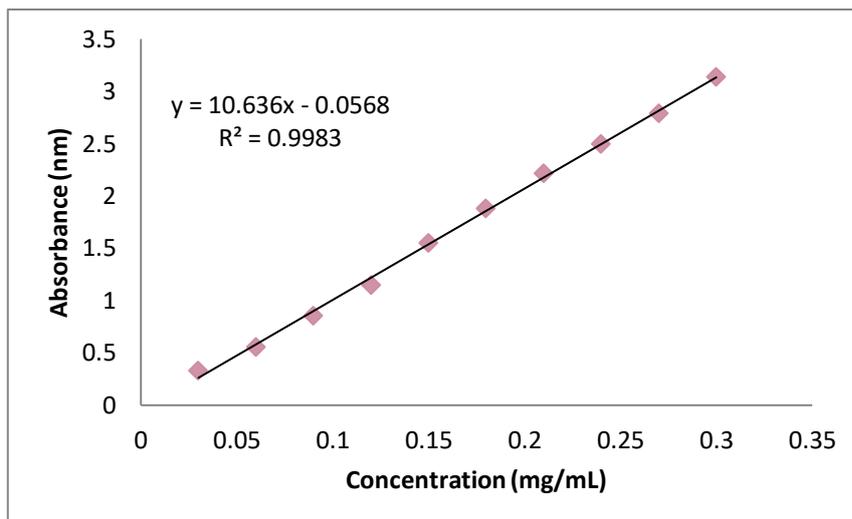
En utilisant un graduant de concentration allant de 0.03 à 0.3 (mg/ml), pour l'acide gallique, on a obtenu les valeurs des absorbances correspondantes (tableau IV.9) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis, les résultats obtenus sont représentés par une courbe d'étalonnage (figure IV.5). L'équation linéaire obtenue à partir de cette courbe est :

$$Y = 10.636 X - 0,0568.$$

Et l'indice  $R^2 = 0.9983$

**Tableau IV. 9 : Valeurs de calibrage par acide gallique**

<b>C(mg/ml)</b>	<b>0.03</b>	<b>0.06</b>	<b>0.09</b>	<b>0.12</b>	<b>0.15</b>	<b>0.18</b>	<b>0.21</b>	<b>0.24</b>	<b>0.27</b>	<b>0.3</b>
<b>A(nm)</b>	<b>0.33</b>	<b>0.56</b>	<b>0.86</b>	<b>1.15</b>	<b>1.55</b>	<b>1.88</b>	<b>2.22</b>	<b>2.5</b>	<b>2.791</b>	<b>3.14</b>

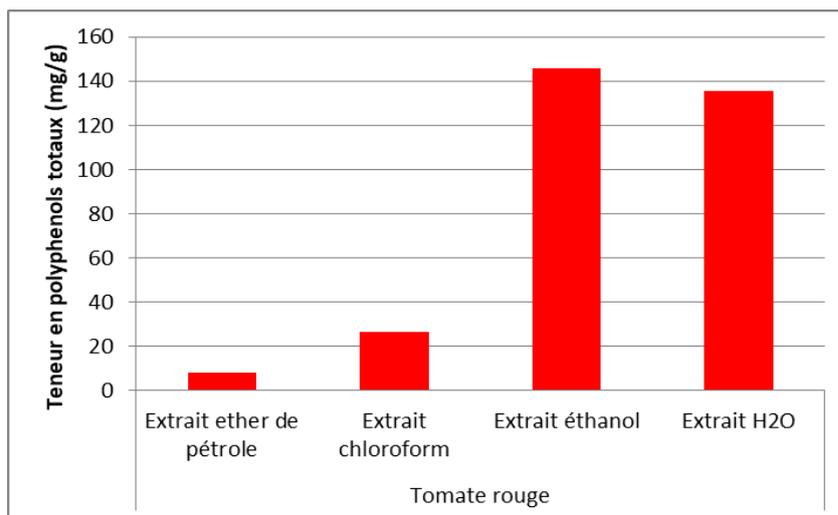


**Figure IV. 5: courbe d'étalonnage de l'acide gallique**

Les concentrations des polyphénols totaux dans les 4 solvants (l'éthanol, eau distille, chloroforme, éther de pétrole) sont calculées à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique ( $Y = 10.636X - 0.0568$ ). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique par un gramme de l'extrait (mg EAG/g d'extrait). Ces résultats ont permis de donner des estimations sur les quantités des polyphénols totaux contenus dans les échantillons de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*. ((tableau IV.10, tableau IV.13). Les figures (IV.6, IV.9) représentent ces résultats.

**Tableau IV. 10 : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise rouge**

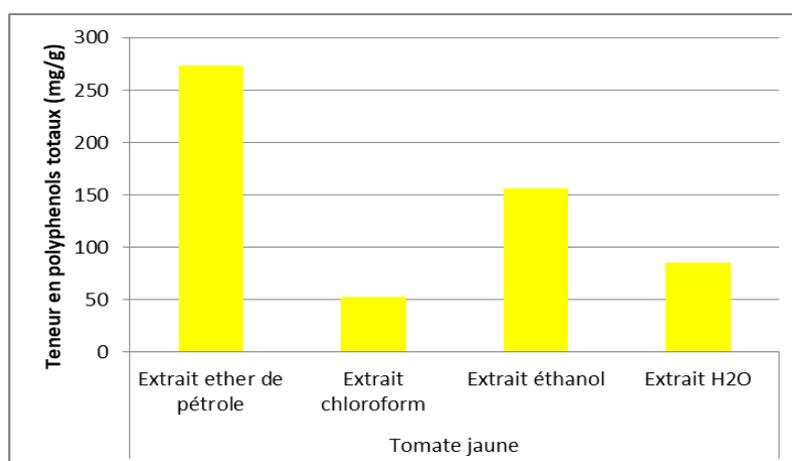
Solvant	Tomate cerise rouge			
	CHCl <sub>3</sub>	Ethanol	H <sub>2</sub> O	Ether de pétrole
Concentration (mg/ml)	1	1	1	1
Absorbance (nm)	0.225	1.494	1.385	0.026
Polyphénols totaux (mg EAG/g)	26.49	145.81	135.56	7.78



**Figure IV. 6 : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise rouge**

**Tableau IV. 11: Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise jaune**

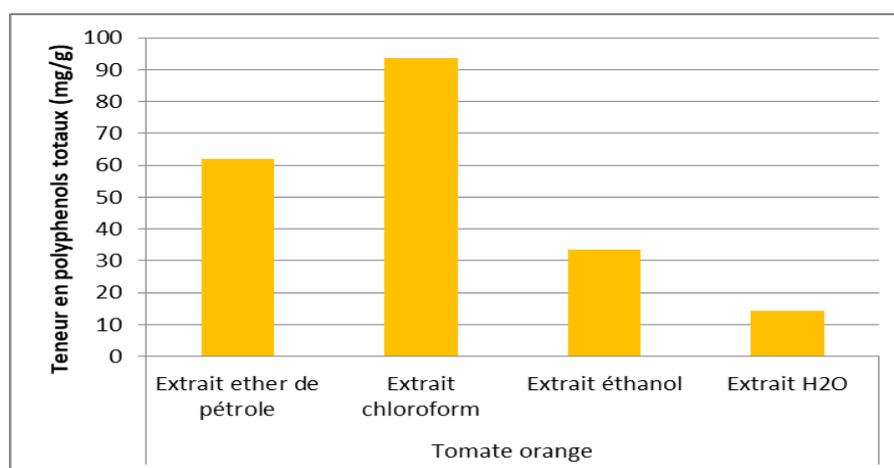
Solvant	Tomate cerise jaune			
	CHCl <sub>3</sub>	Ethanol	H <sub>2</sub> O	Ether de pétrole
Concentration (mg/ml)	1	1	1	1
Absorbance (nm)	0.495	1.607	0.849	2.849
Polyphénols totaux (mg EAG/g)	51.88	156.43	85.16	273.204



**Figure IV. 7 : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise jaune**

**Tableau IV. 12: Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise orange**

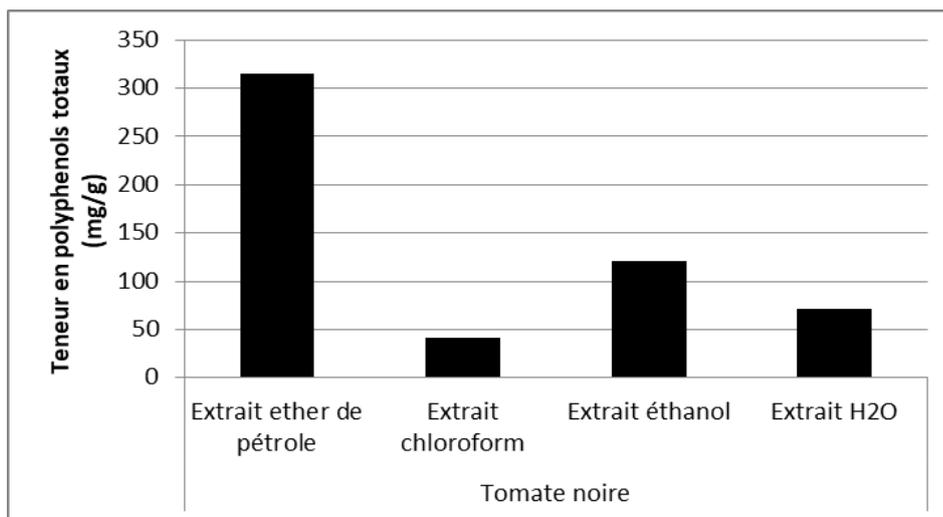
Solvant	Tomate cerise orange			
	CHCl <sub>3</sub>	Ethanol	H <sub>2</sub> O	Ether de pétrole
Concentration (mg/ml)	1	1	1	1
Absorbance (nm)	0.939	0.298	0.095	0.603
Polyphénols totaux (mg EAG/g)	93.63	33.36	14.27	62.03



**Figure IV. 8 : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise orange**

**Tableau IV. 13: Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise noire**

Solvant	Tomate cerise noire			
	CHCl <sub>3</sub>	Ethanol	H <sub>2</sub> O	Ether de pétrole
Concentration (mg/ml)	1	1	1	1
Absorbance (nm)	0.381	1.235	0.708	3.300
Polyphénols totaux (mg EAG/g)	41.16	121.46	71.91	315.61



**Figure IV. 9 : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits de la tomate cerise noire**

❖ **Interprétation des résultats**

D'après les résultats obtenus, il est évident que tous les extraits testés contiennent des polyphénols, mais avec des concentrations différentes.

- **Les extraits de chloroforme**

La teneur en polyphénols totaux est variables selon les différentes variétés de la tomate cerise, on peut constater que la teneur la plus élevée en polyphénols totaux revient à l'extrait de la tomate cerise orange (**93.63 mg EAG/g**) suivi par l'extrait de la tomate cerise jaune (**51.88mg EAG/g**), suivi par l'extrait de la tomate cerise noire (**41.16 mg EAG/g**), et finalement l'extrait de la tomate cerise rouge (**26.49mg EAG/g**) successivement.

- **Les extraits d'éthanol**

La teneur en polyphénols totaux est variables selon les différents variétés de la tomate cerise, on peut constater que la teneur la plus élevée en polyphénols totaux revient à l'extrait de la tomate cerise jaune (**156.43 mg EAG/g**) suivi par l'extrait de la tomate cerise rouge (**145.81 mg EAG/g**), suivi par l'extrait de la tomate noire (**121.46 mg EAG/g**), et finalement l'extrait de la tomate cerise orange (**33.36mg EAG/g**).

- **Les extraits d'eau**

La teneur en polyphénols totaux est variables selon les différents variétés de la tomate cerise, on peut constater, que la teneurs la plus élevée en polyphénols totaux revient à l'extrait de la tomate cerise rouge (**135.56 mg EAG/g**) suivi par l'extrait de la tomate cerise jaune (**85.16**

**mg EAG/g**), suivi par l'extrait de la tomate cerise noire (**71.91 mg EAG/g**), et finalement l'extrait de la tomate cerise orange (**14.27mg EAG/g**) successivement.

- **Les extraits de l'éther de pétrole**

La teneur en polyphénols totaux est variables selon les différents variétés de la tomate cerise, on peut constater que la teneurs la plus élevée en polyphénols totaux revient à l'extrait de la tomate cerise noire (**315.61mg EAG/g**) suivi par l'extrait de la tomate cerise jaune (**273.204 mg EAG/g**), suivi par les extraits de la tomate cerise orange (**62.03 mg EAG/g**) et finalement l'extrait de la tomate cerise rouge (**7.78mg EAG/g**).

D'après les **tableaux (IV.10, IV.11, IV.12 et IV.13)** et ont été représentés par les **figures (IV.6, IV.7, IV.8 et IV.9)** nous concluons que pour ces variétés étudiées de la tomate cerise l'extrait qui contient plus de polyphénols totaux mais probablement apolaire c'est l'extrait de **l'éther de pétrole**.

## **Références bibliographiques**

[1] **Sadek, P. 2002.** Solvent Miscibility and Viscosity Chart. The HPLC Solvent Guide.

*CONCLUSION*

*GENERALE*

## Conclusion générale

Ce travail de recherche représente une étude expérimentale sur quatre variétés de tomate cerise : rouge, jaune, orange et noire cultivée dans la région de Mziraa-Biskra. On a évalué qualitativement et quantitativement ces différentes variétés. Qualitativement c'est-à-dire on effectuant le criblage phytochimique basé sur les tests spécifiques qui a permis de caractériser les groupes suivants : flavonoïdes, tanins, coumarines, alcaloïdes, stérols, saponines et composés réducteurs. Ces métabolites secondaires ont une grande valeur thérapeutique et médicinale vis-à-vis le stress environnemental ou oxydatif, en assurant des mécanismes de défenses aux agressions provoquant les maladies. La présence de ces composés dans les différentes variétés de la tomate cerise (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) et l'utilisation de solvants d'extraction de polarité différentes : eau, éthanol, éther de pétrole et le chloroforme a donné des résultats très variables et très distinctes, d'après leur contenu et leur présence.

L'extraction par macération des différentes variétés étudiées dans cette recherche, en utilisant 4 solvants de polarité différentes ; (l'éthanol et eau) qui sont des solvants polaires et le (chloroforme et l'éther de pétrole) qui sont des solvants apolaires, nous a permis d'obtenir des rendements différents. Les meilleurs rendements d'extraction ont été obtenus en utilisant l'éthanol comme solvant d'extraction successivement avec les pourcentage suivant concernant les variétés de tomate cerise rouge (6.50%) suivi par la tomate cerise jaune (4.69%) suivi par la tomate cerise orange (4.14%) et par contre l'eau été le meilleur solvant d'extraction concernant la variété de la tomate cerise noire (5.99%) et cela revient à la nature des composés chimiques contenus dans ces extraits et leurs concentrations.

L'estimation quantitative des polyphénols totaux dans les extraits analysés montre que tous les extraits sont riches en ces composés. La méthode utilisée pour ce dosage est la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, en utilisant un spectrophotomètre UV-Vis, et l'acide gallique comme standard ou polyphénols de référence.

La teneur en polyphénols totaux la plus élevée revient à l'extrait de l'éther de pétrole pour la tomate cerise noire (315.61 mgEAG/g) tandis que la plus petite valeur a été enregistrée pour la tomate cerise rouge (7.78 mgEAG/g). En comparant les effets de ces solvant dans une même variété on constate que les résultats été très variables et très significatifs.



## تصريح شرفي

### خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز بحث

(ملحق القرار 1082 المؤرخ في 2021/12/27)

أنا الممضي أسفله،

السيدة: هدية حليليا...

الصفة: طالب سنة ثانية ماستر كيمياء

الحامل (ة) لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 3.2.2000.117.2000.3 الصادرة بتاريخ: 2021/12/27

المسجل بكلية علوم الدقيقة وعلوم الطبيعة وعلوم الحياة... قسم: علوم الحياة...  
والمكلف بإنجاز أعمال بحث: مذكرة ماستر في الكيمياء

عنوانها: Etude Qualitative et quantitative de quelques Variétés de Solanum Lycopersicum Var. cerasi forme - Etude comparative -

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات المهنية والنزاهة الأكاديمية المطلوبة في إنجاز البحث المذكور أعلاه وفق ما ينص عليه القرار رقم 1082 المؤرخ في 2021/12/27 المحدد للقواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها.

التاريخ: 2021/12/27

إمضاء المعني بالأمر