

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة جيجل
كلية علوم الطبيعة و الحياة
المكتبة
1882

Université de Jijel

Faculté des Sciences Exactes et Sciences
de la Nature et de la Vie

Département de Biologie Moléculaire et
Cellulaire



جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعية و الحياة

قسم البيولوجية الجزيئية و الخلوية

Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme
d'Ingénieur d'Etat en Biologie

Option : Contrôle de Qualité et Analyses

Intitulé



Contrôle de qualité des tomates cultivées sous
serre à Jijel

Membres de Jury :

Présidente : M^{lle} AKKOUCHE Zoubida

Examinatrice : M^{lle} BEKKA Fahima

Encadreur : M^{me}. ROULA Massika

Présentée par :

M^{lle} : BOUDJEDJOU Souad

M^{lle} : BOULFANI Hassina

M^{lle} : BOUROUMEH Leila

Année Universitaire 2011-2012

Remerciements

Avant tous nous remercions le Dieu qui nous a donné le courage et la force pour continuer. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite

En guide de reconnaissance, nous tenant fort à remercier :

Notre promotrice M^{me} ROULA Massika qui nous attribué beaucoup de son temps. Nous la remercions pour l'aide qu'elle nous a apportée pour guider ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent aussi au Dr IDOUI pour sa précieuse collaboration.

Nos sincères remerciements vont aux membres du jury M^{lle} BEKKA et M^{lle} AKKOUCHE qui nous ont fait l'honneur de juger ce travail et de l'enrichir par leur critique

Nous remercions aussi Mr BEN NACER et Mr LAATER pour leur aide précieuse sur le terrain

Au personnel de laboratoire de Biochimie et Microbiologie et Contrôle de Qualité pour leur gentillesse et leur disponibilité.

Nos vifs remerciements à nos familles et nos amies pour leur soutien inconditionnel

Merci enfin pour tous ceux et celles qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre lors de notre travail, nous les remercions du fond du cœur.

Merci ...

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	

Introduction	01
--------------	----

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la tomate

I.1. Historique, définition et origine.....	03
I.2. Classification botanique.....	03
I.3. Description botanique de la tomate	04
I.3.1. L'appareil végétatif.....	04
I.3.2. L'appareil reproducteur.....	04
I.4. Composition chimique de fruit de tomate.....	06
I.5. Variétés de la tomate.....	08
I.6. Maladies et ennemis de la tomate.....	10
I.6.1. Les bactéries	10
I.6.2. Les moisissures.....	10
I.6.3. Les insectes	11
I.6.4. Autres causes de pertes de récolte.....	15

Chapitre II : La culture des tomates sous serre

II.1. Exigences pédoclimatiques.....	16
II.1.1. Exigences climatiques.....	16
II.1.2. Exigences édaphiques.....	17
II.1.3. Exigences nutritionnelles.....	17
II.2. Objectifs de la sélection variétale.....	17
II.3. Récolte et conditionnement.....	18
II.4. Conservation.....	19
II.5. La tomate dans le monde.....	20
II.5.1. Production.....	20
II.5.2. Consommation.....	20
II.6. La tomate dans l'Algérie.....	20
II.6.1. Superficie, Production et rendement.....	20
II.6.2. Variétés de tomate maraichère existante en Algérie.....	21
II.6.3. Mode de production.....	21
II.6.4. Les contraintes de la production de tomate en Algérie.....	22

II.6.4.1. Contraintes techniques.....	22
II.6.4.2. Contraintes économiques.....	22

Chapitre III : La qualité de la tomate

III.1. La tomate de qualité	23
III.2. Qualité morphologique de la tomate.....	23
III.2.1. L'aspect.....	23
III.2.2. La tenue.....	24
III.3. Qualité organoleptique de la tomate.....	25
III.4. Qualité nutritionnelle de la tomate.....	25
III.5. Qualité physicochimique de la tomate.....	26
III.6. Qualité microbiologique de la tomate.....	26

Etude expérimentale

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

IV.1. Matériel	28
IV.1.1. Matériel biologique.....	28
IV.1.2. Appareillage et Verrerie.....	28
IV.1.3. Produits chimiques et milieux de culture.....	29
IV.2. Méthode de travail.....	29
IV.2.1. Présentation des zones d'étude.....	29
IV.2.2. Echantillonnage.....	31
IV.2.3. Analyses morphologiques des tomates.....	32
IV.2.3.1. Le poids moyen	32
IV.2.3.2. Taille	32
IV.2.3.3. Le coefficient de forme	32
IV.2.3.4. Le nombre de lobes	33
IV.2.4. Analyses physicochimiques des tomates.....	33
IV.2.4.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques.....	33
A. Mesure du pH.....	33
B. Mesure de l'acidité totale titrable.....	33
C. Teneur en matière sèche.....	34
D. Teneur en cendres	34
E. Teneur en matière organique.....	34
F. Détermination de la matière sèche soluble totale	35
IV.2.5. Analyses microbiologiques des tomates.....	35
IV.2.5.1. Préparation de la solution mère et leurs dilutions.....	35
A. Préparation de la solution mère.....	35
B. Préparation des dilutions.....	35
IV.2.5.2. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile	35

IV.2.5.3. Dénombrement des coliformes totaux	36
IV.2.5.4. Dénombrement des coliformes fécaux	36
IV.2.5.5. Recherche de <i>Salmonella</i>	37
IV.2.5.6. Recherche et dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i>	37
IV.2.5.7. Recherche des <i>Pseudomonas</i>	38
IV.2.5.8. Dénombrement des levures et moisissures.....	38
IV.2.6. Recherche des pesticides dans les tomates	39
IV.2.7. Analyse sensorielle des tomates.....	42
IV.3. Analyses statistiques des données	42

Chapitre V : Résultats et Discussion

V.1. Analyse morphologique	43
V.2. Analyses physico-chimiques des tomates.....	44
V.2.1. Le pH	44
V.2.2. L'acidité titrable	45
V.2.3. Détermination de la matière sèche et le taux d'humidité.....	46
V.2.4. Détermination de la matière minérale	47
V.2.5. Détermination de la matière organique	47
V.2.6. Détermination de la matière sèche soluble totale	47
V.3. Analyses microbiologiques des tomates.....	48
V.3.1. Dénombrement de la flore totale mésophile	48
V.3.2. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux.....	49
V.3.3. Recherche de <i>Salmonella</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Pseudomonas</i>	51
V.3.4. Dénombrement des levures et moisissures.....	53
V.4. Recherche des pesticides.....	53
V.5. Analyse sensorielle des tomates.....	57
Conclusion	60
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des abréviations

Aw	Activité de l'eau
°C	Degré Celcius
Ca	Calcium
CaO	Oxyde de Calcium
Cf	Coefficient de forme
cm	Centimètre
cm ³	Centimètre cube
CO ₂	Dioxyde de Carbone
CPG	Chromatographie Phase Gazeuse
CT	Coliformes totaux
CTT	Coliformes Thermo Tolérantes
DA	Dinars Algerians
DDT	DichloroDiphenylTrichloroethane
Ech	Echantillon
EVA	EthylèneVinyleAcetate
FAO	Food and Agriculture Organization.
Fe	Fer
FTAM	Flore Totale Aérobie Mésophile
g	Gramme
g/l	Gramme/ litre
GN	Gélose nutritive
h	Heure
Ha	Hectares
H ₂ O	Oxyde d'Hydrogène
H ₃ O ⁺	Hydronium
IR	Indice Réfractométrique
K	Potassium
K cal	Kilo calories
KCl	Chloride de Potassium
Kg	kilo gramme
K joule	Kilo joule
K ₂ O	Oxyde de potassium
LMR	Limite Maximale des Résidus
M	Molaire
Max	Maximale
meq	mili équivalent
Min	Minimale.
Mg	Magnésium
MgO	Oxyde de magnésium
mm	Millimètre
MM	Matière Minérale

mn	Minute
MO	Matière Organique
MS	Matière Sèche
MSST	Matière Sèche Soluble Totale
Mt	Million de tonnes
m ²	Mètre carré
m ³	Mètre cube
n	Nombre des unités de l'échantillon
N	Normal
N	Azote
Na	Sodium
Na HCO ₃	Bicarbonate de sodium
NaHCO ₂	Hydrocarbonate de sodium
NaOH	Hydroxyde de sodium
Na SO ₄	Sulfate de sodium
OMS	Organisation Mondiale de Santé
P	Phosphore
PCA	Plat Count Agar
pH	potentiel Hydrodynamique
Pm	Poids moyen
P ₂ O ₅	Phosphate
ppb	Partie par billion
ppm	Partie par million
pt	poids total
Qx	Quintaux
<i>S. aureus</i>	<i>Staphylocoque aureus</i>
SFB	Bouillon au sélénite-cystéine
SM	Solution Mère
SS	<i>Salmonella Shigella</i>
UFC	Unité Formant Colonie
VRBL	Gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre
v/v	Volume/volume

Liste des figures

Figure 1 :	L'appareil végétatif de la tomate.....	5
Figure 2 :	L'appareil reproducteur de la tomate.....	5
Figure 3:	Les différentes variétés des tomates.....	9
Figure 4:.	Certaines infections fongiques de la tomate.....	13
Figure 5:	Différents insectes affectant la tomate.....	13
Figure 6 :	Le cycle biologique de la mineuse.....	14
Figure 7:	Symptômes de <i>T. absoluta</i> sur les feuilles, le fruit et la tige de la tomate.....	14
Figure 8:	Quelques contraintes abiotiques de la culture de tomate.....	15
Figure 9:	Degrés de mûrissement de la tomate (de gauche à droite.....	18
Figure 10 :	10: Les principaux pays producteurs de tomate.....	20
Figure 11 :	Code couleur.....	23
Figure 12:	Calibre (grosueur).....	24
Figure 13 :	Schéma récapitulatif de l'extraction des résidus de pesticides de tomate	41
Figure 14	Histogramme de résultat de la mesure de poids moyens des échantillons.	43
Figure 15:	Histogramme de résultat de la mesure du pH des échantillons de tomate.....	45
Figure 16:	Histogramme de mesure d'acidité titrable des six échantillons de tomate.....	46
Figure 17:	Histogramme de taux de la matière sèche, minérale et organique des échantillons.....	47
Figure 18:	Histogramme de taux de la MSST des six échantillons de tomate.....	48

Figure 19:	Présentation graphiques les résultats de dénombrement des FTAM.....	49
Figure 20:	Présentation graphique des résultats de dénombrement des CT et CTT.....	50
Figure 21:	Chromatogramme de recherche des pesticides dans l'échantillon N° 1 d'Achouat.....	54
Figure22:	Chromatogramme de recherche des pesticides dans l'échantillon N°2.....	54
Figure 23:	Chromatogramme de recherche des pesticides dans l'échantillon N°1 du Nil.....	55
Figure 24:	Chromatogramme de recherche des pesticides dans l'échantillon N° 2 du Nil.....	55
Figure 25:	Les notes moyennes de l'impression générale des six échantillons.....	57
Figure 26:	Les notes moyennes de texture en bouche des six échantillons.....	57
Figure 27:	Les notes moyennes du goût des six échantillons.....	58
Figure 28:	Les notes moyennes d'odeur des six échantillons.....	58
Figure 29:	La note totale de dégustation des six échantillons.....	59

Liste des photos

Photo N° 1:	La zone de prélèvement de premier site : Achouat.....	30
Photo N° 2:	La zone de prélèvement de deuxième site : Nil.....	31
Photo N°3 :	La variété de tomate <i>Tavira</i>	32
Photo N° 4:	Représentatif des coliformes sur le milieu VRBL.....	50
Photo N°5:	Représentant de la recherche des <i>Salmonella</i>	51
Photo N°6:	Représentant de la recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	52
Photo N°7:	Représentant de la recherche des <i>Pseudomonas</i>	52
Photo N°8:	L'aspect des colonies des levures.....	53

Liste des tableaux

Tableau N° 1:	Les différentes variétés de tomates.....	8
Tableau N°2 :	Température requises pour les différentes phases de développement d'un pied de tomate.....	16
Tableau N°3:	Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2001-2009.....	21
Tableau N°4:	Résultats de dénombrement des levures et moisissures.....	43
Tableau N° 5:	Résultats de recherche de <i>Salmonella</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Pseudomonas</i>	51

*Synthèse
bibliographique*

Introduction

Dans le monde entier, la tomate est devenue aujourd'hui le 2^{ème} légume-fruit le plus consommé après la pomme de terre, elle est cultivée pour ses fruits rouges charnus qui sont très recherchés et très consommée par toutes les âges de la population tant pour ses qualités organoleptiques que pour sa valeur nutritionnelle qui exerce différents effets sur notre santé. Son aspect attractif, lié à sa couleur et sa forme, est un atout puissant.

Elle est employée dans un grand nombre de préparations culinaires (fraiche en salade, dans les sauce, tomate farcie, etc...). D'une manière générale, la tomate possède une très bonne image. A la fois légume et fruit, elle s'inscrit dans une certaine modernité due à sa facilité de consommation.

La tomate est une plante originaire des Andes d'Amérique du Sud, introduite en Europe en 1544 sous le nom de « pomme d'or » ou « pomme d'amour » comme simple plante ornementale, son nom, scientifique est *Lycopersicon esculentum* qui appartient à la famille des *Solanaceae* (Naïka et al., 2005), elle est caractérisée par une quantité importante en eau (90 à 95 %), ce qui en fait un aliment de faible contenu énergétique pour lutter contre l'obésité, elles offrent aussi des fibres qui favorisent la digestion, des quantités appréciables en vitamine C et en minéraux notamment de potassium (237 mg / 100 g), c'est pour cela sa consommation contribue à un régime sain et équilibré (Grasselly et al., 2000).

La qualité de tomate est le résultat de nombreux facteurs de production. Donc, il est important de prendre conscience que cette qualité des fruits ne se joue pas seulement de manière ponctuelle. Au contraire, on doit voir ce concept comme un processus continu, c'est-à-dire comme quelque chose qui s'élabore petit à petit au cours du développement du fruit. Pour cette raison, lorsque l'on fait face à un défaut de qualité, la recherche des causes doit tenir compte de l'ensemble des étapes de vie (développement, maturation, récolte, conditionnement...) du fruit.

Une combinaison entre les différentes caractéristiques (visuelles et internes) du fruit de tomate à savoir ; les caractéristiques organoleptiques, microbiologiques, physicochimiques et morphologiques donne naissance à sa qualité finale (Dossou et al., 2007).

La production mondiale de la tomate s'élevait en 2007 à 126,2 millions de tonnes (Mt) soit un rendement moyen de 27,3 tonnes à l'hectare et dépasse en 2009 les 141 Mt. En Algérie, la culture de la tomate occupe près de 33 000 ha annuellement, donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens (311 Qx/ha) faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen producteurs de tomate (Tunisie, Maroc, France...). Sa production représente 08,79% par rapport à la production totale des cultures maraichères (Snoussi, 2010).

La production de la tomate est a baissé à cause des différents ravageurs. Parmi ces derniers, un nouveau ravageur est observé ces dernières années et cause d'énormes dégâts aussi bien sous serre qu'en plein champ ; c'est la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* dont la lutte reste très difficile car elle présente une grande résistance à certaines insecticides. En Algérie sa 1^{ère} apparition fut en Mostaganem en mois de Mars 2008 (INPV, 2008).

Le présent travail porte sur l'étude de la qualité de tomate cultivée sous serre à la région de Jijel. Il aura pour but de contrôler les cultures sous serres de tomates pour cerner au mieux l'état de la tomate, ses qualités nutritionnelle, sensorielle, physicochimique et notamment microbiologique. De plus, nous donnons de l'importance à l'aspect toxicologique en recherchant la présence des résidus de pesticides dans cette matrice.

Pour ce faire nous partageons notre travail en deux parties :

Une première partie relative aux données de la littérature, cette synthèse bibliographique inclue trois chapitres. Le premier et le deuxième chapitre portent sur l'étude de la tomate : historique, origine, classification, variété, maladies, conservation, et sa place dans le monde, en Algérie et à Jijel.

Dans le troisième chapitre, une attention particulière sera accordée à la qualité de la tomate, en mettant l'accent sur les différents facteurs pouvant avoir une influence directe ou indirecte sur cette qualité.

Une deuxième partie concernant le travail réalisé au laboratoire à savoir :

- L'échantillonnage des tomates sous serre au niveau de deux sites de région de Jijel.
- Les analyses physicochimiques, microbiologique suivi d'une recherche écotoxicologique des résidus des pesticides sans oublier de faire une analyse sensorielle pour cerner au mieux la qualité de ce produit agricole.

Chapitre **II**

Généralités sur la tomate

I.1. Historique, définition et origine

La tomate est une plante cultivée dans le monde entier pour ses fruits rouge, charnus et comestible ; elle appartient à la famille des *Solanaceae* qui regroupe d'autres espèces telles que la pomme de terre, le poivron et l'aubergine. Sa culture se fait en plein champs ou sous serre (Naïka et al, 2005).

La tomate est née au Pérou, dans une vallée nichée entre le Pacifique et la cordillère des Andes d'Amérique du Sud, elle resta près de trois siècles, après sa découverte par Christophe Colomb au XV^{ième} siècle, une simple plante ornementale (Anonyme, 2006), elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544.

Les premières études qui la décrivent remontent au XVI^{ème} siècle. Pour la première fois, Pietro Andrea Mattioli, botaniste et médecin italien, en donne une description sommaire en 1544 et l'appelle pomme d'or. Rembert Dodoens en fait la première représentation graphique en 1557 sous le nom de pomme d'amour (Viron, 2010).

Par la suite, son usage alimentaire s'est développé sous forme de sauces, puis sa consommation à l'état de produit frais a commencé dans de nombreux pays du bassin méditerranéen et s'est répandue vers le Nord de l'Europe à la fin XVIII^{ème} siècle, en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et en Moyen Orient.

Parmi les noms communs utilisés pour désigner la tomate, il y a les suivants : tomate (Espagnol, Français), tomat (Indonésien), tomati (Afrique de l'Ouest), tomatl (Nahuatl, langue indigène du Mexique), pomodoro (Italien) (Naïka et al, 2005).

La tomate se consomme fraîche en salade ou cuite dans des sauces plus ou moins concentrées et aromatisées, dans des soupes ou des plats de viande ou de poisson. Il est possible de les transformer en purée, en jus et en ketchup. Les fruits séchés et les fruits mis en conserve sont des produits transformés qui ont également une importance économique (Espiard, 2002).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduite. Sa consommation a commencée dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (Chougar, 2011).

I.2. Classification botanique

Selon Viron(2010), en 1753, Carl Von Linne la dénomme *Solanum lycopersicum*, soit "pêche de loup" d'après son étymologie grecque. En 1754, Philip Miller la distingue du genre *Solanum* et la nomme *Lycopersicon esculentum*. Ahishakiye et Ait Ammour (2010) rappelle que la tomate appartient à la classification suivante :

- Règne : Plantae ;
- Sous-règne : Tracheobionta ;
- Division : Magnoliophyta ;
- Classe : Magnoliopsida ;
- Sous-classe : Asteridae ;
- Ordre : Solanales ;
- Famille : *Solanaceae* ;
- Genre : *Solanum* ou *Lycopersicon* ;
- Espèce : *lycopersicum esculentum*.

I.3. Description botanique de la tomate

Du point de vue botanique, ce légume est une plante annuelle qui peut atteindre une hauteur de plus de deux mètres. Cependant, en Amérique du Sud, il est possible de récolter d'une même plante (les plantes à croissance indéterminée) pendant plusieurs années de suite (Naika et al., 2005).

I.3.1. L'appareil végétatif

- **Système racinaire**

Il est constitué d'une forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventives (Fig. 1. A).

- **Feuillage**

Les feuilles sont disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Elles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. L'inflorescence est une cime formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm (Fig. 1.B).

- **La tige**

La tige de la tomate (Fig. 1.C), comme celle des autres *Solanaceae* est vigoureuse et ramifiée, elle pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m, elle est pleine, fortement poilue. Il existe deux types de croissance chez la tomate: croissance indéterminée et croissance déterminée (PNTTA, 1999).

I.3.2. L'appareil reproducteur

- **Fleurs**

Elles sont regroupées en cime, bisexuées, régulières de 1,5 à 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux - ou entre les feuilles, Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. En général il y a 6 pétales jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres (Fig. 2.D). Il ya 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif. En général la plante est autogame, les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs (Naika et al, 2005).

- **Fruit**

Le fruit est une baie charnue de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm et contient plusieurs loges (Fig. 2.E). Sa maturité peut continuer même après la cueillette car c'est un fruit climactérique. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu, sa couleur varie du jaune au rouge en passant par l'orange lorsqu'il devient mûr (PNTTA, 1999).

- **Graines**

Nombreuses, en forme de rein ou de poire, elles sont poilues et aplaties, de 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large (Fig. 2.F), elles sont de couleur jaune dont la peau est riche en fibres, et l'amande en lipides et protides. Elles représentent environ 3% du poids du fruit. Le poids de 1000 graines de tomate est approximativement 2,5 à 3,5 g selon la variété (Espiard, 2002).

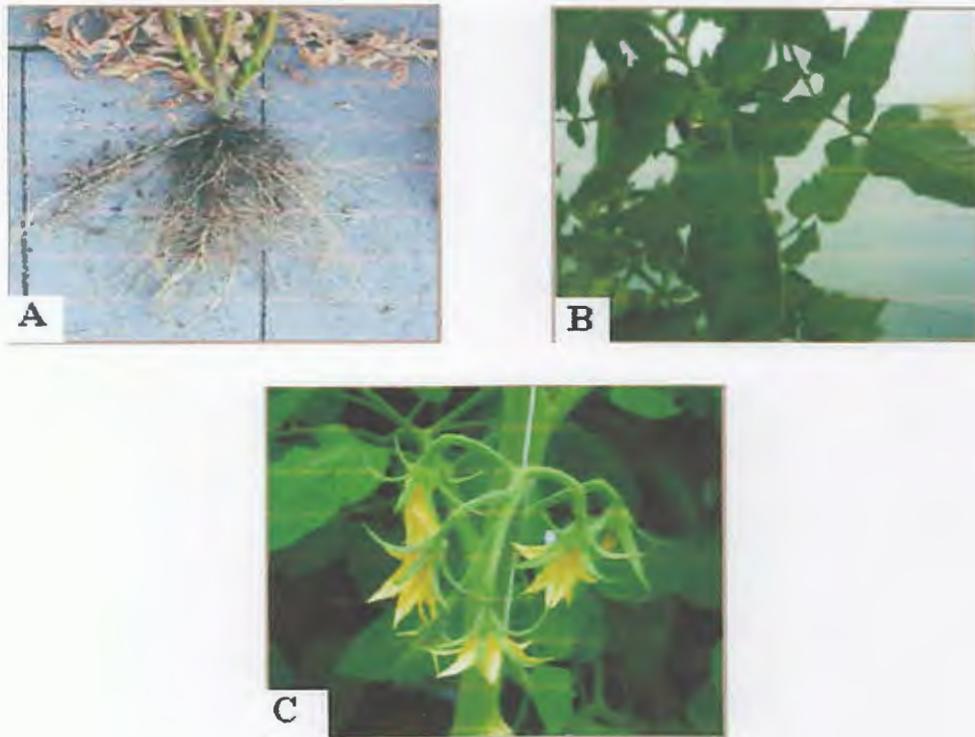


Figure 1 : L'appareil végétatif de la tomate.
A : système racinaire, B : feuillage, C : la tige (Chougar, 2011).

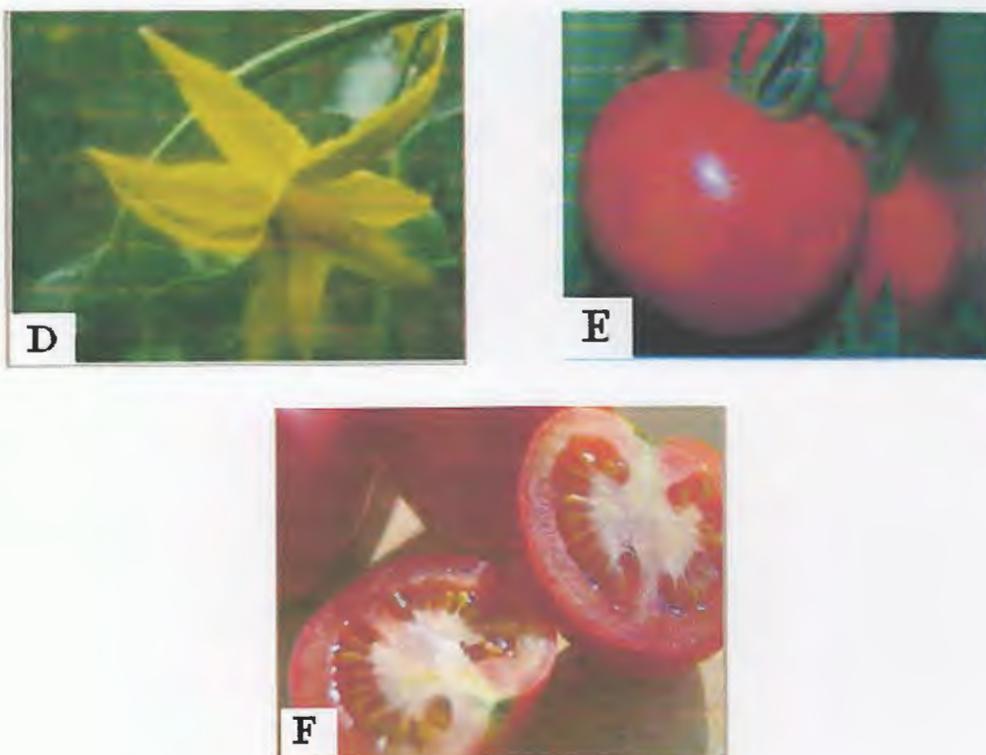


Figure 2 : L'appareil reproducteur de la tomate.
D : fleur, E : fruit, F : section longitudinale d'une tomate (Grasselly et al., 2000).

I.4. Composition chimique du fruit de tomate

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

Une tomate mûre est composée d'environ 93 à 95% d'eau soit 5 à 7% de la matière sèche (MS). Environ la moitié de la MS. est composée de sucres (glucose et fructose essentiellement), un quart d'acides organiques, d'acides aminés, de minéraux et de lipides, et un quart de protéines, pectines, cellulose et hémicellulose (Grasselly *et al.*, 2000).

- **L'eau**

Le fruit de tomate mûr contient d'environ 93 à 95% d'eau. La teneur en eau très élevée des fruits est un paramètre qui traduit la grande périssabilité de la tomate et limite son aptitude à l'entreposage à la température ambiante (Dossou *et al.*, 2007).

- **Les protéides**

Les constituants protéiques sont présents en faible concentration dans la tomate ; 0,9 à 1,1g/100g de produit consommable (Grasselly *et al.*, 2000). Ils sont toutefois d'une importance capitale en tant qu'enzymes impliquées dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance. La tomate malgré sa faible teneur en protéines (1,1%) contient pratiquement tous les acides aminés (Ahishakiye et Ait Ammour, 2010).

- **Les lipides**

La composition en lipides varie en fonction de la variété et du degré de maturité lors de la récolte, il répertorie plus de 33 acides gras dans le péricarpe, la teneur en lipides est de 0,3 g par 100g de poids frais (Ahishakiye et Ait Ammour, 2010).

- **Les glucides**

Chez la tomate, l'amidon et les hexoses sont stockés en quantités équivalentes, pendant les stades précoces de développement du fruit, principalement sous forme de fructose, de glucose et de saccharose. Ils représentent près de la moitié de la MS du fruit mûr. Ils sont essentiellement des sucres réducteurs : le glucose représente 0,88 à 1,25%, et le fructose 1,08 à 1,48%, (Grasselly *et al.*, 2000 ; Ahishakiye et Ait Ammour, 2010).

- **Les acides**

Plus d'un huitième de la MS du fruit est composé d'acides organiques, essentiellement citrique et malique et d'acides aminés di-carboxyliques, dont les concentrations relatives dépendent des variétés et de la nutrition minérale. L'acide citrique représente environ 70% de l'acidité totale du fruit mûr et intervient majoritairement dans la perception de sa saveur acide (Grasselly *et al.*, 2000).

- **Les composés volatils aromatiques**

Au total, plus de 400 composés volatils ont été identifiés chez la tomate, dont la concentration dans le fruit varie de quelques ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) à quelques dizaines de ppm (mg/kg) mais, ils ne représentent que 0,1 % de la matière sèche, une trentaine seulement serait principalement responsable de l'arôme de la tomate fraîche. L'arôme typique de la tomate est la résultante d'une combinaison inconnue de ces multiples composés volatils (Grasselly *et al.*, 2000).

- **Les pigments**

Le bêta-carotène et le lycopène sont les caroténoïdes responsables de la couleur des tomates ; ils leur confèrent des propriétés nutritionnelles intéressantes liées à leur pouvoir antioxydant et vitaminique dans le cas du bêta carotène.

Ils sont synthétisés pendant la phase de maturation dans un intervalle de température de 10 à 30°C, mais la coloration rouge s'exprime mieux entre 20 à 25°C et le lycopène s'accumule au niveau des membranes internes, alors que les pigments jaunes (*beta-carotène*) s'accumulent entre 30 à 40°C dans les globules lipidiques (**Grasselly et al., 2000**).

- **Les minéraux**

La teneur globale de la tomate en cendres est de 0,75%. Les principaux minéraux qui entrent dans la constitution de la tomate sont : le Ca (2,95 à 3,95 ppm), le Mg (2,5 à 4 ppm), le Fe (0,6 à 0,8 ppm), le P (2,4 à 2,9 ppm), le K (18,7 à 29,5 ppm) et le Na (15,7 à 17,6 ppm). Parmi ses nombreux minéraux, peu ont vraiment été étudiés autrement que par leur quantification (**Grasselly et al., 2000 ; Ahishakiye et Ait Ammour, 2010**).

- **Les vitamines**

La tomate est considérée comme l'un des fruits les plus riches en vitamines, surtout la vitamine C (15-23mg/100g de produit consommable) et d'autres nombreuses vitamines comme B1, B2, B6, E, pantothénique et la caroténoïde, (**Grasselly et al., 2000**), la teneur de la vitamine C dans les tomates est variable en fonction des conditions de culture et elle augmente avec la salinité au niveau racinaire (**INRA, 2005**).

- **Valeur calorique**

Valeur calorique pour 100 g de produit consommable est de 17 Kcal (digestible : 16 Kcal). La tomate a un faible apport énergétique, en revanche, ses qualités nutritives et sa composition en vitamines lui confèrent un intérêt bénéfique pour la santé. (**Grasselly et al., 2000**).

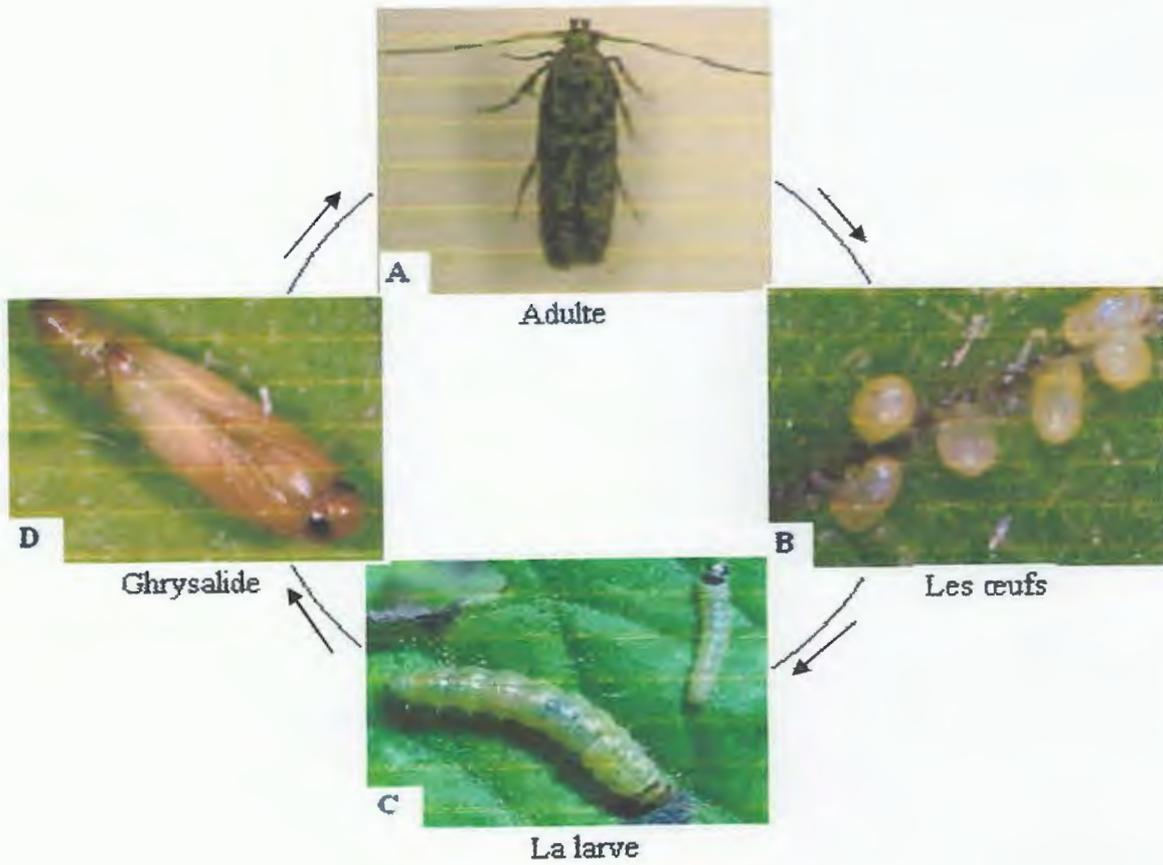


Figure 6 : Le cycle biologique de la mineuse.

A : adulte de *T.absoluta*, **B :** Les œufs, **C :** la larve, **D :** le chrysalide (Chougar, 2011).

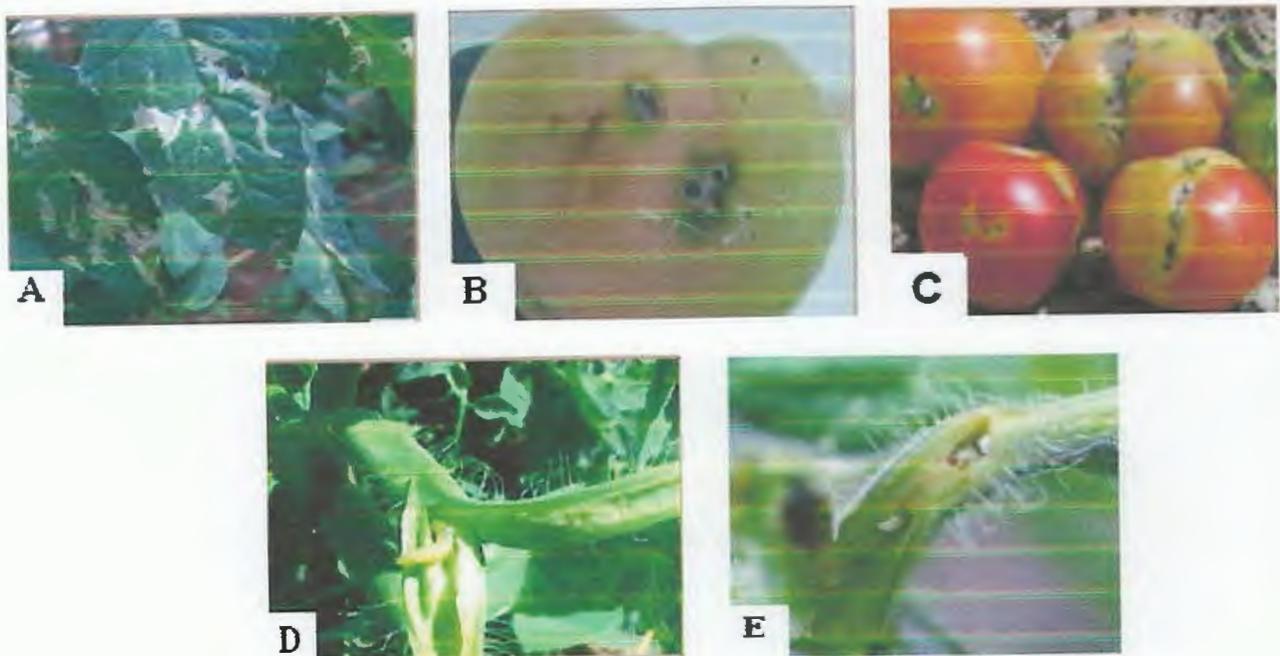


Figure 7: Symptômes de *T. absoluta* sur les feuilles, le fruit et la tige de la tomate. **A :** jeunes mines sur feuillage, **B :** orifice de pénétration de la larve, **C :** coupe de tomate atteinte montrant l'étendue de la nécrose, **D et E :** dégâts sur tiges.

I.6.4. Autres causes de pertes de récolte (contraintes abiotiques)

Les anomalies sont généralement provoquées par des carences au niveau des éléments nutritifs et par des conditions climatiques défavorables.

- **Nécrose apicale**

Apparition à l'extrémité distale du fruit, près de l'attache pistillaire, d'une ou plusieurs taches d'aspect légèrement livide virant au brun noir (Fig. 8.A). La zone atteinte se dessèche et forme souvent une tache noire déprimée ou concaves nettement délimitée. Cette maladie est due à un défaut d'alimentation en Calcium des tissus de la partie distale de fruit (Grasselly et al., 2000).

- **Fentes de croissance**

Il s'agit de la fonte de l'épiderme de la tomate et de la partie externe du péricarpe (Fig. 8.B). Généralement, il ya deux types de fentes ; concentriques qui se développent au niveau du collet, radiales et longitudinales qui démarrent à partir de l'attache pédonculaire (Grasselly et al., 2000).

- **Blotchy externe**

Des taches immatures se traduisent par des défauts de coloration du fruit avec des zones vertes ou jaunes (Fig. 8.C). Ce phénomène est lié au manque de lumière, à l'excès d'eau et d'autres facteurs, il est fréquent en culture précoce sous abri froid si le niveau de salinité est faible (PNTTA, 1999).

- **Eclatement de fruit**

Au cours du grossissement du fruit, on observe des gerçures au niveau du collet qui peuvent évoluer (Fig. 8.D). Les symptômes se manifestent par l'éclatement circulaire ou radial de fruit en murissant, la cause c'est l'arrosage excessif pendant les périodes sèches (PNTTA, 1999).

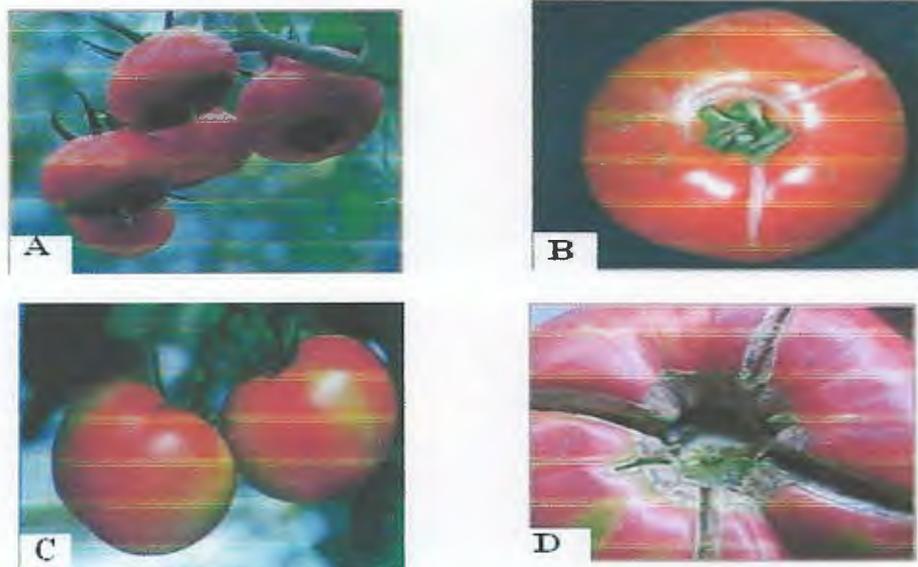


Figure 8: Photos représentant les contraintes abiotiques de la culture de tomate.
A : Nécrose apicale, **B :** symptôme de fente de croissance, **C :** Blotchy externe, **D :** éclatement du fruit de tomate (Grasselly et al., 2000).

Chapitre III

La culture des tomates sous serre

La serriculture ou la culture sous serre est un mode de production intensive qui assure des rendements élevés en dépit des intempéries et des extrêmes climatiques annuels. Elle se distingue de celle de plein champ par des besoins relativement importants en investissement, en main d'œuvre, en irrigation, en fertilisation, en traitements phytosanitaires et particulièrement en technicité (Naika *et al.*, 2005).

Les abris en verre sont utilisés dans les pays froids alors que les serres en plastique sont répandues notamment au sud et ne nécessitent ni de chauffage, ni d'apport de CO₂. C'est le cas du Nord de l'Afrique où l'excès de chaleur, accentué par l'effet serre.

La serriculture est un secteur qui représente 1,4% des terres consacrées annuellement aux cultures maraîchères et offre 6,8% de la production nationale en produits maraîchers. Les solanacées représentent dans l'ensemble 70% du sol mise en culture en Algérie, avec une prédominance de la tomate (2 444 ha en 2004), soit 40% du potentiel en serre (Zella et Smadhi, 2009).

II.1. Exigences pédoclimatiques

II.1.1. Exigences climatiques

- **La température de l'air**

La température est le facteur le plus déterminant dans la production de la tomate. Celle-ci réagit énormément aux variations thermiques, elle est exigeante en chaleur pour assurer son cycle végétatif complet. Les températures optimales pour la plupart des variétés sont de 18°C le jour et 15 à 25°C la nuit. En dessous de 10°C et en dessus de 38°C, les tissus végétaux sont endommagés (Guigaz, 2002).

Tableau 2 : Température requises pour les différentes phases de développement d'un pied de tomate (Naika, 2005).

Phases	Température (° C)		
	Min	Intervalle Optimale	Max
Germination des graines	11	16 à 29	34
Croissance des semis	18	21 à 24	32
Mise à fruits	18	20 à 24	30
Développement de la couleur rouge	10	20 à 24	30

- **Humidité de l'air**

Une humidité de 75 % est jugée optimale, elle permet d'avoir des fruits de bons calibres, avec moins de gerçures et sans défaut de coloration. Une humidité relative trop élevée, couplée à une température élevée, entraîne une végétation luxuriante et favorise aussi le développement des maladies, notamment le botrytis et le mildiou (PNTTA, 1999).

- **La lumière**

La lumière intervient dans de nombreux phénomènes physiologiques, notamment la photosynthèse. La tomate est une culture neutre à la photopériode. Cependant, elle est exigeant en énergie lumineuse et un manque réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation (Guigaz, 2002)

II.1.2. Exigences édaphiques

- **Structure du sol**

En général, la tomate n'a pas d'exigences particulières en matière de sol. Cependant, elle s'adapte bien dans les sols profonds, meubles, bien aérés, bien drainés (PNTTA, 1999) riches en minéraux et qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau. Une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est préférable (Naika et al., 2005).

- **Le pH de sol**

La tomate est une culture indifférente au pH du sol. Le rendement varie peu avec la variation du pH. Elle tolère un large intervalle de pH, mais pousse mieux dans des sols dont le pH varie entre 5,5 et 6,8 (PNTTA, 1999).

- **La salinité du sol**

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité. Elle peut supporter des teneurs en sels, allant de 2 à 4 g/l. la période pendant laquelle la tomate est plus sensible à la salinité, correspond à la germination et au début du développement de la plante (PNTTA, 1999).

II.1.3. Exigences nutritionnelles

- **Exigences hydrique**

La tomate paraît être l'une des cultures les plus exigeantes en eau. La consommation d'eau dépend essentiellement de l'importance du rayonnement solaire parvenant au feuillage de la culture (Zella et Smadhi, 2009). Le stress causé par une carence en eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits. Par contre, lorsque les averses sont très intenses, la croissance des moisissures et la pourriture des fruits seront plus importants (Naika et al., 2005).

- **Exigences en éléments fertilisants**

La quantité d'engrais à fournir varie d'une région à une autre, en fonction notamment de la richesse du sol, du climat et de la technique d'irrigation. En général, on estime les exigences en fumures des plantes en fonction de l'exportation globale de la culture.

On dépit des différences régionales, on admet qu'une production d'une tonne de tomate requiert : 2,2 à 2,7 Kg de P₂O₅, 3 à 3,9 Kg de K₂O, 5 à 6 Kg de CaO et 0,5 à 1 Kg de MgO.

Il est préférable de fractionner les apports d'engrais de la manière suivante :

- Apport avant plantation de la totalité du phosphore, du calcium et du magnésium, plus de 50 kg/ha d'azote et 100 kg/ha de potassium ;
- Apports en cours de culture, tous les quinze jours, du complément en azote et potassium (Guigaz, 2002).

II.2. Objectifs de la sélection variétale

Parmi les principaux objectifs, on a la résistance aux nématodes, aux virus et aux produits phytosanitaires, la productivité (apport d'un revenu minimum) et la précocité, la réponse aux objectifs commerciaux et à la demande et enfin la vigueur des plants et l'adaptation au type de sol.

Dans les zones tropicales de basse altitude, le premier critère de choix variétal est l'aptitude à nouer sous des températures élevées. En culture de saison chaude et humide, on choisit de préférence des variétés résistantes au flétrissement bactérien (Guigaz, 2002).

II.3. Récolte et conditionnement

➤ Récolte

Il est très important de récolter au bon moment et de procéder à un traitement post-récolte approprié des fruits. Les tomates sont classées à la catégorie des fruits à croissance hormonale naturelle (climatériques) (Andrés et López Camilo, 2007).

La récolte de la tomate sous serre se fait manuellement et elle est échelonnée sur plusieurs mois (5 à 8 mois). Le stade de récolte est fortement tributaire de la variété, des conditions climatiques, de la destination et de moyens de transport (PNTTA, 1999)

Les tomates de qualité sont fermes et de couleur uniforme. Si les tomates sont destinées à la transformation, il faudra cueillir les fruits lorsqu'ils sont rouges et entièrement mûrs. Si elles sont destinées à être vendues en tant que légumes au marché, l'on peut les récolter lorsqu'elles sont encore vertes, après la cueillette, elles peuvent mûrir et devenir rouge (Naika et al., 2005).

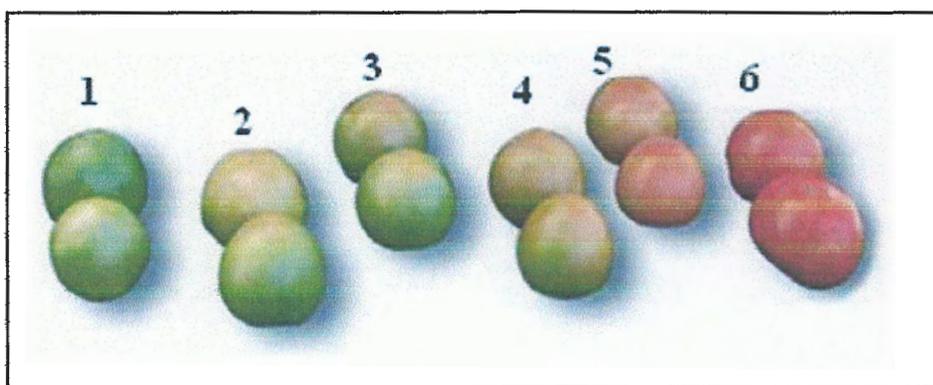


Figure 9 : Degrés de mûrissement de la tomate (de gauche à droite).

1 : Vert mature, 2 : Rupture; 3 : Tournant; 4 : Rose; 5 : Rouge pâle; 6 : Rouge (Andrés et López Camilo, 2007).

Le moment de la récolte

La récolte doit se faire en temps sec, mais en dehors des heures les plus chaudes. Le recours au maintien des serres fermées pendant les mois Mars et Avril afin d'accélérer la maturité engendre des pertes considérables sur la qualité (ramollissement et mauvaise coloration des fruits) (PNTTA, 1999). L'on peut définir quatre catégories dans les stades de maturité des tomates:

- **Stade 1:** pépins blanches (immature) et peuvent être coupées lorsque l'on tranche la tomate. Il n'y a pas de gelée dans la tomate.
- **Stade 2 :** pépins fauves (mature) et il y a un peu de gelée.
- **Stade 3:** pépins s'écartent au moment de couper. La couleur interne est encore le vert.
- **Stade 4 :** Apparence de la couleur rouge dans la gelée.

Lorsque les tomates sont cueillies au premier stade de maturité, elles mûriront pour devenir des tomates de mauvaise qualité. Lorsqu'elles sont cueillies au troisième et au quatrième stade de maturité, elles mûriront pour devenir des tomates de qualité (Naïka et al, 2005).

➤ Conditionnement

Le conditionnement doit permettre la protection de la qualité des légumes. En Algérie les tomates sont déposées dans des cageots en plastique de couleur sombre non adaptés à cette espèce, aérés de capacité 18 à 20 Kg de tomate entassées en 4 rangées susceptible de retenir de la chaleur et donc source de pourrissement notamment pour les variétés de saison et d'arrière saison ce qui n'est pas tout à fait recommandé .

L'idéal serait de mettre uniquement 2 rangées de tomate au lieu de 4 leur permettant d'éviter l'écrasement et d'assurer une bonne aération (Snoussi, 2010).

Chaîne de conditionnement

- **Vidage des caisses:** le versement doit être accompagné par un ralentisseur de chute car les tomates doivent rouler et non tomber.
- **Prétriage-lavage-brossage-séchage :** servent à éliminer les poussières, traces de traitement et autres contaminants ; les tomates doivent ressortir sèches du tunnel.
- **Le tri :** L'importance des écarts en station d'emballage est tributaire des conditions de récolte, manutention et transport jusqu'à la table de tri de la calibreuse (Grasselly et al., 2000).
- **Calibrage :** il est fondé sur la densité du fruit et est déterminé par son diamètre maximum de la section équatoriale, il faut donc contrôler et ajuster le calibrage régulièrement (Grasselly et al., 2000). Les calibres autorisés à l'exportation selon les normes en vigueur sont les suivants:
 - ✓ Calibre I : 82 -102 mm de diamètre
 - ✓ Calibre II : 77 - 82 mm
 - ✓ Calibre III : 67- 77 mm
 - ✓ Calibre IV : 57- 67 mm (PNTTA, 1999).
- **Emballage :** Les tomates doivent être emballées de façon à assurer une protection convenable du produit. La diversité des types de tomates (ronde, charnue, cerise...) oblige à des formes variées de contenant, le choix des matériaux pour les alvéoles (cellulose, polystyrène) dans les plateaux influe sur le calage et la tenue des tomates. (Grasselly et al., 2000). Chaque plateau doit porter les indications nécessaires (Nom de la variété, la coloration, le calibre, la catégorie...) (PNTTA, 1999).

II.4.Conservation

La tomate craint le froid qui lui fait perdre sa saveur, sa texture et inhibe aussi son goût (Truffaut, 2006). En Algérie il y a un manque considérable de chaînes de froid, celles qui existent sont utilisées pour les fruits.

Les conditions et la durée de conservation pour la tomate :

- **Tomate mûre :** température (1 à 2°C), Humidité relative (85-90%), durée (30-35jours)
- **Tomate verte :** température (5 à 10°C), Humidité relative (85-90%), durée (60 jours)

Il existe aussi la conservation par stérilisation réservée pour la tomate de conserve (Snoussi, 2010).

II.5. La tomate dans le monde

II.5.1. Production

La tomate est le premier légume cultivé en termes de volume de production, elle représente 1/6 de la production mondiale de légume, qui dépasse les 120 Mt en 2004, elle s'élevait en 2007 selon les statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture à 126,2 Mt soit un rendement moyen de 27,3 tonnes à l'hectare (Ahishakiye et Ait Ammour, 2010).

En 2009, sa production mondiale s'élevait à plus de 141 Mt selon la FAO et elle augmente tous les ans de plusieurs Mt. Entre 1961 et 2009, la production a été multipliée par 5 dans le monde. Cette évolution a été très forte et rapide, particulièrement dans les pays asiatiques. La Chine représente un quart de la production mondiale avec 34 Mt en 2009 après 22 Mt en 2004 viennent ensuite les Etats-Unis avec 14 Mt puis l'Inde avec 11 Mt suivi de nombreux pays méditerranéens comme la Turquie, l'Égypte ou l'Italie –Fig 10- (Desmas, 2000 ; Viron, 2010).

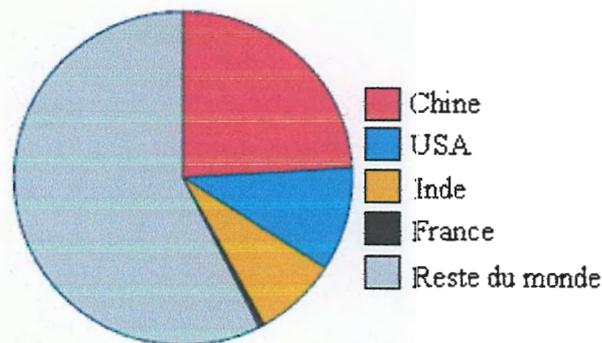


Figure 10: Les principaux pays producteurs de tomate (Viron, 2010).

II.6.2. Consommation

Selon les statistiques de la FAO, la consommation mondiale de tomates s'élevait en 2003 à 102,8 Mt. Elle est un peu moins élevée que la production, les 18 premiers pays grands consommateurs de tomates représentant 77 % de la consommation globale. En tête figure la Chine (24,6%) puis les États-Unis (9,8%), l'Inde (8,7%), la Turquie (5,9%) et l'Égypte (5,9%). Si l'on considère la consommation annuelle par habitant, le record appartient à la Libye avec 117 kg, suivie par la Grèce (115 kg) et d'autres pays du bassin méditerranéen comme la Tunisie, Turquie, Égypte, Italie et Liban (Ahishakiye et Ait Ammour, 2010).

II.6. La tomate en Algérie

La tomate est le second produit maraîcher de part la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires en Algérie. Elle est considérée à juste titre comme une espèce prioritaire comme la pomme de terre, elle est cultivée selon deux modes de production à savoir en culture maraîchère et en culture industrielle (Baci, 2000).

II.6.1. Superficie, production et rendements

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. Près de 33000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraîchère et industrielle), représentée par 63,06% pour la tomate maraîchère et 36,93% pour la tomate industrielle (Snoussi, 2010).

Pour ce qui est de la production de tomate maraîchère, elle représente 08,79% par rapport à la production totale des cultures maraîchères. Sa production moyenne est de 6,4 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 308,40 Qx/ha en 2009. Ces derniers demeurent faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie) producteurs de tomate, où les rendements varient entre 350 à 1500 Qx/ha.

En ce qui concerne les rendements de la tomate maraîchère, il est de 6459904 Qx, dont 4 460371 Qx pour la tomate maraîchère cultivée en plein champ et 1999533 Qx pour la production de la tomate sous serres. Soulignons que les wilayas potentielles pour la production de la tomate sont Annaba, Skikda, El Tarefet et Guelma (Chougar, 2011).

Tableau 3: Evolution de la tomate maraîchère en Algérie entre 2001-2009 (Snoussi, 2010).

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Superficie Ha	16760	17820	18650	19432	21089	20436	20079	19655	20789
Production Qx	3735340	4013640	4569330	5121950	5137280,4	5489336	5673134	5592491	6410343
Rendement Qx/Ha	222,87	225,20	245,00	263,60	243,60	268,60	282,50	284,50	308,40

II.6.2. Variétés de tomate maraîchère existantes en Algérie

La semence utilisée en Algérie est de provenance totalement de l'étranger et principalement de Hollande, France et d'Amérique dans un emballage spéciale en sachet de 1000 graines ou bien en sachet de 10g.

Les variétés de tomate peuvent être classées selon leur croissance qui peut être du type indéterminé ou du type déterminé. Celles utilisées en serres sont toutes des variétés à croissance indéterminée, ce qui nécessite un soin particulier (palissage, écimage, taille, etc...). Parmi ce type de croissance, il existe :

- **Les variétés fixées (lignée pure):** Les plus utilisées en Algérie, dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques se transmettent pour les générations descendantes telles que la Marmande et la Saint Pierre.
- **Les Hybrides :** Actuellement la majorité des semences de tomate sont du type hybride, ils présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt (bonne précocité, bonne qualité de résistance aux maladies et aux attaques parasitaires et donc bon rendement), les plus utilisés en Algérie sont: ACTANA, AGORA, BOND, NEDJMA, TAFNA, TAVIRA, TOUFAN, TYERNO et ZAHRA (Snoussi, 2010).

II.6.3. Mode de production

En ce qui concerne le mode de production, il existe plusieurs modes, grâce à eux, la tomate est disponible toute l'année.

- la culture sous serre Tunnel (primeur)
- la culture sous serre multi chapelle (primeur)
- la culture de plein champ (saison)
- la culture de plein champ (arrière saison) (Snoussi, 2010).

II.6.4. Les contraintes de la production de tomate maraîchère en Algérie

Les principales contraintes de production de la tomate peuvent être résumées comme suit :

II.6.4.1. Contraintes techniques

- Le non respect du calendrier cultural
- Absence de traitements préventifs contre les attaques parasitaires
- L'influence des travaux de préparation du sol
- Le faible encadrement et même manque de vulgarisations et d'équipement
- Manque d'eau pour l'irrigation, alors que c'est une espèce exigeante en eau 4000 à 5000m³/Ha.

II.6.4.2. Contraintes économiques

- Un manque de subventions pour cette filière
- Changement de la main d'œuvre, puisque la culture est entièrement manuelle
- Circuit commercial mal organisé car l'offre peut être excédentaire ou déficitaire selon les années, ce qui se répercute sur les prix (**Chougar, 2011**).

Chapitre VIII

La qualité de la tomate

III.1. La tomate de qualité

Une tomate de qualité, c'est le résultat de nombreux facteurs de production qui peuvent servir à expliquer plusieurs problèmes de qualité. Donc, il est important de prendre conscience que la qualité des fruits ne se joue pas seulement de manière ponctuelle. Au contraire, on doit voir ce concept comme un processus continu, c'est-à-dire comme quelque chose qui s'élabore petit à petit au cours du développement du fruit (Turcotte, 2008).

La composition finale du fruit dépend largement de l'importation et du stockage des assimilés pendant tout son développement, bien que la synthèse de certains composés soit limitée à la phase de maturation. De même, certains accidents physiologiques (les microfissures ou la nécrose apicale) apparaissent très tôt pendant le développement du fruit (Grasselly *et al.*, 2000).

La qualité des tomates se mesure actuellement sur trois paramètres: la teneur en matières solubles, l'acidité et la fermeté (Camps, 2010).

III.2. Qualité morphologique de la tomate

La qualité de fruit de tomate prend en compte la qualité visuelle qui est composée de critères de forme, de couleur, de calibre et même la notion de fraîcheur et de tenue des fruits qui entre également en compte pour les variétés récoltées en grappe (Theuer, 2006). La qualité commerciale se définit par les éléments suivants :

III.2.1. l'aspect

La description de l'aspect fait appel à des notations quelquefois subjectives que l'on tente de codifier comme la brillance, la fraîcheur ou pédoncule ou des défauts plus facilement identifiables tels que microfissures, blessures.

En ce qui concerne la grappe, la norme précise que « les tiges doivent être fraîches, saines, propres et exemptes de toute feuille et toute matière étrangère visible » (Camps, 2010).

- **Coloration** : elle sert à repérer pour un stade de récolte choisi (tournant, orangé, rouge) une échelle colorimétrique (code couleur) permet d'être plus précis et donc plus rigoureux dans les appréciations et informations à fournir. La coloration doit être rouge brillante, attrayante et uniforme pour tous les fruits. Tout fruit présentant tache et collet sera écarté (Grasselly *et al.*, 2000).

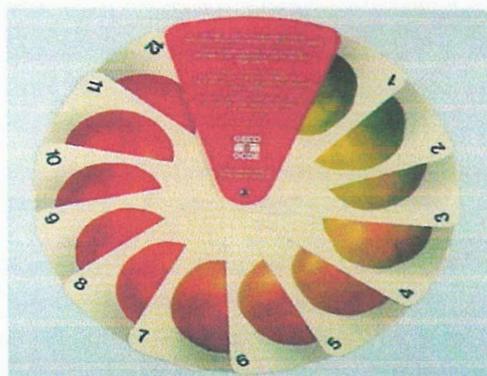


Figure N°11 : Code couleur

- **Le calibre :** Il intervient dans la classification des fruits, pour le type de conditionnement choisi et la valeur commerciale. Il correspond au diamètre équatorial des tomates et est exprimé en millimètre (Grasselly et al., 2000).



Figure N° 12: Calibre (grosueur).

- **La forme :** elle dépend de la variété et peut être assimilée à des standards selon la norme : « suivant la forme ou présentation, on distingue 3 types commerciaux de tomates y compris les tomates en grappe :
 - rondes, de type sphérique, y compris les tomates cerise
 - à côtes
 - oblongues ou allongées ».
 La forme de chaque tomate doit être typique de la variété et ne pas présenter d'asymétrie et facettes excessives (Grasselly et al., 2000).
- **La présentation :** Elle est liée aux soins apportés lors du conditionnement : homogénéité des couleurs, positionnement des fruits, régularité des emballages. Elle doit mettre en avant la fraîcheur et l'homogénéité d'aspect sur l'ensemble de lot (Grasselly et al., 2000).

III.2.2. la tenue

- **La fermeté :** c'est un critère descriptif essentiel puisqu'il permet d'estimer un état de maturité et un potentiel de durée de vie. La fermeté mesurée par pression tactile est subjectif. Elle peut être appréciée avec un appareil non destructif (type Durofel 25). Une proposition de quantification des tomates à un stade orange-rouge de récolte est possible :

Indice Durofel (échelle de 0 à 100) :	≥ 75	Fruit ferme
	60-70	Fruit souple
	< 60	Fruit mou.
- **La durée de vie :** c'est une évaluation de la conservabilité du produit qui tient compte de la mesure de la fermeté, associée à une notation d'aspect. Un classement par variété est délicat puisqu'il doit tenir compte de spécificités de culture, stade de récolte, conditions choisies d'environnement (Grasselly et al., 2000).
- **La résistance aux chocs :** Une caractéristique variétale mais qui est fortement dépendante des conditions de production (alimentation hydrominérale, température, conditions de récolte...). Les fruits chauds sont plus sensibles aux chocs que les fruits refroidis même si l'impact n'est pas visible immédiatement.

- **Etat sanitaire** : les tomates doivent être saines, tout fruit taché doit être éliminé, tous chocs ou meurtrissure peut être une source de pourriture (**Theuer, 2006**).

III.3. Qualité organoleptique de la tomate

La tomate possède une très bonne image. A la fois légume et fruit, elle occupe une place centrale et s'inscrit dans une certaine modernité due à sa facilité de consommation. Son aspect attractif lié à sa qualité organoleptique notamment sa couleur et sa forme, est un atout puissant. Il y a un fort consensus sur la beauté intrinsèque des tomates. Comme pour l'ensemble des fruits et légumes, la qualité organoleptique de la tomate est due aux plusieurs critères :

La fermeté : c'est le résultat de plusieurs caractéristiques intrinsèques de fruit (propriétés mécaniques de l'épiderme, consistance de la chair et le rapport entre péricarpe et loges internes), la fermeté de tomate est une caractéristique mécanique de la qualité.

La texture : c'est la résultante de caractéristiques perçues en bouche liées à la chair, à la présence du gel et à l'épaisseur ou l'élasticité de la peau. C'est difficile à mesurer la texture de manière instrumentale. L'approche actuelle reste essentiellement sensorielle.

L'arôme : Parmi les nombreux composés volatils identifiés chez la tomate (plus de 400), une combinaison inconnue d'une trentaine seulement, est responsables de l'arôme typique de la tomate fraîche.

La couleur : elle liée à l'évolution pigmentaire en cours de maturation. La couleur rouge de la tomate joue un rôle principal dans la qualité sensorielle de fruit. L'ensemble des phénomènes de dégradation des chlorophylles, la synthèse et accumulation de *beta*-carotène et de lycopène traduit l'arrivée du couleur verte de tomate en orange puis au rouge (**Theuer, 2006**).

Le goût : la saveur et le flaveur de la tomate est liée à quantité de ses différents composants (acides, sucres...), l'intensité de la saveur sucrée de fruit reste limité à la teneur en sucres, elle augmente avec la maturation puis se stabilise.

Les acides sont déterminants pour la flaveur de la tomate. Leur concentration varie selon les tissus du fruit, avec plus d'acide et moindre de sucres dans le gel que dans le péricarpe. L'évolution de gout acide au cours du développement de la tomate est controversée, en général, l'acidité totale de la tomate est augmente jusqu'au stade tournant, puis diminue (**Grasselly et al., 2000**).

III.4. Qualité nutritionnelle de la tomate

La tomate possède un rôle important pour la santé humaine étant données sa consommation et ses propriétés physico-chimiques. Tout d'abord, la tomate est très riche en eau (90 à 95 % de sa matière fraîche) ce qui en fait un aliment de faible contenu énergétique (17 à 20 kcal pour 100 g) pour lutter contre l'obésité. Elle est pauvre en lipides et exempte de cholestérol. Par ailleurs, la tomate est une source des minéraux, notamment de potassium (237 mg pour 100 g) qui est un micronutriment essentiel à l'homme pouvant réduire les risques d'hypertensions (**Viron, 2010**).

Elle fournit aussi des quantités appréciables en vitamine C qui intervient dans de grandes fonctions de notre organisme (la défense contre les infections, protection des vaisseaux sanguins, action antioxydant, cicatrisation...), ainsi que des nombreuses vitamines de groupe B. Les fruits de tomate sont riches en acides aminés essentiels, en sucres, en fibres alimentaires ainsi qu'en carotène et en lycopène (**Wenzel et Lajolo, 2007**).

La valeur nutritive des tomates est plus élevée lorsque l'on les consomme à l'état frais, elle représente aujourd'hui plus de 20 % de la consommation en légume frais des français car elle possède un effet protecteur contre les grandes pathologies chroniques qu'ils s'agissent du certains cancers, des maladies cardiovasculaires, de l'obésité, de l'ostéoporose (**Naika et al., 2005**).

III.5. Qualité physicochimique de la tomate

La composition interne du fruit et ses critères physicochimiques sont deux des éléments, sur lesquels on se base pour évaluer la qualité d'une tomate.

La composition d'un fruit de la tomate mature résulte principalement de la quantité d'assimilats (matière sèche) qui ont été reçus et stockés pendant toute la période de développement. Voici quelques chiffres se rapportant à la teneur en MS des fruits :

- La teneur en MS est l'un des facteurs déterminants de la qualité de tomate. En moyenne, une tomate mûre de bonne qualité contient 5 à 7% de MS.
- Une teneur en eau très élevée des fruits est un paramètre qui traduit la grande périssabilité de la tomate et limite son aptitude à l'entreposage à la température ambiante. Une tomate mûre de bonne qualité contient 93 à 95% d'eau.
- Environ 50% de la MS est composée de sucres solubles, principalement du glucose et du fructose.
- Un autre 25% est composé par les acides (organiques et aminés), les minéraux (principalement du K, du P, du Ca, du Mg et de N) et les lipides.
- Les autres composantes sont les protéines, la pectine, la cellulose et l'hémicellulose (**Turcotte, 2008**)

Plusieurs études ont permis d'établir une corrélation entre la qualité de la tomate et de la teneur en matière sèche. Parmi les défauts de qualité qui sont associés à des fruits qui ont une faible teneur en matière sèche on peut citer :

- Fruit moins bonne fermeté;
- Chair de texture farineuse;
- Fruit moins savoureux;
- Fruit anguleux avec les cavités oculaires qui sont partiellement remplies (fruits creux);
- Mauvaise tenue du fruit après la récolte et durée de conservation plus courte (**Turcotte, 2008**).

III.6. Qualité microbiologique de la tomate

Malgré les avantages liés à la consommation de tomate, celle-ci pose un problème de sécurité alimentaire dans la mesure où ces aliments consommés crus sont reconnus comme sources de transmission de maladies infectieuses (**Desbordes, 2003**).

En effet, ces produits vendus frais ont déjà été soumis à certaines manipulations ; lors de transport, par exemple, ils sont soumis à des chocs, au tassement et un échauffement se produit, ainsi qu'une augmentation de l'humidité de surface.

De plus, leur conservation est assez limitée, entre la récolte et la vente, des pertes importantes peuvent survenir par des altérations qui rendent le produit invendable (**Bourgeois et Leveau, 1991**).

La microflore hébergée par les légumes est en relation directe avec celle du sol, des traitements culturels (arrosage, irrigation, fertilisations...). Les légumes serviront alors de support et de vecteur pour les microorganismes qu'ils abritent. A ce titre, ils pourront être un réservoir de microorganismes d'altération et de bactéries pathogènes pour l'homme (Andrés et López Camelo, 2007).

Types des micro-organismes pouvant exister dans la tomate et leurs altérations

- **Champignons**

Les légumes peuvent être le siège d'un développement de plusieurs espèces fongiques responsables de la plupart des altérations des légumes. Certaines donnent des pourritures après la récolte, d'autres sont responsables des maladies du végétaux. On distingue des infections pré-récolte comme *Botryti cinerea* fréquent sur la tomate blessée.

Les principaux champignons agents d'altération de la tomate sont : *Alternaria solani* (Alternariose), *Botrytis cinerea* (pourriture grise), *Colletotrichum sp.* (L'antracnose), *Phytophthora infestans* (Mildiou), *Penicillium* (pourriture bleue), *Sclerotinia* (pourriture brune), *Trichothecium roseum* (pourriture rose),... (Bourgeois et Leveau, 1991; Desbordes, 2003).

- **Bactéries**

Elles sont classées en deux catégories : celles qui provoquent des « pourritures molles bactériennes » l'une des altérations les plus répandues, qui sont facilitées par les lésions présentes sur le légume et sont associées à un nombre restreint de bactérie. *Erwinia carotovora* est la plus souvent citée, et celles qui sont à l'origine d'altérations de type « nécrose » comme *Pseudomonas syringae*, *Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis* responsables des taches nécrotiques sur la tomate (Bourgeois et Leveau, 1991).

Les bactéries pectinolytiques sont souvent citées pour estimer le nombre de microorganismes d'altération dans la mesure où la dégradation enzymatique des polymères pectiques des cellules végétales est la principale cause du pourrissement. Les bactéries pectinolytiques identifiées sont : *Pseudomonas fluorescens*, *Cytophaga spp*, et *Erwinia spp* (Desbordes, 2003).

- **Flore pathogène de l'homme**

Les conditions offertes par les légumes aux bactéries pathogènes permettent le maintien mais pas la multiplication jusqu'à un niveau à risque de toxi-infection ou infection alimentaire. Les principales bactéries incriminées sont : *Clostridium botulinum*, *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella spp*, *Salmonella spp* et *Yersinia enterocolitica* (Desbordes, 2003).

Le bute des opérations à réaliser après la récolte et de maintenir les caractéristiques du produit obtenu en culture et d'aboutir à un aspect, une présentation et une qualité aussi proches que possible de la demande commerciale et de l'attente des consommateurs. La maîtrise de la qualité est l'affaire d'une succession d'épurations, chois techniques qui sont interdépendants. Elle démarre à la culture avec le choix des variétés et se termine à la consommation. Les interactions des phases production-conditionnement-transport-distribution, doivent donc être connues et précises et les responsabilités définies pour chaque séquence d'intervention des opérations. C'est une démarche filière qui est le gage d'un respect optimal du produit.

Etude expérimentale

Chapitre IV

Matériel & méthodes

La tomate crue cultivée sous serre dans la wilaya de Jijel est comptée parmi les cultures maraichères les plus produites et consommées par la population locale. Ce légume-fruit est parfois récolté, transformé et vendus dans des conditions d'hygiène rudimentaire et s'ils ne sont pas soumis à un contrôle judicieux par les autorités compétentes, ils peuvent constituer un danger pour la santé humaine.

IV.1. Matériel

L'étude a été effectuée à faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie, à l'Université de Jijel aux laboratoires de :

- Toxicopharmacologie
- Microbiologie.

IV.1.1. Matériel biologique

Dans la réalisation de notre étude pratique nous avons utilisé comme matériel biologique unique, des fruits de tomates entiers cultivés sous serre à wilaya de Jijel, prélevés à partir des deux sites de production des tomates (site d'Achouat et site du Nil).

IV.1.2. Appareillage et verrerie

- Chromatographie Phase Gazeuse
- Evaporateur rotatif (Buschuii®)
- Réfractomètre
- Four Pasteur
- L'étuve
- Centrifuge
- Broyeur homogénéiseur
- pH-mètre
- Balance analytique
- Bain marie
- Un réfrigérateur
- Pipettes graduées
- Tubes à essais stériles
- Pipettes Pasteur
- Boîtes de Pétri stériles
- Burettes
- Béchers
- Creuset
- Ampoules à décanter
- Fioles, Erlen Mayer
- Pince, spatule, anse de platine
- Papier filtre Wathman
- Entonnoir

IV.1.3. Produits chimiques et Milieux de culture

- Cyclohexane
- Cyclohexane/Acétate d'éthyle (1+1)
- Sulfate de Sodium (Na SO₄)
- Carbonate de Sodium (Na HCO₃)
- Le phénol phtaléine
- La soude (NaOH 0,1N)

- **Le milieu PCA** (Plat Count Agar) ; pour le dénombrement de la FTAM (Flore Total Aérobie Mésophile)
- **Le milieu VRBL** (Gélose Lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) ; pour le dénombrement des CT (Coliformes Totaux) et CTT (Coliformes Thermo-Tolérants)
- **Le milieu Sabouraud** ; recherche, dénombrement et culture des levures et moisissures
- **Le milieu Hektoen** ; pour l'isolement de *Salmonella*
- **Le milieu Chapman** ; pour la recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*
- **Le milieu de King A** ; pour la recherche des *Pseudomonas aeruginosa*
- **Le milieu de King B** ; pour la recherche des *Pseudomonas fluorescen*
- **Le milieu SFB** (Bouillon au sélénite) ; pour l'enrichissement de *Salmonella*
- **Le milieu Giolitti-Cantoni** ; pour l'enrichissement de *Staphylococcus aureus*.

IV.2. Méthodes de travail

Notre but de travail est l'estimation de la qualité physicochimique, microbiologique, organoleptique et toxicologique des tomates cultivées sous serre dans la wilaya de Jijel.

IV.2.1. Présentation des zones d'étude

La région de Jijel fait partie du Sahel littoral de l'Algérie ; elle est située au Nord- Est. Le territoire de la wilaya dont la superficie s'élève à 2396 km² est bordé au Nord par la méditerranée, au Sud par la wilaya de Mila, au Sud- Est par la wilaya de Constantine, et par la wilaya de Sétif au Sud- Ouest. La wilaya de Skikda délimite la partie Est, tandis que celle de Bejaia borde la partie Ouest. Administrativement la wilaya compte 28 communes organisées en (11) onze Daïra (BNDR, 1997).

L'analyse du climat se fera sur plusieurs paramètres, notamment les précipitations et les températures ; en ce qui concerne les précipitations, elles apparaissent d'une façon intense pendant la période hivernale, qui s'étale de Décembre à Février, alors que pour juillet et août, elles enregistrent une forte diminution.

La moyenne des températures maximales la plus élevée est enregistrée pour le mois d'Août où elle atteint 31,47°C, alors que celle des températures minimales la plus basse est observée au mois du Janvier où l'on enregistre 6,25°C.

Jijel fait partie des zones littorales qui, grâce à des conditions climatiques très favorables, sont occupées par les cultures maraîchères (12,5 % de terre) et plus particulièrement par la plasticulture. La superficie cultivée de tomate atteint 111Ha en 2012, elle diffère d'une région à une autre et représentée principalement par la commune de Sidi Abdelaziz qui couvre environ

24,2 Ha de superficie totale, vient ensuite les communes d'Oued Adjoul avec 16,88 Ha, l'Emir Abdelkader et El Kennar avec 15 Ha pour chacune. La superficie chute jusqu'à 11 Ha pour la commune de Chekfa et celle de Taher (annexe 02).

Ce qui concerne le rendement de la tomate, la commune d'Emir Abdelkader représente 22500 Qx, viennent ensuite les communes de Sidi Abdelaziz, Taher, Oued Adjoul et El Kennar avec 18800 Qx, 16500 Qx, 16036 Qx et 13200 Qx respectivement (annexe 02).

Les principales variétés de la tomate cultivée sous serre à Jijel sont « *Tavira* » qui représente environ 90%, viennent ensuite les variétés « *Axiom* » puis « *Mercedes* ». En ce qui concerne les variétés cultivées en plein champ, on trouve celles de Sidi Fredj, Ebia, Lamaliu et Boubcet et la variété Tofane pour l'arrière saison (**Direction des services agricoles de Jijel, 2012**).

Notre étude a été effectuée sur deux sites agricoles :

- Site I situé dans la zone d'Achouat
- Site II situé dans la zone de Nile.

- **Site I : Achouat**

Nos échantillons ont été collectés au niveau d'exploitation agricole localisée dans la commune de Taher qui est située à l'Est de Jijel à 18 km de chef lieu de la wilaya, cette exploitation occupe une superficie de 5 ha, cultivée du tomate, de poivron et de chou-fleur, elle renferme des tunnels légers de 400 m² (8m de largeur et 50m de longueur) recouvert d'un film de plastique en Ethylène vinyle acétate (EVA) ; les courbures sont en générale de forme demi-circonférence, la température à l'intérieur des serres est de 40°C. La collecte a été effectuée sur 3 stations différenciées, chacune représente une serre (photo N° 3).

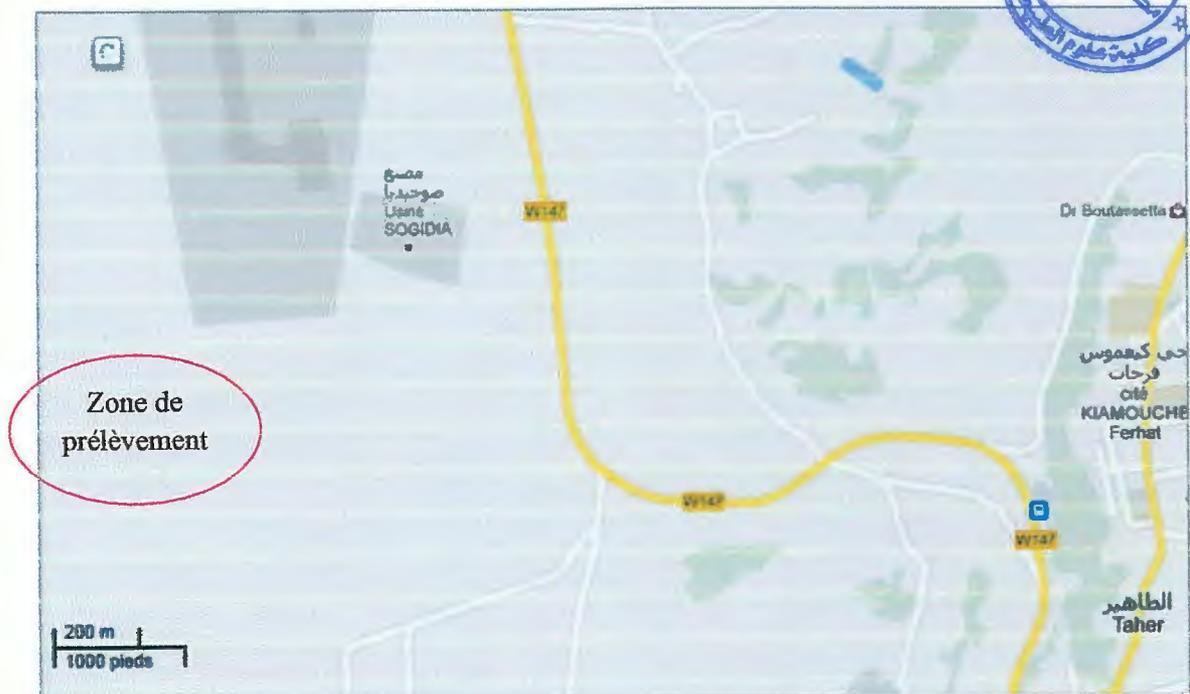


Photo N° 1: La zone de prélèvement de premier site : Achouat.

- Site II : Nil

Le bassin versant de l'oued Nil qui s'étend à une vingtaine de kilomètres au Sud Est de la ville de Jijel occupe une superficie de 268 Km², subdivisée en deux sous bassins versants respectivement de 148 Km² et de 120 Km². Au Sud, ce bassin versant est limité par les reliefs de la petites Kabylie qui dépassent très rapidement 500 m d'altitude, et constituent avec la mer méditerranée au Nord, ses limites naturelles.

Notre point de prélèvement au Nord Est de Taher, est situé à une dizaine de mètre du chemin du pont de la RN n° 43. Le prélèvement de nos échantillons est représenté dans la photo N° 4.

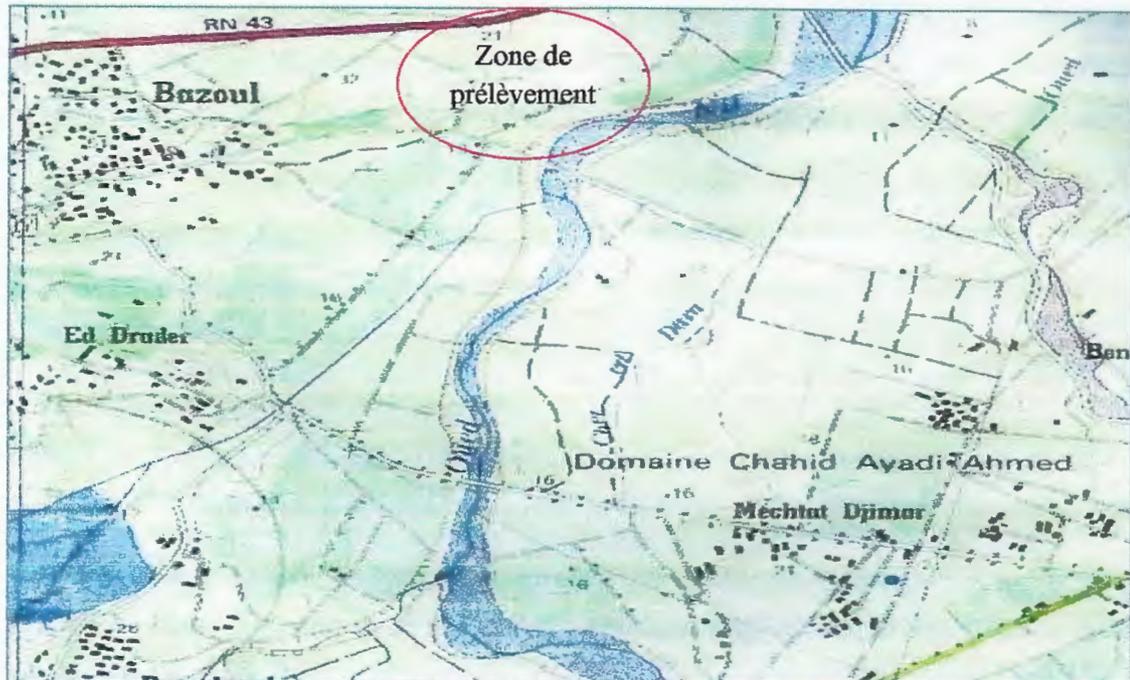


Photo N° 2: La zone de prélèvement de deuxième site : Nil.

IV.2.2. Echantillonnage

Par définition, l'échantillon doit être représentatif du lot dont on veut mesurer les caractéristiques, chaque lot étant constitué d'une seule variété ; issue d'un même verger, cueillie le même jour. Le prélèvement doit être fait au hasard sans jamais choisir les tomates, ni par sa taille, ni par sa couleur, sur l'ensemble de la serre de façon à obtenir des lots importants et homogènes (Alavoine et al., 1988). Il existe de nombreux schémas d'échantillonnage utilisés pour le prélèvement sur terrain des produits végétaux ou d'origine végétale, appliqués à des analyses de qualité ou à des analyses physicochimiques (Guiraud, 2003).

On prélève d'une manière aléatoire 3 points de chaque serre, chaque serre représente une station, 3 stations représentent le site.

Les précautions de transport et de conservation des échantillons doivent être respectées (Grasselly et al., 2000 ; Fabre et al., 2011).

30 fruits homogènes ont été prélevés pour chaque modalité, en dessous de 30 fruits la précision chute rapidement.

Le type de culture étudié est la tomate, la variété est Tavira, les récoltes ont eu lieu le 19/04/2012 jusqu'à le 26/05/2012, les tomates récoltées à maturité sont transportées dans des sachets de congélation accompagnées des étiquettes munies de toutes les informations nécessaires et conservées au réfrigérateur, elles ont fait l'objet de différentes analyses. En ce qui concerne les analyses morphologiques et microbiologiques.



Photo N°3 : La variété de tomate *Tavira* (ORIGINALE, 2012).

➤ Caractéristiques de la variété *Tavira*

Ayant pris pour nom celui de la ville de Tavira au Portugal où il est produit en grandes quantités, le fruit est rond, légèrement aplati, de couleur jaune orangée à rouge (photo N° 5). Il a une saveur acidulée et moyennement sucrée. Le rendement est assez bon. Le fruit est tardif de deux à trois mois, il est cultivé sous serre (Chougar, 2011).

IV.2.3. Analyses morphologiques des tomates

IV.2.3.1. Le poids moyen (P_m)

La pesée est faite sur l'ensemble de l'échantillon et le poids moyen d'une tomate est obtenu en divisant le poids total par le nombre de tomate de l'échantillon (Alavoine et al., 1988).

$$P_m = P_t / n$$

- ✓ P_m : poids moyen d'une tomate ;
- ✓ P_t : poids total de l'échantillon ;
- ✓ n : nombre des unités de l'échantillon.

IV.2.3.2. Taille

Le diamètre se pratique sur la zone équatoriale de la tomate, à l'aide d'un pied à coulisse, la mesure est faite sur chaque fruit de l'échantillon de manière à calculer un diamètre moyen. Et la longueur de tomate mesurée à l'aide d'un pied à coulisse (Alavoine et al., 1988).

IV.2.3.3. Le coefficient de forme (C_f)

Le coefficient de forme (C_f) est donné par la formule de Facbohoun et Kiki, il permet de classer les variétés en trois catégories de forme notamment : $C_f < 0,8$: forme aplatie; $C_f > 1$: forme allongée et $0,8 < C_f < 1$: forme ronde (Dossou et al., 2007).

$$C_f = \frac{\text{Hauteur moyenne du fruit (cm)}}{\text{Diamètre moyen du fruit (cm)}}$$

IV.2.3.4. Le nombre de lobes : compté pour chaque fruit de l'échantillon (Dossou et *al.*, 2007).

IV.2.4. Analyses physico-chimiques des tomates

Concerneront un certain nombre des paramètres qui permettront de mettre à jour et d'identifier les principales caractéristiques et différences spécifiques de la tomate cultivée à Jijel par rapport aux autres types de tomates. L'étude a été effectuée au laboratoire de pharmacotoxicologie de la Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université de Jijel.

IV.2.4.1. Méthode d'analyse physicochimique

Les mesures de pH, d'acidité et de sucre sont faites sur le jus. Il est donc nécessaire d'extraire le jus des tomates et de le clarifier par filtration.

- **Découpage des tomates :** chaque tomate est divisée en 4, et les 2 quartiers diamétralement opposés sont broyer, et les deux autre sont passées pour faire l'analyse sensorielle
- **Broyage :** passer les portions de tomates dans un broyeur homogénéiseur
- **Filtration :** le jus est souvent trouble et demande à être filtré pour avoir des mesures précises, en utilisant des filtres Wathman (Alavoine et *al.*; 1988).

A. Mesure du pH

Son principe est basé sur la détection des ions d'hydronium (H_3O^+) dans le jus de tomate, due en grande partie aux groupements d'acides dissociables.

- **Technique**

La mesure de pH se fait par potentiomètre. La lecture de la valeur de pH est faite pour un échantillon de 30 ml de chaque jus de tomate répartie sur 3 béchers (10 ml). On introduit l'électrode combinée de pH-mètre directement dans le jus de tomate, puis attendre que la valeur se stabilise sur l'écran puis la lecture.

Avant chaque nouvelle mesure, rincer soigneusement l'électrode avec de l'eau distillée. L'électrode combinée doit être conservée dans une solution saturée de KCl (Dossou et *al.*, 2007).

B. Mesure l'acidité totale titrable (Alavoine et *al.*, 1988).

Cette mesure est réalisée par neutralisation de l'acidité libre totale avec une solution de soude (Hydroxyde de sodium NaOH 0,1 M).

- **Technique**

L'évolution de la neutralisation est suivie à l'aide d'un réactif coloré (phénolphthaléine), on arrête le dosage lorsque l'indicateur vire au rose/orangé.

- Prendre 10 ml de jus filtré et homogénéisé
- Verser 3 à 4 gouttes de phénol phtaléine
- Verser la solution de soude goutte à goutte jusqu'à le virage au rose.

- **Lecture**

L'acidité peut être exprimée en g/litre de l'acide citrique, on multiplie le nombre de ml (n) de la solution de NaOH par les coefficients d'acide citrique (0,0064).

$$\text{Pourcentage d'acide citrique} = \frac{\text{Titre. } 0,0064. 100}{10 \text{ (ml jus)}}$$

C. Teneur en matière sèche

La somme de la teneur en eau et en solides totaux représente la totalité de l'aliment.

$$\% \text{ H}_2\text{O} + \% \text{ MS} = 100\%.$$

- **Technique**

- Prélever un échantillon de 10 g de pulpe de tomates pour chaque échantillon.
- Consigner le poids total échantillon frais + le creuset. Procéder à la pesée immédiatement après avoir déposé l'échantillon dans le creuset (éviter toute perte d'eau).
- Sécher l'échantillon dans l'étuve à 70°C jusqu'à obtention d'un poids constant (4 à 6h).
- Peser l'échantillon et noter le poids total d'échantillon + le creuset.

Le pourcentage de matière sèche se calcule comme suit :

$$\text{MS (\%)} = \text{X/Y} \times 100$$

- ✓ **MS** : matière sèche
- ✓ **X** : poids de l'échantillon après évaporation (g)
- ✓ **Y** : poids de l'échantillon avant évaporation (g).

D. Teneur en cendres (matières minérales)

On pèse l'échantillon. On le sèche puis on le pèse de nouveau si la teneur en cendres doit être déclarée sur une base sèche. On incinère l'échantillon à haute température, puis on pèse le résidu, c'est-à-dire les minéraux.

C'est la même méthode appliquée à la matière sèche, mais elle se fait à 500° C pendant 5 heures, le résultat est donné par la formule :

$$\text{MM (\%)} = \text{X / Y} \times 100$$

- ✓ **MM** : matière minérale
- ✓ **X** : poids de l'échantillon après l'incinération
- ✓ **Y** : poids de l'échantillon avant l'incinération.

E. Teneur en matière organique

On détermine la matière organique suivant la formule :

$$\text{MO (\%)} = \text{MS} - \text{MM}$$

- ✓ **MO** : matière organique
- ✓ **MS** : matière sèche
- ✓ **MM** : matière minérale.

F. Détermination de la matière sèche soluble totale (MSST)

La propriété d'un jus sucré de dévier la lumière (réfraction) est utilisée pour estimer la teneur en sucres. Il est convenu d'appeler « sucres » ou indice réfractométrique (IR) ou degré Brix, le pourcentage de matières sèches solubles contenues dans le jus et mesurées par réfractométrie (Alavoine et al., 1988).

- **Technique**

Déposer quelques gouttes de jus filtré sur le prisme du réfractomètre, puis faire la lecture sur l'échelle de l'oculaire (à l'intersection des zones claire et sombre) située au fond de l'appareil et éclairée avec la lumière. Après chaque test, le plateau du prisme doit être nettoyé avec plusieurs gouttes d'eau distillée et essuyé avec un chiffon doux (Monrose Gregorg, 2006).

IV.2.5. Analyses microbiologiques des tomates

Les analyses microbiologiques permettent de garantir l'hygiène et la sécurité des aliments. (Lespinasse et al., 2002) elles visent à apprécier la stabilité de la tomate portant sur la Flore Aérobique Mésophile Totale qui permet d'estimer la charge microbienne totale de la tomate, les levures et les moisissures ; témoigne de l'apparition des phénomènes d'altération et de modification de flaveur, les coliformes totaux et les coliformes fécaux traduisent le niveau hygiénique de produit (Dossou et al., 2007).

IV.2.5.1. Préparation de la solution mère et leurs dilutions

A. Préparation de la solution mère

Chaque fruit (avant le lavage) est divisé en 4, les 2 quartiers diamétralement opposés sont broyés jusqu'à l'obtention d'une purée, puis, centrifugés à une vitesse de 12 000 tours/min, et filtrés pour séparer la peau et les pépins de la chair et du jus.

B. Préparation des dilutions (Joffin et Joffin, 1999)

- 1ml de la SM est prélevé aseptiquement par une pipette stérile est introduit dans un tube à essai contenant 9ml d'eau physiologique stérile, il représente la dilution 10^{-1} (1/10)
- A l'aide d'une nouvelle pipette stérile, prélevé 1ml de la dilution 10^{-1} puis l'introduire dans un 2^{ème} tube contenant 9ml d'eau physiologique, on obtient la dilution 10^{-2} (1/100)
- Continuer de la même manière jusqu'à l'obtention de la dilution 10^{-5} .

IV.2.5.2. Dénombrement de la Flore Totale Aérobique Mésophile (FTAM) (Joffin et Joffin, 1999)

Les Flores Totales Aérobie Mésophiles (FTAM) sont l'ensemble des microorganismes aptes à se multiplier dans l'air aux températures moyennes (25 et 40°C). Ces ensembles englobent les microorganismes pathogènes d'une part et divers organismes d'altération d'autre part. Sur le plan hygiénique il n'y a pas de corrélation étroite entre l'importance de la flore totale et la présence de microorganismes pathogènes dans le produit (Auclair, 2009).

- **But**

Le taux de la FTAM est une mesure qui représente toutes les bactéries, levures et moisissures présentes dans le produit au moment de l'analyse (Desbordes, 2003). Leur dénombrement reste

la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique des aliments (**Monrose Grégory, 2006**).

- **Principe**

Un volume connu (1ml en général) de produit pur (SM ou de ses dilutions) est incorporé dans un milieu solide préalablement fondu. On compte après étuvage le nombre des colonies.

- **Technique**

- Introduire 1 ml de la SM et de ses dilutions dans la boîte de Pétri
- Couler aseptiquement le milieu gélosé Plate Count Agar (PCA) en surfusion (à 45°- 47°C)
- Homogénéiser (mouvements circulaires) et couler après solidification une deuxième couche mince et incubé à 30°C/72h.

- **La lecture**

- Compter toutes les colonies lenticulaires (de 1-3mm de diamètre) apparente dans les boîtes dont le nombre des colonies est compris entre 30-300 colonies.
- Multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution pour trouver le nombre de germes par ml.

IV.2.5.3. Dénombrement des coliformes totaux (CT) (**Joffin et Joffin, 1999**)

On y trouve toutes les bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnets, mobiles ou non. Ils possèdent un métabolisme de type respiratoire et fermentaire et sont capables de fermenter le lactose en produisant de l'acide et du CO₂ à 37°C (**Auclair, 2009**).

- **But**

Ces techniques ont pour objectif le dénombrement et l'identification des coliformes ou d'*E.coli* en particulier afin de déterminer une contamination fécale et d'en apprécier l'ampleur.

- **Principe**

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui fermentent le lactose (avec production de gaz) à 30°C sur la gélosé VRBL. C'est un groupe qui comprend les genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*.

- **Technique**

- Introduire 1 ml de la SM et de ses dilutions au fond d'une boîte de Pétri
- Verser 12 ml de milieu gélosé bilié au cristal violet et au rouge neutre (VRBL) à 45°C en surfusion, mélanger et laisser prendre en masse, Puis recouvrir de 4 ml de milieu et incubé à 37°C/24h.

- **Lecture**

Toutes les colonies rouges violettes (lactose⁺) d'un diamètre minimum 0.5 mm en 24 heures sont considérées comme étant des coliformes, pour les boîtes contenant entre 15-150 colonies.

IV.2.5.4. Dénombrement des coliformes fécaux (CTT) (Joffin et Joffin, 1999)

- **Principe**

Les coliformes fécaux (coliformes thermotolérants : CTT), sont des coliformes qui fermentent le lactose (avec production de gaz) à 44°C.

- **Technique**

Il se fait sans dénombrement préalable des coliformes par la même technique en milieu solide (VRBL) mais avec étuvage à 44°C.

IV.2.5.5. Recherche de *Salmonella* (Joffin et Joffin, 1999)

Les salmonelles peuvent être d'origine animale ou humaine. Elles prolifèrent dans le tube digestif des animaux ou des sujets atteints et sont éliminées dans les matières fécales, donc la présence dans les tomates est témoin de la contamination fécales (**Bouza, 2009**).

- **But**

Sont des bactéries toujours pathogènes, leur recherche et leur identification permettent de montrer le danger possible d'un produit.

- **Principe**

Leurs nombre étant en général faible dans les produits, il est nécessaire de procéder à un pré-enrichissement et un enrichissement dans des milieux sélectifs. L'isolement est réalisé sur milieux sélectifs classiques (SS, Hektoen, gélose VBRP...).

- **Enrichissement**

A l'aide d'une pipette stérile, placer 10 ml de la SM (après incubation à 37°C pendant 24 heures (pré-enrichissement)) dans un tube contenant 100ml de bouillon au sélénite-cystine (SFB), et on fait l'incuber à 37°C pendant 24h.

- **Lecture**

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positif.

- **Isolement**

- Après avoir fondu la gélose Hektoen au bain marie à 100°C couler le dans une boîte de Pétri et laisser prendre en masse
- Faire un isolement à partir de tube SFB positif, à l'aide d'une anse de platine par épuisement en surface
- Incuber à 37°C pendant 24h.

- **Lecture**

Les colonies *Salmonella* sont vertes à centre noir.

IV.2.5.6. Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*

La contamination des tomates par des Staphylocoques est due en général à des manipulations par des malades atteints de lésions staphylococciques ou par des porteurs de germes (Joffin et Joffin, 1999 ; Auclair 2009).

- **But**

La recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*, Les seuls à produire éventuellement une entérotoxine protéique cause d'intoxications alimentaires, permet donc de savoir si l'aliment présente des risques pour le consommateur.

- **Enrichissement**

A partir de la SM, prélever 1ml et l'introduire dans un tube contenant 9ml du milieu « Giolitti-cantoni » puis l'incubation à 37°C/24-48h.

- **Lecture**

Un résultat positif se traduit par un noircissement de tube (réduction de tellurique de potassium en tellure).

- **Isolement**

L'isolement se fait sur la gélose Chapman. Fondu puis coulé la gélose et laisser prendre en masse. A partir de tube «Giolitti-cantoni» positif, prendre une gouttelette et déposer sur la surface de milieu, l'isolement s'effectue par la méthode d'épuisement.

- **Lecture**

Les *S. aureus* présentent des colonies jaunes dorées, convexes à contour régulier.

IV.2.5.7. Recherche des *Pseudomonas*

- **But**

Les *Pseudomonas* sont parmi les microorganismes pectinolytiques qui sont souvent cités pour mesurer le niveau de dégradation enzymatique des polymères pectiques des cellules végétales (la principale cause du pourrissement).

- **Techniques**

- A partir de la SM on ensemence à l'aide d'une plaque de platine sur la surface du milieu de King A et King B
- Incuber à 30°C pendant 1 à 5 jours.

- **Lecture**

Le milieu King A permet l'identification de *Pseudomonas aeruginosa* en favorisant la production de pyocyanine et le King B destiné à favoriser la synthèse du pigment vert fluorescent (pyoverdine) par les bacilles pyocyaniques et divers autres *Pseudomonas* (Larpen, 1997).

IV.2.5.8. Dénombrement des levures et moisissures (Joffin et Joffin, 1999)

Les levures et les moisissures sont largement répandues dans l'environnement. On les trouve, entre autres, dans l'eau, le sol, sur les plantes, les grains, les fruits, les légumes...Lorsqu'elles prolifèrent dans les aliments et que leurs populations atteignent des niveaux excessifs, elles peuvent altérer les qualités organoleptiques des tomates en les rendant impropre à la consommation. Les champignons non toxiques modifient le goût et l'aspect du produit et entraînent des pertes économiques importantes (Auclair, 2009 ; Blachier, 2003).

- **But**

Les champignons qui comprennent, en particulier, les levures et moisissures sont capables de se développer en milieu acide et au froid. En général, la croissance est moins rapide que celle des bactéries.

- **Principe**

Le milieu utilisé doit inhiber toutes les bactéries, il doit donc renfermer une substance antibiotique (l'oxytetracycline).

- **Technique**

- Couler le milieu Sabouraud et laisser prendre en masse
- Ensemencer par étalement en surface 1 ml de la solution mère et de ses dilutions
- Incuber à 20-25 °C /3 à 5 jours.

- **Lecture**

Les moisissures présentent un aspect cotonneux et filamenteux. Les levures présentant sous forme des colonies rondes plus ou moins bombées ou plates prend la couleur du milieu.

Il faut souligner que le dénombrement de moisissures n'a aucune signification s'il n'est pas suivi d'identification. Il traduit simplement l'aptitude à la sporulation de certaines espèces sur le substrat considéré et dans les conditions utilisées (Bourgeois et Leveau, 1991).

IV.2.6. Recherche des pesticides dans les tomates

Les pesticides sont des outils indispensables à l'agriculture. Ils aident à combattre les insectes nuisibles, les mauvaises herbes et plusieurs types de champignon (Panisset et al., 2003). Leur utilisation, bien que nécessaire pour la protection des cultures, se révèle problématique par les pollutions qu'elle génère dans l'environnement et sur les aliments que nous consommons (Laurent, 2008).

La présence de pesticides dans les aliments tels que les légumes frais est une source de préoccupation pour la population (INSP, 2010). Les réglementations ont évolué afin de protéger le consommateur final des effets des résidus de pesticides en fixant des limites de quantité par g de produit ou par litre de liquide (Laurent, 2008).

Les délais avant récolte sont les périodes minimales à respecter entre la dernière application de pesticides sur une culture et la récolte de celle-ci. Le respect de ce délai demeure la principale mesure préventive pour assurer l'innocuité des aliments. En effet, une culture récoltée avant l'expiration de ce délai pourrait contenir un taux résiduel de pesticide qui dépasse la limite maximale de résidus (LMR) (INSP, 2010).

A. Chromatographie en phase gazeuse (CPG)

La CPG est une méthode d'analyse par séparation qui s'applique aux composés gazeux ou susceptible d'être vaporisés par chauffage sans décomposition. Elle permet ainsi l'analyse de mélanges très complexes de nature et de volatilités très diverses essentiellement les composés organiques. La phase mobile est un gaz porteur, son principe est basé sur la présence d'une colonne chromatographique qui renferme une phase stationnaire solide, c'est le cas de la chromatographie d'adsorption, ou bien une phase stationnaire liquide, c'est le cas de la chromatographie de partage (Pihström et al., 2007).

B. Techniques d'analyse qualitative des résidus de pesticides dans la tomate

Pour améliorer les résultats, le protocole expérimental utilisé a été modifié en ajoutant l'étape de purification afin de réduire au maximum l'effet matrice et d'optimiser les chances de détection des traces de pesticides.

➤ Extraction et concentration de résidus de pesticides

- L'échantillon de tomates est finement coupé et mixer pour être convenablement broyé.
- Une prise d'essai de 37,5 g est introduite dans une ampoule à décanter + 20 g de Na_2SO_4 + 10 g de NaHCO_2 , et 120 ml d'acétate d'éthyle.
- Agitation manuellement de mélange durant 20 mn, décanté et filtré (papier Wathman).
- Le premier filtrat est recueilli, et concentré en utilisant un rota-vapeur dont le bain-marie est fixé à 40°C.
- Le résidu récupéré sera dissout à l'aide d'un système de solvants (mélange hexane-acétone 50+50) et en ajustant le volume à 5 ml (Pihström et al., 2007).

➤ Purification et concentration de l'extrait

La purification se fait sur une mini-colonne. en utilisant une burette en verre, muni d'une valve d'arrêt. L'absorbant utilisé est le Florisil.

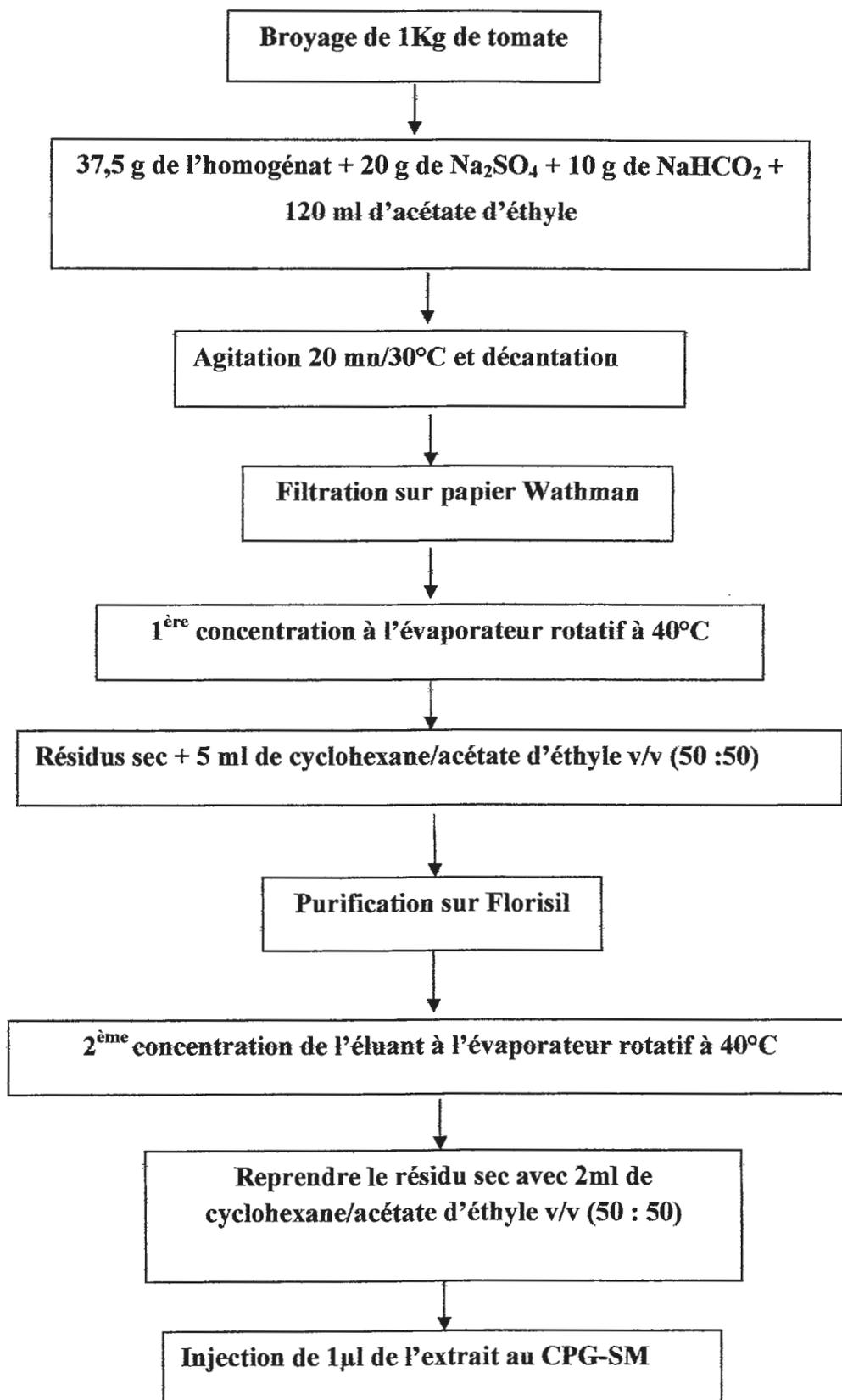
- placer une petite quantité du coton en fond de la colonne puis on y introduit 02 g de Florisil.
- On conditionne la colonne avec 5ml de mélange puis on laisse décanter en veillant à ce que le niveau de solvant soit toujours supérieur à celui de l'absorbant.
- On dépose doucement 5ml de l'extrait à purifier et dès qu'il atteint la surface de la phase stationnaire on procède à l'élution avec 25ml du mélange. Cette élution nous permettra de collecter les pesticides dissous.
- L'éluât récupéré est concentré au rota-vapeur qui permettra une évaporation des solvants à 40°C.
- Le résidu final sera dissout avec 2ml de mélange. L'extrait est ainsi prêt à être injecté dans le CPG-SM (Pihström et al., 2007).

• Lecture

Les résultats d'analyse sont enregistrés dans les chromatogrammes qui illustrent le temps de rétention des matières actives recherchées.

Les étapes du protocole expérimental de l'extraction des résidus de pesticides des échantillons prélevés sont schématisées dans la figure 11 :

Figure 13: Schéma récapitulatif de l'extraction des résidus de pesticides de tomate (Pihström et al., 2007).



IV.2.7. Analyse sensorielle des tomates

La spécificité des légumes frais (produits non transformés) ; leur hétérogénéité, leur caractère évolutif (vivants) et leur saisonnalité sont à prendre en compte dans la mise en œuvre d'un travail d'analyse sensorielle.

L'approche sensorielle de la qualité de la tomate doit permettre aux professionnels, par une meilleure identification, de mieux valoriser leur produit aux différentes étapes de la filière en fonction de la clientèle ciblée (Lespinasse *et al.*, 2002).

- **But**

Elle permet de mieux identifier les caractéristiques organoleptiques des produits et d'appréhender les attentes des consommateurs (Lespinasse *et al.*, 2002).

- **Technique**

- **Type d'épreuve :** on utilise le test hédonique pour enregistrer le niveau de satisfaction à l'aide d'une échelle d'appréciation à partir de 1 à 9 : 1 correspond à « je déteste : n'aime pas de tout », 2 à 3 correspond à « n'aime pas beaucoup », 4 à 5 correspond à « indifférent », 6 à 7 correspond à « aime un peu », 8 correspond à « aime beaucoup » et 9 correspond à « j'adore ».

Pour la tomate, 8 descripteurs (vocabulaires) sont retenus dans les dégustations

- 1 descripteur d'odeur : intensité de l'odeur interne ;
- 4 descripteurs de texture : ferme, juteux, farineux, peau gênante ;
- 3 descripteurs de saveur (une combinaison de la saveur et l'arôme) : sucré, acide, intensité de l'arôme tomate.

Leur principe consiste à proposer aux dégustateurs de déguster 6 tomates différentes et de donner leurs avis sur la qualité gustative selon la fiche présentée dans l'annexe 4. Les échantillons sont codés d'une manière aléatoire par des chiffres en numéros et l'ordre de dégustation à une importance (Pineau, 2006).

- **Analyse des données :** Lors de l'analyse des données, il est important d'observer la répartition des notes attribuées par les consommateurs. Cela permet de vérifier si la population est homogène dans ses préférences ou au contraire s'il existe plusieurs sous-populations avec des préférences distinctes

IV.2.8. Analyses statistiques des données

Les résultats des analyses effectués au laboratoire et sensorielles ont été soumis à l'analyse de variance (ANOVA) à un niveau de signification de 0,05 (à l'aide de logiciel *Origin 6.0*).

Chapitre *V*

Résultats & discussion

V.1. Analyse morphologique

Les résultats obtenus lors de l'évaluation de la longueur, diamètre, poids, nombre de loges des 6 échantillons de tomates et le rapport longueur /diamètre ainsi que les écarts types calculés pour chaque paramètre correspondant à chaque échantillon sont résumés dans le tableau N° 4.

Tableau N° 4: Résultats de l'analyse morphologique des échantillons de tomate.

Paramètres	Achouat			Nil		
	Ech1	Ech2	Ech3	Ech1	Ech2	Ech3
Poids moyen (Pm) (g)	133,2 ± 22,6	142,38 ± 36,07	124,63 ± 22,25	205,96 ± 43,97	220,56 ± 55,99	197,95 ± 30,48
Diamètre (mm)	67,4 ± 4	53 ± 10,7	65,7 ± 6,1	78 ± 7,5	79,5 ± 7,5	73,5 ± 3,6
Hauteur (mm)	50,7 ± 5,6	66,7 ± 10,4	4,85 ± 3,9	52,5 ± 5,0	50,5 ± 5,1	52,5 ± 3,6
Coefficient de forme (Cf.)	0,81	1,25	0,73	0,67	0,63	0,72
Nombre de lobes	6 - 9	5 - 10	6 - 8	6	4 - 8	3 - 5

La variété *Tavira* reste la variété la plus courante dans la wilaya de Jijel. D'après les résultats du tableau ci-dessus, on constate que les valeurs pondérales enregistrées pour les six échantillons varient entre 124,63 ± 2,25 g comme valeur minimale dans l'Ech.3 d'Achouat et 220,56 ± 55,99g comme valeur maximale dans l'Ech.2 du Nil. Pour les échantillons prélevés d'Achouat, le poids moyen varie entre 124,36 ± 22,25g et 142,38 ± 36,07 g, alors que celui des échantillons du Nil varie entre 197,95 ± 30,48 g et 220,56 ± 55,66 g.

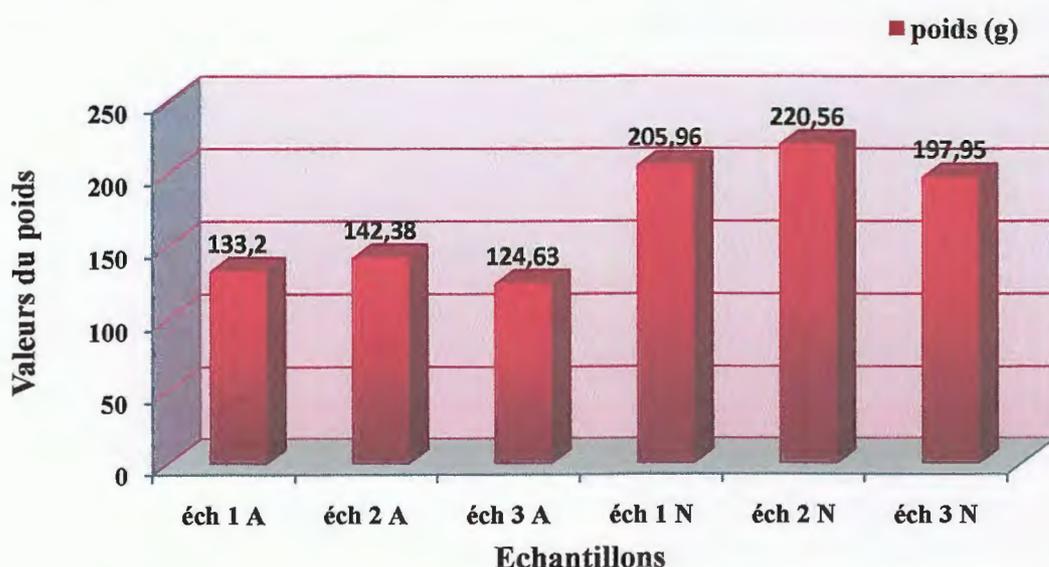


Figure 14: Histogramme de résultat de la mesure de poids moyens des échantillons.

Les résultats obtenus lors de mesure des poids dans l'ensemble des échantillons prélevés d'Achouat et du Nil varient d'une manière significative ($p \geq 0,05$) selon les régions.

Donc, on constate que ces fruits de tomate sont plus gros en comparaison avec ceux analysés par **Dossou (2007)**, ce paramètre très élevé chez la variété *Tavira* est caractéristique de celle-ci.

Concernant la hauteur, la valeur la plus haute a été enregistrée pour l'Ech.2 d'Achouat ($66,7 \pm 10,4$ mm), et celle la plus basse se trouve dans l'Ech.3 d'Achouat qui est de $48,5 \pm 3,9$ mm, soit une différence de 19,1mm. Quant aux diamètres, la valeur maximale est enregistrée pour l'Ech.2 de Nil ($79,5 \pm 7,5$ mm) et celle la plus basse se trouve dans l'Ech.2 d'Achouat ($53 \pm 10,7$ mm), soit une différence de 26,5mm.

Les résultats obtenus dans l'évaluation du coefficient de forme (Cf.) varient entre 0,63 comme rapport minimal dans l'Ech.2 du Nil, et 1,25 dans l'Ech.2 d'Achouat comme rapport maximal.

Selon la formule de **Facbohoun et Kiki (1999)**, les trois échantillons Ech.1, Ech.2, Ech.3 du Nil et l'Ech3 d'Achouat sont des tomates aplaties (Cf. < 0,8), l'Ech.1 d'Achouat est de forme arrondie (Cf.= 0,81), alors que l'Ech.2 d'Achouat est légèrement allongée (Cf.>1). Ces valeurs sont semblables à celles obtenues par **Dossou et al. (2007)**.

Tout les résultats sont variés de manière significative ($p \geq 0,05$) pour l'ensemble des échantillons analysés au cours de notre travail.

En ce qui concerne le nombre de lobes, les fruits sont en général fortement lobés (3-10), mais, nous remarquons que les échantillons prélevés de Nil sont moins lobés (3-8) que ceux prélevés d'Achouat (5-10). La réduction du nombre de lobes (avec des fruits de 2 à 4 lobes) assure une plus grande homogénéité du calibre des fruits (**Grasselly et al., 2000**).

Lors de notre analyse corporelle des différents échantillons de tomate, nous avons constatés que ces derniers présentent une couleur rouge foncé très caractéristique et possédant des pépins fins. On note assez souvent chez ces fruits l'aspect lisse.

Les valeurs présentent des différences faibles pour chaque paramètre sauf que pour le poids moyen ainsi que le nombre de lobes, ces différences sont probablement dues aux conditions de croissance du fruit de tomates.

V.2. Analyses physico-chimiques des tomates

V.2.1. Le pH

Les résultats de l'acidité et du pH obtenus par les analyses effectuées sur les tomates d'Achouat et de Nil sont illustrées par les figures 13.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que le pH des échantillons est acide, il est presque identique chez tous les échantillons; il varie entre 4,10 à 4,19 pour les tomates d'Achouat et de 4,14 à 4,19 pour celles du Nil.

Ces résultats varient d'une manière significative ($p \leq 0,05$) pour l'ensemble des échantillons analysés lors de notre travail.

Selon le Codex Alimentarius le pH doit être inférieur à 4,5 (**CX/PFV 04/22/4 Add.1**). La comparaison des résultats avec la norme relative au pH qui est de 3.9 à 4.4 selon **Desbordes (2003)**, montre que le pH des échantillons de tomate est conforme à la norme avec un écart allant de 0,025 pour les tomates d'Achouat et 0,005 pour celles du Nil.

Les valeurs des pH comprises entre 4,14 et 4,19 pour notre variété étudiée « Tavira » sont identiques à celles indiquées par **Amoussou (1988)**, qui a déterminé des valeurs de pH de 4,0 à 4,4 sur douze variétés de tomate, et concordent également avec celles rapportées par **Lamb (1977)** qui varient de 4,2 à 4,6, celle fixées par **Grasselly et al., (2000)** qui varient de 4 et 4,5.

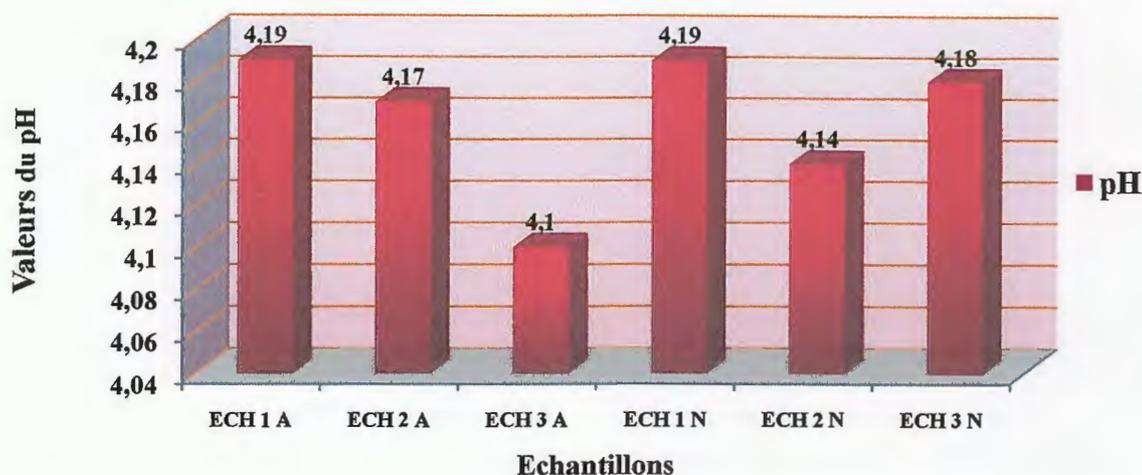


Figure 15: Histogramme de résultat de la mesure du pH des échantillons de tomate.

V.2. 2. L'acidité titrable

L'acidité totale de nos tomates est mesurée par titration à Hydroxyde de sodium (NaOH) 0,1M avec la phénolphaléine comme indicateur, le point de neutralité est atteint quand l'indicateur passe de l'incolore au rose (pendant 30 secondes).

L'acidité titrable traduit l'évolution des deux principaux acides, citrique et malique. Le pourcentage d'acide citrique est un bon estimateur de la teneur en acides organiques de la tomate, il varie de 0,311% à 0,428 % pour les échantillons d'Achouat, par ailleurs, celle des échantillons du Nil est variée entre 0,298% à 0,394% (Figure 14).

Le test statistique d'ANOVA montre que la variabilité des résultats est significativement différente ($p \leq 0,05$) dans nos échantillons.

Tous ces résultats d'acidité titrable des différents échantillons de notre variété « Tavira » sont conformes aux valeurs fixées par **Espiard (2002)** qui sont de 0,3 à 0,6 %.

Les valeurs d'acidité titrable sont en concordance avec les résultats rapportés par **Dossou (2007)** qui sont de 0,262 à 0,454 %.

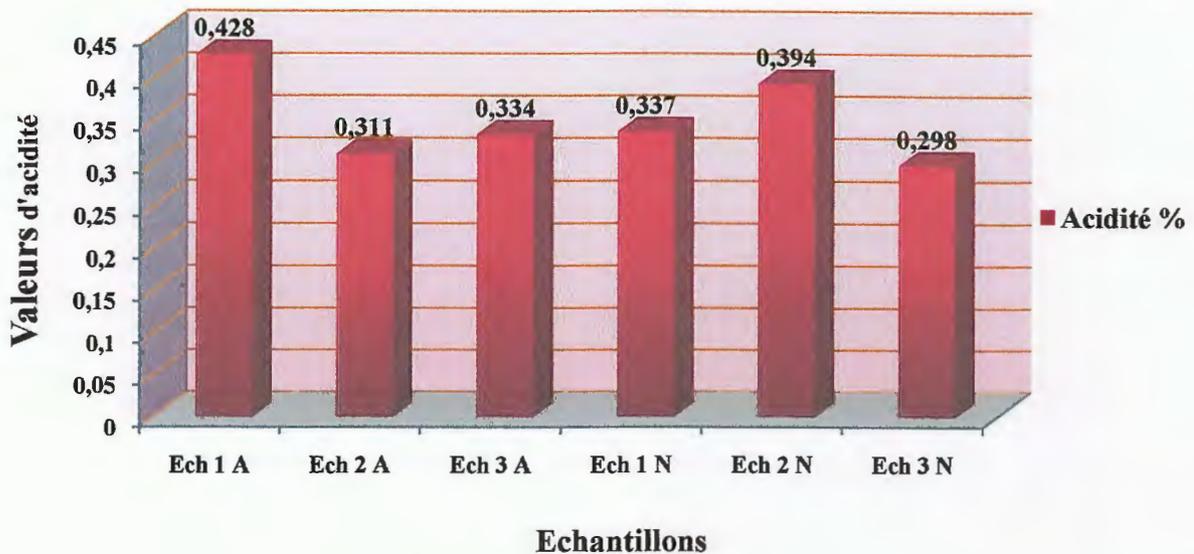


Figure 16 : Histogramme de mesure d'acidité titrable des six échantillons de tomate.

V.2.3. Détermination de la matière sèche (ms) et le taux d'humidité

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau N° 6 et illustrés dans la figure 15.

La matière sèche des échantillons de tomate variée de 4,46 à 5,90 % dans les tomates d'Achouat et entre 3,6 à 4,76% dans celle du Nil. Nos résultats sont en concordance avec les résultats rapportés par **Dossou et al. (2007)** qui ont présenté des valeurs de 4,5 à 5% pour les quatre variétés de tomate étudiées.

Ces résultats ne varient pas d'une manière significative ($p > 0,05$) pour l'ensemble des échantillons analysés au cours de notre travail.

En comparant nos résultats avec la norme qui exige que la MS soit de 5% à 7% selon **Grasselly et al. (2000)**, et de 6,1 % selon **Espiard (2007)** dans la tomate crue, nous remarquons que certains résultats relatifs au site d'Achouat sont conformes aux normes tandis que le reste sont inférieurs à la norme.

D'après **Grasselly et al. (2000)**, la teneur en MS varie en fonction du stade de maturation de la tomate ; elle dépend des quantités relatives d'eau et d'assimilats importés par le fruit pendant sa croissance. En effet, le fruit vert, qui contient des chloroplastes, est capable de produire 10% de sa MS.

Les légumes sont très riches en eau. La teneur très élevée des fruits est un paramètre qui traduit la grande périssabilité de la tomate et limite son aptitude à l'entreposage à la température ambiante. Selon **Grasselly et al. (2000)**, la tomate contient 93% à 95 % d'eau mais cette teneur peut aller jusqu'à 97,1 % selon **Espiard (2007)**.

Le taux d'humidité de nos tomates varie entre 94,1 et 95,53 % pour les échantillons d'Achouat, est de 95,2 à 96,40 % pour ceux de Nil (non significativement différente $p > 0,05$).

Ces valeurs sont identiques à celles étudiées par **Dossou et al. (2007)** qui ont présenté des valeurs de 94,4 à 94,97 %.

V.2.4. Détermination de la matière minérale (les cendres)

La matière minérale se situe entre 0,50 et 1,13 % (Figure 15). La plus haute valeur, 1,13 %, est enregistrée dans l'échantillon Ech.1 d'Achouat et l'Ech.3 du Nil, cette valeur est légèrement supérieure à la moyenne 0,3 à 0,5 % établie par **Espiard (2002)**, la plus basse dans l'échantillon Ech.1 du Nil.

Les résultats retrouvés lors de mesure de MM dans les différents échantillons varient d'une manière significative ($p \leq 0,05$).

Les taux de cendres sont en concordance avec les résultats obtenus par **Moresi et Liverotti (1982)** qui ont de 0,4 à 0,5%, mais ils sont légèrement supérieurs aux résultats enregistrés par **Dossou et al. (2007)** qui sont variés de 0,272 à 0,54 %.

V.2.5. Détermination de la matière organique (MO)

La détermination de la matière organique nous a permis de constater que ces valeurs varient entre 3,10 et 5,20 % pour l'ensemble des échantillons des tomates analysés.

Le test statistique d'ANOVA démontre que ces résultats varient de manière significative ($p \leq 0,05$). L'ensemble des résultats obtenus sont conformes à la moyenne de la teneur en matière minérale fixée par **Espiard (2002)** qui est de 2,6 à 6,5 %.

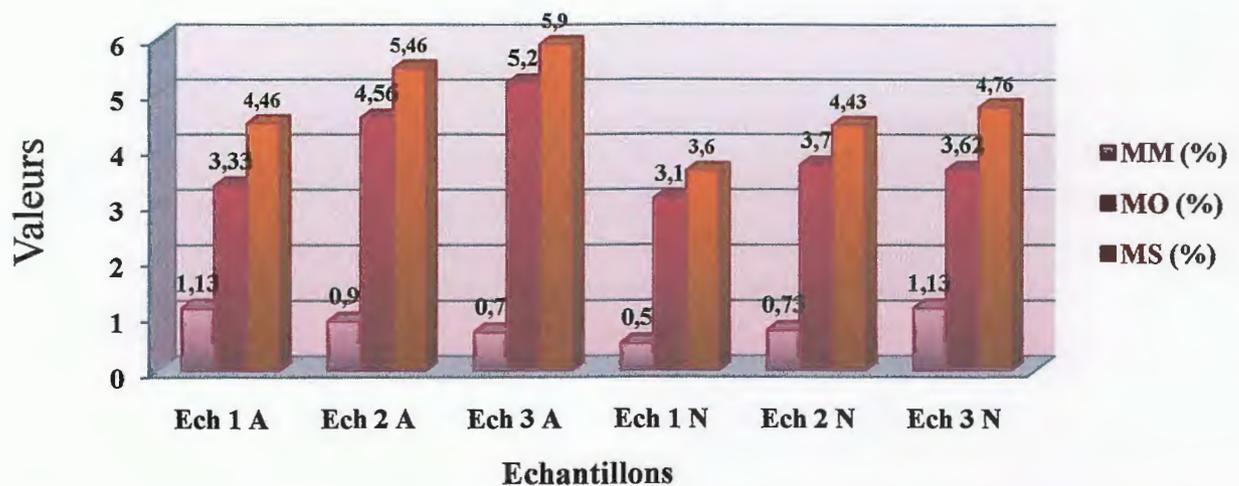


Figure 17: Histogramme de taux de la matière sèche, minérale et organique des échantillons.

V.2.6. Détermination de la matière sèche soluble totale (°Brix)

Les teneurs en matière sèche soluble obtenus pour la variété « Tavira » et qui sont mentionnés dans la figure 16 varient entre 3 et 4,14 %, le plus haut pourcentage a été enregistré dans l'échantillon Ech 2 d'Achouat et le plus bas dans l'échantillon Ech.1, Ech.3 du Nil.

Les résultats obtenus lors de la mesure de degré Brix dans l'ensemble des échantillons d'Achouat et du Nil varient d'une manière significative ($p \leq 0,05$) selon les régions.

Les résultats obtenus pour cette variété locale sont inférieurs à la valeur 5%, retenue par **Fagbohoun et Kiki (1999)** et sont semblables aux résultats de **Dossou et al. (2007)** qui ont

présentés des valeurs de 4,5 à 5 % pour les quatre variétés de tomate analysées. Nos analyses concordent avec ceux enregistrés par **Espiard (2002)** qui varient entre 2 à 4,5 %Brix.

L'étude réalisée par **Grasselly et al., (2000)** indique que la teneur en matière sèche soluble de la tomate qui est de 3,5 à 5,5 % pour les variétés ronde ou gros calibre, augmente légèrement au début de la maturation puis se stabilise (4,2% Brix pour le stade vert pointé, 4,4 %Brix pendant le stade tournant et rouge en ce qui concerne les deux variétés Romance et Du Ruiter).

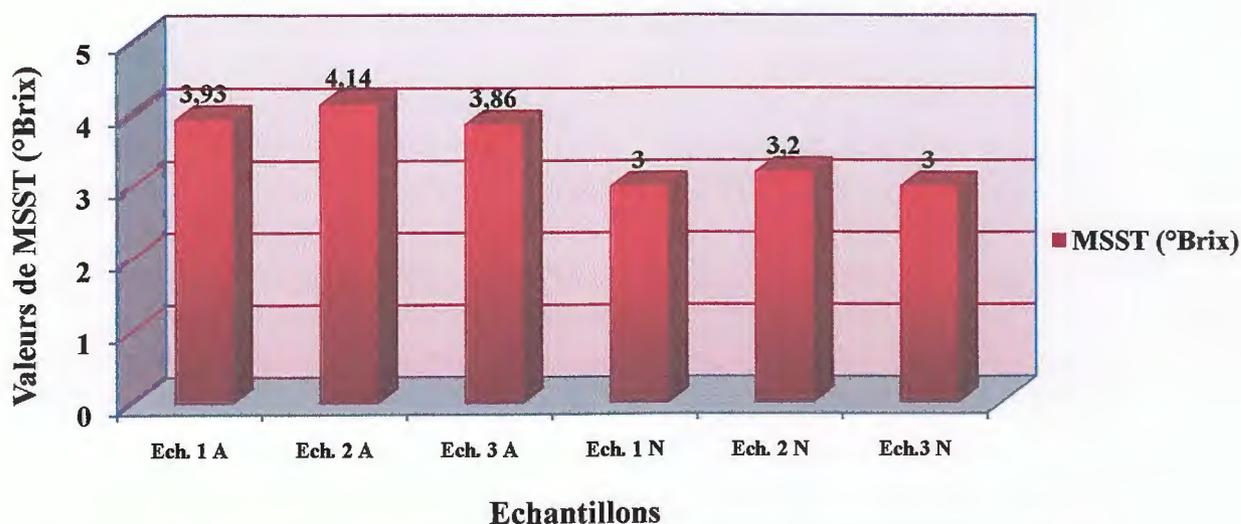


Figure 18 : Histogramme de taux de la MSST des six échantillons de tomate.

V.3. Analyses microbiologiques des tomates

Pour confirmer qu'un aliment détient une certaine assurance qualité en ce qui a trait à la santé du consommateur il est important de comparer les résultats des tests microbiologiques trouvés aux normes décrites par le Conseil Canadien des Normes (N°131).

Dans le cadre du produit objet de l'étude il y avait donc certaine susceptibilité de trouver les germes totaux aérobies mésophiles et les champignons (levures et moisissures).

Les analyses microbiologiques des six échantillons de tomates ont montré la présence des microorganismes dans tous les échantillons, dont le taux de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) est abondant par rapport aux autres microorganismes, et l'absence de quelques microorganismes pathogènes recherchés.

V.3.1. Résultats du dénombrement de la flore totale mésophile

Après dénombrement de ces germes dans les échantillons de tomates, nous constatons que le nombre de cette flore varie d'un échantillon à un autre. Il est presque le même dans les échantillons de la région de l'Achouat (56×10^5 UFC/ml), le nombre retrouvés dans les prélèvements du Nil est de 60×10^5 UFC/ml et 73×10^5 UFC/ml pour l'échantillon 1 et 2 respectivement. Il est à noter que la flore de l'échantillon 3 du Nil reste indénombrable.

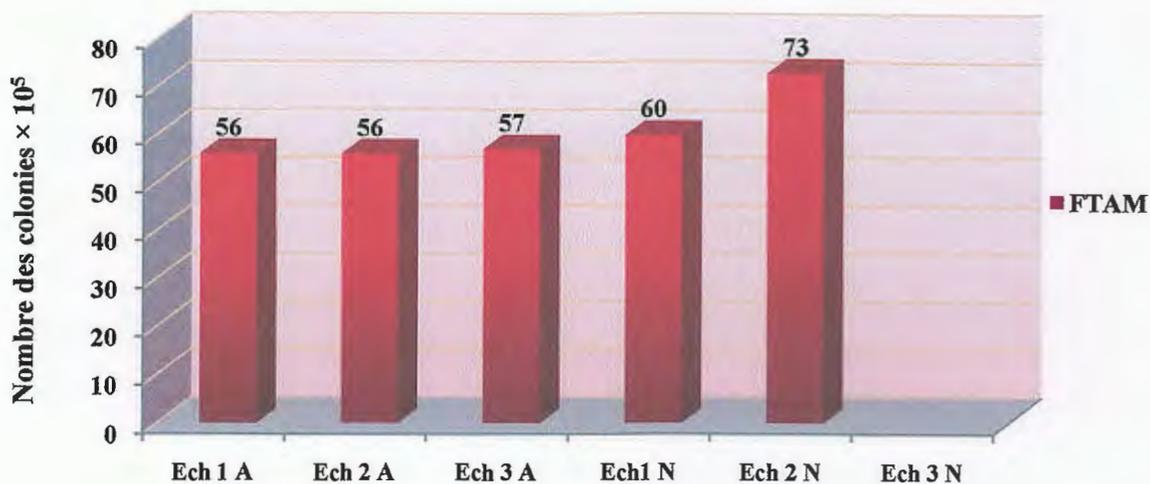


Figure 19 : Présentation graphiques des résultats de dénombrement des FTAM.

Les résultats obtenus lors du dénombrement de cette flore varient selon les sites d'une manière significative ($p \leq 0,05$).

Malgré ça les résultats sont inférieurs à la norme décrite par le Conseil Canadien des Normes (N°131), qui montre que le nombre des flores aérobies mésophiles est compris entre 10^7 à 10^8 UFC/ml (Auclair, 2009).

Ces résultats sont supérieurs à celle trouvés par Diouf, (1992) qui est 9.10^5 UFC/ml. On peut considérer que les échantillons contrôlés sont acceptable sur le plan hygiénique.

Ce résultat est donc un indicateur général de bonne pratique dans la ferme et démontre aussi que le processus d'altération microbienne est faiblement engagé (Bourgeois et Leveau., 1991)

V.3.2. Résultats de dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux

Concernant les résultats du dénombrement des coliformes totaux de la tomate, nous remarquons que leur nombre varie entre 16×10^4 UFC/ml et 53×10^4 UFC/ml dans la région d'Achouat, ainsi des valeurs situées entre 0 UFC/ml et 36×10^4 UFC/ml pour la région du Nil.

Les résultats obtenus lors du dénombrement des coliformes totaux dans l'ensemble des échantillons d'Achouat et de Nil ne varient pas selon les régions d'une manière significative ($p > 0,05$).

Ces résultats sont très inférieurs à celle trouvés par Diouf, (1992) qui sont présentés de 10^2 UFC/ml.

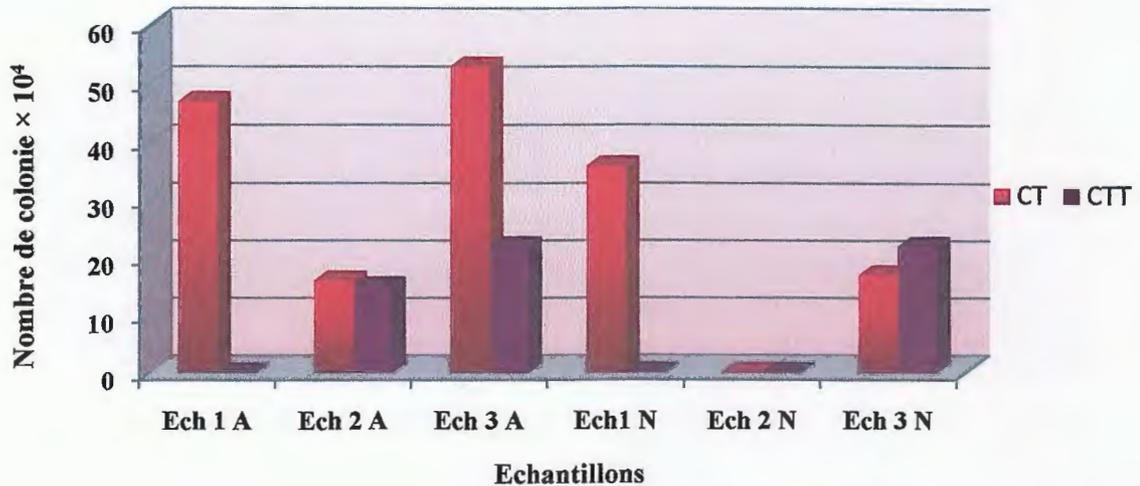


Figure 20: Présentation graphique des résultats de dénombrement des CT et CTT.

Le nombre des germes des coliformes thermotolérants retrouvés dans les échantillons de tomates varie entre 0 UFC/ml et 22×10^4 UFC/ml pour la région d'Achouat, et nous avons les même résultats pour la région du Nil (Figure 18).

Une limite de 1000 coliformes fécaux pour 100 ml d'eau d'irrigation a été proposée par l'Union européenne et les USA. Il faut également faire attention aux contaminations du sol (Desbordes, 2003).

Habituellement, la présence de coliformes totaux et des coliformes fécaux dans les aliments indique une contamination fécale qui provient des engrais organique, l'eau d'irrigation... Ils peuvent aussi démontrer une mauvaise pratique hygiénique pendant la culture, mais le risque de contamination dans le laboratoire est malheureusement trouvé aussi (Cuq, 2007).

L'absence totale des coliformes dans l'échantillon 2 du Nil indique qu'elle est en bonne état hygiénique par comparaison avec les autres échantillons.

Il est impossible de relier directement ou spécifiquement les coliformes totaux à la présence probable de microorganismes pathogènes et de désigner une source précise de contamination. En effet, puisque les coliformes totaux proviennent de plusieurs milieux, on ne peut établir avec certitude que leur présence dans un aliment indique une pollution fécale à laquelle est associée la présence de microorganismes pathogènes (Auclair, 2009).

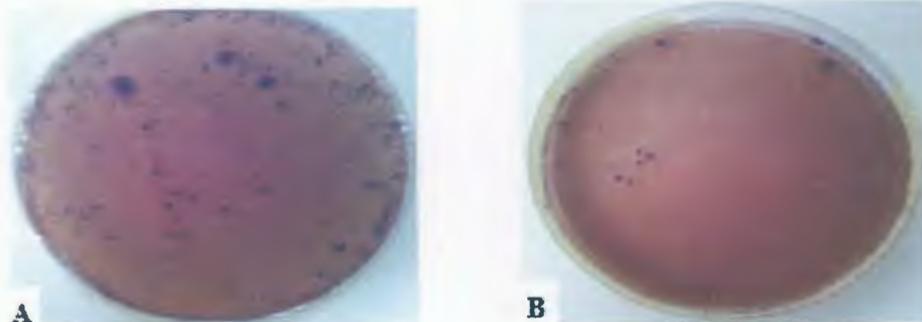


Photo N° 4: Représentatif des coliformes sur le milieu VRBL.
A : coliformes totaux ; B : coliformes thermotolérants.

V.3.3. Résultats de la recherche de *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas*

Le résultat de la recherche de *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas* montre l'absence total dans les six échantillons de tomate (tableau N° 12).

Tableau N° 5 : Résultats de recherche de *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas*

Echantillons	Achouat			Nil			Norme
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
<i>Salmonella</i> (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	$10^2 - 10^4$
<i>Pseudomonas</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	-

Les Salmonelles sont à l'origine de maladies infectieuses appelées fièvres typhoïde ou paratyphoïdes, il s'agit là d'un problème très important en microbiologie alimentaire (Cuq, 2007).

Leur absence est conforme à la norme décrite par le Conseil canadien des normes (N°131), qui exige l'absence total de *Salmonella* (Auclair, 2009).

Nos résultats révèlent une absence des *Salmonelles*. Cependant des études faites sur des tomates ont montré leur présence, parmi lesquelles : Cuq (2007), Buck et al., (2003), et Mahon et al., (1997).

Selon Cuq (2007) la présence de *Salmonella* est considérée comme un indice de contamination fécale. Alors que leur absence est un indice de bonne pratique hygiénique dans la ferme.



Photo N°5: Représentant de la recherche des *Salmonella*.

Les *Staphylococcus aureus* sont des indicateurs de contamination humaine (ou animale ou originelle) puisque ces germes sont naturellement présents sur la peau et les muqueuses de l'homme et des animaux ; donc l'absence dans nos tomates ne présente pas le risque d'entérototoxicose (Cuq, 2007).

Ces résultats sont conformes à la norme décrit par le Conseil canadien des normes (N°131), qui exige un nombre ne dépassant pas 10^4 pour les *Staphylococcus aureus* (Auclair, 2009). Ce résultat est inférieur à la valeur 3.10^2 UFC/ml, retrouvée par Diouf, (1992) qui démontre la présence par le portage humain (mains, voies aériennes) et manque de la surveillance des principales sources de contamination.

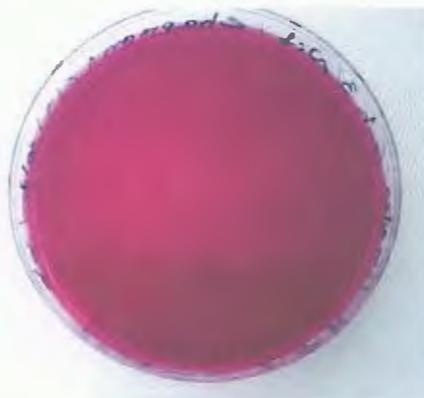


Photo N°6: Représentant de la recherche des *Staphylococcus aureus* sur Chapman.

A contraire de nos résultats quelques études sur les pathogènes alimentaires présents dans les tomates se focalisent sur *Pseudomonas*, celle par Bart et al., (2009).



Photo N°7: Représentant de la recherche des *Pseudomonas*.

L'absence de ces germes explique probablement par des bonnes conditions d'hygiène pendant la culture et la préparation des produits ; ou bien on peut lier ce résultat que le pH des tomates possèdent une gamme de pH (3.9 à 4.4) qui empêche ou retarde leur croissance. Donc les tomates ne présentent aucun risque sur la santé des consommateurs (Desbordes, 2003).

V.3.4. Dénombrement des levures et moisissures

Tableau N° 13: Résultats de dénombrement des levures et moisissures.

Echantillons	Achouat			Nil			Norme
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
Levures (UFC/ml)	76.10 ³	07.10 ³	42.10 ³	ND	0	ND	10 ⁴ - 10 ⁵
Moisissures (UFC/ml)	03.10 ³	02.10 ³	10 ³	ND	46.10 ³	13.10 ³	

Cependant, les résultats relatifs à la recherche des levures et moisissures (tableau N° 13) ont montré que le nombre est variable d'un échantillon à un autre et oscille entre 7×10^3 UFC/ml et 76×10^3 UFC/ml pour les levures et entre 10^3 UFC/ml et 3×10^3 UFC/ml pour les moisissures dans la région d'Achouat et un nombre des colonies des levures non comptable pour les échantillons 1 et 3 du Nil, par contre elles sont absentes dans l'échantillon 2, en revanche, les moisissures des échantillons du Nil varient entre 13×10^3 UFC/ml et 46×10^3 UFC/ml.

Les résultats de dénombrement des levures ne varient pas d'une manière significative ($p > 0,05$) pour l'ensemble des échantillons analysés lors de notre travail.

La comparaison de ces résultats avec ceux montrés par le Conseil Canadien des Normes (N°131), qui limite le nombre des levures et des moisissures entre 10^4 et 10^5 UFC/ml, indique qu'ils sont inférieurs à la norme (Auclair, 2009).

Les levures et les moisissures ont un avantage compétitif sur les bactéries parce qu'elles sont capables de pousser dans les gammes de pH les plus faibles caractéristiques des tomates (3,9-4,4) (Desbordes, 2003).

Ces résultats sont supérieurs à ceux trouvés par Diouf, (1992) qui est $50. 10^2$ UFC/ml, et Barth *et al.*, (2009), qui est 7.10^2 UFC/ml.

Nous pensons que ces résultats sont le reflet d'une éventuelle contamination au laboratoire.

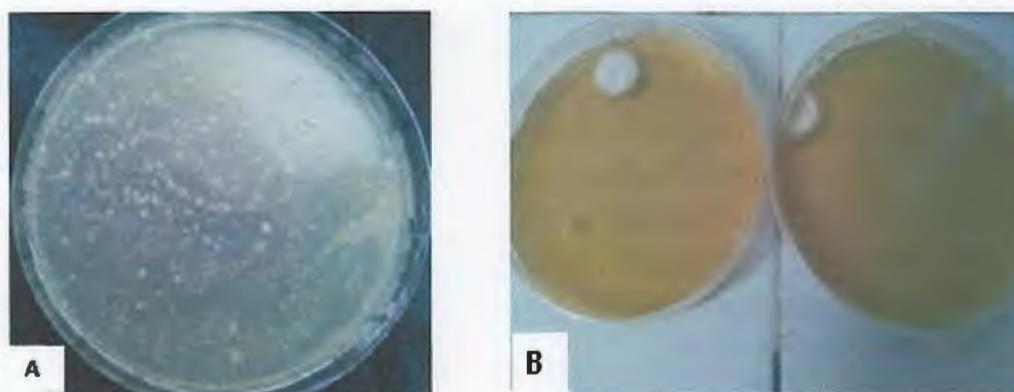


Photo N°8: L'aspect des colonies des levures (A) et moisissures (B) après l'incubation.

V. 4. Résultat de la recherche des résidus de pesticides dans la tomate

L'analyse des chromatogrammes obtenus montre l'absence des pesticides recherchés que nous avons ciblé au cours de notre étude sur la base d'une enquête préalable. Au cours du

traitement des tomates, les agriculteurs affirment avoir utilisé les mêmes pesticides : Mancozeb, Cymoxanil, Acetamipride, Abamectine et Lambda-cyhalothrine.

Cependant nous avons pu détecter la présence de Chlorobenzène (C_6H_5Cl) dans le pic N° 2 de l'échantillon N°1 et 2 prélevés de l'Achouat et l'échantillon N°1 et 2 du Nil.

Le chlorobenzène est un composé aromatique monocyclique chloré qui est un intermédiaire réactionnel utilisé dans la fabrication des produits phytosanitaires notamment dans la production du DDT (di-chloro-di-phényl-tri-chloroéthane). Appelé aussi Mono-chlorobenzène et appartient à la famille de Chloro-arène (Hydrocarbure aromatique chloré). Ce pesticide est strictement réglementé par de nombreuses conventions internationales (Genève et Stockholm). Son usage est en particulier interdit en France (Brignon, 2006).

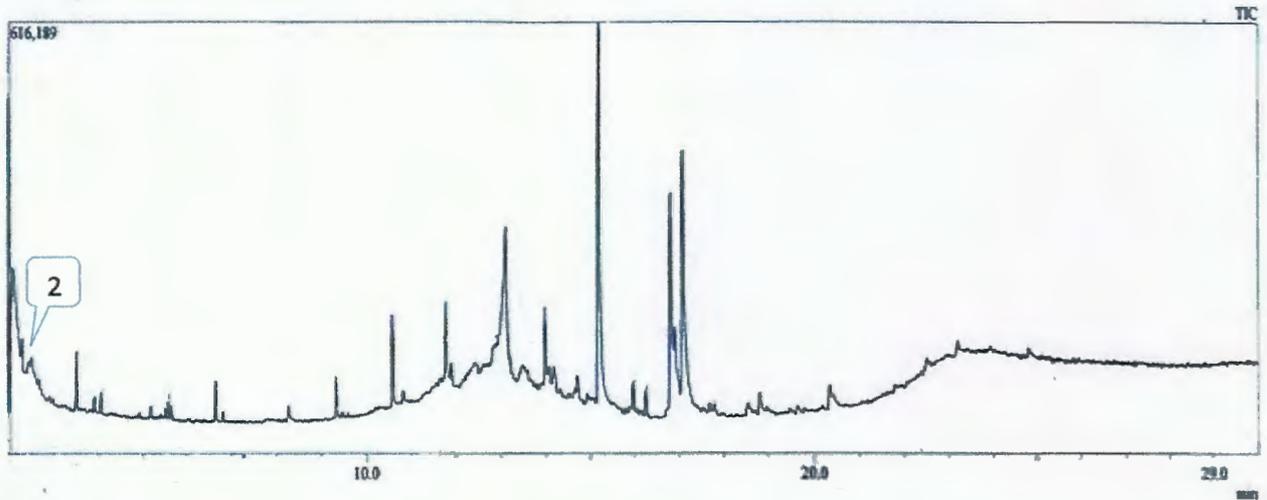


Figure 21: Chromatogramme de recherche des pesticides dans l'échantillon N° 1 d'Achouat.

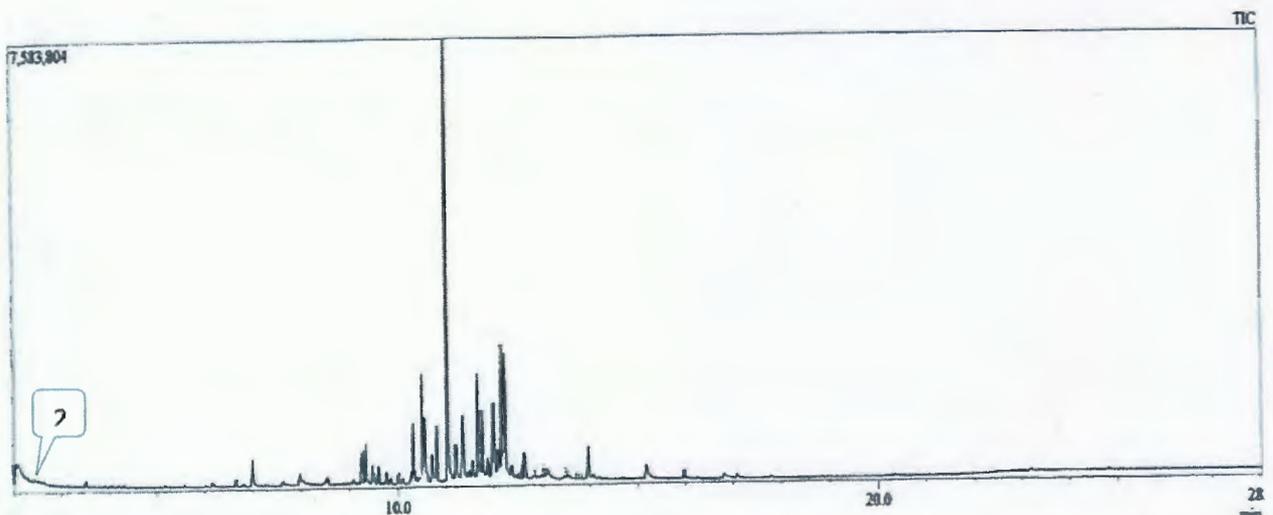


Figure 22: Chromatogramme de recherche des pesticides dans l'échantillon N°2 d'Achouat.

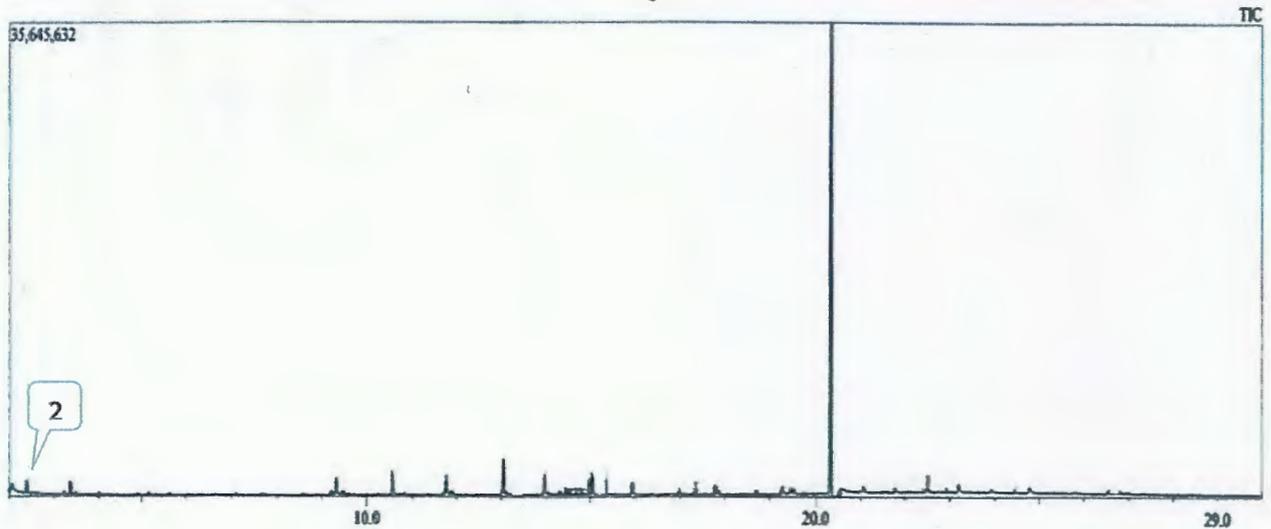


Figure 23: Chromatogramme de recherche des pesticides dans l'échantillon N°1 du Nil.

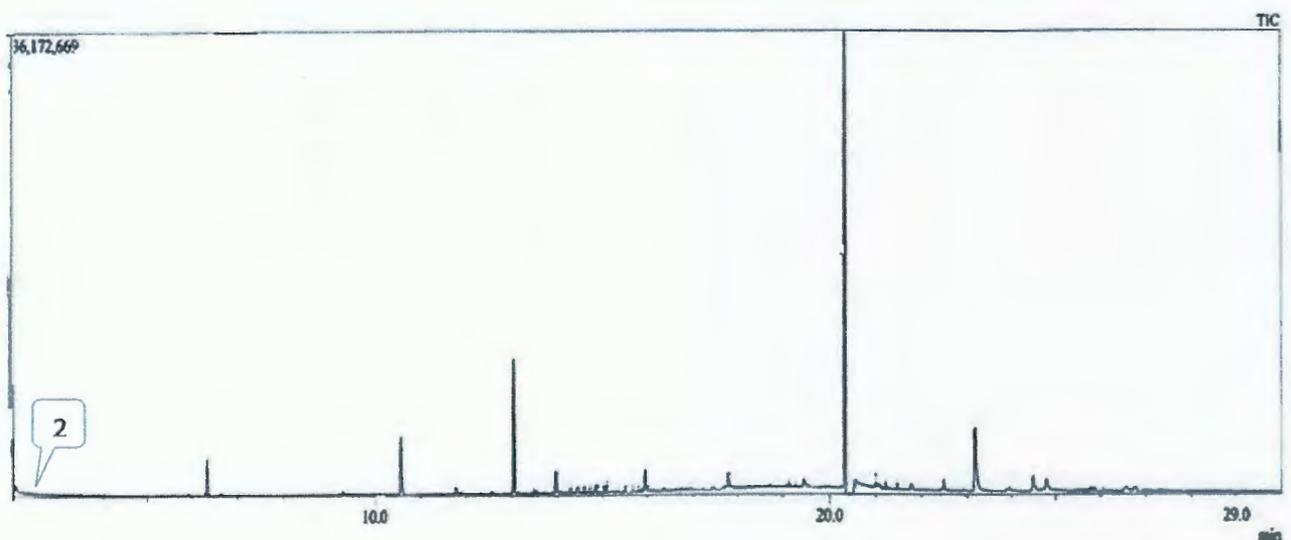


Figure 24: Chromatogramme de recherche des pesticides dans l'échantillon N°2 du Nil.

Les figures 19 et 20 représentent les chromatogrammes du premier et deuxième échantillon de site N° 1, le pic N° 2 de chaque chromatogramme a montré la présence du chlorobenzène sortant après un temps de rétention de 2,291 min, 2,280 min occupant une surface de 1,86% et 0,57% pour le premier et le deuxième échantillon respectivement.

L'analyse des chromatogrammes (figure 21 et 22) des deux échantillons prélevés du site N° 2 a aussi révélé une contamination par le chlorobenzène dans le pic N°2 de chaque chromatogramme, sortant à environ 2min pour les deux échantillons, avec une superficie de 0,27% et 0,22% pour le premier et le deuxième échantillon respectivement.

Sa présence peut avoir pour origine une contamination du sol ou/et des eaux d'irrigation.

La méthode d'analyse employée nous a permis de détecter la présence de plusieurs substances organiques qui peuvent être des composés matricielle ou d'autres contaminants :

- **Les alcools :** 1-Heptatriacotanol (pic N°25, Ech3 d'Achouat, pic N°24, Ech 1 du Nil), Triacotanol (pic N° 74, Ech1 et le pic N°76, Ech 2 du Nil), 1-Undecanol (pic N° 16, Ech1 d'Achouat), Cyclodecanol (pic N°55, Ech 3 d'Achouat).
- **Les esters :** comme le sulfurousacid, butylisohehexyl ester (pic N°20), Hexadecanoicacid-méthyl ester (pic N° 33), Hexadecanoicacid-méthyl ester (pic N°56) dans le 1^{ier}, le 2^{ième} et le 3^{ième} échantillon d'Achouat respectivement, Heneicosanoicacid-méthyl ester (pic N° 63), hexanedioicacid-méthyl ester (pic N° 68) dans le 2^{ième} échantillon du Nil.
- **Les cétones :** 4-hydroxy-3-hexonone (pic N° 3) dans l'échantillon Ech 1 du Nil.
- **Les alcanes:** Octane-4-ethyl (pic N° 7, Ech1), Heptadecane (pic N° 39, Ech2) d'Achouat, Nonane-3-methyl (pic N° 4, Ech1) du Nil.

Beaucoup de travaux similaires ont été réalisés dans la même optique que notre travail tel que l'étude de **Parveen et al., (2004)** ont fait une analyse sur 27 légumes qui a montré que 24 échantillons sont contaminés dont 63% contiennent des résidus de pesticides (RP) inférieur à LMR (limite maximale des résidus) et 46% des échantillons dépassent la LMR. Les pesticides détectés sont : le chlorpyrifos, l'endosulfan, l'abamectine, l'acitamibride, le cypremethrine.

Les résultats obtenus lors de l'analyse réalisée par **Kofi Bempah (2011)** sur 240 échantillons de légumes, montrent que 28,1% des échantillons de légumes ne contiennent pas des RP, 40,42% des échantillons sont contaminés par des traces des RP mais inférieur à la LMR, et 31,48% des échantillons contiennent des RP avec la LMR.

Nos prélèvements ont été faits après les pluies durant 3 semaines donc les pesticides épanchés ont pu être lessivés ce qui justifie leur absence. De plus, ce résultat négatif témoigne d'une utilisation adéquate des produits phytosanitaires conforme au respect de la dose appliquée et du délai avant récolte proposé par la réglementation en vigueur (**OMS ; FAO**).

V.5. Analyse sensorielle de tomate

D'après les dégustateurs (figure ci-dessous) on a observé que la note de l'impression générale est différente pour chaque échantillon, dans la plus part des cas elle est supérieure à 6, en général elle est moins élevée dans les échantillons de Nil que dans les échantillons d'Achouat, selon le niveau d'acceptation qui s'étende entre 0 (désagréable) et 10 (adorable), ce qui permet de dire que les échantillons d'Achouat sont plus acceptés de côté de l'impression générale. L'échantillon le plus accepté d'après les dégustateurs est l'échantillon 3 d'Achouat (7,9).

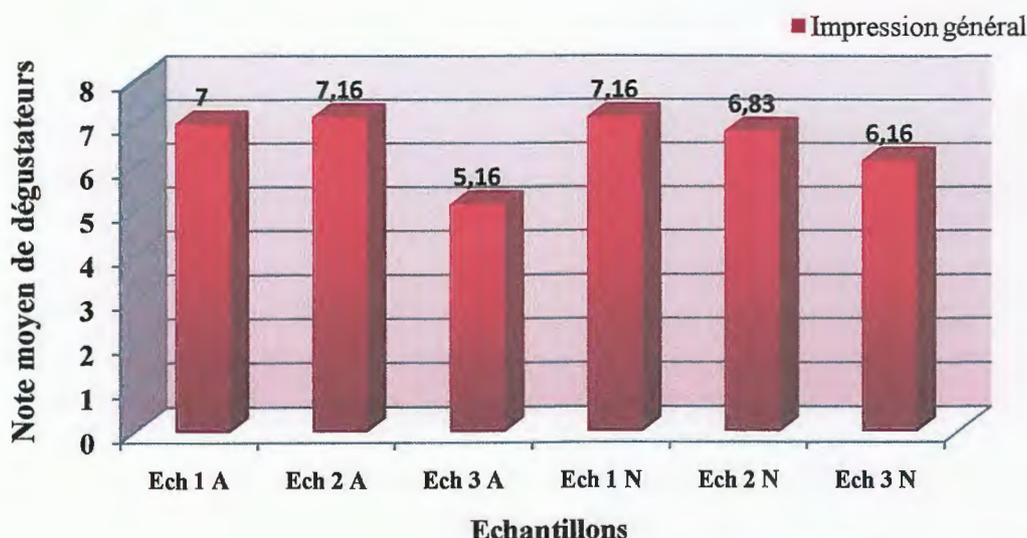


Figure 25: Les notes moyennes de l'impression générale des six échantillons.

De même façon, la plupart d'entre eux ont donné des notes probablement élevées pour le critère de texture en bouche, surtout pour les échantillons d'Achouat qui à lesquels tous les notes sont proches de 7, donc on peut dire que la fermeté est bonne pour tous les échantillons, et selon le niveau d'acceptation que l'on a utilisé et qui s'étende entre 0 (désagréable) et 10 (adorable) l'échantillon la plus accepté et qui a la plus haute note est l'échantillon 2 d'Achouat (7,3). Les travaux de (Granges et al., 2003) montrent que la note des consommateurs était corrélée négativement ($r = -0,87$) avec la fermeté des fruits au cours d'un seul test de consommateurs.

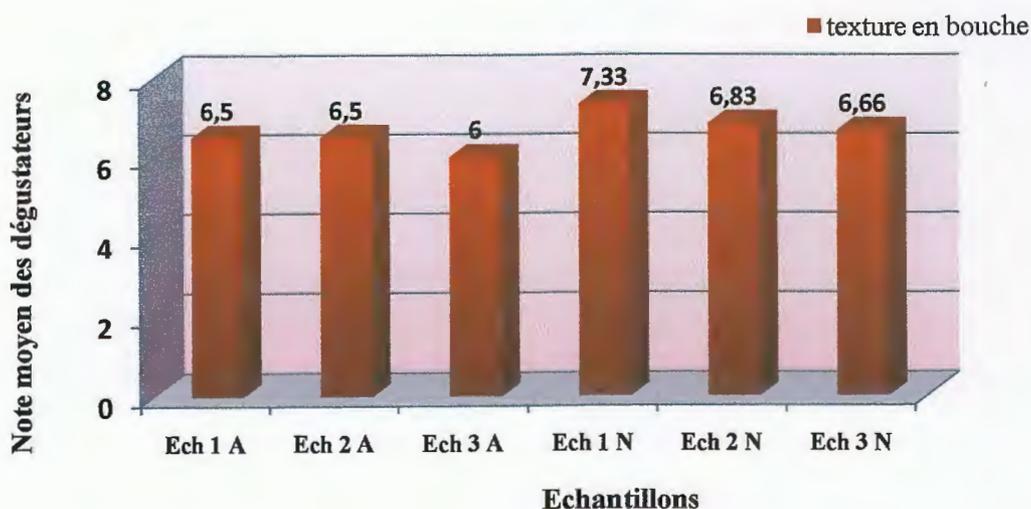


Figure 26: Les notes moyennes de texture en bouche des six échantillons.

La fermeté résulte de plusieurs caractéristiques intrinsèques du fruit, comme les propriétés mécaniques de l'épiderme, la consistance de la chair et le rapport entre péricarpe et loges internes.

Il existe des composants caractérisent la texture, il s'agit des critères induisant des défauts tel que l'épaisseur de la peau, la farinosité de la chair, l'apparition des zones fibreuses dans la chair ou de fibres au niveau du pilier central du fruit (Grasselly et al., 2000).

Les notes données pour le goût sont différentes pour chaque dégustateur et pour chaque échantillon, sont élevées pour les échantillons d'Achouat et proche de 6 pour les échantillons de Nil, selon le niveau d'acceptation qui s'étende entre 0 (désagréable) et 10 (adorable) on conclue que les dégustateurs ont accepté le gout de tous les échantillons, de ce critère l'échantillon le plus accepté c'est l'échantillon 3 d'Achouat.

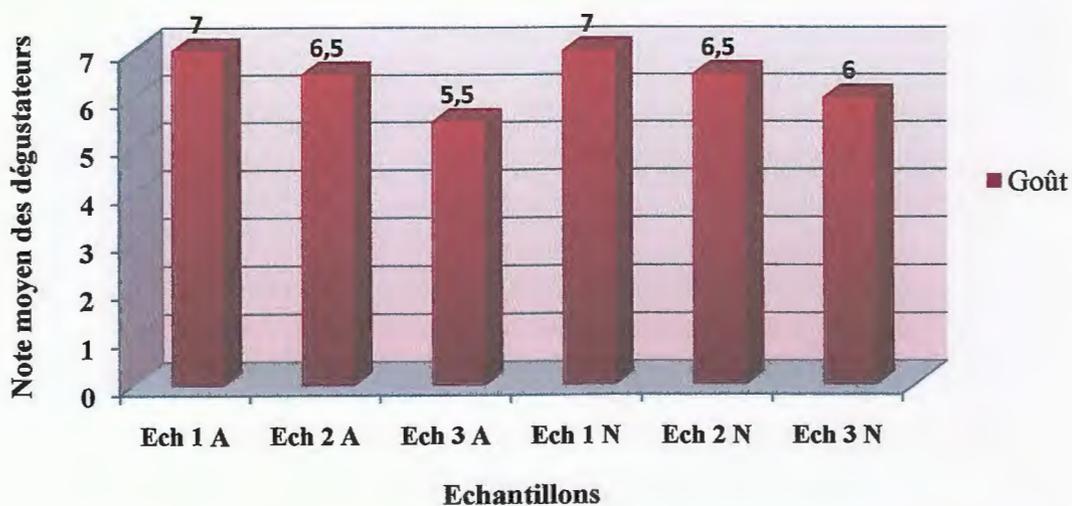


Figure 27: Les notes moyennes du goût des six échantillons.

Chez la tomate, les sucres représentent environ 48% de la matière sèche totale. Ils sont essentiellement constitués de fructose et de glucose en parts égales et d'une quantité très faible de saccharose (Granges et al., 2003), l'intensité de la saveur sucrée de la tomate reste limitée car la quantité de sucre est relativement faible (Grasselly et al., 2000).

Pour l'odeur tous les notes données par les dégustateurs sont supérieure à 6 sauf pour l'échantillon 1 de Nil qui a une note moins de 5 et l'échantillon 1 d'Achouat qui a une note moins de 6 est supérieure de 5, donc selon le niveau d'acceptation qui s'étende entre 0 (désagréable) et 10 (adorable) on peut dire que l'odeur d'échantillons est accepté.

Pour les échantillons 2-3 d'Achouat et 2-3 de Nil mais moyennement accepté pour l'échantillon 1 d'Achouat, et faiblement accepté pour l'échantillon 1 de Nil, le plus désiré c'est l'échantillon 1 de Nil. Selon les travaux de Grasselly et al qui ont trouvé que les consommateurs ont préféré d'acheter les tomates à 22% pour son odeur et à 55% pour la fermeté des fruits, on trouve que l'odeur aussi est un critère d'important de qualité.

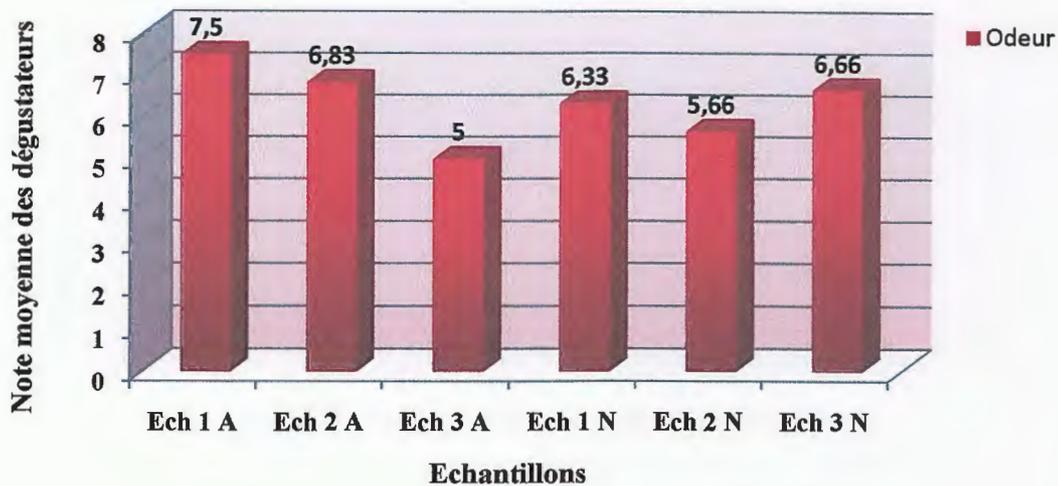


Figure 28: Les notes moyennes d'odeur des six échantillons.

C'est la teneur en sucres de la tomate, exprimée par l'indice de réfraction du jus ($^{\circ}$ Brix), qui influence le plus l'appréciation globale du consommateur. L'acidité totale est également un critère discriminant de la qualité gustative. Selon les travaux de **Granges (2000)** qui montrent que l'acidité totale est également un critère discriminant de la qualité gustative chez la tomate.

En générale, le goût est une affaire très personnelle, et les préférences individuelles diffèrent. Le consommateur peut avoir des idées préconçues à l'égard du meilleur goût des produits biologiques (**Theuer, 2006**).

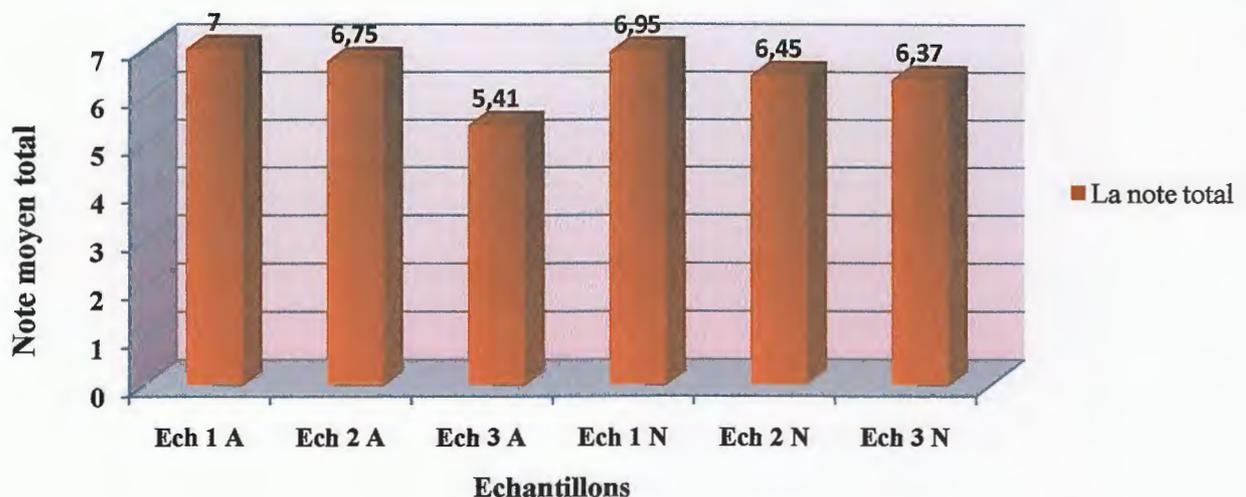


Figure 29: La note totale de dégustation des six échantillons.

L'acceptation d'un produit alimentaire indique en général la consommation réelle de ce produit (Achouat et consommation). (**Watts et al., 1991**).

D'après les résultats obtenus lors de l'analyse sensorielle des 3 échantillons d'Achouat et des 3 échantillons de Nil et selon le niveau d'acceptation qui s'étend entre 0 (désagréable) et 10 (adorable) on a conclu que les tomates d'Achouat et aussi du Nil ont en général une qualité organoleptique bien acceptée, avec une meilleure acceptation des échantillons d'Achouat de point de vue organoleptique.

Conclusion général

L'importance de notre travail a été de faire un contrôle de qualité des tomates cultivées sous serres à Jijel afin de mettre en évidence les principaux problèmes affectant la qualité de ce légume. Pour cela, nous avons fait des prélèvements de tomate au niveau de deux sites agricoles : l'Achouat et le Nil. Notre étude expérimentale consiste à faire des analyses morphologiques, physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques. De plus, nous avons procédé à une analyse toxicologique en vue de rechercher la présence des résidus de pesticides dans les six échantillons de tomate prélevés.

L'analyse morphologique indique une différence de plus ou moins importante en ce qui concerne les paramètres du poids, de la longueur, du diamètre, du coefficient de forme et du nombre de loges. Ces différences peuvent être dues aux variations des conditions de culture et de développement de la plante.

En ce qui concerne l'analyse physicochimique, nous remarquons que le pH est acide et est presque identique dans tous les échantillons; il varie entre 4,10 à 4,19 ; et le taux de la MS. varie de 3,6 à 5,90 %, un taux de cendre de 0,50 à 1,13 %. Alors que les teneurs en matière sèche soluble varient entre 3 à 4,14 %, le plus haut pourcentage a été enregistré dans l'échantillon Ech2 d'Achouat et le plus bas dans l'échantillon Ech1, Ech3 de Nil.

Les résultats des analyses microbiologiques des six échantillons de tomates montrent clairement leur parfaite conformité aux normes ; le nombre de la FTAM, les CT et les CTT, les levures et moisissures est au dessous de la norme fixée, alors que les germes pathogènes recherchées (*Salmonella*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas*) sont totalement absents.

D'après les résultats obtenus lors de l'analyse sensorielle des six échantillons de tomate, on conclut que les tomates d'Achouat et aussi de Nil ont en général une qualité organoleptique bien acceptée, avec une meilleure acceptation des échantillons d'Achouat de point de vue organoleptique.

D'après tous ces résultats obtenus on a constaté que les échantillons prélevés à partir de deux sites d'Achouat et du Nil ont une bonne qualité morphologique, physicochimique, microbiologique, toxicologique, et sensorielle, et donc les tomates ne présentent aucun danger pour le consommateur.

Il reste de dire qu'il faut compléter cette étude par des travaux semblables sur d'autres variétés pour apprécier au mieux la qualité des tomates cultivées sous serre à Jijel.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographique

Ahishakiye B.M., Ait Ammour M., 2010. Mémoire on-line : Valorisation de résidus de transformation industrielle de tomates : Extraction et caractérisation de l'huile de graines de tomates. Université de Blida.

Alavoine F. et al., 1988. La qualité gustative des fruits : méthodes pratiques d'analyse. Ed : CEMAGREF. Pp : 22-30.

ALINORM 05/28/27, 2005. Rapport de la vingt-deuxième session du Comité du codex sur les fruits et légumes. Vingt-huitième session. Rome. Pp : 48.

Amoussou L.F., 1988. Etude des possibilités de production de variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de contre saison dans la zone périurbaine de Cotonou. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UNB; Cotonou, Bénin. 150 p.

Andrés F., López Camelo.Ph.D., 2007. Manuel pour la préparation et la vente des fruits et des légumes du champ au marché. Bulletin des services agricoles de la FAO 151. Argentine. .

Anonyme₁, 2006. Profil de la culture des tomates de serre au Canada. Préparé par : Programme de réduction des risques liés aux pesticides .Centre pour la lutte antiparasitaire .Agriculture et Agroalimentaire. Canada. Pp : 32-52.

Anonyme₂,2006. Fiche conseil : Comment réussir sa culture de tomates. Etablissements Horticoles Georges TRUFFAUT R.C. Blois B 739 806 230 - FB toc T6013. Réf. 214331

Auclair G, 2009. Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. Direction Générale De L'alimentation (Le Conseil Canadien Des Normes). Pp : 45-55.

Baci L, 2000. Les contraintes au développement du secteur des fruits et légumes en Algérie : faiblesse des rendements et opacité des marchés. Institut National Agronomique El Harrach, Alger. Publié par : CIHEAM - Options Méditerranéennes. Pp : 267.

Bart M., Hankinson T. R., Zhuang H., Breidt F., 2009. Microbiological spoilage of fruits and vegetables. USA. Pp : 138.

Blachier J. M., 2003. Qualité microbiologique des fruits et légumes : flores, altérations, risques sanitaires, prévention. Lyon. Pp : 30-56

BNDR, 1997. Analyse du milieu agricole dans la wilaya de Jijel. Bureau National Du Développement Rural. Pp : 80

Brignon J.M., 2006. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. Chlorobenzène (mono chlorobenzène). Pp 20-21.

12- **Bourgeois C. M., Leveau J. Y., 1991.** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. 2^{ème} édition, Lavoisier. Paris. Pp : 380.

Bouza A.K., 2009. Les toxi-infections alimentaires collectives dans l'est Algérien. Mémoire de post-graduation spécialisée. Université de Constantine. Pp : 194.

Buck J.W., Walcott R., Beuchat R., 2003. Recent trends in microbiological safety of fruits and vegetables. Plant Health Progress. Pp: 66.

Cédric CAMPS., 2010. Mesure non destructive de la qualité des tomates par spectroscopie NIR. Culture maraichère. Centre de recherche Conthey, 1964 Conthey. Publié par : Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture. Vol 42 (5) : 298–303. Pp : 298.

Chougar S, 2011. Bio-écologie de la mineuse de tomate *Tuta absoluta* (MEYRICK, 1917) (Lépidoptère : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Thèse magister, option : Ecologie Et Biodiversité Animale Des Ecosystèmes Continentaux. Université de Tizi-Ouzou. Pp : 3-20, 33-60.

Cuq J.L, 2007. Microbiologie Alimentaire. Université Montpellier Ii (Département de Sciences et Technologies des Industries Alimentaires). *Polytech'montpellier*. Pp : 65.

CX/PFV 04/22/4 Add.1, 2004. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Comité du codex sur les fruits et légumes traités. vingt-deuxième session. Washington.

Desbordes D, 2003. Qualité microbiologique des fruits et légumes : flores, altérations, risques sanitaires, prévention. Sous la direction de Marie Jeanne Blachier. LYON. DESS Ingénierie documentaire. Pp :

Desmas S., 2005. Analyse comparative de compétitivité : le cas de la filière tomate dans le contexte euro-méditerranéen. Mémoire de Fin d'études Diplôme d'Agronomie Approfondie (D.A.A.). Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier- Département Economie Rurale & Gestion. France. Pp : 58-63.

Diouf F., 1992. Contribution à l'étude de la qualité hygiénique des aliments vendus sur la voie publique dans la région de Dakar. Université Cheikh Anta Diop. Dakar. Pp : 34-56.

Dossou J., Soulé L., et Marcelline M., 2007. Evaluation des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles de la purée de tomate locale produite à petite échelle au Bénin. Notes techniques. Publie : TROPICULTURA. Pp : 3-4.

Espiard E., 2002. Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed LAVOISIER, Paris. Pp : 322.

Fagbohoun O. & Kiki D., 1999, Aperçu sur les principales variétés de tomate locales cultivées dans le sud du Bénin. Bulletin de la recherche agronomique du Bénin, 24, 10-21 INRAB, Cotonou, République du Bénin.

- Fraval Alain, 2008.** Un insecte à la page : La mineuse sud-américaine de la tomate : malvenue dans l'Ancien Monde. Pp : 1-2.
- Gilles Turcotte, M.Sc., Jérôme M., Longtin D., Bergeron K., Gouin-Legault F., 2008.** Bulletin Tom' Pousse N°22. Reproduction intégrale autorisée en mentionnant toujours la source du document. Publié : le Réseau d'avertissements phytosanitaires. Pp : 2.
- Granges A., Gunther V., Deprez A. et al., 2003.** Mesure de la qualité organoleptique des tomates. Station fédérale de recherches en production végétale de Changins-centre d'arboriculture et d'horticulture des fougères, Conthey. Publié par : Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 35 (5): 000-000. Pp : 54-78.
- Grasselly D., Brigitte N., et Letard M., 2000.** Tomate, pour un produit de qualité. Ed CTIFL (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes). Paris. Pp : 6-30, 41-162.
- Guigaz M., 2002.** Mémento de l'agronome. Cirad-Gret-Ministère des Affaires étrangères. Ed. Paris. Pp : 1045.
- Guiraud J-P, 2003.** Microbiologie alimentaire. Ed Dunod. Paris. Pp : 485.
- INPV, 2008.** Institut National de la Protection des Végétaux (INPV), Nouveau déprédateurs de la tomate. Ministère de l'agriculture et de développement rural.
- INRA, 2000.** Les apports de la physiologie à l'élaboration de la qualité chez la tomate. Institut National de la Recherche Agronomique. Direction de l'Information et de la Communication - 147, rue de l'Université - 75338 PARIS cedex.
- INRA, 2005.** Fiche technique : La tomate-des attentions à la faire rougir. Pp : 2-3.
- INSP, 2010.** Mesures de réduction de l'exposition aux pesticides dans les aliments. Institut National de Santé Publique, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Québec.
- Joffin C. et Joffin J-N, 1999.** Microbiologie alimentaire. 5^{ème} Ed. Centre Régional de Documentation Pédagogique d'Aquitaine, Bordeaux. Pp : 109-166.
- Lamb F.C., 1977,** Tomato products; National Cannery Association; Bulletin 27- p. 2; Washington CC.
- Larpent T P., (1997).** Microbiologie alimentaire (technique de laboratoire), Ed : technique et documentation. Paris. Pp : 112.
- Laurent E, 2008,** Matériaux mésomorphes à empreinte moléculaire pour le développement d'un capteur de Pesticides- thèse de doctorat, Univers de Toulouse. Spécialité : chimie macromoléculaire et supramoléculaire. Pp : 9.
- Louembe D., Kobawila S.C., 2008.** Aliments de la rue à Brazzaville : Etude sociodémographique et microbiologique. Annales de l'Université Marien NGOUABI. Pp : 54.

Snoussi S. A., 2010. Rapport de mission : Algérie-programme de coopération technique sur : l'étude de base sur la Tomate en Algérie. Univers Saad Dahlab de Blida. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome. Pp : 3-16.

Theuer R.C., 2006. Les fruits et légumes biologiques ont-ils meilleur goût que les fruits et légumes conventionnels (Rapport sur l'état des connaissances scientifiques). The Organic Center. Pp : 9.

Truffaut G., 2006. Fiche technique : Comment réussir sa culture de tomates. Pp : 6.

Viron N., 2010. Thèse de Doctorat : Identification et validation de nouveaux gènes candidats impliqués dans la régulation du développement du fruit de tomate, Spécialité : Biologie Végétale. Université de Bordeaux 1. Pp : 66

Wacquant C., 2000. La construction des serres et abris ; CTIFL (centre technique interprofessionnel des fruits et légumes). Paris. Pp : 11, 130.

Wenzel E., Lajolo F.M., 2007. Food composition and biodiversity. FAO International Expert Consultation. University of Sao Paulo. Brazil. Pp: 189.

Zella L., Smadhi D., 2009. Micro-irrigation de la tomate sous serre. Université de Biskra. Publie par : Courrier du Savoir N°09. Pp : 119-126.

Mahon B.E., Komatsu K., Beuchat L., 1997. An international outbreak of Salmonella infections caused by alfalfa sprouts grown from contaminated seeds. Pp: 175.

Monrose Grégory S., 2006. Mémoire-on line : Standardisation d'une formulation de confiture de chadèque et évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels. Université d'Etat d'Haïti (UEH / FAMV). Pp : 11.

Moresi M. & Liverotti C., 1982. Economics study of tomato paste production. Journal of food technology, Blackwell Scientific Publication oxford Edinburgen Boston Melbourne, 17, 2, 177-192.

Naika S., Jeude de J.V.L., Marja de Goffau. Hilmi M. et Vandam B., 2005. La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Ed Wageningen, 1^{ière} édition : 1989, 5^{ème} édition révisée : 2005. Pp : 1- 60.

Natacha Lespinasse., Scandella D., Vaysse P., Navez B., 2002. Mémento évaluation sensorielle des fruits et légumes frais. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL).Paris. Pp : 10, 142.

Panisset J-C, Dewailly E., Doucet Leduc H., 2003.Contamination alimentaire. In : Environnement et santé publique-Fondements et pratiques. Chapitre 14. Tec et doc. Paris. Pp : 380.

Picot A., Rabache M., 2008. Chlorobenzène, Association toxicologie-CNAM (ATC), fiche toxico-ecotoxicochimique N° 5. Pp : 94.

Pihström T., Blomkris G., Friman P., Pagarrd V., Österdahl B.G., 2007: Analysis of pesticide residues in fruits and vegetables with ethyl acetate extraction using gas and liquid chromatography with tandem mass spectrometric detection .Springer-verlag, volume: 10. Pp: 20.

Pineau N, 2006. La performance en analyse sensorielle, une approche base des données. Thèse doctorat, Université de BOURGOGNE. Pp : 2.

PNTTA, 1999. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture. Transfert de technologie en agriculture : fiche technique : tomate sous serre. Publié : Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA N 54 réalisé à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P:6446, Rabat. Pp: 1-5.

Robert Fabre, Muriel Duval, Benoît Jeannequin, 2011. Influence de la salinité sur la qualité gustative et le rendement de tomates greffées cultivées hors-sol sous serre chauffée dans le Sud de la France. Publié par : Revue : Agronomie et biotechnologie, cahiers agricultures. ARTICLE agr.2011.0496. Pp : 156-158.

Salghi R, sd. Analyses physicochimiques I. Analyses des denrées alimentaires I. Professeur Habilité à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir (**ENSA**). Agadir. Pp : 15- 25.

Annexes

Annexe 1:

Tableau 1 : valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate (Roudant et Lefrancq., 2005).

Comportement de la tomate crue valeur nutritionnelle pour 100g		
Eau		93,80g
Eléments énergétiques	Protéines	0,80g
	Glucides	3,50g
	Lipides	0,30g
Vitamines	Vitamine B1	0.06mg
	Vitamine B2	0.05mg
	Vitamine C	18.0mg
	Vitamine E	1mg
	Vitamine PP	0,6mg
Minéraux	Fer	0.40mg
	Calcium	9.00mg
	Magnésium	11.00mg
	Phosphore	24.00mg
	Potassium	226.0mg
	Sodium	5.00mg
	Soufre	11.00mg
Chlore	40.00mg	
Fibres		1.20g
Cellulose		0.60g
Valeur calorique		17-19 Kcal

Annexe 2:

Tableau : Production de tomate dans la wilaya de Jijel (Direction des services agricoles, 2012)

Campagne agricole 2011/2012						
Commune	Tomate sous serre		Tomate plein champ		Tomate total	
	S (Ha)	Prd (Qx)	S (Ha)	Prd (Qx)	S (Ha)	Prd (Qx)
El Aouana	1,2	1200	10	1280	11,2	2480
Selma	-	-	2	320	2	320
Z-Mansouriah	0,8	800	5	800	5,8	1600
Erraguene	-	-	14	2080	14	2080
Jijel	0,8	1200	0	0	0,8	1200
Kaous	6,8	10200	9	2800	15,8	13000
Emir Abdelkader	15	22500	11	3800	26	26300
Texenna	-	-	4,3	1716	4,3	1716
Djimla	-	-	3,7	1380	3,7	1380
Beni Yajis	-	-	2	512	2	512
Taher	11	16500	13	3990	24	20490
Oudjana	-	-	4	545	4	545
Chahna	-	-	2	300	2	300
Chekfa	11	9800	26	3220	37	13020
Bordj-Thar	-	-	1,5	330	1,5	330
Ouled Askeur	-	-	5	730	5	730
Sidi Abdelaziz	24,2	18800	12	4200	36,2	23000
El Kennar	15	13200	3,5	1225	18,5	14425
Beni Hbib	4,64	3440	6,5	2275	11,14	5715
El Ancer	2,64	2508	14	2590	16,64	5098
Oued Adjoul	16,88	16036	30	5400	46,88	21436
Belhade	-	-	2	360	2	360
El Milia	0,4	360	70	9870	70,4	10230
Settara	0,16	136	5	730	5,16	866
Ouled Yahia	-	-	3	420	3	420
Sidi Marouf	0,12	120	6	1050	6,12	1170
Ouled Rabah	-	-	6	1050	6	1050
Ghebala	-	-	5	875	5	875
Total Wilaya	111	116800	276	35848	386	170648

S : la superficie ; Prd : production ; Qx : quintaux ; Ha : Hectare

Annexe 3 : La fiche d'analyse sensorielle

Votre avis sur les tomates nous intéresse

Nous vous proposons de déguster 6 tomates différentes et de nous donner votre avis sur leur qualité gustative.

Veuillez déguster chaque tomate et cocher la case qui correspond à votre niveau de satisfaction pour chaque critère (impression générale, Texture en bouche, goût et odeur). 1 correspond à « je déteste » et 9 à « j'adore »

niveau de satisfaction		1	2	3	4	5	6	7	8	9
TOMATE 275	Impression générale									
	Texture en bouche									
	goût									
	Odeur									
TOMATE 832	Impression générale									
	Texture en bouche									
	goût									
	Odeur									
TOMATE 098	Impression générale									
	Texture en bouche									
	goût									
	Odeur									
TOMATE 432	Impression générale									
	Texture en bouche									
	goût									
	Odeur									
TOMATE 040	Impression générale									
	Texture en bouche									
	goût									
	Odeur									
TOMATE 998	Impression générale									
	Texture en bouche									
	goût									
	Odeur									

Remarque :

Veuillez nous préciser :

Homme

femme

- De 30 ans

30-40 ans

40-50ans

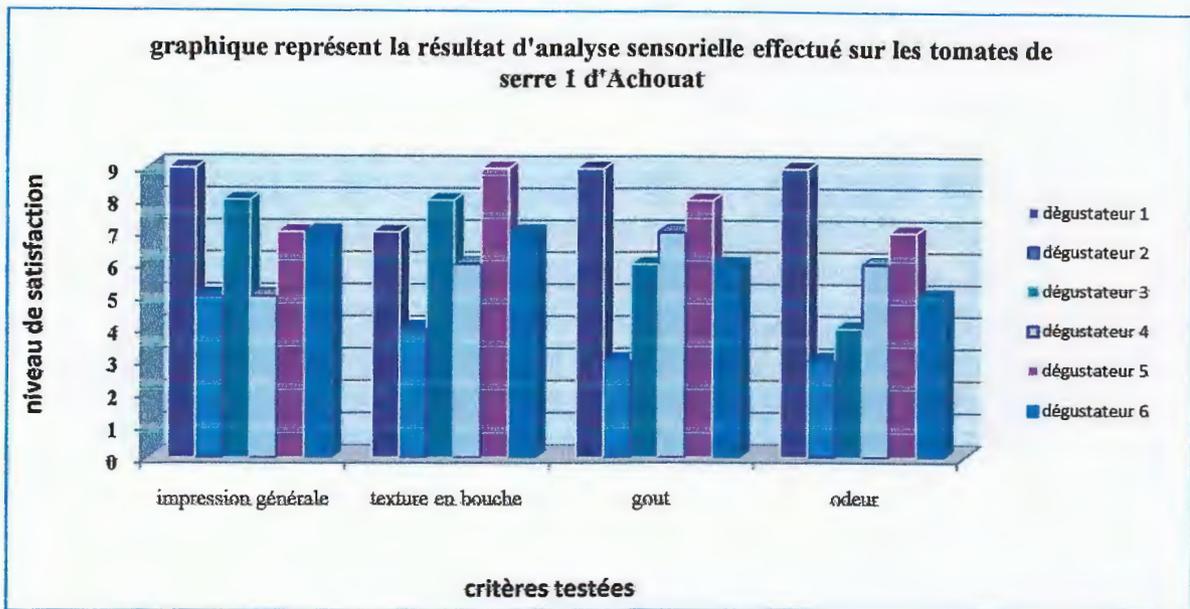
+ de 50 ans

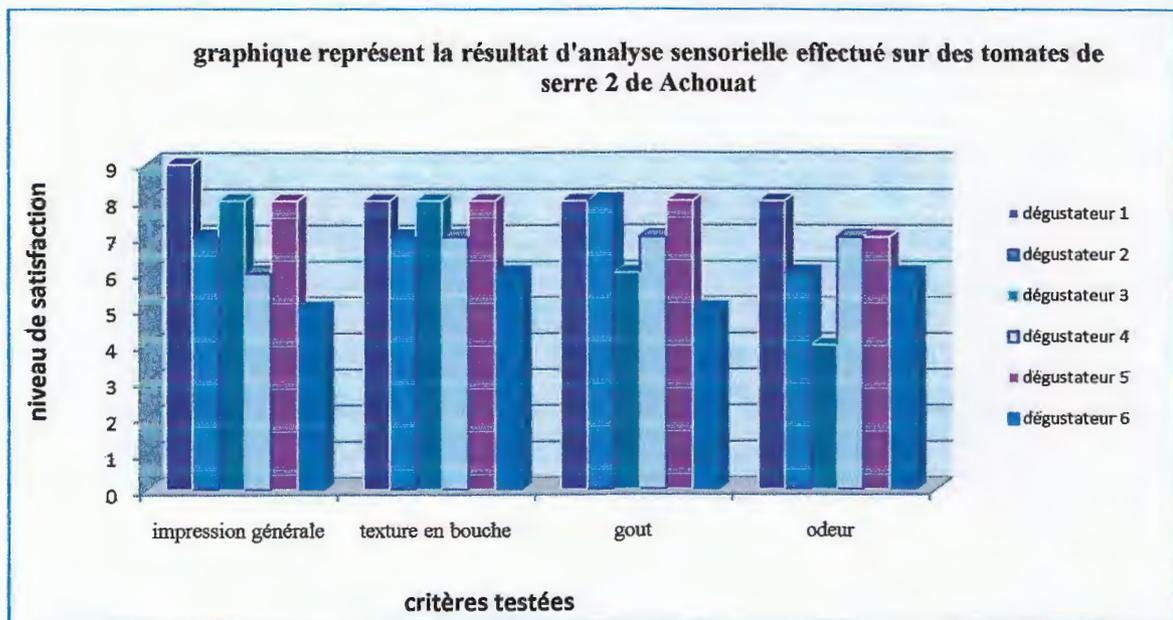
MERCI DE VOTRE PARTICIPATION !

Date :

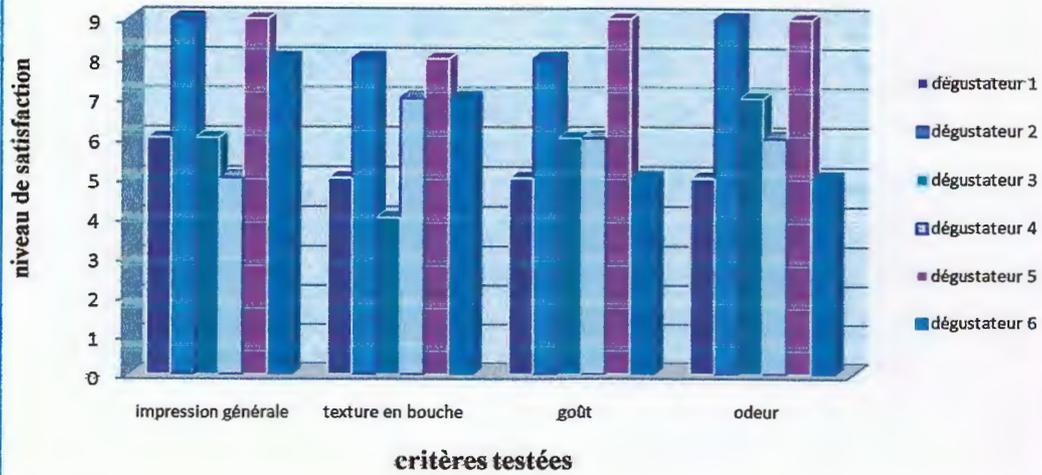
N° d'ordre :

Annexe 4: Les résultats d'analyse sensorielle

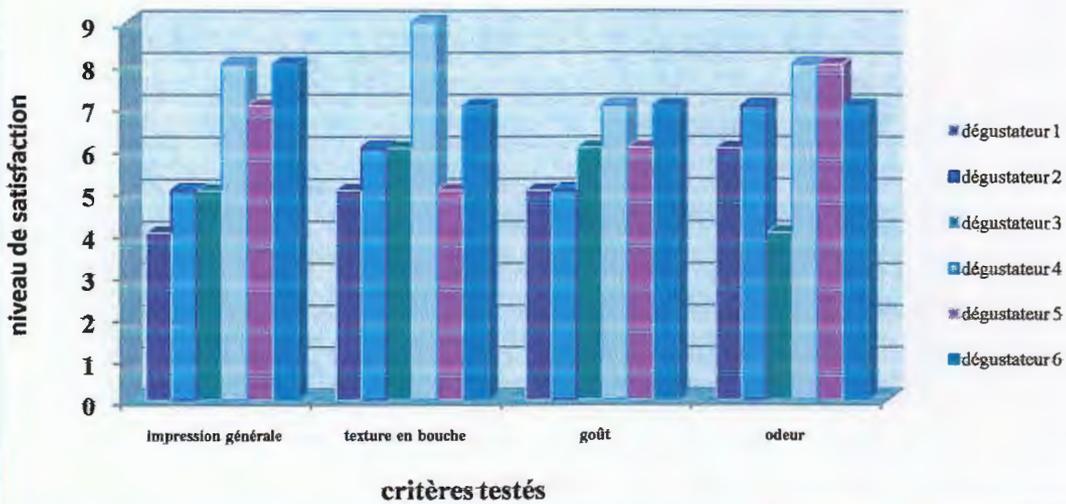




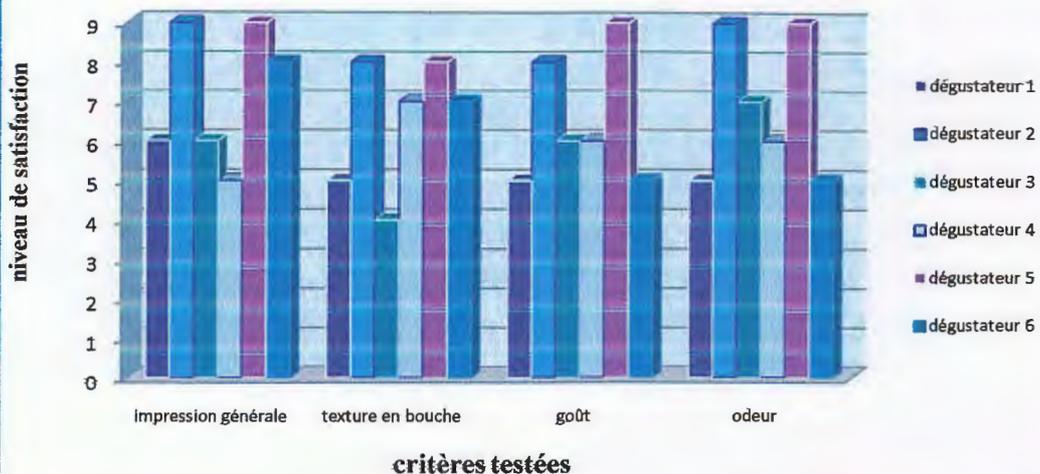
graphique représente la résultat d'analyse sensorielle effectué sur les tomates de serre 2 de Nil



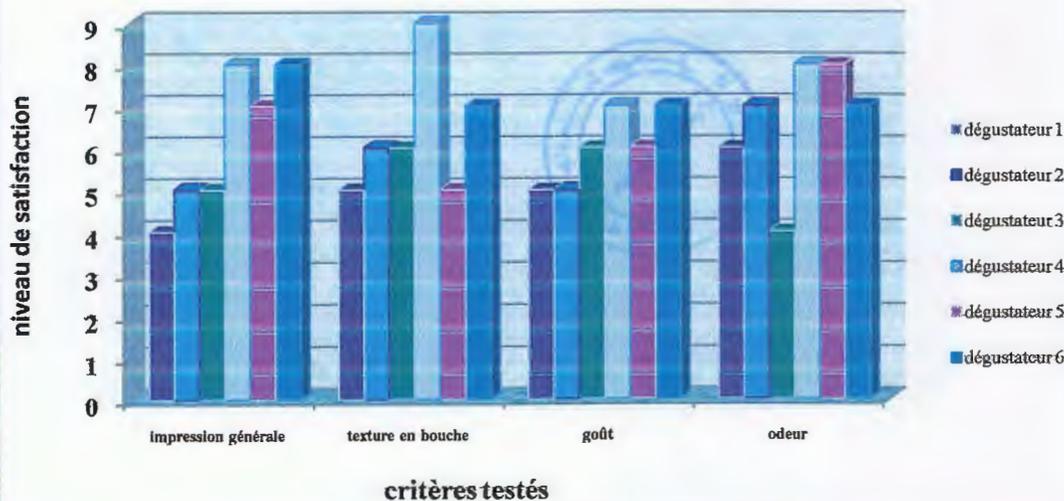
Graphique représente la résultat d'analyse sensorielle effectué sur les tomates de serre 3 de Nil



graphique représent la résultat d'analyse sensorielle effectué sur les tomates de serre 2 de Nil



Graphique représente la résultat d'analyse sensorielle effectué sur les tomates de serre 3 de Nil



Réalisé par : BOUDJEDJOU Souad BOULFANI Hassina BOUROUMEH Liela	Encadreur : M ^{me} ROULA. M Date de soutenance : 03 /07/2012
Contrôle de qualité des tomates cultivées sous serre à Jijel	
Nature du diplôme : Ingénieur d'Etat en Biologie : Option Contrôle de Qualité et Analyses	
Résumé	
<p>Notre travail a pour objectif d'essayer de révéler les principaux problèmes affectant la qualité de la tomate cultivée sous serre dans la wilaya de Jijel, en prélevant des échantillons de deux sites qui sont l'Achouat et le Nil. Pour cela six échantillons de tomate sont prélevés au mois de Mai et mis en œuvre sur un ensemble des analyses morphologiques, physicochimiques, microbiologiques et toxicologiques.</p> <p>Les résultats obtenus révèlent une bonne qualité morphologique et physicochimique d'après les normes comparées. Les résultats de contrôle microbiologique montrent l'absence totale des germes pathogènes comme les <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Salmonelles</i>. Donc, ce légume ne présente aucun risque sanitaire pour le consommateur. Pour l'investigation toxicologique, l'analyse par CPG-SM ne détecte aucuns résidus de pesticide.</p>	
Mots clés : Tomate, analyse, qualité microbiologique, contrôle, pesticides	
Abstract	
<p>Our work aims to try to reveal the principal problems affecting the quality of tomato cultivated under greenhouse in the wilaya of Jijel, by taking our samples of two sites which are Achouat and the Nil. For that six tomato samples are taken in May and implemented on a whole of the morphological analyses, physicochemical, microbiological and toxicological.</p> <p>The results obtained reveal a morphological quality and physicochemical good accepted according to the compared standards. The results of microbiological control show the total absence of the pathogenic germs like <i>Staphylococcus aureus</i> and <i>the Salmonella</i>. Therefore, this vegetable does not present any medical risk for the consumer. For the toxicological investigation, the analysis by CPG-SM does not detect the residues of pesticide.</p>	
Key words : Tomato, analysis, microbiological quality, control, pesticides	
ملخص	
<p>إن هدف المذكورة التي قمنا بها هو الكشف عن أهم المشاكل التي تؤثر علي نوعية الطماطم المزروعة داخل البيوت البلاستيكية في ولاية جيجل. عينات الطماطم الست تم اقتطاعها خلال شهر ماي انطلاقا من موقعين علي مستوى الولاية، و هما الأشواط و النيل من أجل إخضاعها لمجموعة من التحاليل المرفلوجيا ، الفيزيوكيميائية ،المكر وبيولوجية، و السمية.</p> <p>النتائج المتحصل عليها تعكس النوعية المرفلوجيا الفيزيوكيميائية الجيدة للطماطم بمقارنتها مع الوحدات المستعملة. نتائج المتحصل عليها من خلال التحاليل الميكروبيولوجية تثبت الغياب الكلي للبكتيريا مثل البكتيريا العنقودية والسلمونيلا، إذا الطماطم لا تشكل أي خطر صحي للمستهلك. في حين أن التحاليل السمية بواسطة CPG-SM لا تكشف عن وجود مبيد الطفيليات.</p>	
الكلمات المفتاحية: طماطم ، تحليل، النوعية الميكروبيولوجية، مراقبة، مبيد الطفيليات	