

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département d'agronomie

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté par

**CHORFA Abir**

Pour l'obtention du diplôme de

## MASTER EN AGRONOMIE

**Spécialité : Biotechnologie Alimentaire**

THEME

**Valorisation des sous-produits de la transformation industrielle de  
la tomate :**

**Evaluation des activités antibactériennes et antioxydantes de  
l'Huile Essentielle des graines de tomates**

Soutenue Publiquement Le : 05 / 06 / 2016

DEVANT LE JURY :

Président : **BEN AKRICH**. Maitre de conférences A (université de Mostaganem)

Encadreur : **BENMILOUD**. Maitre-assistant (Université de Mostaganem)

Examineur : **BEKADA**. Professeur (Université de Mostaganem)

Thème réalisé au laboratoire de :

Hall des laboratoires de la recherche en biotechnologie Université de Khenchela

Et l'entreprise



## **Résumé :**

Cette étude a pour objectif de déterminer la composition chimique et d'évaluer l'activité antioxydante de l'huile essentielle des graines de tomates. Dans ce contexte l'extraction des huiles essentielles a été réalisée par hydrodistillation, le rendement a été voisin de 5.97 %. La composition de l'huile essentielle a été analysée par CCM, elle a permis d'identifier 03 composés majeurs. L'étude du pouvoir antioxydant de ces huiles a été réalisée par la méthode de DPPH, les résultats obtenus ont montré l'existence d'une activité antioxydante de l'huile essentielle des graines de tomates mais moins efficace que celle de la vitamine C mais elle est proportionnelle à l'augmentation de la concentration des huiles volatiles. Nous avons également essayé d'évaluer *in vitro* l'activité antibactérienne des essences extraites des graines Et d'après les résultats obtenus suite à la méthode des disques on constate que l'huile essentielle des graines de tomates a une forte activité antibactérienne surtout contre les bactéries à gram +.

**Mots clés :** graines de tomates. Huile essentielle, activité antibactérienne, activité antioxydante

## **Liste des abréviations**

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**Ca**: Calcium.

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

**CPG** : Chromatographique en Phase Gazeuse

**DPPH°**: 2,2-Diphenyl-1-PicrylHydrazyl

**FAO**: Food and Agriculture Organization

**G**: Gramme

**H** : Heure

**H.E**: Huile Essentielle

**INRA**: Institut National de la Recherche Agronomique

**ISO**: International Organization for standardization

**K**: Phosphore

**LPS**: Lipopolysaccharide

**M**: Mètre

**Mg**: Magnésium

**M.G** : Matière grasse

**Min** : Minute

**ml** : Millilitre

**mm** : Millimètre

**MS** : Matière sèche

**P** : Potassium

**pH** : Potentiel d'Hydrogène

**RESALA**: Laboratoire de Recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation

**µl**: Microlitre

**°C** : Degré Celsius

# Sommaire

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

**Introduction.....1**

## **Partie N°1 : Revue Bibliographique**

### **Chapitre I : Aperçu sur la tomate**

1. Généralité .....	3
1.2 Bref Historique.....	3
1.3 Définition .....	3
1.4 Présentation botanique .....	3
1.5 Composition biochimique .....	4
1.6 Situation économique .....	5
1.6.1 Production mondiale .....	5
1.6.2 Production en Algérie .....	6
2. Technologie de la transformation de la tomate.....	7
2.1. Industrie de la conserve .....	7
2.2. Technologie de la fabrication de tomates concentrée .....	7
2.3. Produits à base de tomates .....	10

### **Chapitre II : Valorisation des sous-produits**

1. Définition .....	12
2. Les déchets et leur composition chimique .....	12
2.1. Les pulpes de tomate.. .....	13
2.2. Les graines de tomate .....	13
2.3. Les pelures .....	14
3. Utilisation des déchets .....	14
3.1. Alimentation .....	14
3.2. Traitement de la diarrhée.....	14
4. Valorisation des déchets de tomates .....	15

4.1. Lycopène .....	15
4.2. Les fibres de la tomate .....	16
4.3. La cutine .....	17
4.4. L'huile des graines de tomates .....	17
4.4.1. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle des graines de tomates .....	18
4.4.2. Composition en acide gras de l'huile des graines de tomates .....	19
4.5. Autres composés .....	19

### **Chapitre III : les Huiles Essentielles**

1. Historique .....	20
2. Définition .....	20
3. Localisation de l'huile essentielle dans la plante .....	21
4. Composition chimique .....	21
4.1. Structure et constituants .....	21
4.2. Facteurs influençant la composition chimique .....	22
5. Propriétés physiques .....	23
6. Activités biologiques des huiles essentielles .....	23
6.1. Activité antioxydante .....	23
6.2. Activité antimicrobienne .....	24
6.3. Activité antifongique .....	24
6.4. Toxicité des huiles essentielles .....	25
7. Méthode d'extraction des huiles essentielles .....	25
7.1. Pression à froid .....	26
7.2. Hydrodistillation .....	26
7.3. Entraînement à la vapeur d'eau .....	27
7.4. Extraction par solvants organiques .....	27
8. Situation économique .....	28
8.1. Production mondiale .....	28
8.2. Production algérienne .....	28
9. Législation des huiles essentielles.....	29

### **Partie expérimentale**

#### **Chapitre II : Résultats et discussion**

I-	Analyses physico-chimiques .....	30
1.	Détermination de la matière sèche .....	30
2.	Extraction de l'huile essentielle.....	31
3.	Détermination de la composition chimique de l'huile essentielle par CCM .....	32
II-	Evaluation des activité biologiques .....	33
1.	Evaluation de l'activité antibactérienne .....	33
2.	Evaluation de l'activité antioxydante .....	35

## **Chapitre II : Résultats et Discussion**

<b>I-</b>	<b>Analyses physicochimique .....</b>	<b>37</b>
1.	Détermination de la matière sèche .....	37
2.	Extraction de l'huile essentielle .....	38
2.1.	Calcul du rendement d'extraction .....	38
2.2.	Détermination de la composition par CCM .....	38
<b>II-</b>	<b>Evaluation des activités biologiques .....</b>	<b>39</b>
1.	Evaluation de l'activité antibactérienne .....	39
2.	Evaluation de l'activité antioxydante .....	41
<b>Conclusion</b>	<b>.....</b>	<b>46</b>

## Introduction

---

Les cultures industrielles à vocation alimentaires ont connus un développement particulier dans le monde en raison des besoins croissants de la consommation, dont l'industrie alimentaire est le deuxième secteur le plus générateur de déchets

Les nouvelles biotechnologies permettent une réutilisation des résidus afin d'obtenir des bioproduits à valeur ajoutée élevée. La valorisation de ces résidus est devenue une pratique nécessaire parce qu'elle permet de protéger l'environnement pour éviter ainsi une pollution de plus en plus sérieuse.

Aujourd'hui, en Algérie, des millions de tonnes de résidus produits par l'industrie agroalimentaire, sont rejetés en l'état. Ils représentent pourtant une source énergétique et nutritionnelle non négligeable.

En 2010, près de 217 000 tonnes de tomate fraîche ont été transformés en Algérie. Le processus de transformation produit une grande quantité de déchets estimée à environ 10-30% des tomates fraîches. Ces déchets restent inutilisables et posent un problème de pollution environnementale.

Les Bioprocédés sur la transformation de la tomate qui génère annuellement des quantités importantes des sous- produits, jusqu'à 40 % de la matière brute, principalement la peau et les graines, sont éliminés sous forme de déchets au cours de la fabrication, des résidus qui contiennent de la matière organique biodégradable et qui ont un effet nocif sur l'environnement, mais qui sont valorisés jusque-là en tant qu'aliment de bétail à l'état frais ou comme amendement au sol, alors que ces déchets constituent une excellente source de substances riches en nutriments, comme les caroténoïdes, les protéines, les sucres, les fibres et les huiles.

Seulement, ces dernières années des recherches intensifiées à l'étranger menés dans les pays où la production et l'utilisation industrielle de ce fruit dégagent des volumes de résidus très importants (Chine, les pays d'Amérique du Sud, Italie, Espagne, Iran etc.), ont démontré que la dessiccation des résidus solides de tomate produite représente une approche importante pour produire même des Huiles Essentielles qui peuvent être utilisés pour des applications industrielles, alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques.

## Introduction

---

Dans le cadre d'estimer la faisabilité et l'exploitation économique des résidus de la transformation industrielle des tomates en Algérie et dans le cadre de notre stage de fin d'études (fin de cycle master) nous avons choisi comme un lieu de stage le groupe Amor BENAMOR, le grand qui a commencé avec une unité modeste en 1984 et arrivant aujourd'hui à 3000 tonne de production par jour et devenant un leader dans le marché agroalimentaire national.

Dans ce manuscrit vous trouvez que nous avons mis en place une série d'expérimentations pour évaluer le rendement en huile essentielle de tomates extractible à partir des graines, leurs caractérisation physico-chimiques, leur pouvoir antibactérien et antioxydant.

La méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail comporte :

Une première partie de ce mémoire est consacrée aux fondements et considérations théoriques découlant l'étude de la matrice végétale comme un premier chapitre. Nous avons aussi décrit Les huiles essentielles et leur importance, ainsi les méthodes d'extractions adéquates en deuxième chapitre. Ces dernières années un intérêt accru a été porté pour les molécules naturelles bioactives comme source potentielle pouvant constituer une alternative aux produits de synthèse.

Dans un second temps, le matériel utilisé, la démarche expérimentale et les méthodes employées à l'égard des investigations seront décrits dans un premier chapitre comme suit :

- Prétraitements : la récupération, le séchage des résidus et la séparation des graines ;
- Extraction de l'huile des graines de tomates ;
- Détermination du profil en acides gras de l'huile des graines de tomates ;
- Evaluation des activités biologiques de l'huile des graines de tomate : activité antioxydante et activité antimicrobienne.

Le deuxième chapitre relève des résultats, de leur discussion.



### 1.1 Généralité

### 1.2 Bref Historique

C'est en Amérique du Sud que se situe l'origine de la tomate, *Solanum lycopersicum*. Son ancêtre sauvage, était présent au Pérou, au Chili dans les vallées des Andes et en Aquateur. Cette plante fut d'abord domestiquée au Mexique et améliorée par les Aztèques, et par les espagnols fut rapportée en Europe et adoptée son nom indien « tomatl ». **(Doré et vareauquax, 2006)**

Sa première description fut faite en 1544 par un botaniste italien du nom Matthioli et qu'en 1731 fut porté le nom binominal *Solanum lycopersicum* L. **(IPNI, 2005)**

### 1.3 Définition

**(La Rousse agricole, 2008)** indique que la tomate est une plante herbacée annuelle, dont la culture est très répandue et dont le fruit charnu est consommé sous des formes très variées, soit frais ou transformé. Le fruit de cette plante, espèce *Lycopersicon esculentum*, famille des solanacées, de couleur rouge à jaune selon la variété.

Si on cherche dans le CODEX Alimentarius on trouve que la norme **(CODEX STAN 293-2008)** vise les variétés commerciales de tomates issues du *Lycopersicon esculentum* Mill. de la famille des Solanacées, destinées à être livrées à l'état frais au consommateur, ou après conditionnement et emballage, à l'exclusion des tomates destinées à la transformation industrielle. Les tomates sont classées en quatre types commerciaux: - « ronde »; - « à côte »; - « oblongue » ou « allongée »; - tomates « cerise » et tomate « cocktail ».

### 1.4 Présentation botanique

La tomate est une plante annuelle buissonnante, poilue et aux tiges plutôt grimpante. Elle est aromatique lorsqu'on la froisse. Cette plante potagère herbacée vit sa taille varier de 40cm à plus de 5 mètres selon les variétés et le mode de culture. **(Blamey et Grey Wilson, 2003)**

Classification	
Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solanaceae
Famille	Solanaceae
Genre	Solanum
Nom	Solanum lycopersicum Mill

Source : IPNI 2005

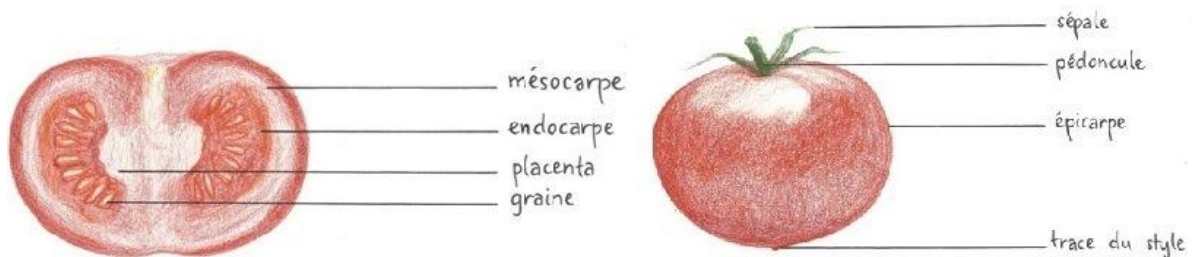


Figure N°1. Coupe longitudinale de la tomate (Anonyme, 2016)

### 1.5 Composition biochimique

Plusieurs facteurs influent la composition biochimique des fruits de tomate fraîche, selon : la variété, l'état de maturation, la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales (*Salunkhe et al. 1974*).

Le jus représente la majeure partie des constituants physiques de la tomate. La tomate est constituée de 94 à 96 % de jus, 1 à 1.5 % de pépins et 1,5 à 2,5% de pelures et fibres. Les sucres contenus dans la tomate sont essentiellement des sucres réducteurs : le glucose représente 0,88-1,25%, et le fructose 1,08-1,48% (*Moresi et Liverotti, 1982*). Les constituants protéiques sont présents en faible concentration dans la majorité des fruits et

légumes. Ils sont toutefois d'une importance capitale en tant qu'enzymes impliquées dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance. (Yu et al. 1967).

La composition en lipides varie en fonction de la variété et du degré de maturité lors de la récolte. (Soltner, 1988). En outre, La teneur globale en cendres est de 0,75%. Les principaux minéraux qui entrent dans la constitution de la tomate sont : le Calcium (2,95 à 3,95 ppm), le Magnésium (2,5 à 4 ppm), le Fer (0,6 à 0,8 ppm), le Phosphore (2,4 à 2,9 ppm), le Potassium (18,7 à 29,5 ppm) et le Sodium (15,7 à 17,6 ppm) (Cotte, 2000).

Outre ces principaux constituants le fruit de la tomate contient les vitamines, des enzymes, des substances pectiques, des pigments porphyriques comme les chlorophylles et les caroténoïdes dont le carotène, le lycopène, les xanthophylles, etc (HART et SCOOT, 1995). Le tableau suivant représente les principaux constituants de la tomate fraîche (Cotte, 2000)

Eau (%)	Glucides (%)	Substance azotées (%)	Lipides (%)	Cendres (%)
93,5	3,6	0,95	0,30	0,74

Tableau N° 1. Composition chimique de la tomate fraîche

### 1.6 Situation économique de la filière de la tomate

La tomate est aujourd'hui l'ingrédient de cuisine le plus consommé au monde après la pomme de terre selon (FAO Stat, 2009). La tomate est progressivement devenue une production à l'échelle mondiale.

#### 1.6.1 Production mondiale

La Chine, avec une production de 33,6 millions de tonnes, est de loin le premier producteur mondial de tomate. 85% de cette production est destinée essentiellement au marché intérieur pour la consommation en frais (Heuvelink, 2009). Elle est suivie par cinq pays produisant chacun plus de 5 millions de tonnes : les États-Unis, la Turquie, l'Inde, l'Égypte, et l'Italie. (FAO Stat, 2009)

**1.6.2 Production en Algérie**

En 2005 les pays de la Méditerranée couvrent 31% de la production mondiale de tomates, soit un volume global de 39 millions de tonnes environ au 19ème rang mondial L’Algérie (avec 1% de la production mondiale) (**Giove et Abis, 2007**).

La culture de la tomate en Algérie a démarré dans les années 1920, dans la région de l’est avec la création de la première conserverie TOMACOOOP Annaba. Les tomates industrielles sont principalement cultivées au nord-est du pays: la région d’El Tarf, Annaba, Guelma, Skikda et Jijel représente 85% de la superficie totale consacrée à cette culture. Le reste est réparti entre le centre du pays (7%) et l’ouest (3%) (**Ministère de l’agriculture**).

Selon un bilan réalisé par l’Association Algérienne des conserveurs de Tomate (ACTOM), sur une superficie cultivée de 38 000 ha (32 000 ha en 2009), la production de la tomate industrielle en Algérie a presque doublé en 2010 dépassant les 6,6 million de quintaux (mq) contre 3,8 mq en 2009. Les quantités de tomate fraîche transformées ont atteint 216 860 tonnes (t).

La campagne 2014-2015 était absolument la meilleure lancée dans différentes régions du pays. On y compte entre 18 000 à 20 000 hectares cultivés, dont environ 95% à l’est, La récolte était fortement prometteuse : entre 400 000 à 500 000 tonnes de tomate fraîche, prédisent les agriculteurs. L'association ACTOM qui regroupe les professionnels de la filière transformation table, a affirmé sur une bonne production de concentré de tomate par dépasser les 80 000 tonnes réalisées en 2014. (**Benouart, 2015**)

<b>Période</b>	<b>Hectare</b>	<b>Tonne</b>	<b>Tonne/Hectare</b>
<b>1980-1984</b>	16 684	167 568	10,0
<b>1990-1991</b>	19 170	306 644	16,0
<b>2000</b>	16 710	341 447	20,4
<b>2005</b>	21 089	513 780	24,4
<b>2011</b>	20 575	771 605	37,5
<b>2012</b>	21 542	796 963	36,9

**Tableau N°2.** Evolution des superficies, des productions et des rendements de la tomate pour le frais (**source : Ministère de l’agriculture, 2014**)

Chapitre I : Aperçu sur la tomate

Le tableau numéro montre que la production pour le marché du frais progresse fortement et a atteint près de 800 000 tonnes en 2012. Elle est particulièrement importante à Biskra (150 000 tonnes), à Tipaza (76 000 tonnes), à Mostaganem (78 000 tonnes), à Alger (60 000 tonnes),... 300 000 tonnes (40% de la production) proviennent de cultures sous serres (dont 150 000 t proviennent de Biskra). (Agro ligne, 2014)

Période	Hectare	Tonne	Tonne/Hectare
2000	27 200	475 392	17,5
2005	21 265	509 665	24,0
2011	18 382	705 864	38,4
2012	18 591	852 387	45,9

Tableau N°3. Evolution des superficies, des productions et des rendements de la tomate pour l'industrie (source : Ministère de l'agriculture, 2014)

Dans le tableau au-dessus on constate que la production de tomates pour l'industrie (850 000 tonnes en 2012) se développe. Les principales zones de production sont Skikda, Guelma et El Tarf. Une partie des tomates industrie est dirigée vers le frais quand les cours sont attractifs. L'objectif est d'atteindre 80 000 à 120 000 tonnes de double concentré de tomate par an, ce qui est possible si l'Algérie améliore ses rendements à l'hectare (qui dépassaient déjà 45 t/ha en 2012). (Agro ligne, 2014)

2. Technologie de la transformation de la tomate

2.1 Industrie de la conserve

La tomate est, en 2003, la principale culture industrielle en Algérie, elle occupe environ 25 000 Ha. Elle connaît actuellement un renforcement de sa culture en raison du niveau important de la consommation nationale de conserves de tomate (Rachedi, 2004). Consommation estimée à plus de 3 kg par habitant et par an et susceptible de croissance importante dont le potentiel de production mis en place à travers les unités de fabrication de conserve de tomates est évalué à environ 25 200 tonnes de tomates fraîches /jour. (Direction de commerce, 2011)

2.2 Technologie de la fabrication de tomates concentrée

Les étapes suivantes décrivent les procédures de la transformation industrielle de la tomate en tomates concentrée :

### 2.2.1 Réception et lavage

A la réception, les tomates sont soumises à un contrôle par le laboratoire, seul les produits conformes aux normes en vigueur sont acceptés. Les tomates acceptées sont déchargées et lavées avec de l'eau à haut débit afin d'enlever les restes de terre, boue et petites feuilles donc éliminer toutes les souillures qui peuvent être à l'origine d'une éventuelle contamination. Les tomates sont transvasées de bassin en bassin dans un flot d'eau courante qui débarrasse des dernières impuretés.

### 2.2.2 Triage

Après lavage, les tomates sont acheminées vers la chaîne de triage ou elles sont rincées au moyen des douches d'eau et triés manuellement par des ouvriers qui enlèvent les tomates détériorées ainsi que feuilles ou autres impuretés résiduelles.

### 2.2.3 Le broyage

Les tomates triées passent dans un broyeur entre 2 rouleaux à une température de l'ordre de 70°C pour l'obtention d'un mélange de jus, pépins et épiderme du fruit (le liquide des loges). Par la suite ce mélange passe à travers une passoire d'un tamis rotatif qui fait la séparation du jus. Il sépare le liquide des parties solides de la tomate. Les tomates débarrassées de leurs peaux et de leurs graines sont alors envoyées au broyeur qui assure le concassage.

### 2.2.4 Le préchauffage

Il a pour rôle de cuire la pulpe afin de faciliter la séparation de la peau et de maîtriser les propriétés physico-chimiques du jus. Selon l'usage final du produit à fabriquer, deux modes de préchauffage sont pratiqués :

- Cold break qui consiste à un broyage à température ambiante suivi d'un préchauffage à 60°C
- Hot break dont le principe consiste à porter les tomates immédiatement après leur broyage à la température de 90 à 95°C pendant un temps très court (15s).

### **2.2.5 Le raffinage**

Permet l'obtention du jus de tomate après élimination de la peau et des graines. le raffinage se déroule dans une raffineuse constituée d'une série de tamis dont le diamètre des perforation est différents. Par ailleurs, on obtient à la fin de cette opération des résidus qui seront valorisés, les graines seront utilisées soit comme semences, soit pour l'extraction d'huile, les peaux et les autres parties végétales seront destinées pour l'alimentation animale ou brulée comme combustible ou fuel .

### **2.2.6 La concentration**

Le jus passe dans un évaporateur pour l'extraction d'eau, cette opération permet de prolonger la durée de conservation de la tomate en éliminant la quantité d'eau active à l'origine du volume et des coûts de stockage.

Le jus de tomate raffiné est concentré par évaporation sous vide partiel dans des évaporateurs à multiples effets, à l'avantage de prévenir le brunissement et d'améliorer le transfert de chaleur. Par ailleurs, d'autres procédés tel que l'osmose inverse et la cryodessiccation sont utilisés dans la production des concentrés de tomates.

### **2.2.7 La pasteurisation**

Un traitement thermique de quelques secondes à une température supérieure à 85°C qui assure la stabilité du concentré de tomate par, ce traitement permet de prévenir l'altération par les lactobacilles.

La pâte de tomate est ensuite aspirée de l'évaporateur vers la remplisseuse, qui est constituée d'un tank de réception de la pâte de tomate, d'un échangeur de chaleur tubulaire de pasteurisation et d'un tube de circulation.

### **2.2.8 Le remplissage, sertissage et refroidissement**

Les boîtes en fer blanc pré-stérilisées avec de la vapeur sont prêtes pour être remplir par la pâte pasteurisée qui est automatiquement versée chaude dedans. Les boîtes sont immédiatement sorties puis retournées et laissées ainsi pendant 3 minutes pour stériliser le

couvercle et rapidement être refroidies afin d'éviter la détérioration de la flaveur et de la couleur à la suite de la rétention de la chaleur.

Parmi les techniques utilisées lors du refroidissement, on peut soit pratiquer un refroidissement par l'air des boîtes empilées et rangées de façon à permettre une bonne circulation de l'air, soit pratiquer le refroidissement avec de l'eau chlorée par aspersion ou par immersion.

### 2.3 Produits à base de tomates

La tomate est utilisée dans l'industrie alimentaire pour la préparation de plusieurs produits à base de tomates tels que :

- a) **La pulpe de tomate** : il s'agit de tomates écrasées avant ou après élimination des peaux et des graines.
- b) **Le jus de tomates** : c'est le jus provenant des tomates entières écrasées dans lesquelles la peau et les graines ont été éliminées et qui a été soumis à une fine désagrégation et qui est donné à la consommation sans dilution ou concentration.
- c) **Le sérum de tomate** : c'est le jus de tomate qui a été filtré ou centrifugé pour éliminer complètement les particules solides en suspension.
- d) **Les pâtes de tomates** : c'est le produit résultant de la concentration de la pulpe de tomates après l'élimination des peaux et les graines, et contenant 24% ou plus de substances solubles totales. Les pâtes de tomates sont commercialisées dans des petits emballages et vendues comme condiments et peuvent aussi être décrites comme purée de tomates.
- e) **La purée de tomates** : c'est le terme appliqué aux pâtes de tomates de faible concentration comprises entre 8 et 24% de substances solubles. Aux USA, la purée de tomates peut aussi être appelée « pulpe de tomate ou concentré de jus de tomates ».
- f) **Le sirop d tomate** : il correspond au sérum de tomate qui a été concentré. –
- g) **Les sauces de tomates** :
  - **Le ketchup** : il est présenté comme une sauce à partir de purée de tomate à laquelle on ajoute le vinaigre, le sucre, le sel, l'oignon, ail, et le poivre.
  - **La sauce chili** : la préparation de cette sauce est identique au ketchup, sauf que les tomates sont utilisées entières et pelées.



Il existe d'autres sauces de tomate telles que Sauce tomate au basilic, Sauce Pizza, Coulis de tomates, Sauce Toma coulis, etc.

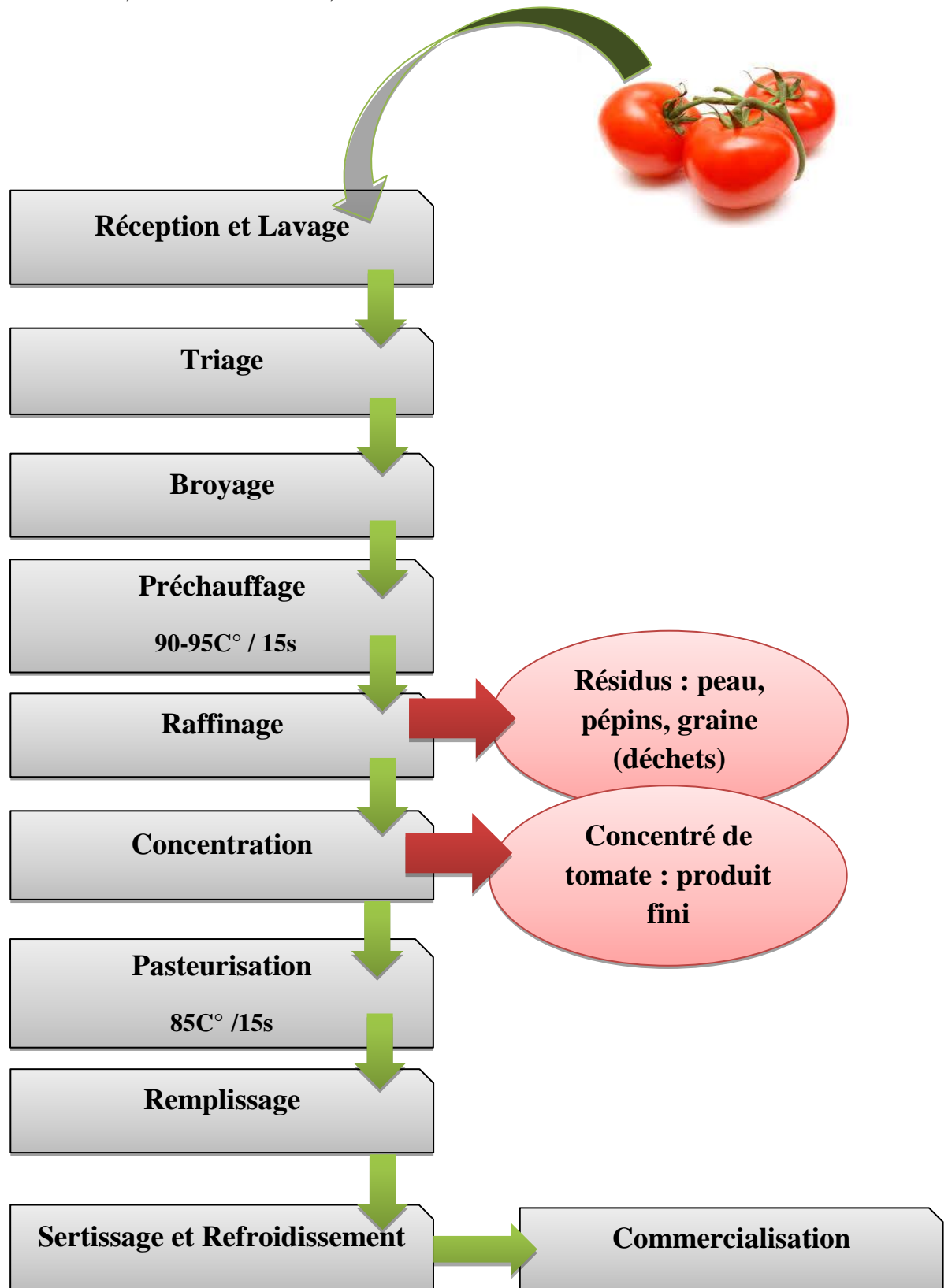


Figure N°2. Diagramme de fabrication de concentré de tomate

### 1. Définition

Un sous-produit est un produit résidu qui apparaît durant la fabrication d'un produit fini. Il est non intentionnel et non prévisible, et est accidentel. Il peut être utilisé directement ou bien constituer un ingrédient d'un autre processus de production en vue de la fabrication d'un autre produit fini. (Ademe, 2000)

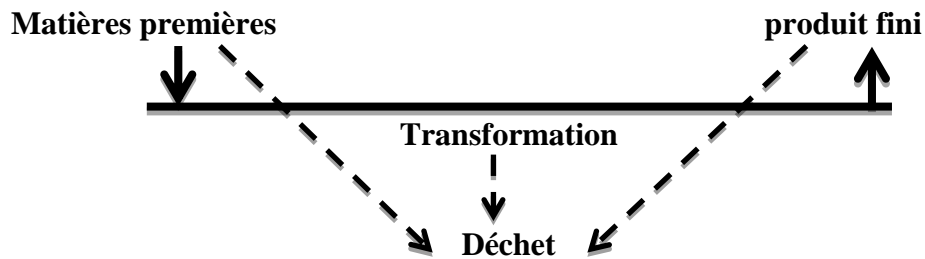


Figure N°3. Production d'un déchet

La valorisation des résidus agroalimentaires est le réemploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie (Proot, 2002)



Figure N°4. Déchets issus de la fabrication du concentré du tomate

### 2. Les déchets de tomates et leur composition chimique

La transformation commerciale de la tomate et ses produits dérivés produit une grande quantité de déchets en provenance de canaux d'eau, du lavage, du tri sur table, du pulpeur-raffineur et du nettoyage du matériel (Sogi et al., 2003).

**Chapitre II : valorisation des sous-produits**

Les déchets de tomates représentent, environ 10-30% du poids des fruits fraîches (**King et Zeidler, 2004**) ; ils se composent de 33% de graines, 27% de peaux et 40% de pulpe en plus de tomates vertes non transformées, parfois mélangés à des feuilles.

En Algérie, la production annuelle des résidus de tomates est estimée à 1.305.000 tonnes/an (**FAO, 2009**). Les déchets de tomates séchés contiennent 44% de graines et le reste, 56% de peaux et de pulpe (**Bawa, 1998**).

**2.1 Les pulpes de tomates**

Ce résidu est peu répandu et reste disponible pendant la période estivale (d'aout à octobre). Les analyses des composés pariétaux montrent une forte teneur en cellulose brute et en lignine de 24.65% de MS, par rapport à celle de la pectine 5% (**Cotte, 2000**).

Les protéines ont une composition en acides aminés proche de celle du tourteau de soja, ceci place les pulpes de tomates parmi les aliments ayant une valeur protéique intéressante pour les ruminants. La pulpe de tomate est ainsi une source raisonnable de vitamine B1 B2 et vitamine A (**Aghajanzadeh- Golshani et al., 2010**).

**2.2 Les graines de tomate**

La quantité de graines par rapport à la masse totale des résidus de tomates varie selon les variétés. Elle présente une particularité d'avoir un taux élevé en MG avec une composition en AG proche de celle des graines de soja ou de tournesol. Les parois des graines de tomates à maturité sont très lignifiées. Leur composition est donnée dans le tableau.

<b>Constituants %</b>	<b>Abdel-Hamid, 1982</b>	<b>CANTARELLI et al. 1993</b>	<b>Amalou et al., 2013</b>
<b>Eau</b>	--	--	6.97
<b>Matière sèche</b>	--	--	93.03
<b>Cendre</b>	5.5	2.0 à 9.6	4.16
<b>Fibre brut</b>	20.1	14.8 à 41.8	24.24
<b>Sucres totaux</b>	3.1	2.9 à 5.4	4.25
<b>Protéines (Nx6.25)</b>	26.2	22.9 à 36.8	24.72
<b>MG</b>	30.4	14.6 à 29.6	26.2

**Tableau N°4. Composition chimique des graines de tomates**

### 2.3 Les pelures

La peau de tomate est constituée d'un hypoderme, d'un épiderme, et d'une cuticule. Concernant les tomates, récoltées généralement à un stade de maturité assez avancé, les peaux sont donc essentiellement constituées de cellules à parois lignifiées (15 à 35% de lignine). Elles sont recouvertes d'une cuticule constituée de produit d'excrétions lipidiques désignées globalement sous le terme de cires ou de cutine. A l'instar de la lignine, les constituants de la cuticule des tomates sont donc susceptibles de diminuer la digestibilité des sous-produits, notamment celle de la matière organique (Cotte, 2000)

En général le tableau suivant représente la totalité de la composition chimique des déchets de tomates :

### 3. Utilisation des déchets

Les sous-produits de l'industrie de la tomate sont peu ou pas utilisés (utilisation directe). Ils sont soit détruits, soit revendus pour l'alimentation animale. Pour maximiser ses profits, les déchets de tomates peuvent servir à de nombreuses utilisations.(Boukhalfa, 2010)

#### 3.1 Alimentation

##### a) Alimentation du bétail

Les déchets de tomates sont principalement utilisés pour nourrir le bétail, en particulier les ovins et les bovins (Celma et al., 2009) grâce à sa teneur élevée en fibres et grâce à la capacité des animaux à digérer ces fibres (Al-Muhtaseb et al., 2010). Leur utilisation a également été évaluée pour l'alimentation des volailles (Mansoori et al., 2008), des vaches laitières (Weiss et al., 1997), des chèvres (Ventura et al., 2009) et des moutons (Denek et Can, 2006).

##### b) Alimentation humaine

Par ailleurs, les déchets de tomates peuvent représenter une source intéressante de fibres pour la consommation humaine (Alvarado et al., 2001). De leur côté, les graines contiennent environ 40% de protéines (Al-Wandawi Rahman et al., 1985). Par conséquent, les graines de tomates sont recommandées comme source de protéines dans les applications alimentaires pour l'homme (Sogi et al., 2005). En outre, Brodowski et Geisman (1980) ont rapporté que ces déchets contiennent 13% de lysine de plus que les

protéines de soja, ce qui pourrait améliorer substantiellement la qualité des protéines des aliments à basse teneur en lysine tels les produits de céréales.

### 3.2 Traitement de la diarrhée

L'effet anti-diarrhéique des déchets de tomates chez une série de chiens, de visons et de renards a été rapporté par (McCay et Smith, 1940), et par la suite, (Lester et Morrison, 1946) ont déterminé l'action pharmacologique spécifique des déchets de tomates sur l'intestin comme un recours efficace dans le traitement de nombreux types de diarrhées chez des sujets humains.

## 4. Valorisation des déchets de tomates

La valorisation des résidus de transformation industrielle de fruits de tomates est possible grâce au progrès de la recherche de récupérer certains constituants nobles qui sont nutritionnellement intéressants. Ces produits peuvent être utilisés pour des applications industrielles, alimentaires et cosmétiques (Elvira et al. 2006), en effet la valorisation des résidus de tomates peut être résumer à la récupération des constituants suivants :

### 4.1 Lycopène

Il est essentiellement abondant dans les peaux (54mg/100g). Il est le plus commun des caroténoïdes qui se trouve dans le corps humain et il est l'un des plus puissants antioxydants caroténoïdes. Son nom est d'ailleurs dérivé de la classification de l'espèce de la tomate « *solanum lycopersicum* » anciennement appelé « *lycopersicum esculentum* » (Elvira et al. 2006).

Le lycopène peut être extrait de sa source naturelle par différents processus d'extraction. Pour l'extraction des oléorésines, on utilise l'extraction par solvant (hexane) (Zelkha et al. 1997 in Zhao et al. 2008) ou par fluides supercritiques, essentiellement le CO<sub>2</sub>.

Le lycopène a un effet antioxydant et protège contre les maladies dégénératives. Il diminue en plus le risque de maladie cardiovasculaires et de cancer (essentiellement le cancer de la prostate). Il a également un effet stimulateur de l'immunité et renforce la santé de la peau et la protège contre les dangers des UV (Elvira et al. 2006). Les études sont en cours pour étudier d'autres effets potentiels du lycopène tel que son rôle dans la lutte contre le cancer du tube digestif, du sein et de la prostate (Elvira et al. 2006).

Ces déchets représentent donc une excellente source de caroténoïdes bon marché. De plus, la qualité des huiles comestibles pourrait être améliorée en les enrichissant par les caroténoïdes de peaux (Benakmoum *et al.*, 2008). Par ailleurs, (Knoblich *et al.* 2005) ont montré le transfert de caroténoïdes vers le jaune d'œuf lorsque les poulets sont nourris de peaux et de graines de tomates.

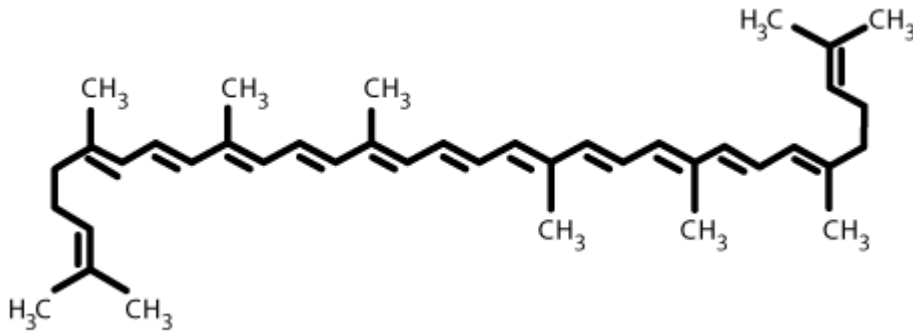


Figure N°5. Structure moléculaire de lycopène

#### 4.2 Les fibres de tomates

Elles constituent la partie non digestible des aliments végétaux qui favorisent le transit digestif. Les fibres diététiques sont constituées par des polysaccharides autres que l'amidon et plusieurs autres composés de plantes tels que la cellulose, les dextrines, l'inuline, la lignine, les cires, la chitine, les pectines, les  $\beta$ -glucanes et les oligosaccharides.

Ces fibres présentent plusieurs effets métaboliques sont (Elvira *et al.* 2006) :

- Effet positif lors des mécanismes de mastications ;
- Réduire la contribution énergétique des aliments, le taux la glycémie et le taux de cholestérol ;
- Induire une sensation de satiété ;
- Piéger les substances toxiques ;
- Stimuler la digestion ;
- Augmenter la durée de transit intestinal. etc.

## Chapitre II : valorisation des sous-produits

**Remarque :** Une fraction de 75% des fibres diététique peut être extraite des résidus de transformation industrielle de tomate.

Les polysaccharides naturels obtenus à partir des résidus de transformation industrielle de tomate à application industrielle ont une activité antigénique utilisée dans l'industrie pharmaceutique pour formuler les vaccins et d'autres produits utilisés comme additifs alimentaires grâce à leurs propriétés émulsifiantes, viscoélastiques, polyélectrolytiques, adhérentes, biocompatibilité, stabilisante, etc. (*Tommonaro et al. 2008*).

### 4.3 La cutine

Un polymère naturel présent dans la peau des tomates. La cutine pourrait remplacer des substances chimiques que l'on trouve actuellement dans les vernis à l'intérieur des boîtes de conserve pour isoler les aliments, et ce avec la même efficacité, affirme Angela Montanari, chimiste et coordinatrice du projet Biocopac, que la cutine est capable d'être un vernis qui a les mêmes caractéristiques technologiques, hygiéniques et sanitaires que les vernis standards existants. (**Anonyme b, 2016**)

La cutine naturelle est mélangée avec d'autres substances entrant habituellement dans la composition des vernis afin d'obtenir un nouveau produit appelé "bio-laque". Déjà fabriqué en Italie avec une production d'environ 15.000 tonnes chaque année. une substance très foncée qui une fois mélangée, devient légèrement jaune. (**Euro news, 2016**)

### 4.4 L'huile des graines de tomates

Les résidus de tomate est en quasi-totalité concentré dans les graines, ces dernières contiennent environ 20% d'huile dont 14.6 à 30.4% de la MS de graines ou environ 10.82% de la MS totale des résidus Elle est caractérisée par un taux élevé en AGPI (68.6 à 75%) et par la présence d'antioxydant (lycopène). Elles seraient une bonne source d'huile de salade à condition qu'elle subisse un raffinage adéquat ; très peu de connaissances sont disponibles sur la capacité antioxydante de l'huile de graines de tomates (**Eller et al., 2010**).

De plus, la réduction du taux de cholestérol chez les cochons de Guinée a été mentionnée, en leur donnant 1 ml d'huile/kg. L'huile de graines de tomates a également été

**Chapitre II : valorisation des sous-produits**

utilisée dans les produits cosmétiques tels que le savon, les lubrifiants, les peintures et les industries de vernis (Giannelos et *al.*, 2005).

Cette huile a un effet protecteur du système vasculaire, adoucissant et calmant sur la peau (Elvira et *al.* 2006).

**4.4.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'huile de graines de tomates**

Le tableau suivant résume les caractéristiques physico-chimiques de l'huile de graines de tomates :

Source	Evangelos et al. 1998		Lois et al. 2004	Ayhan, 2009
	H. brute	H. raffinée		
<b>Caractéristiques</b>			--	---
<b>Densité à 25°C</b>	0.9160	0.9156	0.9151	0.91177
<b>Indice de réfraction à 40°C</b>	1.4603	1.4610	–	1.4733
<b>Viscosité à 21°C (mPa.s)</b>	0.4	0.3	–	–
<b>Point de fumée</b>	176	208	189	
<b>Indice de saponification (mg KOH/g MG)</b>	184	166	195	190.2
<b>Indice d'Iode (g I2/100g MG)</b>	105	104	124	126.8
<b>Insaponifiable (%)</b>	1.4	0.9	–	4.33
<b>Acidité (%)</b>	1.01	0.05	–	0.2416
<b>Indice de peroxyde (még/Kg)</b>	9.3	9.1	–	15
<b>Temps d'induction à 120°C (heures)</b>	5,15	4,9	–	–

**Tableau N°5. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile des graines de tomate**

**4.4.2 Composition en acide gras de l'huile des graines de tomates**

L'huile des graines de tomates est particulièrement riche en acides linoléique, oléique et palmitique et d'autres huiles importantes comme indiqué dans le tableau ci-dessous :



Acide gras	Poids en %
<b>Linoléique</b>	<b>52.4-55.3</b>
<b>Oléique</b>	<b>20.8-23.8</b>
<b>Palmitique</b>	<b>12.7-16.1</b>
Stéarique	5.1-5.8
Linoléinique	0-2.5
Arachidique	0.5-1.9
Palmitoléinique	0-0.6
Hépatadécenoïque	0-0.5
Hépatadécanoïque	0-0.2
Miristique	0.1

**Tableau N°6. Composition en A.G de l'huile des graines de tomates (Boukhalifa, 2010)**

#### **4.5 Autres composé**

La tomatine et la saponine sont des hétérosides composés d'oses et de noyaux stéroïdiques. Ils peuvent servir de base à des hémisynthèse ou être utilisés directement dans les industries pharmaceutiques et phytosanitaires comme bactéricides, fongicides et insecticides. Les saponine ont un rôle d'activation certains système enzymatiques de dégradation. Il possible même de récupérer les colorants rouges de la tomate mure par extraction avec solvant (**Boukhalifa, 2010**)

#### 1. Historique

Les huiles essentielles semblent avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses. L'Homme avait toujours cherché le moyen de séparer les éléments huileux des produits aromatiques. Ils réussirent en soumettant la matière à l'action de la chaleur. Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C. (**Baser et Buchbauer, 2010**).

Les égyptiens puis les grecs et les romains ont employé diverses matières premières végétales ainsi que les produits qui en découlent, notamment les huiles essentielles. Ces utilisations concernaient différents domaines : parfumerie, médecine, rites religieux, coutumes païennes, alimentation, etc. (**Besombes, 2008**).

L'étape byzantine de la civilisation a permis l'instauration des bases de la distillation et, avec la civilisation arabe, l'huile essentielle devient un des principaux produits de commercialisation internationale. Ainsi, vers l'an mille, Avicenne, médecin et scientifique persan, a défini précisément le procédé d'entraînement à la vapeur. L'Iran et la Syrie deviennent les principaux centres de production de divers types d'extraits aromatiques. (**Baser et Buchbauer, 2010**)

Par la suite, les huiles essentielles ont bénéficié des avancées scientifiques, au niveau des techniques d'obtention et de l'analyse de leur composition chimique. Parallèlement, leur utilisation a aussi tiré profit de l'avènement de l'aromathérapie. René-Maurice ATTEFOSSE a créé, en 1928, le terme de l'aromathérapie et il a mené de nombreux travaux concernant les huiles essentielles, notamment leurs propriétés ; ces résultats seront à l'origine de nombreuses autres recherches. (**Besombes, 2008**)

#### 2. Définition

Contrairement à ce que le terme pourrait laisser penser, les huiles essentielles, connues également sous le nom d'huiles volatiles, ne contiennent pas uniquement de corps gras comme les huiles végétales obtenues avec des pressoirs (huile de tournesol, de maïs, d'amande douce, etc.) (**Antonet et Lobstein, 2005**)

D'après (**Bernard et al. 1988**), le nom d'« essences » désigne les principes volatiles généralement odoriférants synthétisés par l'organisme végétal. Ces composés ont la propriété de se solubiliser dans les huiles et les graisses. Par conséquent, ils ont reçu empiriquement le nom d'huile essentielle. Le terme « huile » souligne le caractère visqueux et hydrophobe de ces substances et le terme « essentielle » désigne la caractéristique principale de la plante à travers ses exhalaisons.

Les huiles essentielles sont incolores ou jaunâtres, inflammables qui s'altèrent facilement à l'air en se résinifiant, également liquides à température ordinaire. Elles n'ont pas le toucher gras et onctueux des huiles fixes dont elles se distinguent par leur volatilité. Leur odeur plus ou moins forte, suave, piquante ou désagréable. Elles ont la propriété de ne pas laisser de tache durable sur le papier. **(Durville, 1893)**

L'association française de normalisation **(AFNOR, 2000)** définit une huile essentielle comme étant un produit obtenu à partir d'une matière végétale, soit un mélange de composés lipophiles, volatils et souvent liquides, synthétisés et stockés dans certains tissus végétaux spécialisés. Extraites de la plante grâce à des procédés physiques tels l'hydro distillation, l'entraînement à la vapeur ou par expression à froid. Les huiles essentielles sont responsables de l'odeur caractéristique de la plante. **(Bruneton, 1993)**

**Remarque :** Les produits obtenus par extraction avec d'autres procédés ne sont pas repris dans la définition d'huile essentielle donnée par la norme AFNOR (Association Française De Normalisation). **(AFNOR, 2000)**

### 3. Localisation de l'huile essentielle dans la plante

Il arrive très fréquemment que la composition de l'huile essentielle d'une plante est très variable, selon qu'elle soit extraire de l'un ou l'autre organe de cette plante. **(Diourte, 1986)**

Dans certaines plantes, l'essence est produite par des tissus sécréteurs. Dans d'autres, elle se trouve en liaison glucidique à l'intérieur des tissus et ne se manifeste que lorsqu'on froisse, écrase, sèche ou distille la plante. **(Schauemberg et Paris, 2010)**. Les essences sont sécrétées dans différentes parties variant selon la plante aromatique.

Elles peuvent être de minuscules cellules épidermiques dans les pétales de la rose, ou des poils sécréteurs disposés à la périphérie des calices floraux, des feuilles et des tiges chez les labiées (thym, sauge) ou de grosses cellules disposées au sein des tissus végétales : tiges, écorces, racines, feuilles, graines. **(Scimeca et Tétou, 2005)**

### 4. Composition chimique

#### 4.1 Structure et constituants

Les plantes sont de véritables petites usines chimiques. **(Delaveau et al., 1985)**. Les cellules végétales sont capables en dehors de la synthèse des composés fondamentaux de la matière vivante qui sont, les protéines, les lipides, les sucres de coordonner les multiples réactions chimiques conduisant à l'élaboration des essences. **(Garnero, 1991)**

Bien qu'une huile essentielle puisse contenir un grand nombre d'éléments biochimiques, les molécules les plus fréquemment rencontrées sont : les terpènes, les alcools, les cétones, les aldéhydes, les esters et les éthers. Ces molécules peuvent agir en synergie, ce qui explique à la fois leur efficacité, mais aussi la polyvalence, dans la mesure où elles y sont le plus souvent, certes à des concentrations différentes, toutes présentes dans les huiles essentielles. L'ensemble de leurs constituants se caractérise par un faible poids moléculaire (Girard, 2010).

Selon (Pibiri, 2006), la structure des composés des huiles essentielles est constituée d'un squelette hydrocarboné, constituant une chaîne plus ou moins longue. Sur ce squelette de base est souvent présent un ou plusieurs sites fonctionnels semblables ou différents. La majorité des sites fonctionnels sont des sites oxygénés avec un ou plusieurs atomes d'oxygène, pour quelques groupes fonctionnels azotés ou soufrés.

Selon (Maihebiau, 1994), cette structure varie en fonction :

- a) Nombre d'atomes de carbone qui les constitue :
  - Les monoterpènes ;
  - Les sesquiterpènes ;
  - Rarement les diterpènes ;
- b) Caractère saturé ou insaturé des liaisons ;
- c) Agencement : linéaire ou cyclique ;
- d) Configuration spatiale (forme de chaise, de bateau, de trièdre...);
- e) Nature des groupes fonctionnels à savoir :
  - Terpènes :  $R_1-HC=CH-R_2$  ;
  - Alcoolsterpéniques :  $R-OH$  ;
  - Cétones :  $R_1-CO-R_2$  ;
  - Phénols :  $C_6H_6-OH$  ;
  - Aldéhydes :  $R-CHO$  ;
  - Esters :  $R_1-COO-R_2$  ;
  - Ethers :  $R_1-O-R_2$ .

#### 4.2 Facteurs influençant la composition chimique

Etant formées de mélanges généralement complexes, les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement des plantes d'origine. Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs, que nous pouvons regrouper en deux catégories :

- **Facteurs intrinsèques** : liés à l'espèce, au type de clone, à l'organe concerné, à l'interaction avec l'environnement (type de sol ou climat, ...) et au degré de maturité du végétal concerné, voire au moment de la récolte au cours de la journée ;
- **Facteurs extrinsèques** : en lien avec la méthode d'extraction. (**Besombes, 2008**) (**Aprotosoie et al., 2010**)

### 5. Propriétés physiques

Les huiles essentielles possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques. D'après (**Padrini et Lucheroni1997**), les huiles essentielles sont divisées en quatre classes, suivant leurs couleurs:

- Les H.E. incolores ;
- Les H.E. jaunes ;
- Les H.E. bleues ;
- Les H.E. vertes brunes ou jaunes vertes ;

D'autre part on trouve autres qualités physique telles que : (**Legrand, 1978**)

- Leur point d'ébullition varie de 160°C à 240°C.
- Leur densité est inférieure à celle de l'eau, varie de 0,75 à 0,99.
- Elles ont un indice de réfraction élevé.
- Elles sont très altérables, sensibles à l'oxydation, elles sont donc de conservation limitée.
- Dissolvent les graisses, l'iode, le soufre, le phosphore et réduisent certains sels.

### 6. Activités biologiques des huiles essentielles

#### 6.1 Activité antioxydante

Lorsque l'on parle d'activité antioxydante, on distingue deux sortes selon le niveau de leur action : une activité primaire et une activité préventive (indirecte). Les composés qui ont une activité primaire sont interrompus dans la chaîne autocatalytique de l'oxydation (**Multon, 2002**). En revanche, les composés qui ont une activité préventive sont capables de retarder l'oxydation par des mécanismes indirects tels que le complexe formé par des ions métalliques ou la réduction d'oxygène. (**Madhavi et al., 1996**)

Des études de l'équipe constituant le Laboratoire de Recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation (RESALA) de l'INRS-IAF, ont montré que l'incorporation des huiles essentielles directement dans les aliments (viandes hachées, légumes hachés,

purées de fruit, yaourts...) où l'application par vaporisation en surface de l'aliment (pièce de viande, charcuterie, poulet, fruits et légumes entiers...) contribuent à le préserver Des phénomènes d'oxydation. (Caillet et Lacroix, 2007)

## 6.2 Activité antimicrobienne

L'une des premières mises en évidences *in vitro* de l'activité antibactérienne des HE date de la fin du XIXème siècle, lorsque Buchholtz a étudié la croissance des propriétés inhibitrices de l'huile des graines de carvi et de l'huile de thym en 1875. Toutefois, il aura fallu attendre le début du XXème siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser (Cox et al, 2000).

Les mécanismes par lesquels les huiles essentielles exercent leur activité antibactérienne sont incomplètement compris, mais il y a un certain nombre de mécanismes proposés (Holley et Patel, 2005). L'action des huiles essentielles sur le développement des micro-organismes peut être expliquée par l'altération de la perméabilité membranaire des germes en perturbant les systèmes de transport ionique, le transport des électrons et la production d'énergie (Sikkema *et al.*, 1995 ;Chami, 2005 ; Oussalah *et al.*, 2006 ; Souza *et al.*, 2006).

(Smith-Palmer *et al.* 2001) ont montré que les bactéries à Gram positif sont plus sensibles à l'effet des huiles essentielles que les bactéries à Gram négatif qui se caractérisent par une membrane externe imperméable. Selon (Cristiani *et al.* 2007), cette imperméabilité est due à la richesse de cette membrane en lipo-polysaccharides la rendant plus hydrophile, ce qui empêche les terpènes hydrophobes d'y adhérer.

## 6.3 Activité antifongique

Dans le domaine phytosanitaire et agroalimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant la denrée alimentaire. (Lis-Balchin, 2002)

Selon (Voukouet *al.* 1988), les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des *Labiatae* : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... Etant donnée la grande complexité de la composition chémotypique des huiles essentielles, malgré de possibles synergies certains auteurs préfèrent étudier l'effet d'un composé isolé pour pouvoir ensuite le comparer à l'activité globale de l'huile. Ainsi l'activité fongistatique des composés aromatiques semble être liée à la présence de certaines fonctions chimiques. Ils concluent

que les phénols (eugénol, chavicol 4-allyl-2-6-diméthoxyphénol) sont plus antifongiques et que les aldéhydes testés (cinnamique et hydrocinnamique). Ils présentent également des propriétés fongistatiques très marquées. (Ultreet *al.*,2002)

L'activité des terpènes des huiles essentielles est en corrélation avec leur fonction chimique. La spécification du genre et de l'espèce, ainsi que de la variété de la plante d'où provient l'extrait est importante (Chao *et al.* 2000)

#### 6.4 Toxicité des huiles essentielles

En dépit de leurs effets bénéfiques, les huiles essentielles sont loin d'être non-toxiques. La majorité des huiles essentielles, à de très fortes doses(essentiellement les cétones mono terpéniques), causent des effets toxiques (Hammer et Carson, 2011). Par leur composition chimique riche, suivant la citation de Pracelse : « *Tout est poison, rien n'est poison, seule la dose compte* » donc les huiles essentielles doivent être utilisées avec une extrême prudence, du fait qu'elles peuvent présenter de très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome, surtout que le consommateur est attiré par la facilité d'emploi de ces essences en absorption interne ou en application externe (Bernadet, 1983).

Généralement, les huiles essentielles ingérées par voie orale ont une toxicité aiguë faible, ainsi l'ingestion massive peut conduire à une neurotoxicité issue des HES à thuyone (thuya, absinthe, sauge) ou à pinocamphone. Ces cétones peuvent provoquer des crises épileptiformes et tétaniformes, des troubles sensoriels.

#### 7. Méthode d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. La diversité et la complexité des huiles essentielles rendent le choix des processus d'obtention délicat. En général le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ramilles, etc.), de la nature des composés (les flavonoïdes, les huiles essentielles, les tanins, etc.), le rendement en l'huile et la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (Hellal, 2011).

La méthode choisie ne doit pas conduire à la discrimination entre les composés polaires et apolaires, ni induire de réactions biochimiques, de dégradations thermiques, d'oxydation, de réduction, d'hydrolyse, de changement de pH ou entraîner une perte de composés volatils. Pour cela, différents paramètres et propriétés sont à prendre en compte (Fernandez et Cabrol-Bass, 2007).

### 6.1 Pression à froid

Les huiles essentielles d'agrumes sont les seules à être extraites par le procédé de pression à froid (**Roux, 2008**). Ce procédé est basé sur la rupture des parois des sacs oléifères. L'essence obtenue est ensuite entraînée par un courant d'eau froide. Une émulsion constituée d'eau et d'essence se forme, l'essence est alors isolée par **décantation** (**Basil et al., 1998**). Diverses techniques manuelle ou mécanique, traitant le fruit entier ou seulement les écorces sont utilisées (Ferhat *et al.*, 2010). Le produit ainsi obtenu porte le nom d'essence, car il n'a subi aucune modification chimique (Roux, 2008). Cependant l'utilisation de grande quantité d'eau dans ce procédé peut altérer la qualité des huiles essentielles par dissolution des composés oxygénés, par hydrolyse et par transport de microorganismes (**Lucchesi, 2005**).

### 6.1 Hydrodistillation

L'hydrodistillation demeure la technique la plus utilisée pour extraire les huiles essentielles et pouvoir les séparer à l'état pur mais aussi de fournir de meilleurs rendements (**Ferhat et al., 2010**).

Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'HE sera alors séparée par différence de densité (**Lucchesi, 2005 ; Baser et Buchbauer, 2010**).

Cependant, l'hydrodistillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques (**Lucchesi, 2005 ; Ferhat et al., 2010**).

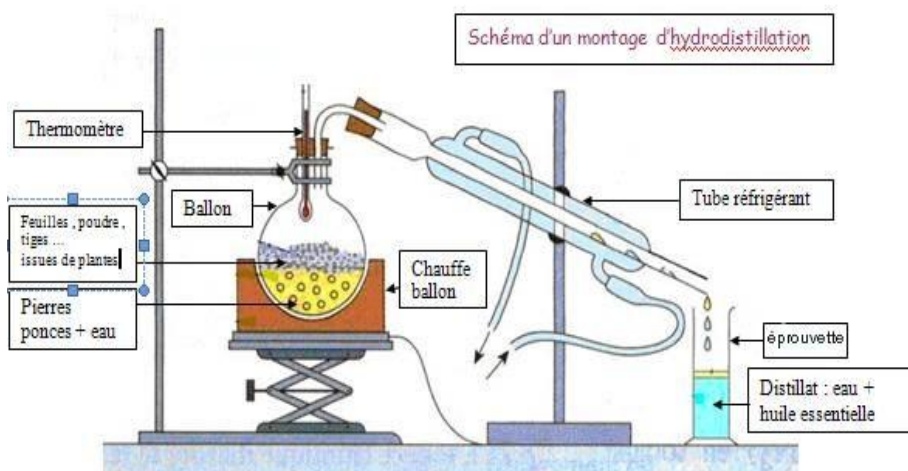


Figure N°6. Un montage d'hydrodistillation



### 7.3 Entraînement à la vapeur d'eau

Les parties de plantes utilisées sont déposées sur une grille perforée au-dessus de la base de l'alambic, sans que le matériel végétal ne soit pas en contact avec l'eau (**Lucchesi, 2005**). Les particules de vapeur d'eau, se dirigeant vers le haut, font éclater les cellules contenant l'essence et entraînent avec elles les molécules odorantes. La vapeur passe ensuite à travers un récipient réfrigérant où la température diminue, provoquant le déclenchement des molécules huileuses des particules de vapeur, qui se condense en eau. L'huile et l'eau se séparent du fait de leurs poids spécifiques différents (**Padrini et Lucheroni, 1996**). Pendant l'entraînement à la vapeur d'eau, la matière végétale est exposée à une température élevée et à l'action chimique de l'eau, et dans ces conditions, la fragilité thermique des constituants de l'huile ou l'hydrolyse de certains d'entre eux conduisent à la formation d'artéfacts (**Lucchesi, 2005**).

### 7.4 Extraction par solvants organiques

L'extraction par solvant organique volatil reste la méthode la plus pratiquée. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone. (**Legrand, 1993 ; Dapkevicius et al., 1998 ; Kim et Lee, 2002**)

En fonction de la technique et du solvant utilisé, on obtient (**AFNOR, 2000**) :

- Des hydrolysats : extraction par solvant en présence d'eau
- Des alcoolats : extraction avec de l'éthanol dilué traitées par l'éthanol ou des mélanges éthanol/eau.
- De résinoïdes ou extraits éthanoliques concentrés

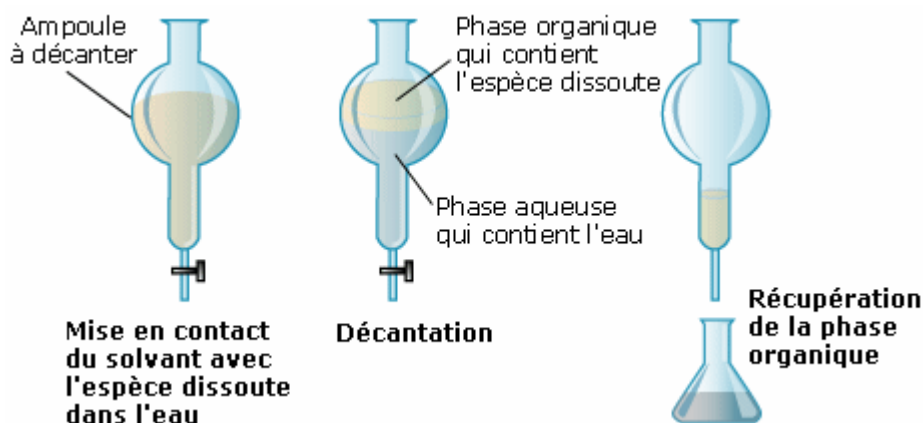


Figure N°7. Principe de l'extraction par un solvant organique

## 8. Situation économique

Les huiles volatiles sont des matières premières importantes pour la parfumerie, le cosmétique, l'industrie des arômes. Ces substances sont également utilisées dans l'industrie pharmaceutique aussi bien comme sources de substances actives que pour l'aromatization de divers produits (Moretti *et al.* 2002).

### 8.1 Production mondiale :

Plusieurs pays tirent une grande partie de leurs ressources de l'exploitation des plantes à huiles essentielles. Industriellement. Plus de 90 % des espèces à étudier et à valoriser (Souza *et al.*, 2006) environ 40 000 le nombre d'espèces Aromatiques croissant dans le monde dont 3 000 ont été étudiées et 300 sont exploitées. Cette production varie considérablement, annuellement elles peuvent dépasser 35 000 tonnes tandis que d'autres ne peuvent atteindre que quelques kilogrammes (Baser et Buchbauer, 2010). Cette variabilité de production revient essentiellement à la disponibilité des plantes. Egalement, la production est très limitée quasi impossible dans les pays nordiques couverts de neige en permanence. Chaque région possède ses propres flores caractéristiques. Les principaux pays producteurs d'HE en Afrique sont l'Algérie, le Maroc, la Tunisie, l'Egypte et la Côte d'Ivoire. En Europe ce sont les pays méditerranéens : Italie, Espagne, Portugal, France, Croatie, Albanie et Grèce, qui produisent tous des huiles essentielles en quantités industrielles. Egalement les pays d'Europe centrale et de l'Est, tels que la Bulgarie, la Roumanie, la Hongrie et l'Ukraine, l'immense Fédération de Russie. (Baser et Buchbauer, 2010).

### 8.2 Production Algérienne

L'industrie des huiles essentielles représente une branche importante de l'économie agricole de l'Algérie. Le secteur des PAM et de la production d'huiles essentielles en Algérie est mal connu (manque d'informations et de statistiques), il reste l'œuvre d'initiatives personnelles (herboristes, distillateurs ambulants...). Mais depuis 2003, la politique agricole de l'Algérie encourage la culture et la valorisation des PPAM par la mise en œuvre de Projets de développement rural. Le secteur PPAM en Algérie est aujourd'hui en pleine structuration et son expansion permettra d'atténuer l'exode rural en augmentant le revenu des cultivateurs et en générant des emplois pour les habitants de la région. (Lasnabio, 2013)

## 9. Législation des huiles essentielles

Les huiles essentielles doivent répondre à des caractéristiques imposées par les lois des pays producteurs et exportateurs et par les pays importateurs. Ces critères sont définis dans des normes internationales ISO (International Organization for Standardization) ou françaises AFNOR (Association Française de Normalisation) (NF ISO 855). Ainsi, les propriétés organoleptiques et physiques sont contrôlées telles que la coloration, l'odeur, la réfraction, la solubilité, le point éclair mais également les propriétés chimiques telles que les indices d'acides et d'esters (**Fillatre, 2011**).

La plupart des méthodes appliquées dans l'analyse d'huiles essentielles reposent sur des procédures chromatographiques. La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une méthode appropriée pour la séparation et l'identification des composants d'une huile ; elle réalise à la fois une analyse qualitative et quantitative (**Paris et Godon, 1979**). La CPG couplée à la spectroscopie de masse (CPG/SM), permet de fournir un chromatogramme accompagné d'un ensemble de spectres de masse correspondants à chaque pic chromatographique, ce qui permet l'identification précise de la majorité des constituants séparés par la CPG (**Zellner et al., 2010**)

## 1. Matériel végétal

### 1.1 Lieu et période de prélèvement

Les déchets de la transformation de la tomate industrielle sont issus de la chaîne de production de concentré de tomate de la conserverie Amor Benamor situé à Bouaati wilaya de Guelma durant la campagne agricole 2015/2016.

### 1.2 Récupération et préparation des graines

Les graines de tomates destinées à l'extraction de l'huile ont été retirées à partir d'un tas de 10Kg de résidus de tomates récupérés manuellement au niveau de la chaîne de production. Après un séchage à l'air libre de 48 heures suivi d'un triage, 450 grammes de graines ont été récupérés.

## 2. Méthodes

L'extraction de l'huile essentielle des graines de tomates est réalisée au niveau du Hall de laboratoires de la biotechnologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Abbas Laghroue–Khenchela.

L'évaluation des pouvoirs antimicrobien et antioxydant sont évalués au niveau du même laboratoire, ainsi que le profil en acide gras de l'huile essentielle des graines de tomates par CCM.

### I- Analyses physico-chimiques

#### 1. Détermination de la matière sèche et du taux d'humidité des graines des tomates (AFNOR,1985)

La teneur en matière sèche des graines est déterminée en séchant 5g de produit à l'étuve réglée à une température de 105°C

##### 1.1. Principe

En premier lieu on pèse le creuset en porcelaine à l'aide d'une balance de précision, puis on met 5g de matière brute d'échantillon dans chacun.

Ensuite on fait la déshydratation à l'étuve à 105°C pendant 24h, après le refroidissement au dessiccateur, on pèse la différence des poids

##### 1.2. Calcul de la matière sèche

La teneur en matière sèche (MS) en gramme de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{MS(g)} = (\text{poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids de creuset vide}$$

$$\text{MS\%} = \text{Masse MS (g)} / \text{Masse échantillon (g)} \times 100$$

## **2. Extraction des huiles essentielles**

### **2.1 Dispositif de l'extraction**

L'extraction de l'huile essentielle (HE) des graines de tomates a été réalisée à l'aide d'un hydro distillateur de type « Clevenger ». Il est constitué d'une chauffe ballon, un ballon en verre pyrex où l'on place le matériel végétal et de l'eau distillée, une colonne de condensation de la vapeur (réfrigérant) et un collecteur en verre pyrex également qui reçoit les extraits de la distillation.

### **2.2 Mode opératoire**

403 grammes des graines de tomates sont mises dans un ballon en verre pyrex, additionnées jusqu'à 3/4 d'eau distillée. L'ensemble est porté à ébullition, après l'apparition de la première goutte de distillat à la sortie du tube de condensation de la vapeur, l'huile essentielle est alors entraînée par la vapeur d'eau. Elle est ensuite condensée en passant par un condensateur, fixé par un support approprié en position verticale pour faciliter l'écoulement du distillat. Le temps de cette extraction est d'environ 5 heures.

Le distillat obtenu est récupéré dans une ampoule à décanter. Le mélange est laissé au repos quelques minutes, il y a apparition de deux phases non miscibles, l'une est organique (huile essentielle) et l'autre est aqueuse. En fin, le distillat est recueilli dans un tube à essai et l'huile essentielle des graines de tomates sera par la suite récupérée dans un flacon approprié.



**Figure N°.8 Dispositif d'extraction**

### **2.3 Conservation de l'huile essentielle obtenue**

La conservation de l'huile essentielle exige certaines précautions indispensables. C'est pour cela il fallait conserver l'huile essentielle des graines à une température voisine

de 4°C, dans un flacon en verre stérile, fermé hermétiquement pour la préserver de l'air et de la lumière (en utilisant le papier aluminium).

#### 2.4 Détermination du rendement de l'extraction

Le rendement en huile essentielle (Rd), est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après extraction (M') et la masse de la matière végétale utilisée (M) selon la norme (AFNOR, 1986), Il est donné par la formule suivante :

$$Rd = \frac{M'}{M} \cdot 100$$

Dont :

- **Rd**: Rendement en huile essentielle exprimée en pourcentage (%) ;
- **M'**: Masse de l'huile essentielle obtenue en gramme (g);
- **M**: Masse de la matière végétale sèche utilisée en gramme (g) et qui vaut 403 g.

#### 3. Détermination de la composition chimique de l'huile essentielle par CCM

La chromatographie surcouche mince (CCM) est une technique couramment utilisée pour la séparation, l'identification et le dosage des constituants chimiques. Cette méthode est basée sur des substances à séparer entre deux phases : la phase mobile s'écoule au long d'une phase stationnaire selon leurs affinité, les substances en solution sont de plus au moins retenus par la phase stationnaire, ce qui rend possible leur séparation

##### 3.1 Principe

L'huile essentielle est d'abord déposée sur une ligne horizontale, appelée ligne de dépôt, sur une plaque (gel de silice en couche mince sur une plaque d'aluminium ou en verre). Puis, elle est entraînée par un solvant approprié qui migre par capillarité sur la plaque. Les constituants du mélange se séparent par migration différentielle : cette opération s'explique par un double phénomène :

- Les constituants du mélange ont des solubilités différentes dans l'éluant : chacun d'entre eux est d'autant plus entraîné par l'éluant qu'il est soluble.
- Les constituants du mélange sont absorbés différemment sur gel de silice : ils ne sont pas retenus de la même manière par ce dernier. Après migration, les tâches doivent être révélées.

##### ❖ Mise en pratique

Les échantillons sont analysés en utilisant des plaques en verre, plusieurs solvants ont été essayés :

- B.W.A : Butanol (32ml), Water (40ml), Acide acétique (8ml)
- A.W : Acide acétique (15%), Water (85%)

## Partie expérimentale

### Chapitre I : Matériels et méthodes

- C.A.A: chloroforme (50ml), Acétate d'éthyle (50ml), Acide acétique (10ml)

Seulement le système C.A.A a montré une bonne séparation.

#### 3.2 Lecture des résultats

Par exposition de la plaque aux radiations UV.

#### 3.3 Calcul des résultats

Le calcul du rapport frontal est donné par la formule suivante :

$$Rf = Dc / Ds$$

Où :

Dc : Distance parcourus par le composé (mesuré au centre de la tache)

Ds : Distance parcourus par le front du solvant

## II. Evaluation des activités biologiques de l'huile essentielle des graines de tomates

### 1. Evaluation de l'activité antimicrobienne

C'est une méthode in-vitro du pouvoir antibactérien des composés. La technique utilisée est celle du contact direct, précisément la méthode des puits.

L'essai antibiotique peut être réalisé par la méthode de diffusion sur gélose. La gélose Muller-Hinton pour l'essai de la sensibilité des différentes souches.

#### 1.1 Choix et origine des souches bactériennes

Les souches bactériennes choisies pour cette étude sont des bactéries pathogènes impliquées fréquemment dans la contamination et l'altération des denrées alimentaires (Voir tableau).

		Bactéries	
		Gram positif	Gram négatif
Souches	<i>Bacillus cereus</i>	<i>E. coli</i>	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Klebsiella</i>	

Tableau N°7. Les noms botaniques des souches bactériennes utilisées.

Ces bactéries doivent être entretenues par repiquage sur gélose nutritive favorable à leur croissance à l'obscurité pendant 24h à 37°C.

#### 1.2 Préparation de l'inoculum

Les tests antibactériens doivent être réalisés à partir des cultures jeunes de (18 à 24h) en phase de croissance exponentielle. La réactivation des souches est effectuée par ensemencement de l'espèce bactérienne dans un milieu liquide (eau physiologique). Les

conditions de stérilisation doivent être respectées, à savoir : ne pas dépasser les 20 cm du bec bunsen et utiliser du matériel stérile.

#### 1.3 Conservation des souches bactériennes

La conservation des souches se fait à 4°C dans la gélose nutritive inclinée.

#### 1.4 Choix du milieu de culture

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

❖ **Muller Hinton (MH):** C'est le milieu de culture utilisé pour étudier l'activité antibactérienne parce que c'est le milieu le plus employé pour les tests de sensibilité aux agents antibactériens.

##### ➤ **Préparation de milieu :**

Ce milieu est préparé selon la méthode suivante : On pèse avec précision une quantité de poudre déshydratée du MH équivalente 38 g dans un ballon en y ajoutant 1000 ml d'eau distillée. Le mélange de la poudre-eau distillée est chauffé sur plaque chauffante avec agitation à l'aide d'un barreau magnétique pendant 20 min afin d'assurer une bonne dissolution des cristaux. Le milieu MH est ensuite réparti dans des flacons stériles avant d'être autoclavé pendant 15 min à 121°C, avec une pression de 1 bar.

#### 1.5 Technique des disques

La méthode des disques est la technique choisie pour déterminer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle à tester. Cette méthode repose sur le pouvoir migratoire des huiles essentielles sur un milieu solide à l'intérieur d'une boîte de Pétri. Cette méthode nous permet de mettre en évidence l'effet antibactérien de l'huile essentielle sur les bactéries, ainsi que la détermination de la résistance ou la sensibilité de ces bactéries vis-à-vis de cette huile essentielle.

Cette méthode consiste à faire des puits remplis d'une quantité de l'huile essentielle à la surface de la gélose ensemencée par les germes à tester et de mesurer les diamètres d'inhibition en millimètre (mm) après incubation.

##### ❖ **Mise en œuvre pratique**

Couler aseptiquement le milieu de culture MH en surfusion dans les boîtes de Pétri à raison de 15 ml par boîte, on laisse refroidir et solidifier sur la paillasse. Ajouter ensuite 100 µl de chaque suspension de culture bactérienne, puis l'étaler à la surface du milieu gélosé MH à l'aide d'un râteau.



## Partie expérimentale

### Chapitre I : Matériels et méthodes

Mettre en place des disques de 6 mm de diamètre à l'aide d'une pince stérile. Dans le but d'éviter la surfusion des extraits sous la gélose, et on remplit chaque disque comme suit :

1er disque : 5  $\mu$ l d'HE des graines de tomates.

2ème disque : 10  $\mu$ l d'HE des graines de tomates.

3ème disque : 10  $\mu$ l d'antibiotique comme témoin positif (Gentaxyn).

L'expérience est répétée trois fois pour chaque espèce bactérienne afin de minimiser l'erreur expérimentale et garantir un bon déroulement de la méthode.

Les boîtes de Pétri sont ensuite fermées et laissées diffuser à la température ambiante pendant 30 minutes, ensuite mises à l'étuve à la température de 37 °C pendant 24h.

#### 1.6 Lecture des résultats

A la sortie de l'étuve, l'absence de la croissance microbienne se traduit par un halo translucide autour des disques, identique à la gélose stérile, dont le diamètre est mesuré à l'aide d'une règle en (mm) (y compris le diamètre de disque de 6mm). Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peuvent être symbolisés par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis de l'huile essentielle

La sensibilité à l'huile a été classée par le diamètre des halos d'inhibition :

Mention	Degré	Diamètre (mm)
Non sensible	-	moins de 8mm
Sensible	+	de 8 à 14
Très sensible	++	15 à 19
Extrêmement sensible	+++	20

Tableau N°8. Expression de la sensibilité

#### 2. Evaluation de l'activité antioxydante

La capacité réductrice d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son potentiel d'activité antioxydante, cette dernière peut être évaluée in vitro par la mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH°.

##### 2.1 Teste DPPH°

Le DPPH° (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH° est réduit et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le

pourcentage d'inhibition du radical DPPH°, qui est proportionnel au pouvoir anti-radicalaire de l'échantillon.

#### 2.1.1 Protocole de l'expérience

Dans des tubes à essai secs, une quantité de 2,9 ml de chaque dilution d'huile essentielle ex : (8 µg/ml ; 4µg/ml ; 2 µg/ml ; 1 µg/ml ; 0,5 µg/ml) a été mélangée avec 100 µl de la solution éthylique au DPPH° de 0,004% (p/v). Après agitation, les tubes sont placés à l'obscurité à température ambiante pendant 30 minutes.

La lecture est effectuée par la mesure de l'absorbance à 517 nm.

Dans le contrôle négatif, les différentes dilutions d'huile essentielle peuvent être remplacées par 100µl d'éthanol

#### 2.1.2 Expression des résultats

Les résultats ont été exprimés en tant qu'activité anti-radicalaire où l'inhibition des radicaux libres (DPPH°) en pourcentages (I %) a été calculée par la formule ci-dessous :

$$\text{PR}\% = (\text{Ac} - \text{Ae}) / \text{Ac} \times 100$$

Où :

- PR : pouvoir de la réduction en % ;
- AE: absorbance de la solution de DPPH° en présence de l'huile essentielle
- AC : absorbance de la solution de DPPH° en absence de l'huile essentielle

**Partie expérimentale**  
**Chapitre II : Résultats et discussion**

**I- Analyses physico-chimiques**

**I.1 : Détermination de la matière sèche**

**1.1. Mesure du poids avant la déshydratation**

La prise des poids des échantillons et des creusets a donné les résultats présentés dans le tableau suivant :

<b>Creuset</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Poids vide (g)</b>	29.497	26.574	28.970	27.714	49.630
<b>Poids de grains (g)</b>	4.979	5.009	5.057	5.012	5.063
<b>Poids finale (g)</b>	<b>34.476</b>	<b>31.583</b>	<b>34.027</b>	<b>32.726</b>	<b>54.693</b>

**1.2. Mesure du poids après la déshydratation**

La déshydratation des échantillons est interprétée par les résultats suivants :

<b>Creuset</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Poids</b>	33.822	30.986	33.340	32.112	53.040

**1.3. Calcul de la matière sèche**

**1.3.1. Matière sèche en grammes**

Suivant à la formule donnée :

$$\text{MS(g)} = (\text{poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids de creuset vide}$$

Nous arrivons à calculé la matière sèche comme suit :

<b>Creuset</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>MS (g)</b>	4.325	4.412	4.370	4.398	3.410

**Tableau N°11. Calcul de la matière sèche en gramme**

 **Moyenne de la matière sèche = 4.183g**

**1.3.2. Matière sèche en pourcentage**

<b>Creuset</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>MS (%)</b>	<b>86.86</b>	<b>87.24</b>	<b>86.414</b>	<b>87.74</b>	<b>67.35</b>

➡ Moyenne de la matière sèche en % = 83.120

Après séchage au soleil, le taux de MS des résidus sec est de (83,12%). Ces résultats font apparaître une teneur en matière sèche très élevée ce qui fait un taux favorable à l'extraction de l'huile vu que le taux d'humidité résiduelle était inférieur à 20%, aucun autre séchage n'était nécessaire avant l'extraction de l'huile. Selon la norme NF V 05-105 (1974),

**Remarque :** Le taux dépend de l'efficacité du séchage.

## 2. Extraction des huiles essentielles

### 2.1. Calcul du rendement d'extraction

$$Rd = 20/403.100$$

$$Rd = 5.97\%$$

Notre huile essentielle a été extraite des graines de tomates par un hydrodistillateur de type Clevenger. Nous avons obtenu une huile de couleur jaune avec une odeur piquante. Nous n'avons pas pu récupérer une quantité huileuse importante, le rendement obtenu est voisin de 0.49%. Il est très faible par rapport aux résultats obtenus par **(Martin Ahishakiye, 2010)**.

Ces variations de teneurs changent d'une usine à l'autre et aussi au sein d'une même usine **(Jafari et al. 2006)**. Elles peuvent être dues à plusieurs facteurs cités dans la bibliographie notamment :

- La variété de tomate employée et le taux de maturité ;
- L'environnement et les méthodes de récolte (manuelle ou mécanique) ;
- Les technologies utilisées dans le processus de transformation de tomates ;
- La méthode d'extraction ;

### 2.2. Détermination de la composition chimique de l'huile essentielle par CCM

Par ses faibles contraintes techniques, son emploi simple et son coût modeste, la CCM est un outil de choix pour l'analyse de routine d'extraits bruts, de fractions, ainsi que de produits purs isolés. De ce fait nous avons opté pour cette technique dans

le but de caractériser les différents constituants de l'huile essentielle des graines de tomates.

Le système de migration constitué de chloroforme, acétate d'éthyle et acide acétique, (50: 50:10, V/V/V), a permis d'avoir une assez bonne séparation chromatographique et une visibilité acceptable des spots.

On observe trois spots indiquant la séparation d'au moins trois molécules différentes dans cette phase à un  $R_f$  égale à 0.32 ; 0.2 ; et 0.28.

Si on compare nos résultats à ceux donnés par (**Martin Ahishakiye, 2010**), on trouve que ce dernier a trouvé également trois composés majeurs de l'huile essentielle des graines de tomate par la chromatographie sur phase gazeuse CPG, qui sont : l'acide palmitique, l'acide oléique, l'acide linoléique.

Le rapport frontal d'un produit donné dépend de nombreux paramètres: nature du revêtement de la plaque CCM (silice ou alumine), concentration de l'échantillon, et la nature des solvants d'élution, c'est pourquoi il n'existe malheureusement pas de table de rapports frontaux pour tous les composés organiques.

Un soluté très soluble dans la phase stationnaire aura un  $R_F$  faible ; alors qu'un composé très soluble dans la phase mobile, verra son  $R_f$  proche de 1, donc on constate que la CCM n'est qu'une méthode d'analyse simple et rapide mais elle ne donne pas des résultats catégoriques et référencier, elle est insuffisante pour identifier les constituants d'un produits.

## II- Evaluation des activités biologiques

### II.1 : Evaluation de l'activité antimicrobienne

La méthode de diffusion des puits nous a permis de mettre en évidence le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle des graines de tomates vis-à-vis de quatre bactéries. Les zones d'inhibition sont indiquées dans le tableau. D'après la classification de (**Ponce et al. 2003**), les zones d'inhibition, variant entre 9 et 40mm, indiquent que toutes les souches sont sensibles à l'huile essentielle des graines de tomates.

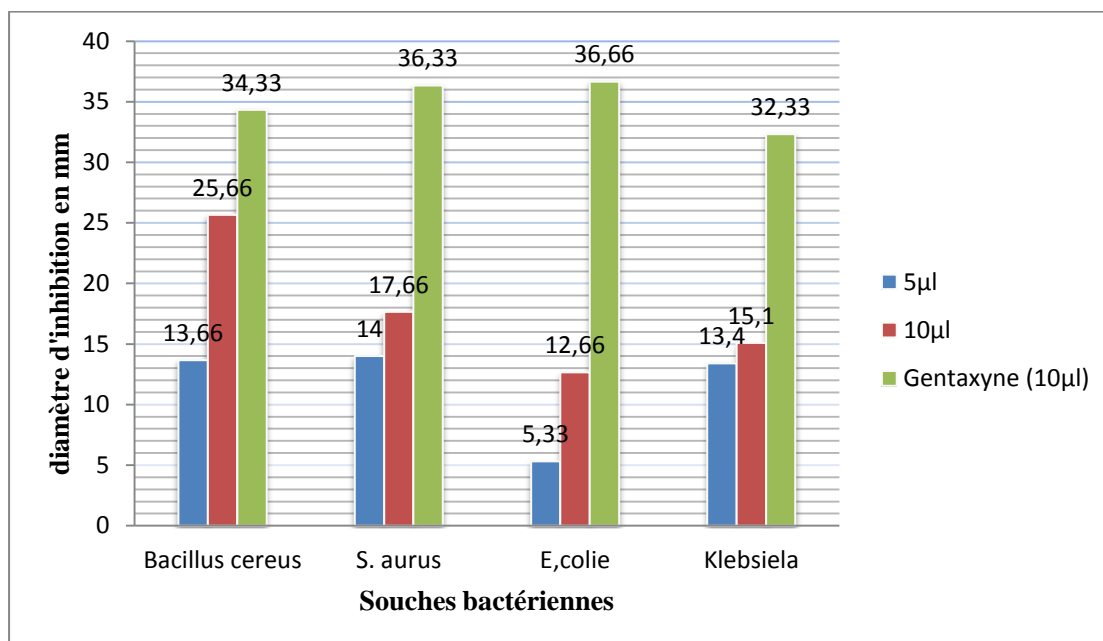
Partie expérimentale

Chapitre II : Résultats et discussion

Bactéries		Echan	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)			
			Hs(5µl/puits)	Hs(10µl/puits)	Gentaxyn	
Souches	Gram positif	<i>Bacillus cereus</i>	1	13	25	35
			2	15	25	30
			3	13	27	38
			Moyenne	13.66	25.66	34.33
	Gram positif	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	14	17	40
			2	15	20	31
			3	13	16	38
			Moyenne	14	17.66	36.33
	Gram négatif	<i>E. coli</i>	1	07	16	40
			2	--	10	35
			3	09	12	35
			Moyenne	5.33	12.66	36.66
<i>Klebsiella</i>		1	13	15.1	30	
		2	12.2	16.8	32	
		3	15	13.4	35	
		Moyenne	13.4	15.10	32.33	



Figure N°9. Les halos d'inhibition



**Figure N°10.** Histogramme de comparaison des zones d'inhibition.

A partir du Tableau au-dessous et la figure N°9 nous constatons que l'huile essentielle des graines de tomates n'a pas une très bonne activité antibactérienne si on la compare à l'antibiotique de contrôle. Nous constatons aussi que *Bacillus cereus* ATCC 21332 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 sont les bactéries les plus sensibles.

L'existence des zones d'inhibition relativement moyennes prouvent l'existence d'activités antibactérienne contre les quatre souches testées, qui sont des microbes pathogènes impliqués dans les intoxications alimentaires.

L'huile essentielle des graines de tomates a montré une activité antibactérienne intéressante.

La méthode des disques est une méthode généralement employée comme une analyse préliminaire pour étudier l'activité antibactérienne ensuite viennent des méthodes plus détaillées et plus précises. Dans cette méthode, les paramètres tels que le volume de l'huile essentielle placé dans les disques, l'épaisseur de la couche d'agar et si un dissolvant est employé varient considérablement entre les études (**Burt, 2004**). Ceci signifie que cette méthode est utile pour le choix des huiles essentielles actives et pour la mise en évidence de leur activité antibactérienne.

Nous constatons que *Bacillus cereus* ATCC 21332 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 sont les bactéries les plus sensibles, avec une zone d'inhibition de 25.66mm. Ceci pourrait être expliqué par le fait que les bactéries à G+ possèdent des

dispositifs structuraux qui sont plus susceptibles aux huiles essentielles (**Abdul Rahman et al., 2010**).

En revanche, les bactéries à Gram négatif comme *klebsiella* ATCC 25921 sont avérées les plus résistantes, elles montrent une zone d'inhibition de 11.62mm. Arrivant à la *E. coli* ATCC 25922 qui s'est avérée plus résistante, avec une zone d'inhibition de 8.99mm

Plusieurs travaux ont confirmé la grande résistance des bactéries G- par rapport aux G+. Ce constat peut être dû à l'action de certains composés volatiles de l'huile essentielle étudiées d'une part et à la présence d'une couche de lipopolysaccharide (LPS) chez les bactéries G- qui pourrait fonctionner comme barrière efficace contre n'importe quelle biomolécule.

Il est postulé que les différents composants des huiles essentielles montrent différents degrés d'activité contre des bactéries G- et G+ (**Dorman et Deans, 2000**) et que la composition chimique des huiles essentielles peut varier selon plusieurs facteurs intrinsèque et extrinsèque (**Lahlou, 2004**).

Il est connu aussi que les espèces bactériennes n'ont pas également la même sensibilité vis-à-vis d'un agent antibactérien. De même dans une population bactérienne, il peut exister des différences individuelles de sensibilité. Ainsi, l'action antibactérienne est parfois partielle et après une diminution du nombre de bactéries, il y'a une reprise de la croissance bactérienne. (**Dorman et Deans, 2000**)

L'activité antibactérienne peut dépendre aussi de la composition du milieu de culture. (**Dorman et Deans, 2000**).

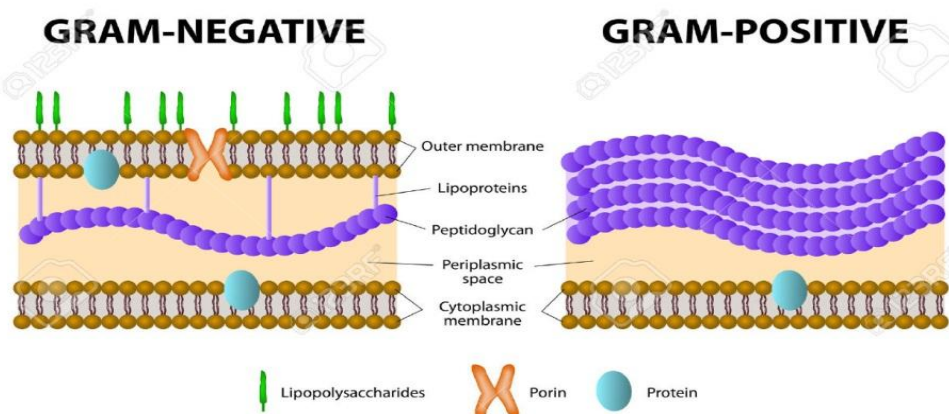


Figure N°11. Comparaison des structures des bactéries G+ et G-



### 1. Evaluation de l'activité antioxydante (teste au DPPH°)

La méthode du radical 2,2-diphényl-1 picrylhydrazyle (DPPH) est fréquemment utilisée, elle est la plus simple méthode qui fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydante.

On remarque expérimentalement, un changement de la couleur violette à la couleur jaune au niveau des solutions préparées après avoir laissé les tubes dans l'obscurité pendant 30mn.

Le DPPH (2,2 diphenyl-1-picryl hydrazyl) est un radical stable qui possède un électron célibataire sur l'atome d'azote, caractérisé par une couleur violette. En présence d'antioxydant l'électron célibataire devient apparié, ce qui conduit à la décoloration de DPPH du violet (forme radicalaire DPPH·) au jaune (forme réduite DPPH-H), cela est traduit par la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons.

#### 1.1. Lecture des résultats au spectrophotomètre

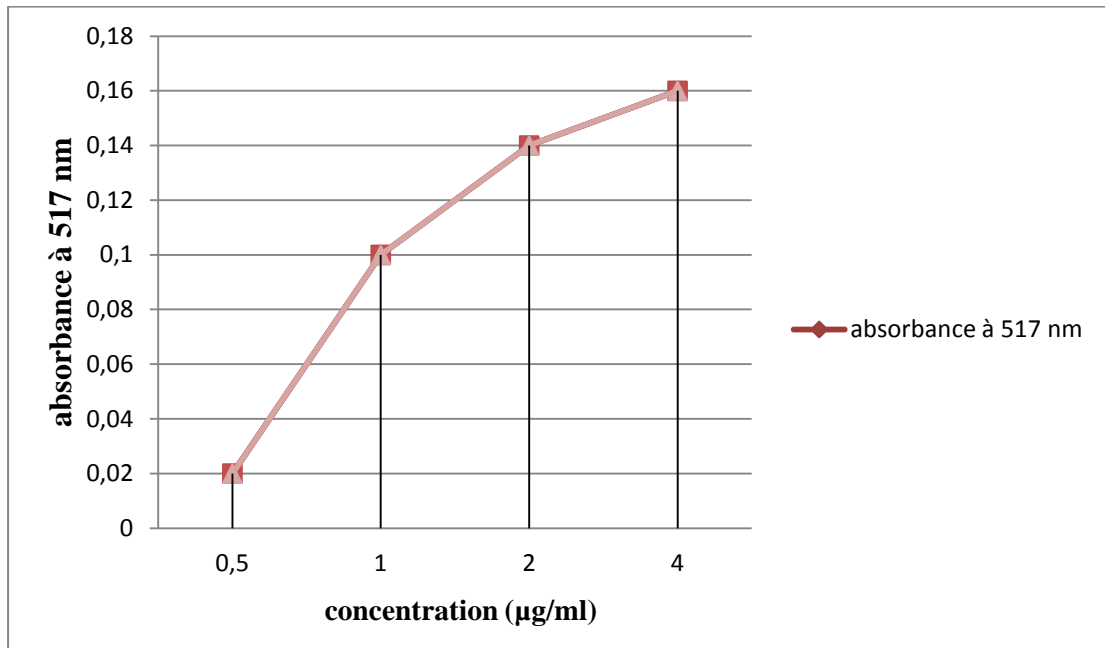
Les résultats obtenus lors du test de mesure de pourcentage d'inhibition du radical réalisés par spectrophotométrie à 517nm sont enregistrés dans le tableau au-dessous.

Il semble que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration de l'huile essentielle. (Voir tableau N° )

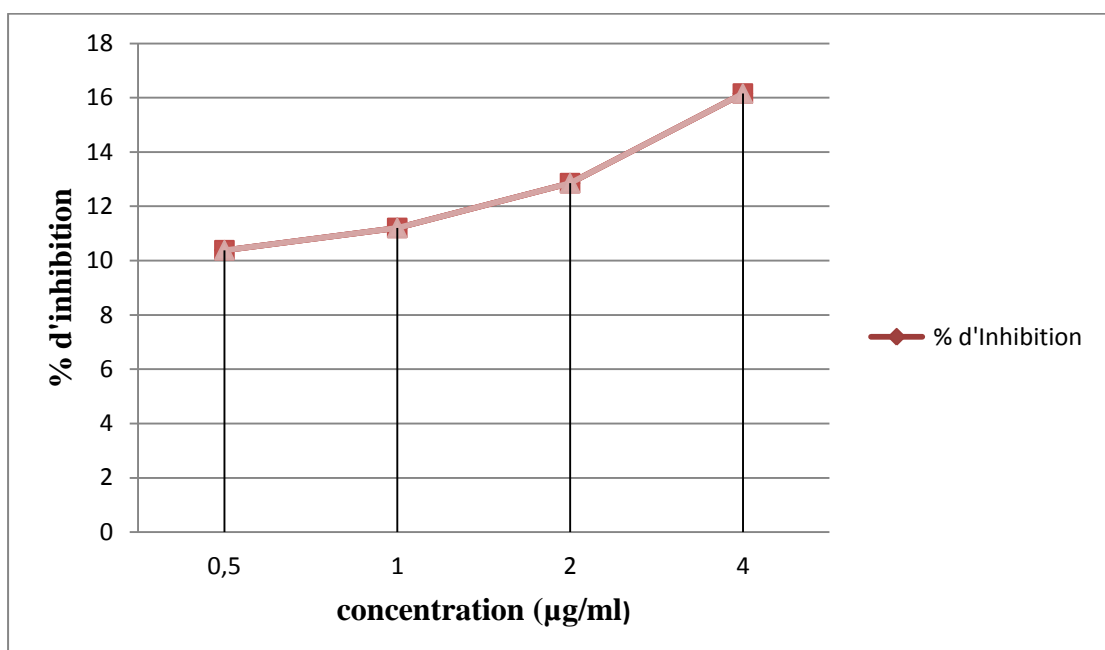
Concentration (µg/ml)	0.5	1	2	4
Absorbance de H.E à 517 nm	0.02	0.10	0.14	0.16
Pourcentage d'inhibition %	10.38	11.20	12.85	16.15

Tableau N°15. Résultats d'absorbance et pourcentage d'inhibition

**Partie expérimentale**  
**Chapitre II : Résultats et discussion**



**Figure N° 12. Courbe d'étalonnage pour le pouvoir réducteur de l'huile essentielle des graines de tomate selon la concentration**



**Figure N° 13. Pourcentage d'inhibition en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des graines de tomate**

Les figure N°12 & 13 montrent que les résultats de mesure de pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction de concentration de l'huile essentielle des graines de tomates affirment que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration car les concentrations (4 µg/ml; 2

## Partie expérimentale

---

### Chapitre II : Résultats et discussion

$\mu\text{g/ml}$ ; 1  $\mu\text{g/ml}$ ; 0,5  $\mu\text{g/ml}$ ) ont donné un pourcentage d'inhibition de (10.38 ; 11.20 ; 12.85 ; 16.15) dans l'ordre successive.

Les résultats du pouvoir antioxydant des extraits testés montrent que le pourcentage d'inhibition de l'huile essentielle des graines de tomates inhibe 16.15% du DPPH à une concentration de 4 $\mu\text{g/ml}$  est proches de tout ce qui est trouvé par d'autres références bibliographiques.

Le test DPPH a montré également que le pouvoir antioxydant était proportionnel à l'augmentation de la concentration des huiles volatiles

## Conclusion

---

L'utilisation des sous-produits des industries agro-alimentaires constitue une excellente voie de valorisation. Elle apporte une valeur ajoutée supplémentaire aux exploitations agricoles et aux unités de transformation, avec la possibilité de réduire les charges liées à l'élimination et à l'évacuation des déchets.

La transformation industrielle de la tomate en Algérie induit jusqu'à 30- 40% de la matière première comme déchets. Dans le cadre d'une valorisation de ces résidus, l'extraction de l'huile essentielle des graines de tomates a fait l'objet de notre étude. Afin de faire une évaluation de leur potentiel antioxydant et antibactérien.

Plusieurs travaux de recherche ont été focalisés sur les huiles essentielles extraites des graines de tomates sur les propriétés antioxydantes et antibactériennes, par conséquent, l'évaluation de telles propriétés demeure une tâche intéressante et utile, en particulier pour trouver de nouvelles sources d'agents antimicrobiens naturels. Dans ce contexte, nous avons essayé d'évaluer *in vitro* des activités antibactériennes et antioxydantes de l'huile essentielle extraite des graines de tomates.

L'extraction de l'huile essentielle des graines de tomates a été réalisée par une hydrodistillation de type « Clevenger ». Le rendement a été voisin de 5.97%.

Afin d'identifier et de quantifier les constituants chimiques des essences nous avons utilisé la chromatographie sur couche mince (CCM), cette analyse a révélé la présence de 3 constituants majeurs que malheureusement nous n'avons pas pu identifier.

L'évaluation de l'activité antibactérienne, par la méthode des disques nous a permis de mettre en évidence l'intensité du pouvoir antibactérien de l'huile essentielle des graines de tomates vis-à-vis de quatre bactéries. Ce pouvoir est relativement fort, avec des zones d'inhibition variant entre 12.66 et 26.66mm.

En troisième temps, une étude de l'activité antioxydante *in vitro* a été réalisée en employant le test du piégeage du radical libre DPPH, ce test a montré que le pouvoir antioxydant était proportionnel à l'augmentation de la concentration des huiles volatiles.

A l'issue de notre étude, et selon nos résultats qui indiquent que l'huile essentielle des graines de tomates a une très grande activité antibactérienne, il serait intéressant de mener une étude plus approfondie sur cette huile afin d'isoler, de purifier et d'identifier les composés ayant une activité antibactérienne.

## Références Bibliographiques

- Abdel – Rahman A-H.Y, 1982.** The chemical constituents of tomato seeds. Food chemistry, 9
- Abdul Rahman M.S., Thangaraj S., Salique S.M., Khan K.F. and Natheer S.E., 2010,** Antimicrobial and biochemical analysis of some spices extract against food
- Adem, 2000.** Comité national des coproduits. Fiche n°15 – Ecarts de fruits et légumes et coproduits de conserverie. Pulpe de tomate, Institut de l’Elevage.
- AFNOR, 1986,** Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR, Paris, p. 57.
- AFNOR, 2000,** Huiles essentielles, Monographies relatives aux huiles essentielles, Tome 2, 6ème édition, AFNOR, Paris.
- Aghajanzadeh-Golshani., A., Martínez-López, A.L., Carvajal-Millán, E., Ponce de León-Renova, N., Márquez-Escalante, J., and Romo-Chacón, A., 2009.** Handbook of analysis of active compound in Functional Foods
- Alvarado A., Pacheco-Delahaye E., Hevia P., 2001.** Value of a tomato byproduct as a source of dietary fiber in rats. *Plant Foods Hum. Nutr.*, **56**; 335–348.
- Amalou D., Ait Ammour M., Ahishakiye B. M., Ammouche A, 20013.** Valorisation des sous-produits de conserverie: cas des graines de tomates
- Anton R. & Lobstein A., 2005,** Plantes aromatiques, Epices, aromates, condiments et Extraction et analyse des huiles essentielles Oximation des aldéhydes naturels, Mémoire de magister. Université Montpellier II, p. 342.
- Baser KHC, Buchbauer G, 2010.** Antimicrobial Compounds: Current Strategies and New Alternatives
- Basil A, Jimenez-carmonna M.M. & Clifford A.A., 1998,**Extraction of rosemary by superheated water. *Journal of food chemistry*,p:5205-5209.
- Bawa, 1998.** Community enterprise for conservation in India: Biligiri Ranganaswamy Temple Sanctuary.
- Benakmoum A., Abbeddou S., Ammouche A., Kefalas P., Gerasopoulos D., 2008.** Valorisation of low quality edible oil with tomato peel waste. *Food Chem.*, **110**; 684 690.

## Références Bibliographiques

- Besombes C., 2008.** Contribution a l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomecanique d'herbes aromatiques. Applications generalisees. These Doctorat. Université de La Rochelle.p :41-45.
- Blamey M., et Grey Willson C., 2003.** La flore d'Europe occidentale. Paris: Flammarion
- Boukhalfa H, 2010.** Valorisation des sous-produits de la filière tomate transformée: optimisation de la production de la protéase par *Aspergillus* sur un milieu à base de déchets de tomates.
- Brodowski D., Geisman J.R., 1980.** Protein content and amino acid composition of protein of seeds from tomatoes at various stage of ripness. *J. Food Sci.* 45; 228–229, 235.
- Bruneton J., 1993,** Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales, Tec &
- Bruneton J., 2009,** *Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales*, 4e Ed, Lavoisier, Paris,p. 1269.
- Caillet S. et Lacroix M., 2007,** Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire, INRS-Institut Armand-Frappier, (RESALA), p. 1-8.
- Cantarelli PR, Regitano – d'Arce MAB, Palma ER., 1993.** Physico chemical characteristics and fatty acid composition of tomato seed oils from processing wastes. *Sci. Agric, Piracicaba;* 50.
- Celma A.R., Cuadros F., López-Rodríguez F., 2009.** Characterisation of industrial tomato by-products from infrared drying process. *Food Bioproducts Proc.*, 87; 282
- Chao S.C, Young D.G. &Oberg G.J., 2000,** Screening for inhibitory activity of essential oils on selected Bacteria, Fungi and viruses. *Journal of Essential oil Research.* 12, p: 639- 649.
- CODEX Alimentarius (1981). CODEX 33-1981:** Codex standard for olive oils and olive pomace oils P.8

## Références Bibliographiques

**CODEX Alimentarius, 1999. CODEX STAN 210-1999:** Codex standard for named vegetable oils P.13

**Cotte F, 2000.** Etude de la valeur alimentaire de pulpe de tomate chez les ruminants. Thèse Docteur vétérinaire, université Lyon 1

**Cox S.D., Mann C.M., Markham J.L., Bell H.C., Gustafson J.F., Warmington J.R. et Wyllie S.G., 2000,** The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Malaleuca alternifolia* (tee tree oil), *Journal of Applied Microbiology*, p:170-175.

**Deleveau P., Lorrain M., Mortier F., Rivolier C., Rivolier J., Sche Weitzer A.R., 1985,** (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*), *Lebensm.-Wiss.U-Technol.*, P. 263-268.

**Denek N., Can A., 2006.** Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. *Small Ruminant Res.*, **65**; 260–265.

**Derwich E., Benziane Z. et Boukir A., 2010,** GC/MS Analysis and antibacterial activity of the essential oil of *Mentha pulegium* grown in Morocco. *Res. J. Agric. & Biol. Sci.*, p :191-198.

**Doré C., et vareauquax., F, 2006.** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Paris : INRA

**Eller F.J., Moser J.K., Kenar J.A., Taylor S.L., 2010.** Extraction and analysis of tomato seed oil. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **87**; 755–762.

**Elvira Casas, Marianna Faraldi and Marie Bildstein., 2006.** HANDBOOK on BIOACTIVE COMPOUNDS from TOMATO PROCESSING RESIDUES». [Www.bioactive-net.com](http://www.bioactive-net.com) 44P.

**FAO., 2008.** World crop production statistics. Food and Agricultural Organization of United Nations Statistical Database Online Services.

**Garnéro J., 1991,** Les huiles essentielles, leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation, Ed. Encyclopédie des médecines naturelles, Paris, France, p. 2-20.

**Garnero M.J., 1977,** Problemes rencontrres aucours de l'étude de la composition,Antioxi-dantactivity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbsgrown in Lithuania. *Journal of Science Food and Agriculture*,p: 140-146.

## Références Bibliographiques

**Giove RM, et Abis S., 2007.** Places de la méditerranée dans la production mondiale des fruits et légumes. Les notes d'analyses de CIHEAM.23

**Guerard F., Guimas L., Binet A., 2002.** Production of tuna waste hydrolysates by a commercial neutral protease preparation. *J. Mol. Catal. B: Enzymatic*, 19–20; 489–98.

**Hammer K. A., Carson C. F. et Riley T. V., 1999,** Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts, *Journal of Applied Microbiology* Vol. 86, Issue 6, p.985-990.

**Heuvelink Ep, 2009.** World tomato exports have increased by 30 per cent over the last 5 years. S&G and Rogers (Syngenta).

**Heuvelink G, 2009.** textural modification of processing tomatoes. *CRC, Critical reviews in food science and nutrition* 38.

**INPV (Institut National de la Protection des Végétaux) de Annaba.** La tomate d'industrie en Algérie. <http://www.amitom.com/amitom/File/algeria.pdf>.

**IPNI :** the International Plants Names Index

**King, A.J. and G. Zeidler, 2004.** Tomato pomace may be a good source of vitamin E in broiler diets. *California Agric.*,

**Knoblich M., Anderson B., Latshaw D., 2005.** Analyses of tomato peel and seed byproducts

**Lee C.-Z., Liou G.-Y., Yuan G.-F., 2004.** Comparison of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus oryzae* by amplified fragment length polymorphism. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, 45; 61–68.

**Legrand G. 1993,** Manuel de préparateur en Pharmacie, Masson, Paris.

**Legrand G., 1978,** Manuel préparatoire en pharmacie, 8ème Edition, Ed. Masson, Paris.

**Lester M., Morrison M.D., 1946.** The control of diarrhea by tomato pomace. *American J. Digestive Diseases*, 13(6); 196-198.

**Lis-Balchin M.** *Lavender: the genus Lavandula*. Ed. Taylor and Francis, London, 2002, pp. 37, 40, 50, 155-200.

**Lis-Balchin M., 2002,** *Lavender: the genus Lavandula*, Taylor and Francis, London, p. 37, 40.



## Références Bibliographiques

- Lis-Balchin M., Deans S.G.** Bioactivity of selected plant essential oils against *Listeria monocytogenes*. *J. Appl. Microbiol.*, 1997, 82,759-62.
- Lis-Balchin M., Deans S.G., Eaglesham E.** Relationship between the bioactivity and chemical composition of commercial plant essential oils. *Flav. Fragr. Journal*, 1998, 13, 98-104
- Madhavi D. L., Deshpande S. S. et Salunkhe D. K., 1996**, Food Antioxidants,
- Mansoori B., Modirsanei M., Radfar M., Kiaei M.M., Farkhoy M., Honarзад J., 2008.** Digestibility and metabolisable energy values of dried tomato pomade for laying and meat type cockerels. *Animal Feed Sci. Technol.*, 141; 384–390.
- McCay O.M., Smith S.E., 1940.** Tomato pomace in the diet. *Sci.*, 91; 38
- Moresi M. and Liverotti C, 1982. Economic study of tomato paste production. *J. Food Technology* 17: 177-199.
- Müller C., McIntyre M., Hansen K., Nielsen J., 2002.** Metabolic engineering of the morphology of *Aspergillus oryzae* by altering chitin synthesis. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68(4); 1827–1836.
- Multon J. L.** *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires*. Ed.: Lavoisier, Paris, 2002, 207- 231
- Padrini F. et Lucheroni M.T., 1997**, La nature des huiles essentielles, Ed. Dexecchi.
- Pibiri M.C, 2006**, Assainissement microbiologique de l'air et des systemes de Antioxidantactivity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbgrown in Lithuania. *Journal of Science Food and Agriculture*,p: 140-146.
- Proot M, 2002.** Séchage des produits alimentaire, techniques de l'ingénierie, traité agroalimentaire.
- Rachedi m.F, (2004).** Cultures maraichères et industrielle in collection études
- SALUNKHE, D. K., S. J. JADAV & M. H. Yu, 1974.** Quality and nutritional composition of tomato fruit as influenced by certain biochemical and physiological changes. *Qual. Plant., Plant Foods, Human Nutr.*

## Références Bibliographiques

- Schauenberg P. et Paris F., 2010**, Guide des plantes médicinales : Analyse, description et utilisation de 400 plantes, Ed. Delachaux et Niestlé, p.396.
- Schauenberg P., Ferdinand P., 2006**, Guide des plantes médicinales, Ed : Detachaux et Niestlé, p. 8.
- Scimeca D. et Tétou M., 2005**, Votre santé par les huiles essentielles, Guide pratique
- Sogi D.S., Bhatia R., Garg S.K., Bawa A.S., 2005**. Biological evaluation of tomato waste seed meals and protein concentrate. *Food Chem.*, **89**; 53–56.
- Sogi D.S., Shivhare U.S., Garg S.K., Bawa A.S., 2003**. Water Sorption Isotherm and Drying Characteristics of Tomato Seeds. *Biosystems Eng.*,
- Souza E.L., Guerr N.B., Stamford T.L.M. and Lima E.O., 2006b**, Spices: alternative sources of antimicrobial compounds to use in food conservation. *Rev. Bras. Farm.*, p. 22-25.
- Utree A., Slump R.A, Steging G. et Smid E.J., 2002**, Antimicrobial activity of Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Ventura M.R., Pieltain M.C., Castanon J.I.R., 2009**. Evaluation of tomato crop by-products as feed for goats. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **154**; 271–275.
- Vokou D., Kokkini S. et Bressiere J.M., 1988**, *Origanum onites* (Lamiaceae) in Greece Distribution , volatile oil yield, and composition, *Economy botanic.* 42, p. 407-412.
- Weiss W.P., Frobose D.L., Koch M.E., 1997**. Wet tomato pomace ensiled with corn plants for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **80**; 2896–2900.
- Yu, M.H., Olson, L.E. et Salunkhe, D.K, 1967**. Precursors of volatile components in tomato fruit- I. Compositional changes during development. *Phytochem.*
- Zhao Suoqi, Hu Yunxiang, Qi Guopeng, Wang Renan, Liu Kuifang, Liu Yumei, Chen Dejun, and Liu Yuyin, 2008**. Extracting lycopene from tomato powders by supercritical propane and carbon dioxide with industrial scale pilot .

## Annexe 2

### ▪ Détermination de la matière sèche (MS)

Le taux de matière sèche exprimé en pourcent de l'échantillon est donné par la formule suivante :  $(P_0 - P) \times 100 / P_0$

Dont  $P_0$  : poids initial en gramme, de la prise d'essai ;

$P$  : poids en gramme, de la prise d'essai séchée ;

MS (%) = 100 – H (%) d'où H : humidité

### ▪ Détermination des cendres

Le taux de la matière organique (MO) exprimé en pourcent de l'échantillon est donné par la formule suivante :

Dont  $P_0$  : poids initial en gramme de la prise d'essai ;

$P$  : poids en gramme du résidu gris résultant de l'incinération ;

C (%) = 100 – MO (%) d'où C : cendres

$(P_0 - P) \times 100 / P_0$

$(P_0 - P) \times 100 / P_0$

## Annexe 3

### 1. Dosage des sucres totaux

#### • Protocole

A 1 ml de l'échantillon dilué, est ajouté 1 ml de phénol à 5% et 5 ml de l'acide sulfurique 95% de pureté. Après agitation, le mélange réactionnel est laissé reposer 10 min à température ambiante. Il est ensuite incubé au bain-Marie à 30°C pendant 30 min. La lecture des absorbances est effectuée au spectrophotomètre (JENWAY 6315) à 490 nm.

### 2. Dosage des protéines

#### • Réactifs

Solution A :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  à 2% dans le NaOH (0,1N) ;

Solution B :  $\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$  à 1% dans l'eau distillée ;

Solution C : Tartrate double de sodium et de potassium à 2% dans l'eau distillée ;

Solution M : 1 ml de solution C + 1 ml de solution B + 20 ml de solution A ;

Réactif de Folin-Ciocalteu dilué au 1/10<sup>ème</sup>.

#### • Protocole

A 1 ml de l'échantillon dilué, 1 ml de la solution M est ajouté. Le mélange est laissé reposer 10 à 15 min à température ambiante, ensuite 3 ml du réactif de Folin est ajouté. Après agitation vigoureuse, l'échantillon est incubé à température ambiante à l'obscurité pendant 45 min. L'absorbance est lue à 750 nm.