

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



Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie des Procédés

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes
2^{ème} Année Master

***Contribution aux suivis de la qualité du concentré de tomate
de la conserverie ZIMBA et des eaux de chaudières***

Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des procédés des matériaux

Présenté par :

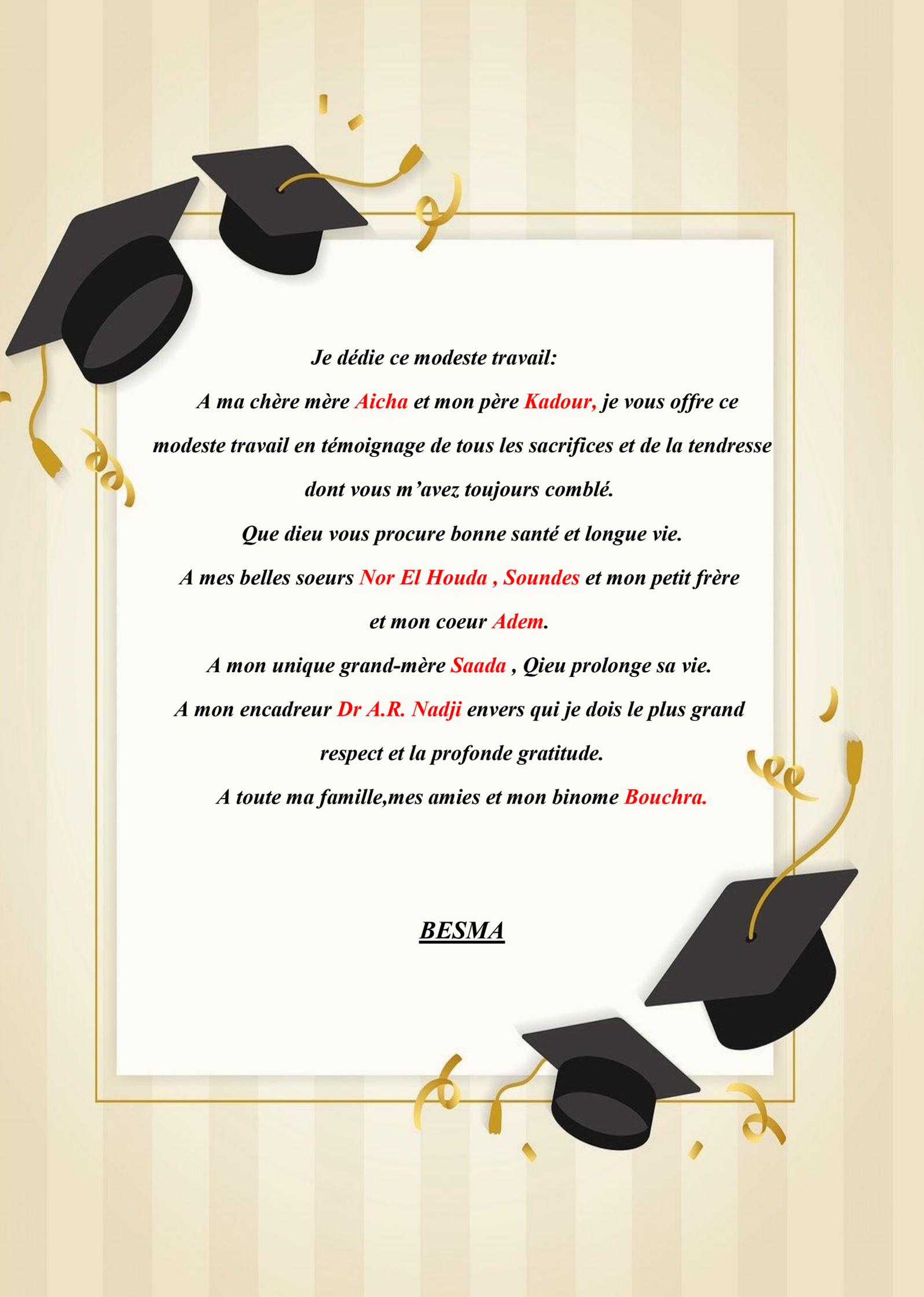
KHELAIFIA Bouchra

FOUGHALI ATTI Bisma

Sous la direction de :

Dr A. R. NADJI

Juillet 2021



Je dédie ce modeste travail:

*A ma chère mère **Aicha** et mon père **Kadour**, je vous offre ce modeste travail en témoignage de tous les sacrifices et de la tendresse dont vous m'avez toujours comblé.*

Que dieu vous procure bonne santé et longue vie.

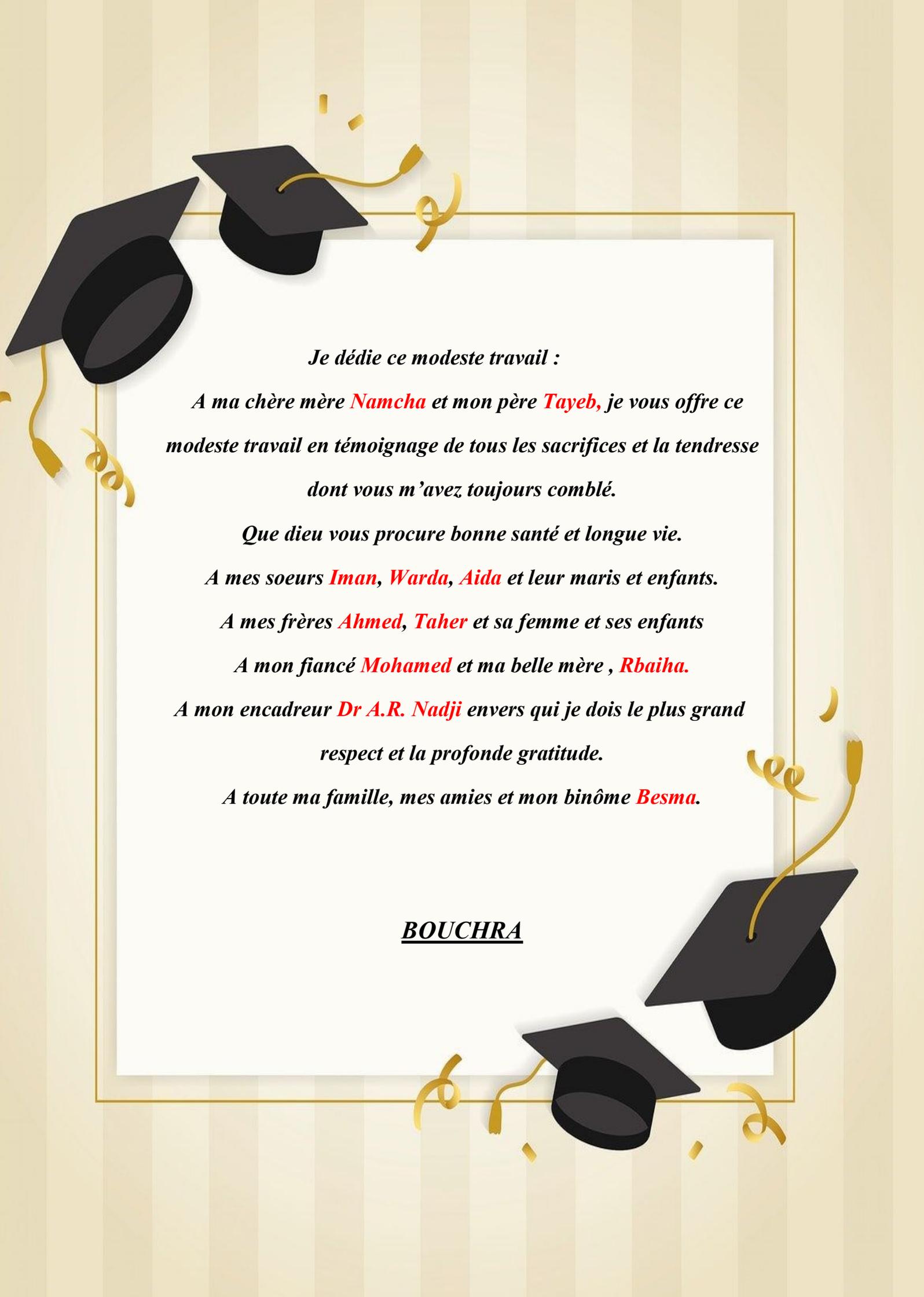
*A mes belles soeurs **Nor El Houda** , **Soundes** et mon petit frère et mon coeur **Adem**.*

*A mon unique grand-mère **Saada** , Qieu prolonge sa vie.*

*A mon encadreur **Dr A.R. Nadji** envers qui je dois le plus grand respect et la profonde gratitude.*

*A toute ma famille, mes amies et mon binome **Bouchra**.*

BESMA



Je dédie ce modeste travail :

*A ma chère mère **Namcha** et mon père **Tayeb**, je vous offre ce modeste travail en témoignage de tous les sacrifices et la tendresse dont vous m'avez toujours comblé.*

Que dieu vous procure bonne santé et longue vie.

*A mes soeurs **Iman**, **Warda**, **Aida** et leur maris et enfants.*

*A mes frères **Ahmed**, **Taher** et sa femme et ses enfants*

*A mon fiancé **Mohamed** et ma belle mère , **Rbaiha**.*

*A mon encadreur **Dr A.R. Nadji** envers qui je dois le plus grand respect et la profonde gratitude.*

*A toute ma famille, mes amies et mon binôme **Besma**.*

BOUCHRA



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions DIEUX, le tout puissant et très miséricordieux qui nous a donné le courage et la patience de mener à bien notre travail.

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre superviseur **Dr NADJI Aïda Rebaïa**, pour nous avoir aidé et nous avoir donné de précieux conseils, pour sa patience avec nous tout au long de la période de travail et pour avoir accepté notre supervision, que Dieu la récompense de tout le meilleur.*

*Nous tenons également à exprimer nos remerciements au directeur de l'usine "**ZIMBA**" **ABIDI Mohamed** qui nous a ouvert les portes de son usine pour que nous puissions faire notre travail, ainsi qu'à tout le personnel professionnel et aux ingénieurs du laboratoire, en l'occurrence **KHALLA Nor El Houda** et **MOVASSE Nada**.*

*Un merci spécial à l'ingénieur **BERKANI Sofiane** qui nous a accompagnées tout au long de notre formation à l'usine et qui a été d'une grande patience avec nous.*

Nous adressons également nos remerciements à tous nos honorables professeurs, en particulier le chef du département de génie des procédés de l'Université de Guelma 08 mai 1945, et nous exprimons notre gratitude aux membres du jury d'avoir accepté de juger ce modeste travail.

SOMMAIRE

Liste des abréviations	i
Liste des tableaux	ii
Liste des figures	iii
Liste des photographies	iv
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur la tomate	
I.1. Origine et histoire de tomate.....	3
I.2. Définition de la tomate.....	3
I.3. Composition de la tomate fraîche.....	3
I.4. Classification de la tomate.....	3
I.4.1. Classification botanique.....	3
I.4.2. Classification générique.....	4
I.4.2.1. Variétés fixées.....	4
I.4.2.2. Variétés hybride.....	4
I.4.2.3. Classification selon le mode de croissance.....	4
a. Croissance indéterminée.....	5
b. Croissance déterminée.....	5
I.5. Caractéristiques morphologiques.....	5
I.5.1. Système racinaire.....	5
I.5.2. Système caulinaire.....	6
I.5.2.1. Tige.....	6
I.5.2.2. Feuillage.....	6
I.5.2.3. Fleur.....	7
I.5.2.4. Fruit.....	7
I.5.2.5. Graines.....	8
I.6. Exigences de la culture.....	8
I.6.1. Température de la lumière.....	8
I.6.2. Sol.....	9
I.6.3. L'eau et l'humidité.....	9
I.6.4. La salinité.....	10
I.7. Types de tomate.....	10
I.7.1. Tomate de table.....	10
I.7.2. Tomate industrielle.....	10
I.8. Cycle biologique de la tomate.....	10
I.8.1. Germination.....	11
I.8.2. Croissance.....	11
I.8.3. Floraison et pollinisation.....	12
I.8.4. Fructification et nouaison des fleurs.....	12
I.8.5. Maturation du fruit.....	13
I.9. Importance de la tomate.....	13
I.9.1. Importance économique et production actuelle.....	13
I.9.1.1. Importance Mondiale.....	13
I.9.1.2. Production de la tomate.....	15

I.9.1.3. <i>Superficie et production de la tomate en Algérie</i>	15
I.9.2. Importance alimentaire.....	16
I.9.3. Importance nutritionnelle.....	17
Références bibliographiques.....	18

Chapitre II : Présentation de l'unité de tomate et des techniques de conservation

II.1. Présentation de l'usine <i>ABIDI</i>	20
II.1.1. Origine et répartition géographique de l'usine.....	20
II.1.2. Activités de l'usine <i>ABIDI</i>	21
II.2. Etapes de production du concentré de tomate.....	22
II.2.1. Récolte et transport.....	22
II.2.2. Réception de la tomate fraîche.....	23
II.2.3. Déchargement (nettoyage et lavage).....	23
II.2.4. Tri.....	24
II.2.5. Broyage et extraction de jus.....	24
II.2.6. Préchauffage.....	24
II.2.7. Tamisage et raffinage.....	25
II.2.8. Concentration (sous vide) et désaération.....	25
II.2.9. Pasteurisation.....	26
II.2.10. Remplissage.....	27
II.2.11. Sertissage.....	27
II.2.12. Stérilisation des boîtes.....	28
II.2.13. Séchage.....	29
II.2.14. Etiquetage.....	29
II.2.15. Encartonnage.....	29
Références bibliographiques.....	30

Chapitre III : Contrôle de qualité du produit

III.1. Introduction.....	31
III.2. Contrôle de la qualité des tomates.....	31
III.2.1. Contrôle de la matière première.....	31
III.2.2. Contrôle de fabrication.....	31
III.2.3. Maîtrise du produit final.....	31
III.2.3.1. Contrôle du sertissage.....	32
III.2.3.2. Contrôle de stabilité.....	32
III.2.4. Caractéristiques du concentré de tomate.....	32
III.2.4.1. Caractères organoleptiques.....	32
III.2.4.2. Caractères physico-chimiques.....	33
III.2.4.3. Caractéristiques des tomates destinées à la transformation.....	33
a. <i>Calibre des fruits</i>	33
b. <i>pH</i>	33

<i>c. Couleur des fruits</i>	33
<i>d. Extrait sec</i>	33
<i>e. Pectine</i>	34
<i>f. Acidité</i>	34
III.3. Analyses physico-chimiques	34
III.3.1. Contrôle sur tomate fraîche	34
III.3.2. Contrôles physico-chimiques sur le concentré de tomate.....	34
III.3.2.1. Contrôle du poids	34
III.3.2.2. Contrôle de l'indice de réfraction (Brix).....	34
III.3.2.3. Contrôle de la température.....	35
III.3.2.4. Contrôle du PH.....	36
III.3.2.5. Contrôle de la viscosité.....	37
III.3.2.6. Contrôle de l'acidité.....	38
III.3.2.7. Test de stabilité.....	38
III.3.3. Contrôles physico-chimiques de l'eau des chaudières.....	39
III.3.3.1. Potentiel hydrogène (pH).....	39
III.3.3.2. Trioxyde de soufre SO ₃ ⁻²	40
III.3.3.3. Titre Alcalimétrique (TA).....	40
III.3.3.4. Détermination du (TAC).....	41
III.3.3.5. Dosage des ions chlorures (Cl ⁻).....	42
III.3.3.6. Conductivité électrique (CE).....	43
III.4. Conclusion.....	43
Références bibliographiques.....	44

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Introduction.....	45
IV.2. Analyses physico-chimiques du concentré de tomate.....	45
IV.2.1. Concentré de tomate (ZIMBA).....	45
IV.2.1.1. Poids.....	45
IV.2.1.2. Brix.....	45
IV.2.1.3. Potentiel hydrogène pH.....	46
IV.2.1.4. Acidité.....	47
IV.2.1.5. Viscosité.....	48
IV.2.1.6. Test de stabilité.....	49
IV.3. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de chaudières.....	50
IV.3.1. Conductivité électrique (CE).....	50
IV.3.2. Potentiel hydrogène pH	51
IV.3.3. Alcalinité (TA, TAC).....	52
IV.3.3.1. Titre alcalimétrique (TA).....	52
IV.3.3.2. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	53
IV.3.3.3. Rapport TA/TAC.....	54
IV.3.4. Dosage des chlorures (Cl ⁻).....	55
IV.3.5. Dosage du trioxyde de soufre SO ₃ ⁻²	56
IV.4. Conclusion.....	57
CONCLUSION GENERALE.....	58
Résumés	

Liste des abréviations

CE	Conductivité Electrique
FAO	Food and Agriculture Organisation
Ha	Hectare
Qx	Quintaux
TA	Titre Alcalinité
TAC	Titre Alcalinité Complet
TC	Tomate Concentrée
TH	Titre Hydrométrique

Liste des tableaux

Tableau I.1 :	Composition de la tomate fraîche.....	3
Tableau I.2 :	Classification des tomates.....	4
Tableau I.3 :	Exigences de la tomate en fonction de la température du sol et des stades de croissance.....	9
Tableau I.4 :	Cultures maraîchère et industrielle de la tomate en Algérie.....	15
Tableau I.5 :	Quelques entreprises de transformation de tomate industrielle en Algérie.....	16
Tableau I.6 :	Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue	16
Tableau I.7 :	Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue mûre.....	17
Tableau III.1 :	Caractéristiques organoleptiques du concentré de tomate.....	32
Tableau III.2 :	Teneur en résidus sec (%) du concentré de tomate.....	33
Tableau IV.1 :	Résultats de la pesée des quatre échantillons.....	45
Tableau IV.2 :	Résultats du Brix des échantillons analysés.....	45
Tableau IV.3 :	pH des échantillons à 37°C et à 55°C.....	46
Tableau IV.4 :	Acidité des échantillons de tomate analysés.....	47
Tableau IV.5 :	Viscosité des échantillons de tomate analysés.....	48
Tableau IV.6 :	Résultats du test de stabilité.....	49
Tableau IV.7 :	Conductivité électrique (CE) des échantillons analysés.....	50
Tableau IV.8 :	pH des échantillons des eaux de chaudières.....	51
Tableau IV.9 :	Titre d'Alcalinité (TA) des eaux analysées.....	53
Tableau IV.10 :	Titre d'Alcalinité Complet (TAC) des eaux analysées.....	54
Tableau IV.11 :	Rapport TA/TAC.....	54
Tableau IV.12 :	Dosage en ions chlorures Cl ⁻ des échantillons d'eaux analysées.....	55
Tableau IV.13 :	Dosage du trioxyde de soufre SO ₃ ⁻² des échantillons d'eaux analysées...	56

Liste des figures

Figure I.1 :	Cycle de vie d'un plant de tomate	11
Figure I.2 :	Cycle biologique de <i>B. cinerea</i>	13
Figure I.3 :	Principaux pays producteurs de tomate dans le monde (1997-2007).....	14
Figure I.4 :	Production mondiale de la tomate 1962-2010.....	14
Figure II.1 :	Organigramme de la société ABIDI	20
Figure II.2 :	Commercialisation de la tomate industrielle	21
Figure IV.1:	Histogramme du Brix.....	46
Figure IV.2:	Histogramme du pH.....	47
Figure IV.3:	Histogramme de l'acidité.....	48
Figure IV.4:	Histogramme de la viscosité.....	49
Figure IV.5:	Histogramme de la conductivité électrique (CE) des eaux de chaudières	51
Figure IV.6:	Histogramme des pH des eaux analysées.....	52
Figure IV.7:	Histogramme du titre d'alcalinité TA.....	53
Figure IV.8:	Histogramme du titre d'alcalinité complet TAC.....	54
Figure IV.9:	Histogramme du rapport TA/TAC.....	55
Figure IV.10:	Histogramme de dosage des chlorures (Cl ⁻).....	56
Figure IV.11:	Histogramme de dosage du trioxyde de soufre SO_3^{-2}	57

Liste des photographies

Photographie I.1 :	Les racinaires d'un plant de tomate	5
Photographie I.2 :	Tige de la tomate.....	6
Photographie I.3 :	Feuilles de la tomate.....	6
Photographie I.4 :	Fleur de la tomate.....	7
Photographie I.5 :	Fruits de la tomate	7
Photographie I.6 :	Section transversale et longitudinale d'une tomate	8
Photographie I.7 :	Illustration des parties d'une fleur de tomate (S: sépales, Pé: pétales, E: étamines, Pi: pistil)	12
Photographie II.1:	Branches de l'usine ABIDI.....	21
Photographie II.2:	Commercialisation de la tomate industrielle	21
Photographie II.3:	Produits de la société « ABIDI ». (a) : Confiture (fraise, pomme, figue et orange), (b) : Tomate et harissa, (c) : Farine et sacs en plastique.....	22
Photographie II.4:	Réception de la matière première.....	23
Photographie II.5:	Déchargement et lavage de la tomate fraîche.....	23
Photographie II.6:	Broyeur de tomate.....	24
Photographie II.7:	Système de préchauffage.....	25
Photographie II.8:	Les tamis.....	25
Photographie II.9:	Concentration sous vide (a) :Cuve de jus, (b) : Evaporateurs, (c) : Réfractomètre.....	26
Photographie II.10:	Système de pasteurisation.....	26
Photographie II.11:	Doseuse.....	27
Photographie II.12:	Sertisseuse.....	27
Photographie II.13:	Dateur.....	28
Photographie II.14:	Tunnel de stérilisation et de refroidissement.....	28
Photographie II.15:	Stérilisateur.....	28
Photographie II.16:	Séchoirs.....	29
Photographie II.17:	Cartonneuse.....	29

Photographie III.1:	Mesure du pH et de la température de la tomate fraîche.....	34
Photographie III.2:	Balance analytique.....	34
Photographie III.3:	Réfractomètre.....	35
Photographie III.4:	Mesure de la température par un thermomètre digital.....	36
Photographie III.5:	Mesure du pH.....	36
Photographie III.6:	Consistomètre.....	37
Photographie III.7:	Détermination de l'acidité.....	38
Photographie III.8:	Etuve réglée à la température 55 °C	38
Photographie III.9:	Mesure du pH des eaux de chaudières	39
Photographie III.10:	Test de détermination du SO_3^{2-}	40
Photographie III.11:	Détermination du (TA) des eaux de chaudière.....	41
Photographie III.12:	Détermination du (TAC) des eaux de chaudière	42
Photographie III.13:	Dosage des chlorures.....	42
Photographie III.14:	Mesure de la conductivité.....	43

Introduction générale

Introduction générale

La tomate est l'une des cultures les plus répandues à travers le monde. C'est une source importante de vitamines ainsi qu'une culture de rente importante pour les petits exploitants et pour les agriculteurs commerciaux qui ont une exploitation moyenne.¹ En 2001, la production mondiale de tomate était d'environ 105 millions de tonnes de fruits frais sur une superficie évaluée à 3,9 millions d'hectares. Elle se positionne au premier rang mondial des fruits cultivés avec une production d'environ 152 millions de tonnes en 2010.

En Algérie, la tomate représente la troisième activité agricole après les céréales et la pomme de terre. Cette activité connaît un grand essor dans l'Est Algérien, notamment dans le secteur alimentaire (sauces, jus et conserves).

Le contrôle, élément de la gestion de la qualité ; est une opération destinée à déterminer, avec des moyens appropriés, si le produit contrôlé est conforme ou non à ses spécifications ou exigences préétablies et incluant une décision d'acceptation ou de rejet.² Par ce contrôle, nous participons d'une certaine manière au pilotage de la fabrication, ce qui a des incidences sur le dispositif général de gestion de la qualité de l'entreprise.

Dans ce contexte, nous avons réalisé notre travail au sein du laboratoire de contrôle qualité de la conserverie *ZIMBA*. Nous y avons fait les suivis de la qualité du concentré de tomate et des eaux de chaudières.

Ce travail s'articule autour de deux grandes parties :

1. Une étude bibliographique, organisée en deux chapitres :

- Le premier chapitre s'intéresse à des généralités sur la tomate, dont sa composition, sa classification, ses caractéristiques morphologiques, les exigences de sa culture, ses types, son cycle biologique et son importance.
- le deuxième chapitre présente l'usine *ABIDI* et les étapes de production du concentré de tomate *ZIMBA*.

¹ M. Labeled Lakhdar.W. M. Bentamra. Z. Mémoire de master « Etude technique du palissage des cultures protégées : Cas de la tomate ». Université de Mostaganem, 2018.

² https://fr.wikipedia.org/wiki/Contr%C3%B4le_qualit%C3%A9. Consulté le 6 /7/2121.

2. Une étude expérimentale, organisée en deux chapitres :

- Le troisième, consacré au contrôle de qualité du produit, par la présentation des analyses physico-chimiques.
- Le quatrième chapitre illustre les résultats obtenus, leurs interprétations et discussions.

Enfin, une conclusion générale, résumera les principaux résultats obtenus lors de ce travail de master avec quelques perspectives pour les études futures.

Chapitre I

Généralités sur la tomate

1.1. Origine et histoire de la tomate

Les tomates d'origine tropicale, originaires des Andes en Amérique du Sud, ont été domestiquées au Mexique en 1544 et ont été introduites par les Espagnols en Europe au 16^{ème} siècle, puis se sont répandues en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et au Moyen-Orient [1].

La tomate espagnole est arrivée en Algérie dans la région ouest (Oran) puis s'est répandue vers le centre [2]. Linguistiquement, le mot tomate est une déformation du mot inca tomalt et le mot *Lycopersicum*, qui signifie en latin «Pêche au loup», un nom peu attrayant.

1.2. Définition de la tomate

Les tomates font partie de la famille des morelles. Elles sont souvent de couleur rouge, rondes ou ovales. Cinq siècles après leur découverte, elles sont devenues le légume le plus consommé et le plus populaire en France et en Italie (sauce à pizza, par exemple). Les tomates sont cultivées sur une très grande superficie d'environ trois millions d'hectares, ce qui représente près d'un tiers de la superficie mondiale consacrée aux légumes. Les tomates ont conduit au développement d'une importante industrie de transformation pour la production de concentrés, de sauces et de jus.

1.3. Composition de la tomate fraîche

Les tomates fraîches ont une composition biochimique qui dépend de plusieurs facteurs, de la maturité, de la lumière, de la température, de la saison, de l'élevage, de l'irrigation et des pratiques culturales. Le jus, forme la plupart des composants physiques des tomates.

Les tomates se composent de 94 à 96% de jus, de 1 à 1,5% de graines et de 1,5 à 2,5% de pelures et de fibres. Les sucres des tomates sont principalement des sucres réducteurs, le glucose étant de 0,88 à 1,25% et le fructose de 1,08 à 1,48%.

Tableau I.1 : Composition de la tomate fraîche [3].

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

1.4. Classification de la tomate

1.4.1. Classification botanique

La classification des tomates dépend principalement du type de croissance, de la nature génétique, de la forme et de la taille des fruits, du nombre moyen de parties par fruit, de la résistance aux maladies, de la qualité commerciale et industrielle de la variété [4]. Le cultivar

ou "esculentum" complète le nom de l'espèce qui vient du latin et signifie "comestible". Ce terme comestible ne concerne ni le feuillage, ni les petits fruits verts car ils contiennent des alcaloïdes toxiques (tomatine, solanine). Les tomates appartiennent à la classification suivante :

Tableau I.2 : Classification des tomates.

Règne	Plantae
Sous-règne	Trachenobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solonaces
Famille	Solonaceae
Genre	Solanum ou lycopersicon
Espèce	Lycopersicon esculentum Mill

1.4.2. Classification générique

La tomate est une plante autosomique mais on peut avoir un pourcentage d'intégration croisée, grâce à quoi la plante peut agir comme une plante allogénique [5]. Selon la méthode de fusion, il existe deux types de tomate :

1.4.2.1. Variétés fixées

Elles se caractérisent par la symétrie, c'est-à-dire qu'elles conservent des qualités Parentales [6]. Il existe plus de cinq taxons fixes. Ses fruits sont plus ou moins réguliers, sensibles aux maladies, mais donnent généralement des fruits d'un excellent goût [7].

1.4.2.2. Variétés hybrides

Elles se caractérisent par un effet hétérotrophe qui permet l'accumulation de gènes favorables, une résistance aux maladies et une meilleure tenue des fruits dans des conditions particulières inappropriées [6]. On les trouve en petit nombre car elles n'existent que depuis 1960 [7].

1.4.2.3. Classification selon le mode de croissance

Il existe deux types de croissance chez la tomate :

a. Croissance indéterminée

Ces variétés continuent de pousser après la floraison ; cette caractéristique est appelée « croissance indéterminée ». Cependant, en conditions tropicales, il existe des facteurs qui affectent cette espèce et entravent sa croissance tels que les maladies et les attaques d'insectes. Dans ce cas il faut les soutenir en leur fournissant des piquets, des cages ou des treillis pour les soutenir.

b. Croissance déterminée

La plante apparaît comme une pile d'un nombre limité de symboles (deux à une dizaine de feuilles selon le matériel végétal) le nombre de ses feuilles peut être de trois, qui sera réduit à deux, puis à une. La croissance de la tige principale et des branches latérales se termine par l'inflorescence. La plante est sous-dimensionnée, cesse de croître rapidement, le nombre d'inflorescences sur la tige principale et les branches est limité à deux ou trois, et les nœuds internes sont raccourcis [8]. Les variétés en croissance spécifiques sont autosuffisantes et n'ont généralement pas besoin de tuteur. Elles cessent de pousser après la floraison, elles nécessitent moins de main d'œuvre, c'est pourquoi elles sont choisies pour la culture commerciale. Les fruits mûrissent beaucoup plus vite que ceux des variétés à croissance indéterminée [9].

1.5. Caractéristiques morphologiques

1.5.1. Système racinaire

La racine principale (type 25-35 cm ou plus) est centrée avec de nombreuses racines, dont la plupart sont situées à une profondeur de 50 cm, où sa croissance se développe relativement rapidement, ce qui peut atteindre les profondeurs (Photographie I. 1).



Photographie I. 1 : Les racinaires d'un plant de tomate.

I.5.2. Système caulinair

I.5.2.1. Tige

La racine est confinée entre 2 et 4 m de long et il y a généralement une différence entre dressée et prostrée. Elle contient une huile aromatique qui donne à la plante son odeur distinctive (Photographie I. 2).



Photographie I. 2 : Tige de la tomate.

I.5.2.2. Feuillage

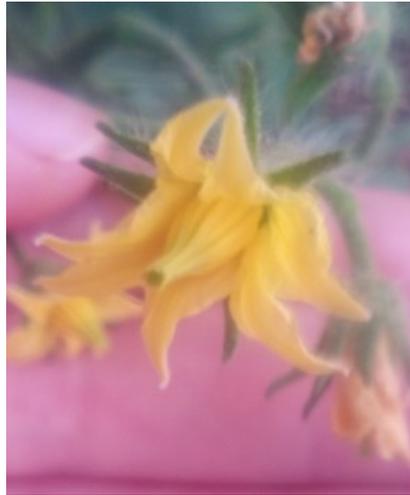
Les feuilles du plant de tomate sont simples et distinctives, elles ne ressemblent à aucune autre plante et peuvent atteindre jusqu'à 50 cm de longueur et 10 à 15 cm de largeur (Photographie I. 3).



Photographie I. 3 : Feuilles de la tomate.

I.5.2.3. Fleur

Les fleurs de la tomate sont groupées, jaunes, recourbées à maturité, et poussent généralement contre les feuilles ou entre elles, avec un diamètre compris entre 1,5 et 2 cm. Elle se compose d'un tube calice court et poilu, parfois les sépales sont stationnaires. La corolle est généralement constituée de six pétales pouvant mesurer jusqu'à 1 cm de long (Photographie I.4).



Photographie I. 4 : Fleur de la tomate.

I.5.2.4. Fruit

Le fruit est une baie en forme de boule, avec un nombre de carpelles variables et supérieur à deux. Le fruit charnu contient des graines appelées gouttes entourées d'un type de mucilage provenant du tégument. Les fruits sont généralement rouges, mais il existe des variétés jaune pourpre et même blanches (Photographie I. 5).



Photographie I. 5 : Fruits de la tomate.

1.5.2.5. Graines

Cette fruits, Elles sont de 3 à 5 mm de long et 2 à 4mm de large ,1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5g. Les graines sont petites, nombreuses (environ 300 à 350 graines/gr).

Selon Rey [10], les semences peuvent garder leur faculté germinative pendant 4 à 5 ans dans les conditions normales (Photographie I.6).



Photographie I.6 : Section transversale et longitudinale d'une tomate.

1.6. Exigences de la culture

1.6.1. Température de la lumière

La tomate est exigeante en ce qui concerne les températures dont l'optimum se situe entre 13 et 20 °C pendant la nuit et entre 20 et 27° C pendant la journée. Pour obtenir une bonne production, un écart de 6 à 7°C entre les températures diurnes et les températures nocturnes est nécessaire au moment de la floraison [11].

L'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles et aussi la mise à fruits et leurs couleurs [9].

La tomate aime les situations bien ensoleillées, mais elle ne présente pas d'exigences photopériodiques très marquées [6].

La lumière intervient sur la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité et sa qualité. 1200 heures d'insolation sont nécessaires pendant les 6 mois de végétation, un éclairage de 14 heures par jour est nécessaire pour une bonne nouaison.

Tableau I.3 : Exigences de la tomate en fonction de la température du sol et des stades de croissance [12].

Stades de croissance	Température du sol	Température de l'air
Germination de plants en pépinière (avant levée)	30 à 20°C (décroissante)	20°C (constante)
Plante en culture		20 à 25°C
Développement végétatif		Thermo-périodisme
Floraison	15°C à 17°C nuit	15 à 18°C
Fructification : pollinisation	15 à 17°C nuits	Floraison
Fécondation nouaison		20°C
Développement des fruits	18 à 20°C	Fécondation nouaison

1.6.2. Sol

La tomate, pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau et une bonne aération. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées. La tomate croit sur des sols limoneux profonds riche en humus et ayant un pH de 5,5 à 6,8.

1.6.3. L'eau et l'humidité

Les tomates ont besoin de beaucoup d'eau. L'irrégularité de l'apport en eau entraîne un apport irrégulier de calcium et donc l'apparition d'une nécrose apicale. Le stress hydrique à n'importe quel stade de la croissance réduit également le rendement et la qualité des fruits [6].

L'eau joue un rôle important pour les bonnes plantes de tomates, et l'humidité a un effet là où une humidité élevée pose des problèmes car elle favorise la formation de nombreux champignons et bactéries pathogènes. Alors que la faible humidité est une source de stress pour la plante, où l'humidité optimale de l'air varie de 50 à 60%.

1.6.4. La salinité

Il est généralement considéré qu'un excès de vigueur du plant de tomate en début de culture retarde la précocité de la production. La modulation de la concentration saline de la solution nutritive est un des moyens utilisés pour maîtriser le développement du jeune plant.

1.7. Types de tomate

1.7.1. Tomate de table

Ces tomates sont moins rouges que les tomates industrielles, elles sont de grande taille et ont beaucoup de graines et d'eau et la peau n'est pas très résistante, leur rendement à l'hectare est faible par rapport aux tomates industrielles ; elles ne peuvent donc pas subir de transformation industrielle [13]. Elles sont notamment utilisées pour les salades ou en purée pour le bouillon.

1.7.2. Tomate industrielle

De dimensions souvent plus petites et parfois allongées, à l'aspect très rouge désiré pour les sauces, elles ont un taux de matières sèches plus élevées elles ont aussi une peau résistante. Ce sont ces tomates qui se prêtent à une transformation industrielle comme leur nom l'indique. Leur culture est inconnue des paysans mais pratiquée, par quelques rares maraîchers.

C'est dire donc que toute action tendant à résoudre le problème de la conservation doit tenir compte de la variété de tomates produites. Or les variétés produites (tomates de table) ne répondent pas du tout aux techniques actuelles de conservation ou de transformation. Il faut résoudre un premier problème qui est agronomique en changeant de variétés de tomates. Les avantages sont évidents : Meilleur rendement pour la culture, possibilité de transformer la production [13].

1.8. Cycle biologique de la tomate

D'après Gallais et Bannerot (1992), le cycle végétatif complet de la graine de tomate varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture ; mais il s'étend généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis, jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit).

Le cycle comprend six phases qui sont les suivantes (Figure I.1).

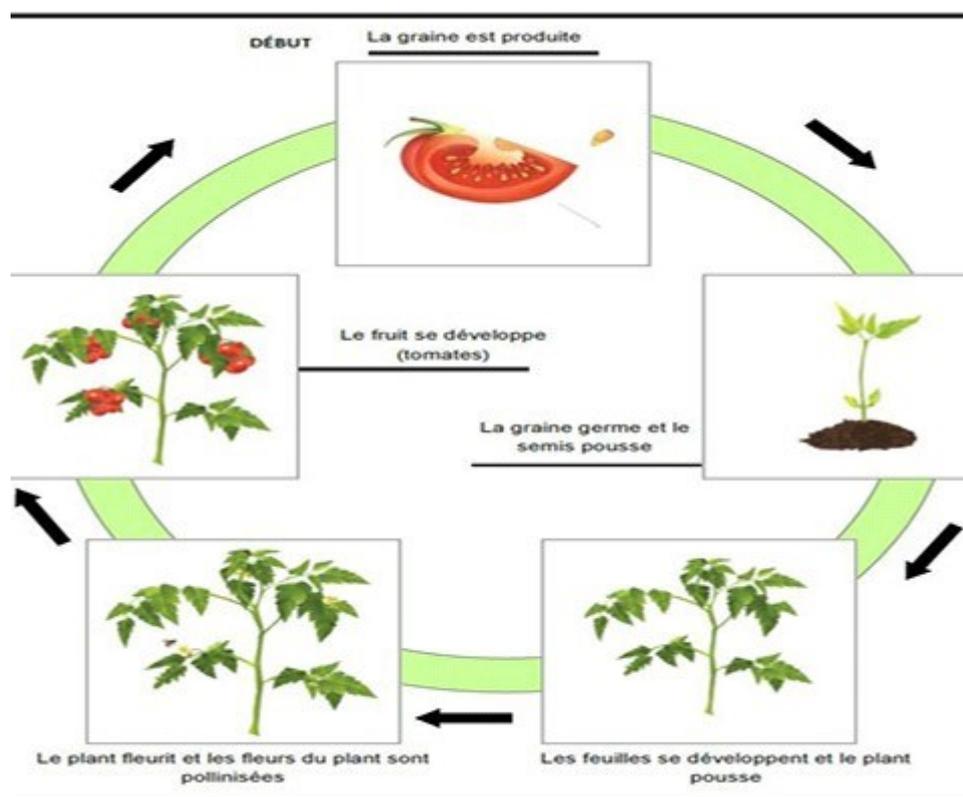


Figure I.1 : Cycle de vie d'un plant de tomate.

1.8.1. Germination

La germination est le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement [14]. La germination chez la tomate est épigée, à ce moment une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80% sont nécessaires [6].

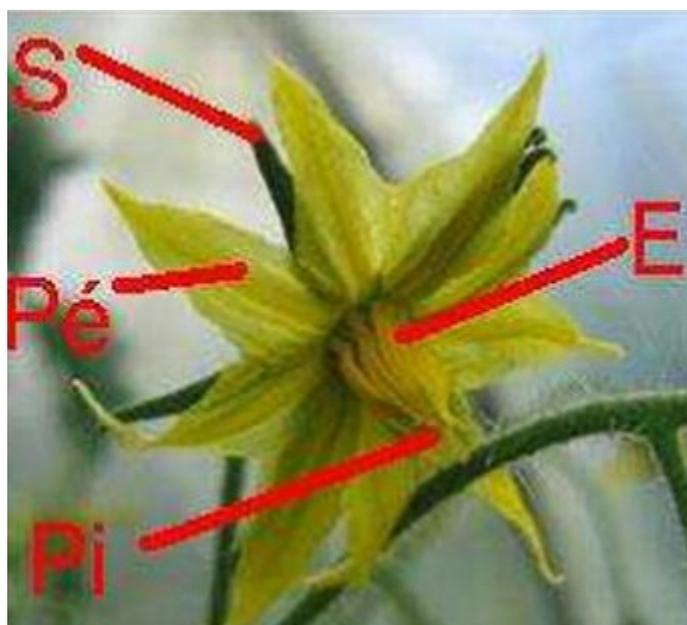
1.8.2. Croissance

La croissance est l'augmentation de la taille d'une plante. La croissance du plant de tomate se déroulerait en deux étapes et dans deux milieux différents :

- En pépinière : de l'incubation au stade 6 feuilles, on constate l'émergence de racines et de promoteurs non fonctionnels.
- Au champ : Après l'apparition des feuilles intensément photosynthétiques et des racines fonctionnelles, les plantes continuent de pousser. La tige s'épaissit et le nombre de feuilles augmente.

1.8.3. Floraison et pollinisation

Selon Rey et Costes [10], l'inflorescence correspond toujours à l'apparence du contour des fleurs entraînant le passage du méristème apical de l'état végétatif à l'état reproductif. L'apex s'aplatit et s'élargit, et les protubérances formées sont les contours des parties florales. Ceux-ci se transforment plus tard en boutons floraux et s'épanouissent en fleurs. Ces changements dépendent de plusieurs facteurs: en particulier la période d'éclairage, la température et les nutriments. Dans des conditions favorables, 6 à 7 semaines après la plantation, les fleurs apparaissent, et à ce stade les températures diurnes et nocturnes devraient être de 13°C à 23°C. Après toutes ces étapes vient l'étape de la pollinisation dans laquelle de nombreux facteurs externes, comme le vent ou certains insectes comme le bourdon, interviennent, faisant vibrer les anthères, libérant ainsi du pollen pour la pollinisation.



Photographie I.7 : Illustration des parties d'une fleur de tomate (S: sépales, Pé: pétales, E: étamines, Pi: pistil).

1.8.4. Fructification et nouaison des fleurs

La nouaison est la combinaison des gamètes, de la pollinisation, de la croissance du tube pollinique, de la fécondation des ovules et du développement des fruits. La nouaison nécessite une température comprise entre 13°C et 15°C. Il devient impropre à la nouaison si la température augmente [10].

La croissance optimale des racines se fait entre 15°C à 18°C, la germination est nulle à 12°C et au stade de développement du fruit, la température ambiante optimale est de 25°C le jour et de 15°C la nuit.

La fructification commence pendant la phase de floraison. Elle commence avec la floraison primaire du fruit et se poursuit avec les inflorescences supérieures où les inflorescences apparaissent et les fleurs sont fécondées. Les fleurs se développent et grandissent, et après avoir atteint leur taille finale, elles commencent à perdre leur couleur verte au profit du jaune, puis à une couleur de plus en plus rouge.

1.8.5. Maturation du fruit

La maturation du fruit se caractérise par grossissement du fruit, changement de couleur, du vert ou rouge. La lumière intense permet la synthèse active de matière organique qui est transporté rapidement vers les fruits en croissance, pour cela il faut une température de 18°C la nuit et 27°C le jour [10].

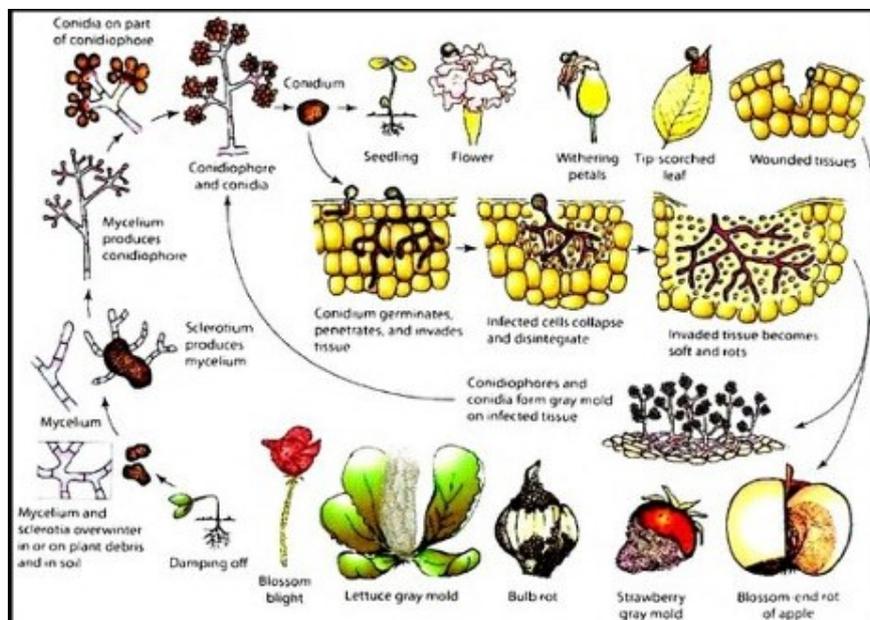


Figure I.2 : Cycle biologique de *B. cinerea* [15].

1.9. Importance de la tomate

1.9.1. Importance économique et production actuelle

1.9.1.1. Importance Mondiale

La tomate est cultivée dans de nombreux pays du monde et sous divers climats [16], y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. La tomate peut être cultivée soit en plein air soit sous serre. La production sous serre est développée essentiellement en Amérique du Nord et en Europe, où les systèmes de production sont extrêmement intensifs et peuvent produire des rendements très élevés (jusqu'à 700

tonnes/ha). La production en plein air est beaucoup moins intensive, c'est le système le plus courant dans les régions tropicales et subtropicales [16] (Figure I.2).

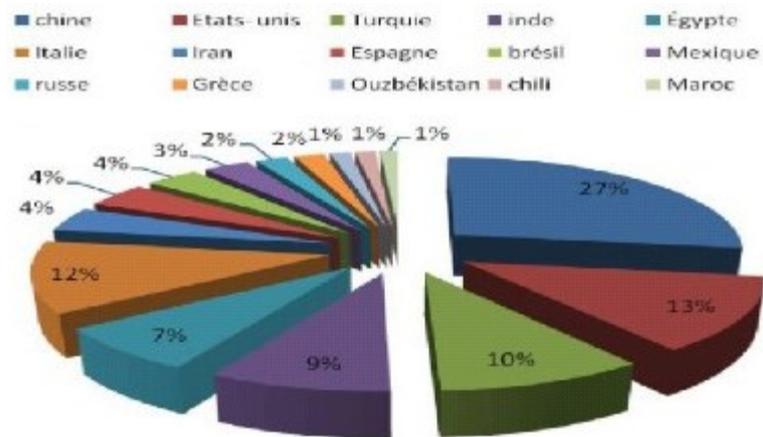


Figure I.3 : Principaux pays producteurs de tomate dans le monde (1997-2007) [16].

Les tomates ont une valeur économique élevée [1], elles sont cultivées presque dans tous les pays du monde, produisant plus de 140 millions de tonnes chaque année. La production est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris les régions relativement froides riches en développement de cultures couvertes. À l'échelle mondiale, la tomate est la deuxième culture légumière après la pomme de terre en termes de volume de production. En effet, environ cinq millions d'hectares (4,98 millions d'hectares) sont consacrés annuellement à cette culture avec une production de plus de 34 millions de tonnes. Les tomates fraîches peuvent être trouvées dans le commerce presque toute l'année, grâce aux systèmes de culture protégées.

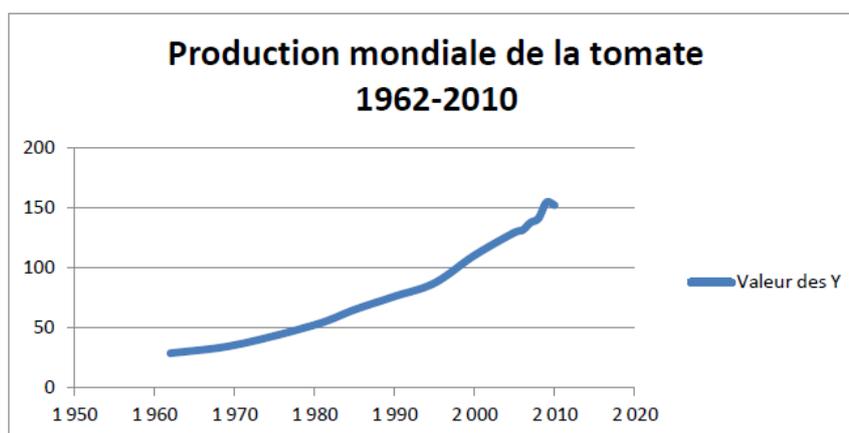


Figure I.4 : Production mondiale de la tomate 1962-2010.

1.9.1.2. Production de la tomate

La production de tomates connaît deux grandes filières :

- **Tomates fraîches** : sont présentes quasiment toute l'année dans le commerce. Les nouvelles techniques de production ainsi la sélection génétique permettent à ce fruit d'être cultivé dans des zones géographiques d'où il était exclu quelques années, mais les progrès réalisés ont surtout visé à améliorer sa productivité ou son aspect [7].
- **Tomates d'industrie** : destinées à la transformation et la conservation, représentent environ la moitié de la production dans l'Union européenne, 80 % aux États Unis (moyenne 1980-1987) [6] et environ 15 % en Chine (2008) [17].

1.9.1.3. Superficie et production de la tomate en Algérie

En Algérie, la tomate occupe une place importante dans le secteur maraîcher, et est considérée comme une espèce prioritaire comme la pomme de terre et l'oignon.

Tableau I.4 : Cultures maraîchère et industrielle de la tomate en Algérie.

Année	2005	2006	2007	2008	2009
Superficie (Ha)	21089	20436	20079	19655	20789
production (Qx)	5137280,4	5489336	5673134	5592491	6410341
Rendement (Qx /Ha)	243,60	268,60	282,50	284,50	308,40

Selon le tableau I.3, la tomate est cultivée selon deux modes de production, La superficie totale réservée est de 32962 ha représentée par 63,06% pour la tomate maraîchère et 36,93% pour la tomate industrielle.

La production de tomate maraîchère, représente 08,33% par rapport à la production totale des cultures maraîchères et industrielles. Par contre pour la tomate industrielle, le taux de représentativité est de 4,97% par rapport à la production des cultures maraîchères et industrielles. Les rendements sont presque similaires avec une légère hausse pour la tomate industrielle [18].

Tableau I.5 : Quelques entreprises de transformation de tomate industrielle en Algérie [12].

Entreprise	Adresse	Ville	Production (t) en 2008
COJEK JUCOB NCA SICAM TRISTAR AMOUR	Rte de la Gar Bp 15-El Kseur RNN° :1 Boufarik 09400 RN :N°5 Rouiba Ferme Tarzali centre Ferroukha Soumaa Sidi Abdelkader Rte de Zabana ben Boulaïd Z.I Amour Noureddine Mouzaia	Béjaïa Blida Alger Blida Blida	4932
IZDIHAR SIPA N'GAOUS SOUMAA CAB	Ain Nechma 8 ^{ème} KM Rte de constontine Z.I Route Barika BP 7-05600 Bd du 1 ^{er} Novembre 54 Berrahal Bouati Mouhamed Boumhra	Annaba Annaba Batna Annaba Guelma	40000
HIMANIA TELLOISE	Z.I de Sidi Bel Abess Z.I BP 103	SBA Chlef	7120
Total en Algérie			52052

1.9.2. Importance alimentaire

La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine. C'est un aliment diététique, très riche en eau et très pauvre en calories, riche en éléments minéraux et en vitamines (A, C, E), ces antioxydants en font un formidable rempart contre les affections [12].

Tableau I.6 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue.

Elément	Teneur
Eau	94,5 g
Energie	18 kcal
Fer	0,4 mg
Calcium	9 mg
Magnesium	11 mg
Potassium	266 mg

Elément	Teneur
Sodium	5 mg
Glucides	2,8 mg
Lipides	0.2 g
Protides	0,9 g
Fibres	1,2 g
Vit C	23 mg

I.9.3. Importance nutritionnelle

La tomate est cultivée pour ses fruits qui sont consommés soit frais ou cuit, soit transformés industriellement. Elle est riche en vitamine C et en éléments minéraux [19]. Elle contient aussi des antioxydants phénoliques très utiles, notamment la lycopène qui est réputée pour ses propriétés anticancéreuses et de prévention contre les maladies cardiovasculaires. C'est un aliment diététique riche en eau (93 à 95%) et très pauvre en calories, soit 8 à 20 kcal pour 100 grammes (Tableau I.5). La tomate mûre contient plusieurs pigments de la famille des caroténoïdes dont la carotène qui possède une activité provitaminique A [20]. Elle est utilisée dans de nombreuses préparations culinaires telles que les salades, les sauces, les soupes ou est transformée sous forme de jus, de concentré, de ketchup, etc.

Tableau I.7 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue mûre.

Macroéléments (g)	
Eau	93
Protides	1
Glucides	4
Lipides	0.3
Vitamines (mg)	
Vitamine B1	0.09
Vitamine B2	0.04
Vitamine c	38
Sels minéraux (mg)	
Potassium	280
Magnesium	10
Sodium	3
Phosphore	27
Soufre	11
Zinc	0,24
Divers (g)	
Fibres	1.2
Cellulose	0.6
Teneur en carotenoids (µg)	
β-carotène	449
α-carotène	101
Lycopène	2573
Valeur Calorifique	20 kcal

Références bibliographiques

- [1] Shankara et al. « Recombinant glutathione –S- transterase a major allergen form alternaria clinical use allergy patients ». *Molecular Immonology*. 43, 12.pp, 1927-1932, 2005.
- [2] Latigui. « Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée ». 1984
- [3] Cotte. Thèse de doctorat « Etude de la valeur alimentaire de pulpe de tomate chez les ruminants ». Université Claude Bernard de Lyon1, P. 135, 2000.
- [4] Kolev. « Les cultures maraichères en Algérie. Tome I. Légumes fruits. Ed. Ministre de l’Agriculture et des Réformes Agricoles ». 52.p, 1976.
- [5] Gallais, A. Bannerot, H. « Amélioration des espèces végétales cultivées objectif et critères de sélection ». INRA, Paris. 765.p, 1992.
- [6] Chaux C.L. et Foury C.L., 1994. « Production légumières et maraichères, tome III : légumineuses potagères, légumes fruits ». Tec & Doc. Lavoisier, Paris. 563.p, 1994.
- [7] Polese J.M., 2007. « La culture de la tomate ». Ed Arrtémis. 95.p.
- [8] Pitrat M., Foury C. et Coord. 2003. « Histoire de légumes ». Edition INRA.415.p.
- [9] Naika, S., De Jeud, J.V.L., De Jeffeau M., Hilmi M., Vandam B. « La culture de tomate, production, transformation et commercialisation ». Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105.p , 2005.
- [10] Rey et Costes. « La physiologie de la tomate, étude bibliographique ». INRA. 111.p, 1965.
- [11] Nyabyenda, P. « Les plantes cultivées en régions tropicales d’altitude d’Afrique : Culture industrielles et d’exportation, culture fruitières, culture maraichères ». Edition : Presses Agronomique de Gembloux. Wageningen. Pays-Bas. 241.p, 2007.
- [12] Anonyme. Guide pratique. « La culture de la tomate sous serre ». Ed : ITCMI, Alger, 4-6.p, 1995.
- [13] MTCTHG, 2009 : Magazine Trimestriel du Centre Technique Horticole de Gembloux –N°27.juin 2009.

- [14] Corbineau F. and Core A. (2006). Dictionnaire de la biologie des semences et des plantules. Ed .Tec et Doc. Lavoisier. 226.p.
- [15] Agrios G.N. « Plant pathology ». Elsevier Academic Press, Oxford, UK, ,922.p, 2005.
- [16] FAO. « World tomatoes, all production by country, 1990-2005, 9.p, 10.p, 2009.
- [17] Heuvelink. « La tomate industrielle en chine ». 2009.
- [18] Hireche., M. Thèse de doctorat « Etude de l'activité antioxydante de la tomate séchée ». 27-28. 2013.
- [19] Philouze., J. Laterrot., H. « Amélioration variétale de la tomate : objectifs et critères de selection. In : Galais A et Bennerot H., Eds Amélioration variétale des espèces cultivées, Paris, France INRA 379-391.pp,1992.
- [20] Gibault., T. « Lycopène Peut être. Tomate Sans aucun doute!, Équation Nutrition » n° 55, 2006.

Chapitre II

Présentation de l'unité de tomate et des techniques de conservation

II.1. Présentation de l'usine ABIDI

II.1.1. Origine et répartition géographique de l'usine

L'usine ZIMBA est une entreprise familiale du groupe ABIDI, créée en 2000 et située dans la zone industrielle de la commune de Belkheir Wilaya de Guelma, près de la route nationale 80 menant à Sedrata ; elle compte environ 400 employés dans divers domaines.

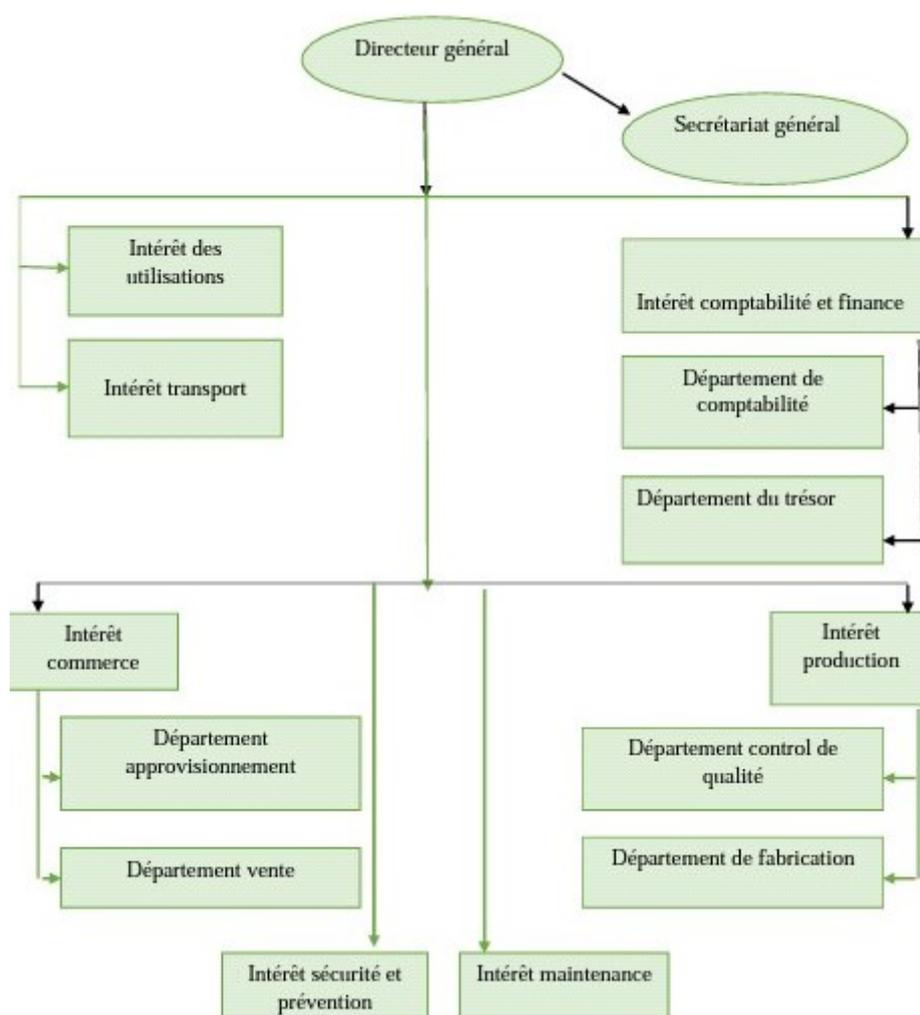


Figure II.1 : Organigramme de la société ABIDI.

L'usine comprend trois branches :

- ✓ Un moulin à farine pour l'industrie du pain ;
- ✓ La fabrication de sacs tissés en plastique et de toile de jute ;
- ✓ Une branche de production de concentré de tomates à différentes concentrations ; dont le simple concentré de 22%, le double concentré 28% sont placés en boîtes et le triple concentré de 36% dans des récipients en plastique doublés de papier d'aluminium.



Photographie II.1 : Branches de l'usine ABIDI.

Sa capacité à recevoir des tomates a atteint 450 tonne /jour, et après l'agrandissement de l'usine en 2016, elle est passée à 600 tonne/jour. Cette usine qui dispose d'équipements de production modernes de dernière génération, d'un large choix de tomates de haute qualité et de la transformation de produits naturels sans additifs, fait partie des groupes qui ont réussi à consolider leur position de leader sur le marché national des industries alimentaires (Constantine-EMMET, Sétif-MANSOURI, Skikda-IZDIHAR) en étendant ses relations avec d'autres états et pays voisins, la Tunisie par exemple (en lui fournissant de petites boites de tomates et de harissa) [1].

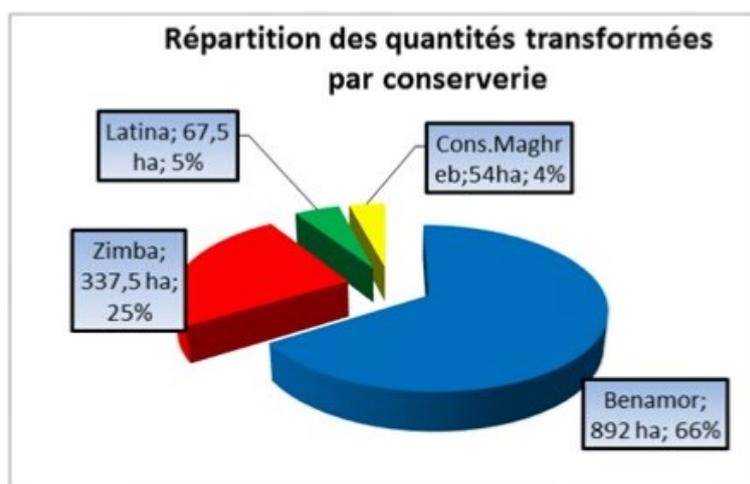


Figure II.2 : Commercialisation de la tomate industrielle.

II.1.2. Activités de l'usine ABIDI

La société ABIDI fabrique de nombreux produits, dont :

- Tomates et harissa en conserve,
- Mise en conserve de confitures : Abricot, pêche, figue, pomme, fraise,
- Production de farine pour le pain,
- Production de sacs en plastique.



Photographie II.3 : Produits de la société « ABIDI ». (a) : Confiture (fraise, pomme, figue et orange), (b) : Tomate et harissa, (c) : Farine et sacs en plastique.

II.2. Etapes de production du concentré de tomate

II.2.1. Récolte et transport

Le processus de récolte se fait à la main après la pleine maturité des tomates, et cela se passe entre 105 à 120 jours après le semis, selon la variété et le moment du semis et se poursuit selon la zone de plantation. Les fruits pourris sont éliminés puis transportés dans des camions dans les meilleures conditions [2].

II.2.2. Réception de la tomate fraîche

Le camion passe directement à la pesée, puis un tri est effectué, les fruits qui contiennent du colorant jaune ou vert sont retirés, tandis que les fruits rouges poursuivent leur acheminement avant la transformation.



Photographie II.4 : Réception de la matière première.

II.2.3. Déchargement (nettoyage et lavage)

C'est une opération qui permet d'éliminer principalement les particules de terre. Les tomates cueillies et déchargées dans un grand bassin et tunnel souterrain ; souvent couvertes de terre, de poussière et de mauvaises herbes, sont lavées à l'eau claire pour faciliter le processus de tri. Les impuretés et les cailloux sont séparés par rinçage au premier lavage, suivi du second pour terminer par la filtration à travers trois filtres séparés par gravité [3].



Photographie II.5 : Déchargement et lavage de la tomate fraîche.

II.2.4. Tri

Après lavage, les tomates subissent un dernier tri visuel. (Élimination des corps étrangers résiduels de grandes tailles tels que les tiges et les pierres). Le tri est le plus souvent effectué par des trieurs optiques, mais il reste largement manuel (il est fait à la main par les ouvriers) dans de nombreuses usines. C'est aussi le processus qui consiste à séparer les bonnes tomates de celles qui ont été rejetées en raison de leur état physiologique. Celles qui ne sont pas assez mûres seront rejetées [4].

II.2.5. Broyage et extraction de jus

Le complexe ABIDI possède deux types de moulins : l'un est d'origine italienne et l'autre d'origine chinoise.

Le broyeur utilisé (Figure II.2) est équipé de plusieurs lames très tranchantes et d'un rotor à moteur électrique, les tomates sont insérées dans le broyeur pour l'obtention d'un mélange de jus, pépins et épiderme [5].



Photographie II.6 : Broyeur de tomate.

II.2.6. Préchauffage

Les tomates broyées à la vapeur sont préchauffées à 70° C pour cuire la pulpe afin de faciliter la séparation de l'épiderme et le contrôle des propriétés physico-chimiques pour chasser l'air et éviter la décoloration [6].



Photographie II.7 : Système de préchauffage.

II.2.7. Tamisage et raffinage

Ce procédé est utilisé après chauffage pour obtenir du jus de tomate après avoir retiré l'épiderme et les grains, puis le jus est affiné à travers un filtre constitué d'une série de tamis qui diffèrent par leurs diamètres. La pulpe de tomate est insérée à l'aide d'une broche à grande vitesse, dont l'effet est de pousser le jus à travers les trous du tamis pour retenir les grosses particules [7].



Photographie II.8 : Les tamis.

II.2.8. Concentration (sous vide) et désaération

Ce procédé intervient après le tamisage, ce qui permet de prolonger la durée de vie des tomates en éliminant la quantité d'eau active. Le jus dont la température peut aller de 60°C à 70°C dans la cuve ; est concentré par évaporation partielle qui se précipite vers l'évaporateur à triple effet avec circulation forcé sous vide [8]. Les paramètres contrôlés sont la température, le niveau et le Brix.



(a)

(b)



(c)

Photographie II.9 : Concentration sous vide.

(a) : Cuve de jus, (b) : Evaporateurs, (c) : Réfractomètre.

II.2.9. Pasteurisation

Ce traitement thermique est réalisé avec des équipements de fabrication locale pendant une demi-heure à une température de 90°C. L'objectif de ce procédé est d'éviter d'endommager les lactobacilles et d'éliminer tous les microbes et germes.



Photographie II.10 : Système de pasteurisation.

La pâte de tomate est adsorbée de l'évaporateur à la remplisseuse, qui est constituée se d'un réservoir de réception de la pâte de tomate, [9] d'un échangeur de chaleur tubulaire pour la

pasteurisation et d'un tube de circulation où le produit passe dans la cuve qui comporte trois phases :

- ✓ Phase d'échauffement à 95°C pendant 10 minutes,
- ✓ Phase stationnaire à 60°C,
- ✓ Phase de refroidissement à température allant de 20°C à 30°C.

II.2.10. Remplissage

Ce procédé se fait à la sortie du condenseur en remplissant les boîtes métalliques préalablement nettoyées, avec de la pâte, très rapidement pour éviter le contact avec l'air. Le produit est collecté dans un réservoir isolant et passe dans un préchauffeur à une température de 80°C, il comprend une partie lestée pour standardiser les poids, cela se fait à l'aide de remplisseurs et cela peut être informatisé automatiquement ou fait à la main [3].



Photographie II.11 : Doseuse.

II.2.11. Sertissage

Cette étape appelée en pratique, agrafage par pliage l'un sur l'autre pour le bord de la boîte et le bord du couvercle, est mise en œuvre au moyen d'une sertisseuse qui contient quatre têtes, et ferme hermétiquement la boîtes. Cela nécessite l'utilisation de machines puissantes et automatiques en général muni d'un manomètre pour vérifier la couture et s'assurer du Brix, de la température et du pH [10].



Photographie II.12 : Sertisseuse.



Photographie II.13 : Dateur.

II.2.12. Stérilisation des boîtes

Le but de ce procédé est de bloquer les enzymes et tous les micro-organismes et bactéries, [11] il est effectué à une température comprise entre 100°C et 110°C pour un temps suffisant d'environ 30 minutes ; cela se fait en soumettant les boîtes emballées à une stérilisation humide dans un autoclave contenant de l'eau chaude à 90°C ; puis un refroidissement brusque à 25°C avec une circulation des boîtes et enfin sortie du produit frais.



Photographie II.14 : Tunnel de stérilisation et de refroidissement.

Ce processus dépend de deux pompes :

- Petite pompe avec une pression de 100 bar,
- Grande pompe (pompe à piston) à 200 bar.



Photographie II.15 : Stérilisateur.

II.2.13. Séchage

A la sortie du refroidisseur, le concentré de tomate peut être refroidi rapidement pour éviter la détérioration du goût et de la couleur et il est possible soit de pratiquer le refroidissement à l'air libre pour les caisses empilées pour permettre une bonne circulation de l'air soit par de l'eau chlorée par immersion et pulvérisation [4].



Photographie II.16 : Séchoirs.

II.2.14. Etiquetage

Après le séchage des boîtes, elles seront étiquetées. Il s'agit de coller sur la boîte, des étiquettes indiquant essentiellement la date de fabrication, la date limite de consommation, le numéro de lot, l'usine productrice, le poids et le Brix du contenu. Il faudra veiller à l'aspect esthétique de cette étiquette. La loi fixe le contenu des étiquettes.

II.2.15. Encartonnage

C'est l'emballage d'un certain nombre de boîtes dans un carton pour le stockage [12].



Photographie II.17 : Cartonreuse.

Références bibliographiques

- [1] Bennacer., L. Cherrad., S.E. « Production et transformation de la tomate, Industrielle dans le bassin de Guelma : Une filière en développement ». Université 8 Mai 1945 de Guelma, Université des Frères Mantouri Constantine, 2018.
- [2] Radhort-Publications. « Techniques de production de semences de tomate au Sénégal ». Centre pour le Développement de l'Horticulture Cambérène-Dakar, 2012.
- [3] Sadok., D. Zedak., S. « Etude de qualité physico-chimique et microbiologique de la conserve du concentré de tomate (TELLOISE) ». Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, 2016.
- [4] Gould., W.A. « Tomato production, processing and technology ». CTI publishing. Baltimore. 1992
- [5] Kangni., K. « Conception d'une usine de conservation de la tomate ». Ecole polytechnique de Thiès, SENEGAL, p.20, Juin1991.
- [6] Bartholin., Kouaa. « Stockage en vrac des concentrés de tomate et transfert de la première à la seconde transformation ». Rapport d'étude CTC.PA/and info-tehno, CTC PA, station de pugricard N°29. 1981.
- [7] Moresi., M. Liverotti., C. « Economic study of tomato paste production ». *J. Food Technology*. 17, 177-199. 1982.
- [8] Hayes, W.A., F.G. Smith. « The production and quality of tomato concentrates ». *Review in food Sci ; and Nutr*. 38 (7), 537-564. 1998.
- [9] Goose. « Tomato paste and other tomato products. Food trade ». press 2nd edition. London V2. 270.P, 1973.
- [10] Anonyme, 1957. « Barèmes de stérilisation des conserves alimentaires en boites métalliques ». 3^{ème} édition : Institut Appert, Paris. Dans Cheftel., JC. Cheftel., H. Besancon., P. Dans « Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments ». vol2, Technique et documentation. Lavoisier, 1977.
- [11] Vierling., E. « Aliments et boissons : technologies et aspects réglementaires (dans la série : Science des aliments) ». Doin éditeurs, 1998.
- [12] Yousfi., M. « Développement de la technologie agro-alimentaire dans la région de Touat : Cas de la conserverie de tomate de Reggane ». Université Africaine Ahmed Draia, Adrar, 2018.

Chapitre III

Contrôle de qualité du produit

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons aborder les méthodes les plus importantes qui nous permettent de faire le suivi du contrôle de la qualité du produit le long des différentes étapes de fabrication, et ce, à travers les facteurs ayant de l'influence sur la qualité, entre autres le poids, la température, l'acidité, la viscosité, le Brix et le pH. L'eau de chaudière a été aussi analysée.

III.2. Contrôle de la qualité des tomates

L'industrie agroalimentaire est l'un des domaines où le contrôle de la qualité est essentiel, car les produits proposés affectent directement la santé de la population. De manière générale, il s'agit de s'assurer que les différentes transformations préservent les propriétés nutritionnelles et gustatives de la tomate. Pour ce faire, il est impératif de faire des contrôles à différents niveaux.

III.2.1. Contrôle de la matière première

Tout commence par l'achat de la matière première avec une sélection ultérieure. Dans l'atelier, le Brix et le pH sont mesurés pour prédire le comportement du produit pendant le traitement. Après le lavage, ce contrôle se poursuit tout au long du processus, et est visuel. On se débarrasse des tomates qui ne sont pas mûres et des tomates pourries infectées de moisissures ou de bactéries, il est aussi possible de couper les parties concernées et c'est l'apanage des ouvriers, mais sous la responsabilité d'un agent permanent de l'usine afin d'apporter d'éventuelles corrections. La qualité du concentré dépend de la qualité des tomates.

III.2.2. Contrôle de fabrication

Il s'agit notamment de respecter les spécifications des spécialistes et de l'équipementier. Les contrôles qui seront effectués sont au niveau de la température, de la pression, de la qualité de l'eau de service et du Brix. C'est pourquoi un manuel de contrôle est développé dans le cadre du processus, combinant tous les processus et contrôles qui seront effectués à chaque étape.

III.2.3. Maîtrise du produit final

La maîtrise du produit final est liée aux propriétés physiques, sensorielles et chimiques d'une part, et à la stabilité et la qualité de la préparation d'autre part.

III.2.3.1. Contrôle du sertissage

Lors de la pasteurisation, si le réglage est mal fait le concentré de tomate sortira de la boîte. Il s'agit bien d'une norme de contrôle. Le même phénomène peut être observé lors du refroidissement (différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur). Sinon on peut aussi supposer que le réglage est bon. Cependant, rien ne peut être dit si cela va durer plus longtemps.

III.2.3.2. Contrôle de stabilité

Il est essentiel de conserver des échantillons de chaque production au laboratoire et de les surveiller un peu plus longtemps. Si la boîte n'est pas rouillée, il sera conclu que le contenu est en bon état. Pour le contrôle des propriétés du concentré, il faut également vérifier :

- ✓ Couleur : rouge,
- ✓ Texture et consistance,
- ✓ Taux d'impuretés,
- ✓ Saveur et arôme,
- ✓ teneur en sucres,
- ✓ vitamines et minéraux,
- ✓ Acidité.

Il s'agira de comparer ces valeurs aux normes.

III.2.4. Caractéristiques du concentré de tomate

III.2.4.1. Caractères organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques dont la couleur, la texture, la saveur et l'odeur du concentré de tomate sont récapitulées dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Caractéristiques organoleptiques du concentré de tomate.

Couleur	- Rouge caractéristique de tomates mures
Texture	- Sensiblement homogène, - Pas de séparation en deux phases liquide et solide.
Saveur	- Absence de saveurs étrangères, notamment le gout de brûlé ou de caramel.
Impuretés	- Présence tolérée d'impuretés naturelles végétales, visibles seulement après examen microscopique attentif.
Odeur	- Absence d'odeurs étrangères ou anormales.

III.2.4.2. Caractères physico-chimiques

Les caractères physico-chimiques des teneurs en résidus secs des concentrés de tomates sont rapportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.2 : Teneur en résidus sec (%) du concentré de tomate.

Caractère	Teneur en résidus secs
Teneur minimum en sucres totaux	45%
Acidité totale maximum (exprimé en acide citrique hydrate).	10%
Teneur maximum en impuretés minimales insolubles	0,1%
Acidité totale maximum (acide acétique)	1%
Teneur en sel alimentaire	3 à 15%

III.2.4.3. Caractéristiques des tomates destinées à la transformation

Les tomates utilisées pour la préparation du concentré doivent répondre à un certain nombre de normes de qualité, et les fruits doivent être solides, sains et résistants à la casse et à la casse au moment de la récolte, lors du transport et du stockage. Cependant, d'autres critères doivent être pris en compte :

a. Calibre des fruits

Les fruits doivent être de gros calibre, de sorte que le nombre d'ouvriers soit peu nombreux, car cela entraîne une réduction du travail lors de la récolte et du tri.

b. pH

Le pH du produit à transformer doit être inférieur à 4,5 afin de réduire le temps de stérilisation nécessaire pour maintenir la qualité du produit final.

c. Couleur des fruits

La couleur doit être rouge, ce qui distingue les tomates mûres des autres.

d. Extrait sec

L'extrait sec total du fruit de tomate est essentiel pour produire le concentré, car l'indice de réfraction augmente, le nombre de kilogrammes de tomate fraîche nécessaire pour faire 1 kg de double concentré est réduit de 28%.

e. Pectine

Les fruits doivent avoir une teneur élevée en substances bactériennes (1,2 à 1,5%) afin d'augmenter la consistance du produit final.

f. Acidité

Aussi important que soit le pH, la teneur en acide citrique des tomates ne doit pas être inférieure à 0,35%.

III.3. Analyses physico-chimiques

III.3.1. Contrôle sur tomate fraîche

Mode opératoire

Une tomate fraîche est coupée en deux, puis est placée la sonde du pH-mètre au milieu en attendant que la valeur de pH se stabilise.



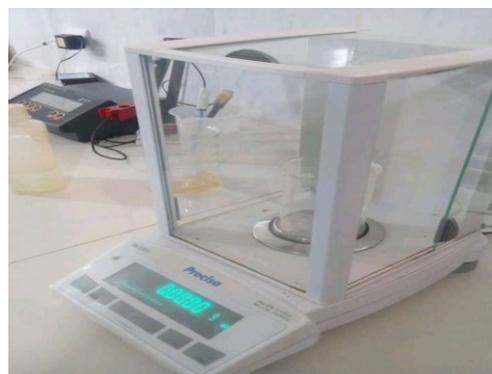
Photographie III.1 : Mesure du pH et de la température de la tomate fraîche.

III.3.2. Contrôles physico-chimiques sur le concentré de tomate

III.3.2.1. Contrôle du poids

Mode opératoire

Le contrôle du poids est réalisé sur une balance analytique pour une meilleure précision. Pour ce faire, nous prenons une boîte de tomate vide et la pesons puis comparons sa masse avec celle de la boîte remplie (produit fini).

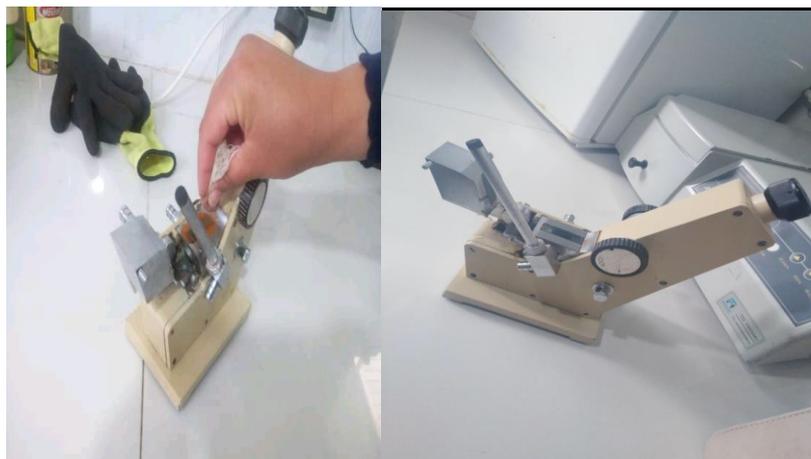


Photographie III.2 : Balance analytique.

III.3.2.2. Contrôle de l'indice de réfraction (Brix)

Appareillage

Un réfractomètre est utilisé pour déterminer la partie réelle de l'indice de réfraction de la lumière d'une matrice solide ou liquide, cet indice s'observe par la déviation d'un faisceau lumineux suivant la nature du milieu dans lequel il se propage ; l'angle du faisceau dévie en fonction du taux de matière sèche soluble dans le milieu, autrement dit c'est la mesure de la concentration de matière sèche soluble.



Photographie III.3 : Réfractomètre.

Unité de mesure

L'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix ($^{\circ}\text{B}$) la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble.

Mode opératoire

Une certaine quantité du produit est diluée dans un bêcher à 12,5%. On s'assure que l'échantillon est bien homogène et sans aucune bulle d'air, puis on dépose quelques gouttes de l'échantillon sur la surface du prisme primaire et on ferme le prisme secondaire à l'aide du bouton. On regarde dans l'oculaire et on se focalise sur la croix, on tourne la fenêtre de l'échelle pour obtenir le meilleur éclairage possible ; on déplace la croix à l'aide du bouton jusqu'à l'intersection entre la partie claire et la partie sombre. Le pourcentage (Brix) dans le liquide peut être lu sur la partie supérieure de l'échelle.

III.3.2.3. Contrôle de la température

Appareillage

Le thermomètre digital est un appareil qui mesure et affiche la valeur de la température.



Photographie III.4 : Mesure de la température par un thermomètre digital.

Mode opératoire

La sonde est insérée dans la boîte de tomate, la valeur de la température est notée après stabilisation.

III.3.2.4. Contrôle du pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est défini comme le logarithme de la concentration des ions H^+ dans une solution, il est basé sur la détermination en unité de différence du potentiel existant entre deux électrodes.

Appareillage

La mesure du pH des échantillons est effectuée dans le but de déterminer l'acidité du concentré de tomate. Pour une bonne qualité de ce dernier, le pH ne doit pas dépasser 4,5. Ce paramètre est mesuré à l'aide d'un pH-mètre, par l'immersion directe de la sonde de l'appareil dans le concentré de tomate.



Photographie III.5 : Mesure du pH.

Mode opératoire

On met une quantité de concentré de tomate dans une bécher à refroidir un moment, on en rajoute au besoin jusqu'à ce que la température de l'échantillon soit comprise entre 18 et 20 C° puis on mesure le pH.

III.3.2.5. Contrôle de la viscosité

Appareillage

Pour la mesure de la viscosité, on utilise un consistomètre, qui est une cuve rectangulaire contenant deux sections, une petite section pour vider le produit à évaluer (pâte de tomate) et une grande section contenant des graduations avec des graduations de 0,5 cm pour lire la distance parcourue par le produit.

Cet appareil est spécialement utilisé pour les produits liquides visqueux pour déterminer leur consistance en mesurant la distance parcourue dans un temps déterminé.



Photographie III.6 : Consistomètre.

Mode opératoire

- Peser une masse de concentré de tomate y ajouter le volume nécessaire d'eau distillée pour que sa concentration soit égale à 12,5 %,
- Vider l'échantillon dans la petite section de l'échelle de consistance après avoir bien nettoyé l'appareil et l'avoir séché,
- Mettre en marche le chronomètre lorsque la porte qui sépare les deux sections est ouverte pendant une durée de 30 s,
- Lire la distance parcourue par l'échantillon durant cette période.

III.3.2.6. Contrôle de l'acidité

Pour mesurer l'acidité, il faut faire un titrage et utiliser la phénolphtaléine comme indicateur Coloré.



Photographie III.7 : Détermination de l'acidité.

Mode opératoire

- Peser un échantillon de 10 g de concentré de tomate,
- Y ajouter 200 ml d'eau distillée mettre sous agitation jusqu'à homogénéisation,
- Prélever 50 ml de cette solution, y ajouter 300 ml d'eau distillée et agiter,
- Y ajouter 6 gouttes de phénolphtaléine,
- Remplir une burette avec une solution de NaOH à 0,1 N, laisser couler goutte à goutte dans le bécher et au point de transformation de la couleur en rose violet on ferme le robinet et on note le volume de la solution de NaOH consommé pour calculer l'acidité.

III.3.2.7. Test de stabilité

Ce test est réalisé à trois températures différentes ; 55°C, 35°C et la température ambiante.



Photographie III.8 : Etuve réglée à la température 55 °C.

Mode opératoire

- Prendre trois boîtes de concentré de tomate,
- La première est mise à température ambiante (témoin),
- La deuxième boîte est placée dans l'autoclave à une température de 35°C,
- La troisième boîte est placée dans un autre autoclave à 55°C,
- Au bout de sept jours, on compare les valeurs de pH de la 2^{ème} et la 3^{ème} boîte par rapport au témoin. La moyenne de la valeur du pH doit être inférieure à 0,5.

$$pH_{moy} = \frac{pH_2 + pH_3}{2}$$

$$pH = pH_{tm} - pH_{moy}$$

Avec :

pH_{tm} : pH de la première boîte prise pour témoin,

pH_2 : pH de la deuxième boîte étuvée,

pH_3 : pH de la troisième boîte étuvée.

III.3.3. Contrôles physico-chimiques des eaux de chaudières

III.3.3.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH des échantillons est mesuré pour évaluer la concentration en ions hydrogène dans une solution, en prenant une valeur de référence d'un milieu neutre égale à 7.



Photographie III.9 : Mesure du pH des eaux de chaudières.

Mode opératoire

Prélever 10 ml d'eau de chaudière, dont la température oscille entre 22 et 24°C, y plonger l'électrode du pH-mètre, la lecture se fait après stabilité de la valeur affichée.

III.3.3.2. Dosage du trioxyde de soufre SO_3^{2-}

Pour connaître le taux du trioxyde de soufre SO_3^{2-} , il faut utiliser la méthode de comparaison à l'aide d'une bande sensible (comme celle utilisée par les diabétiques) et la comparer avec les couleurs indiquées sur la boîte.



Photographie III.10 : Test de détermination du SO_3^{2-} .

Mode opératoire

- Mettre une quantité d'eau prélevée aux chaudières dans des béchers,
- Plonger une bandelette sensible dans l'échantillon de chaque bécher,
- Comparer la couleur qui apparaît sur la bande avec les couleurs répertoriées sur le tube à bandelette.

III.3.3.3. Titre Alcalimétrique (TA)

L'alcalinité au point virage de la phénolphtaléine (alcalinité composite), correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . Par définition cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique ou (TA). D'où :

$$TA = [OH^-] + 1/2 [CO_3^{2-}]$$

Mode opératoire

- Prélever 10 ml d'eau à analyser dans un bêcheur et ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine,
- Si aucune coloration rose n'est obtenue, considérer le TA comme nulle, ce qui se produit en général pour les eaux dont le $pH \leq 8,3$,

- Si une coloration rose est obtenue, titrer la solution colorée avec l'acide sulfurique ou au HCl à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution. Noter le volume V de l'acide versé.



Photographie III.11 : Détermination du (TA) des eaux de chaudière.

III.3.3.4. Détermination du (TAC)

L'alcalinité au virage du rouge de méthyle (ou de l'orange de méthyle), correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} et OH^- . Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet (TAC). D'où :

$$TAC = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

Mode opératoire

- On utilise l'échantillon traité précédemment où il n'y a pas eu absence, ou de décoloration,
- ensuite 2 à 3 gouttes de solution de méthylorange sont ajoutées,
- enfin on titre de nouveau (sans mise à 0 de la burette), avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH=4,5),
- S'assurer qu'une goutte en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé (pH=4). Noter V' le volume en ml d'acide versé depuis le début du dosage.



Photographie III.12 : Détermination du (TAC) des eaux de chaudière.

III.3.3.5. Dosage des ions chlorures (Cl⁻)

Les ions chlorures sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K_2CrO_4) qui, en présence d'un excès d'ions argent forme un précipité rouge.

Ce dosage doit être réalisé en milieu neutre, le chromate d'argent étant soluble à pH acide alors qu'un milieu alcalin entraîne la formation d'un précipité noir d'oxyde d'argent.

Mode opératoire

- Mettre sous agitation 10 mL d'eau de chaudière dans un bécher,
- Ajouter 0,1 mL (quelques gouttes) de chromate de potassium, qui donnera à la solution une couleur jaune,
- Doser avec du AgNO_3 à $4,791 \text{ g.L}^{-1}$ jusqu'au virage de la coloration jaune à une teinte brunâtre. Noter le volume.



Photographie III.13 : Dosage des chlorures.

III.3.3.6. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique caractérise l'aptitude d'un matériau ou d'une solution à laisser les charges électriques se déplacer librement et donc permettre le passage d'un courant électrique. Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre et s'exprime en ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Mode opératoire

On mesure la conductivité électrique au moyen d'un conductimètre, après avoir rincé plusieurs fois la sonde de conductivité, d'abord avec de l'eau distillée, puis en la plongeant dans un bécher contenant l'eau à analyser ; faire la mesure dans un deuxième récipient, en prenant soin à ce que la sonde soit complètement immergée. Prendre le soin de rincer la sonde de conductivité avec de l'eau distillée après la mesure.



Photographie III.14 : Mesure de la conductivité.

III.4. Conclusion

Ce chapitre décrit l'ensemble des contrôles physico-chimiques réalisés sur le concentré de tomate 22% (*ZIMBA*), nécessaires pour assurer une bonne qualité du produit, grâce à la méthodologie expérimentale et le matériel utilisé dans le laboratoire qualité de l'usine *ABIDI*.

Références bibliographiques

- [1] Rejsek., F. « Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques.» Scéren (CRDP Aquitaine). Coll. Biologie technique. Sciences et techniques de l'environnement. 360.p, 2002.
- [2] Sadok., J. Zedak., S. Mémoire de master « Etude de qualité physico-chimique et microbiologique de la conserve du concentré de tomate (TELLOISE) ». Université Mostaganem. 2016.
- [3] Bergheul., H. Habis., M. Laib., S. Mémoire de master « Evolution de la qualité de jus d'orange en fonction des conditions de conservation ». Université Mohamed el Bachir el Ibrahimi Bordj Bouariridj, 2015.
- [4] Journal officiel de la République algérienne N°77, 1997.
- [5] Miladi. « Introduction à la composition et la technologie de la tomate. INN Ed grand Magreb, Tunisie, 99.p, 1970.
- [6] Boumendjel., M. Feknous., N. Brochure de TP « Conserves de tomate DCT ». Université Benjedid Eltaref.

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons d'abord les résultats du contrôle physico-chimique sur le concentré de tomate de la marque *ZIMBA*, suivi des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de trois chaudières différentes.

IV.2. Analyses physico-chimiques du concentré de tomate

Les analyses ont été effectuées sur quatre échantillons différents de concentré de tomate (ZIMBA).

IV.2.1. Concentré de tomate ZIMBA

IV.2.1.1. Poids

Nous pesons d'abord les quatre échantillons, puis notons les résultats dans le tableau IV.1.

Tableau IV.1 : Résultats de la pesée des quatre échantillons.

Echantillon	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Norme
Poids (g)	380	380	380	380	380

Discussion :

La pesée des quatre (04) échantillons a été faite exactement selon la norme.

IV.2.1.2. Brix

C'est la principale norme technologique dans les concentrés de tomates, car elle exprime le pourcentage de concentration en jus de tomate. A cet effet, nous avons effectué l'analyse Brix des quatre échantillons à une température comprise entre 18,5°C et 22°C. Les résultats sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.2 : Résultats du Brix des échantillons analysés.

Echantillon	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Norme
Brix (%)	22,2	21,8	22	21,9	22

Discussion :

Le Brix étant un paramètre clé de la qualité du concentré, sa baisse est interprétée comme étant une baisse de qualité du concentré, c'est le cas notamment des échantillons N° 2 et 4 devancés de l'échantillon 3 et de l'échantillon 1 qui vient en première position en terme de qualité.

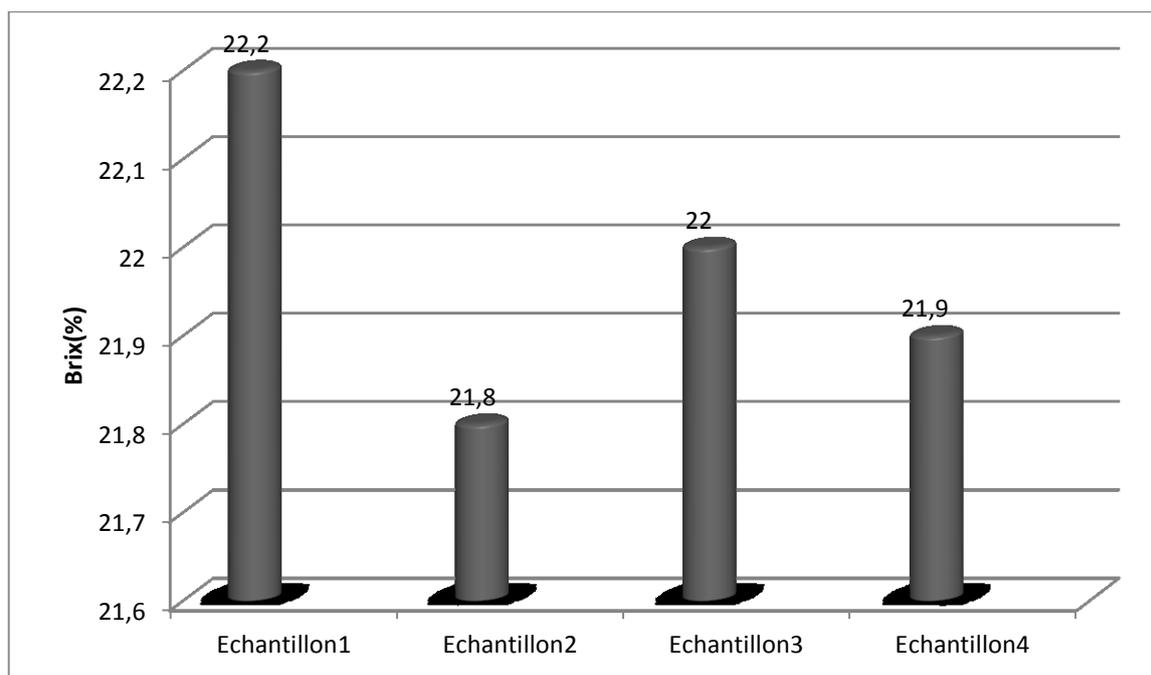


Figure IV.1 : Histogramme du Brix.

IV.2.1.3. Potentiel hydrogène pH

Le pH joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité organoleptique des tomates. Ce paramètre a été mesuré pour les quatre échantillons à deux températures différentes 37°C et 55°C. Le tableau IV.3, récapitule les résultats.

Tableau IV.3 : pH des échantillons à 37°C et à 55°C.

Echantillon	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Norme
pH à 37°C	4.36	4.3	4.29	4.42	≤ 4.5
pH à 55°C	4.34	4.27	4.27	4.41	

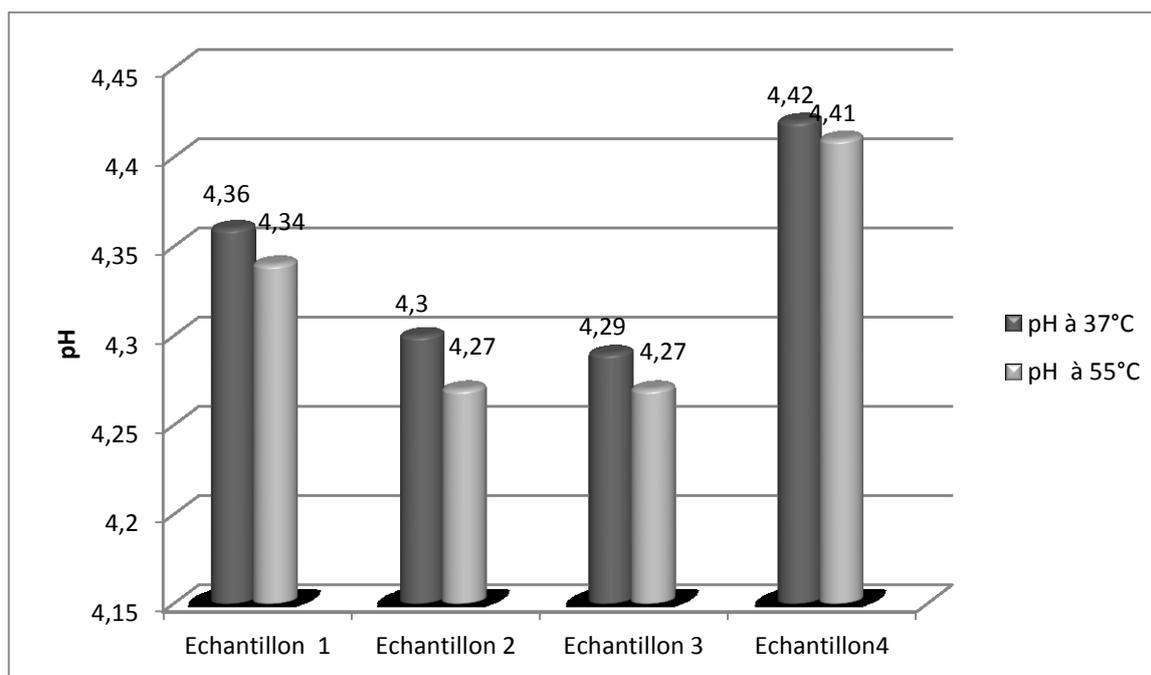


Figure IV.2 : Histogramme du pH.

Discussion :

Le pH étant un paramètre qualité hygiénique de la pâte de tomate, sa baisse est interprétée comme étant une amélioration de la conservation puisque ces produits sont classés dans la catégorie « conserve alimentaire d'origine végétale à pH inférieur à 4,5 ». Le produit reste conforme puisqu'aucune valeur de pH des échantillons analysés n'est supérieure à 4,5. Globalement les valeurs de pH de tous les échantillons étudiés, connaissent une baisse quand la température à laquelle se fait la mesure augmente de 37 à 55°C ; cela se traduit par l'amélioration de la conservation.

IV.2.1.4. Acidité

L'acidité est un distinctif pour la qualité du goût des tomates, c'est aussi la teneur totale en acides organiques naturels. Pour la déterminer, on titre à l'aide de soude en présence de phénolphaléine comme indicateur coloré, et le pH change à 8,1, les résultats d'acidité des échantillons sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.4 : Acidité des échantillons de tomate analysés.

Echantillon	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Norme
Acidité(%)	7,0	6,95	6,87	7,2	<10

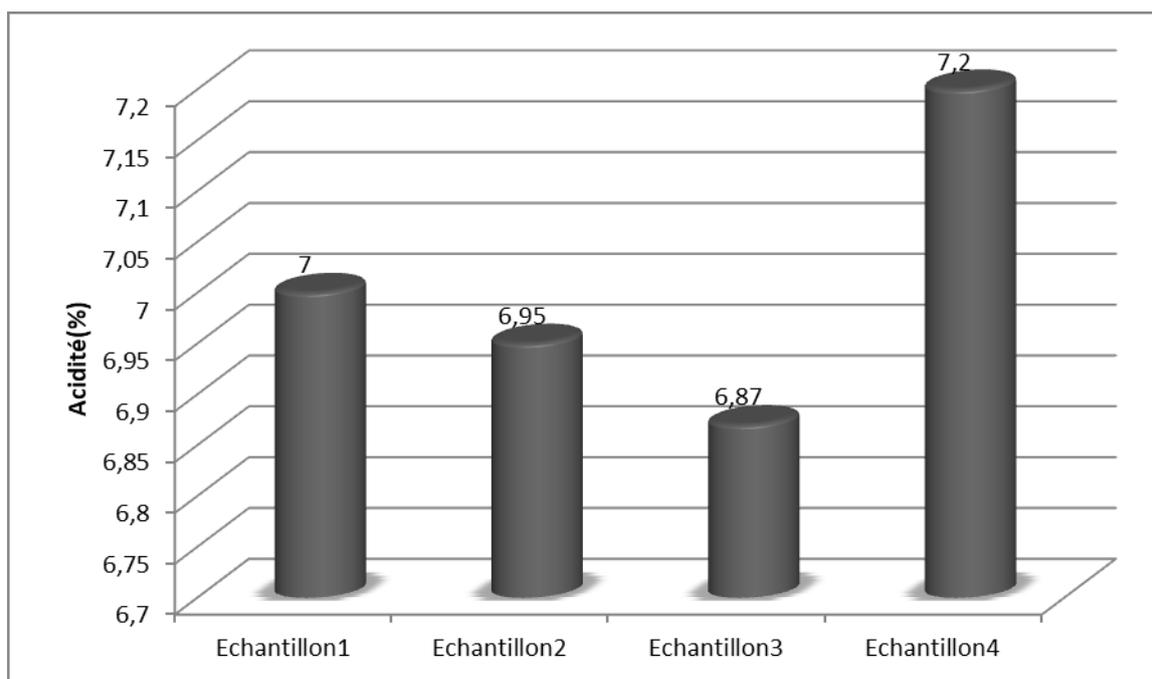


Figure IV.3 : Histogramme de l'acidité.

Discussion :

Tous les échantillons prélevés ont des valeurs inférieures à 10%. Le pourcentage d'acidité devant rester inférieur à 10%, étant un paramètre qualité physico-chimique de la pâte de tomate. Le produit reste conforme puisqu'aucune valeur n'est supérieure à 10%.

IV.2.1.5. Viscosité

La viscosité est un facteur technologique important lié à la teneur en substances insolubles dans l'alcool telles que les protéines, la pectine et le sucre. C'est aussi une mesure du niveau d'homogénéité de la tomate. Nous enregistrons les résultats de la viscosité des quatre échantillons dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.5 : Viscosité des échantillons de tomate analysés.

Echantillon	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Norme
Viscosité (cm/s)	4,5	5,2	5,6	4,8	5-6

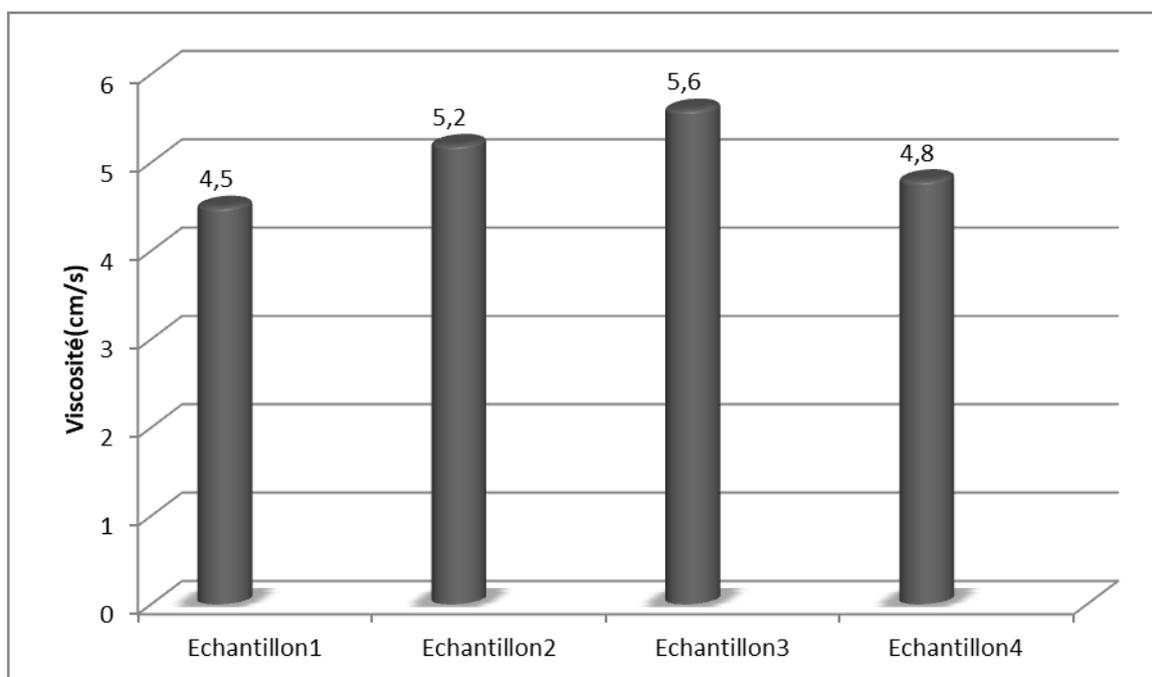


Figure IV.4 : Histogramme de la viscosité.

Discussion :

Quelques variations de la viscosité sont observées, c'est-à-dire qu'il y a changements de la consistance des échantillons analysés. La consistance étant un paramètre technologique du concentré de tomate, sa variation ne présente aucun effet sur le classement, la catégorie ou la conformité du produit. Néanmoins, la consistance est, avec la couleur et la flaveur, un paramètre qui caractérise majoritairement la qualité du concentré de tomate du point de vue des consommateurs.

IV.2.1.6. Test de stabilité

Tableau IV.6 : Résultats du test de stabilité.

	Témoin	Etuve à T=37°C	Etuve à T=55°C
Aspect de l'emballage	Abs	Abs	Abs
Fuite	Abs	Abs	Abs
Gonflement	Abs	Abs	Abs
Flochage	Abs	Abs	Abs
Modification d'odeur	Abs	Abs	Abs
pH	4,23	4,10	4,15

Discussion :

Après sept jours, les boîtes incubées dans les étuves ont été comparés avec les témoins. On ne remarqua aucun changement d'odeur ou de modification de l'emballage (fuite, gonflement ou flochage) et une différence de pH < 0,5. Le produit pourra donc être livré à la commercialisation, sans être soumis à des analyses microbiologiques.

IV.3. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de chaudières

L'analyse de l'eau a été réalisée sur six échantillons prélevés dans trois chaudières différentes (A, B et C) pendant deux jours successifs.

IV.3.1. Conductivité électrique (CE)

Nous utilisons cette analyse pour évaluer la minéralisation totale de l'eau car elle dépend de la quantité d'ions présents pour nous indiquer la teneur en sels solubles, elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre. Les valeurs mesurées pour les trois échantillons sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.7 : Conductivité électrique (CE) des échantillons analysés.

	Chaudière A		Chaudière B		Chaudière C		Norme
	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	
Conductivité électrique (ms/cm)	6,38	6,45	6,90	6,69	6,88	6,54	<7

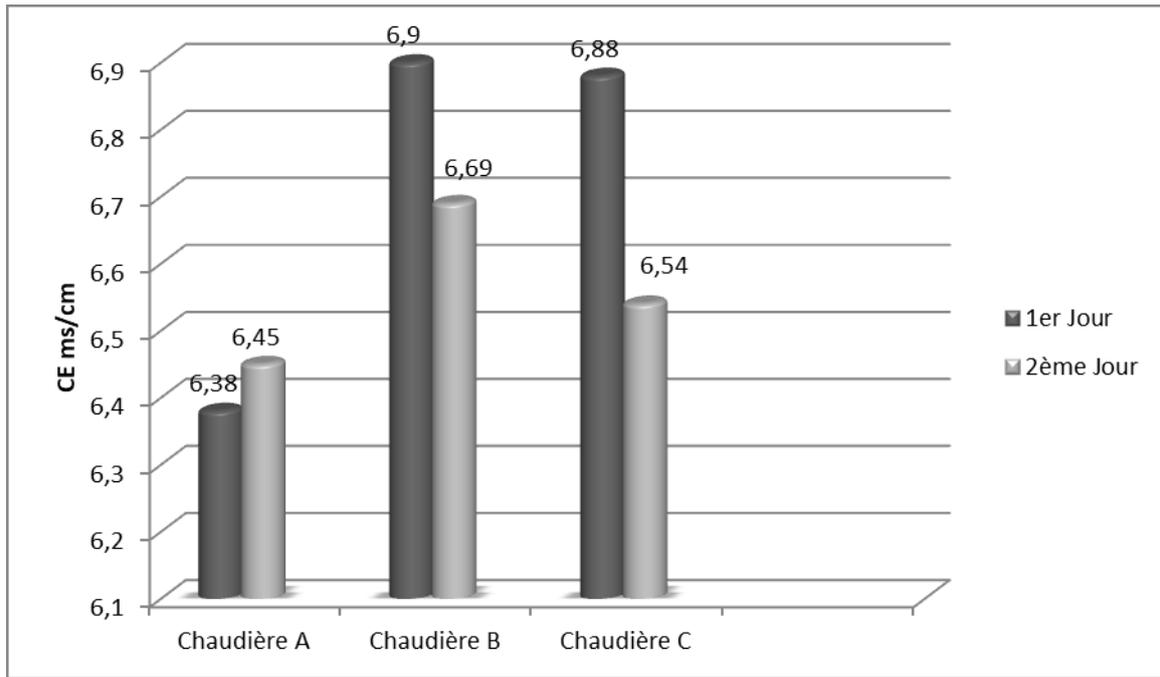


Figure IV.5 : Histogramme de la conductivité électrique (CE) des eaux de chaudières.

Discussion :

Nous notons une légère différence dans la conductivité électrique des six échantillons analysés. L'essentiel étant que les résultats compris entre 6,38 et 6,90 sont dans les normes. Les conductivités mesurées ont tendance à baisser le 2^{ème} jour de mesure, cela indique que la concentration en sels dissous conducteurs est faible, témoignant ainsi du bon état des chaudières B et C ; ce qui n'est pas tout à fait le cas pour la chaudière A avec sa légère hausse de conductivité le 2^{ème} jour de mesure indiquant peut être une variation de sa composition.

NB : La mesure de conductivité de l'eau en circulation sert à ajuster le débit de purge de la chaudière.

IV.3.2. Potentiel hydrogène pH

Le pH des eaux de chaudière doit être contrôlé en mesurant, pour assurer le bon fonctionnement des équipements. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.8 : pH des échantillons des eaux de chaudières.

	Chaudière A		Chaudière B		Chaudière C		Norme
	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	
pH	11,67	11,87	12,05	11,76	11,72	11,98	10,5-12,5

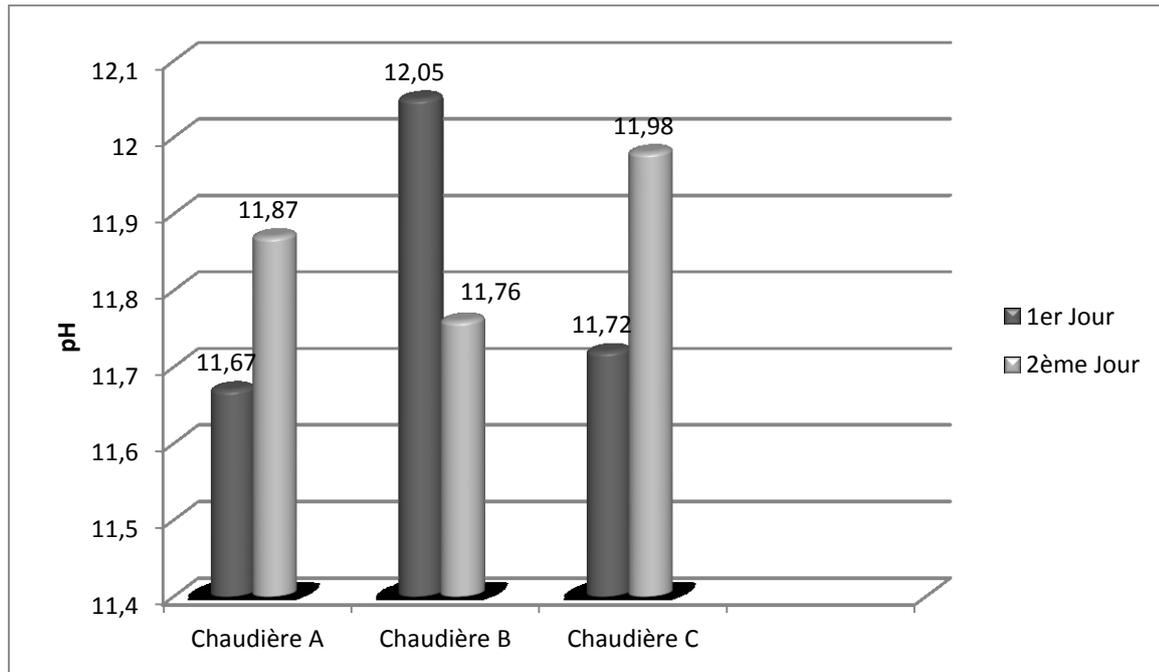


Figure IV.6 : Histogramme des pH des eaux analysées.

Discussion :

Les valeurs de pH des eaux de chaudières, sont comprises entre 11,67 et 12,05 elles correspondent aux normes requises. Cette alcalinité renforce l'adhérence de la couche de magnétite protégeant les surfaces d'échange contre la corrosion. Il est recommandé selon les normes Algériennes de maintenir un pH entre 10,5 et 12,5.

IV.3.3. Alcalinité (TA, TAC)

Les déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume par un acide fort minéral dilué, en présence d'indicateur coloré (phénolphtaléine et méthylorange).

IV.3.3.1. Titre alcalimétrique (TA)

Nous effectuons l'analyse du titre alcalimétrique en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré, qui vire du rose au violet à pH 8,3. Soit V le volume en ml d'acide versé pour obtenir le virage.

TA : V exprime le Titre Alcalimétrique en degré français (°F)

1°F = 20mg de CaCO₃ = 0,2mEq/l (mEq=milliéquivalent)

Les valeurs des TA exprimées en degré F, sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.9 : Titre d'Alcalinité (TA) des eaux analysées.

	Chaudière A		Chaudière B		Chaudière C		Norme
	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	
TA (°F)	82	70	73	67	70	89	60-80

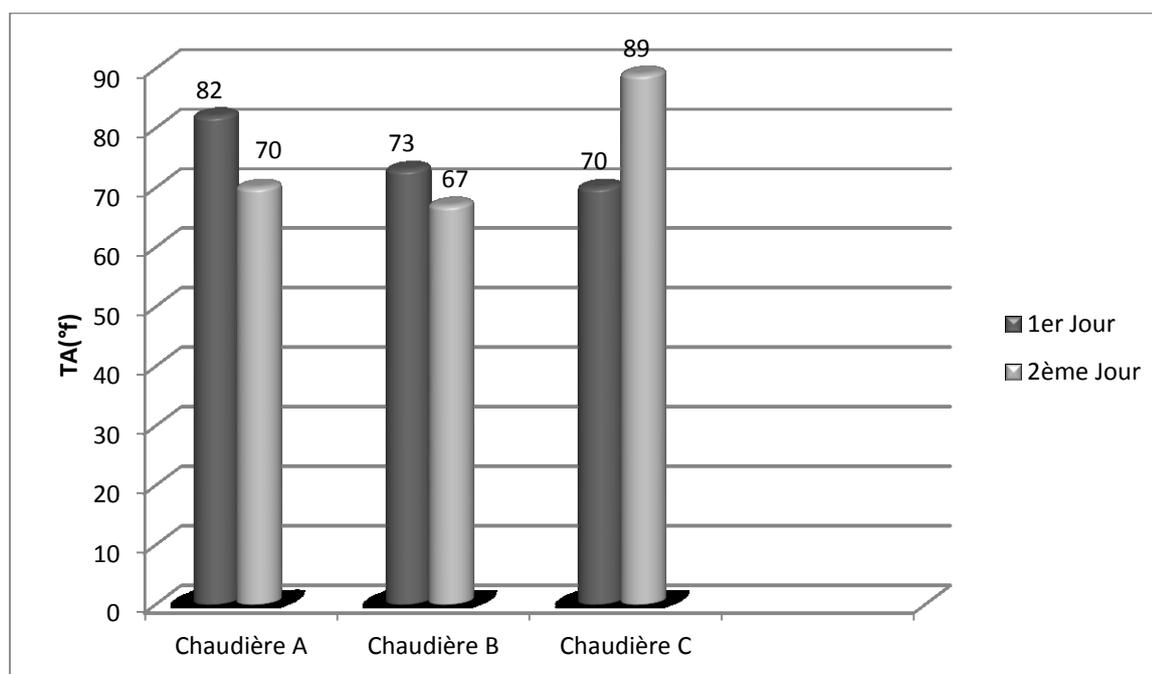


Figure IV.7 : Histogramme du titre d'alcalinité TA.

Discussion :

Le TA de l'échantillon d'eau de la chaudière C, analysé le 2^{ème} jour dépasse nettement la norme, cela pourrait être dû à une teneur supérieure à la normale en alcalis libres (OH^-) et/ou en carbonates (CO_3^{2-}).

IV.3.3.2. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Nous effectuons l'analyse du titre alcalimétrique en présence du méthyle orange comme indicateur coloré, qui vire de la couleur orangée au rouge brique à pH 8,3. Soit V' le volume en ml d'acide versé pour obtenir le virage.

TAC: V' exprime le Titre Alcalimétrique Complet en degré français (°F)

Le tableau IV.10, récapitule les résultats des TAC.

Tableau IV.10 : Titre d'Alcalinité Complet (TAC) des eaux analysées.

	Chaudière A		Chaudière B		Chaudière C		Norme
	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	
TAC (°F)	111	104	103	100	95	117	80-120

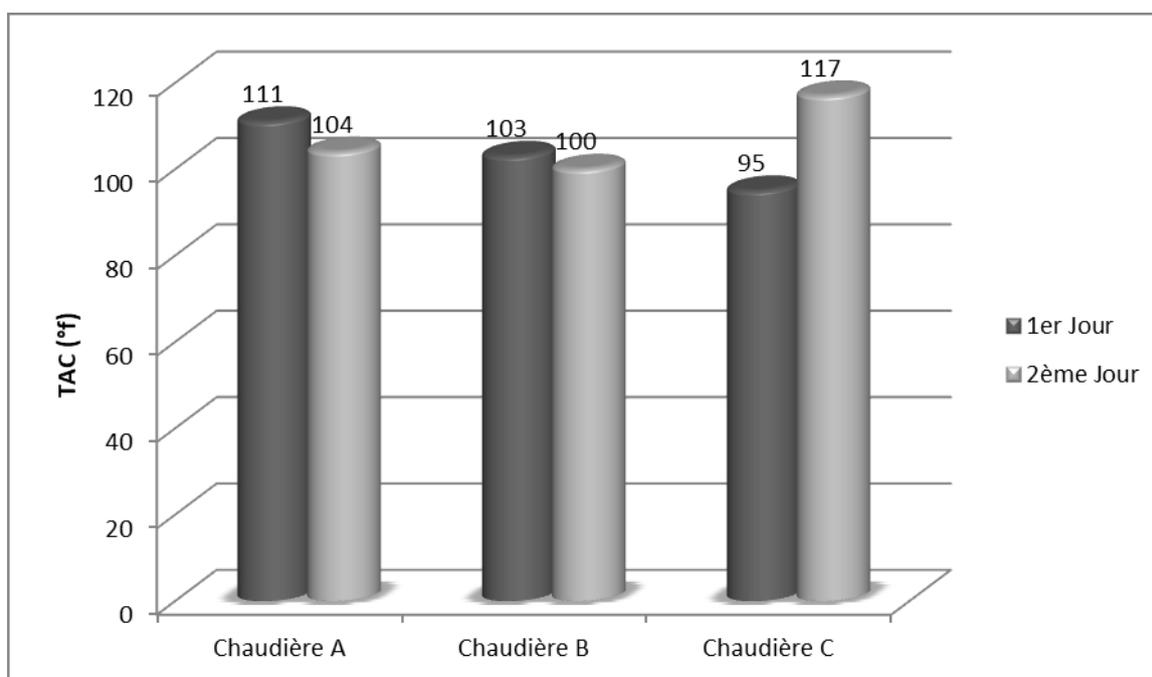


Figure IV.8 : Histogramme du titre d'alcalinité complet TAC.

Discussion :

Les résultats étant dans les normes requises, nous pensons que les eaux analysées sont exemptes d'hydrogénocarbonates.

IV.3.3.3. Rapport TA/TAC

Nous calculons le rapport TA/TAC et notons les résultats dans le tableau suivant :

Tableau IV.11 : Rapport TA/TAC.

	Chaudière A		Chaudière B		Chaudière C		Norme
	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	
TA/TAC	0,738	0,673	0,708	0,670	0,736	0,760	> 0,70

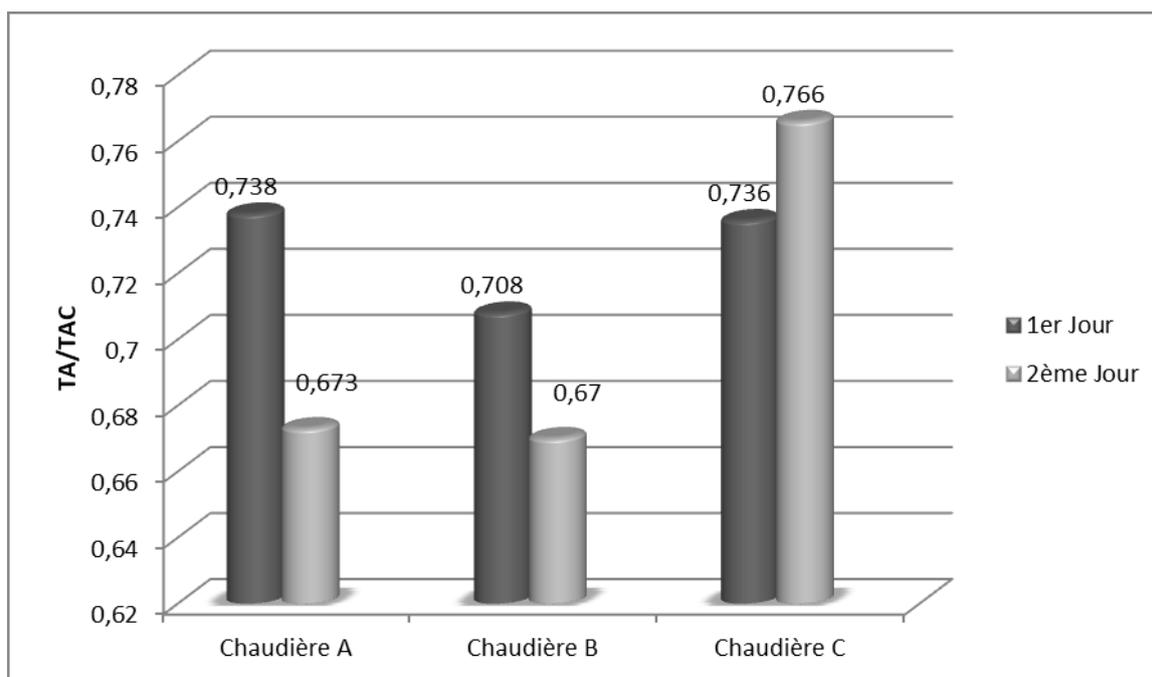


Figure IV.9 : Histogramme du rapport TA/TAC.

Discussion :

Les résultats sont relativement dans les normes.

IV.3.4. Dosage des chlorures (Cl)

Les chlorures s’impliquent dans le phénomène de corrosion par piqûres. Le taux de chlorures s’exprime en mg/L. Dans cette analyse, la couleur passe de l’orange au brun en ajoutant l’indicateur approprié pour les chlorures est le chromate de potassium (K_2CrO_4). Les concentrations en chlorures sont calculées par usage de l’expression suivante :

$$V (Cl^-) = 10 [V_{(dosage\ de\ Cl^-)}]$$

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.12 : Dosage en ions chlorures Cl^- des échantillons d’eaux analysées.

	Chaudière A		Chaudière B		Chaudière C		Norme
	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	
Cl ⁻ (mg/l)	61	68	55	68	78	89	< 140

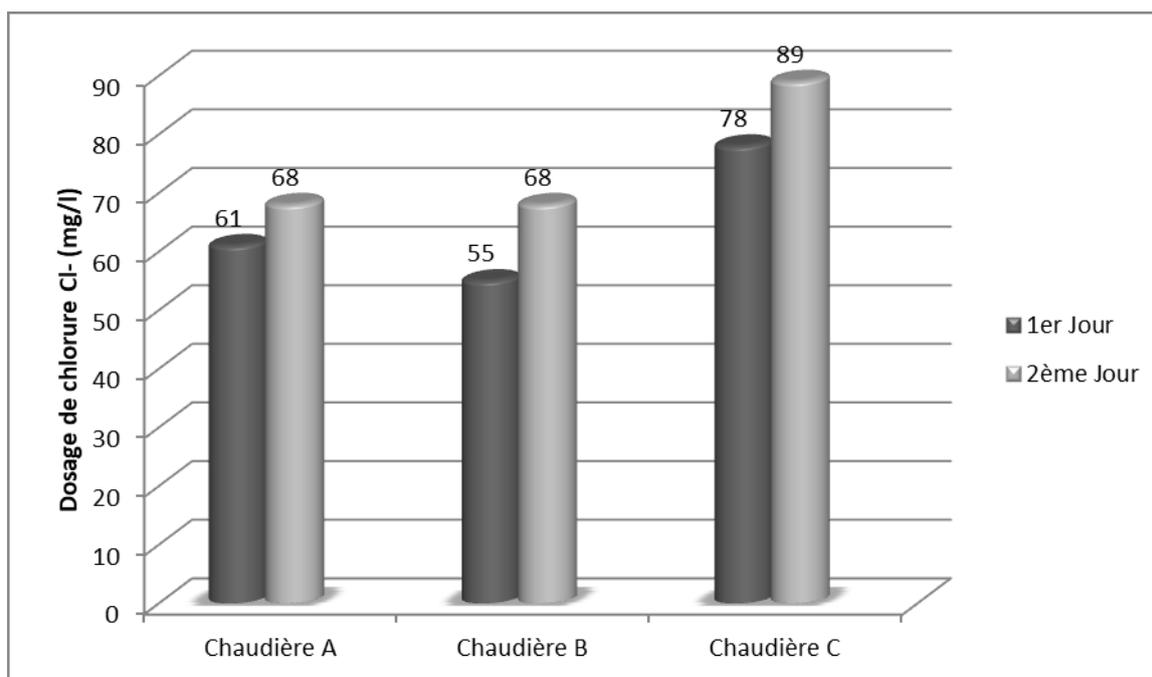


Figure IV.10 : Histogramme de dosage des chlorures (Cl⁻).

Discussion :

Le taux de chlorure de nos échantillons concorde avec la réglementation Algérienne, qui stipule que ce paramètre doit être inférieur à 140 mg/L. Le pourcentage de chlorures étant un paramètre de qualité très important, il reflète dans le cas de notre étude l'innocuité des eaux de chaudières analysées.

IV.3.5. Dosage du trioxyde de soufre SO_3^{-2}

Cette analyse dépend de la comparaison de la couleur qui apparaît sur une bandelette prévue à cet effet, après immersion dans les échantillons à analyser aux couleurs indiquées sur la boîte, on obtient ainsi les résultats récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.13 : Dosage du trioxyde de soufre SO_3^{-2} des échantillons d'eaux analysées.

	Chaudière A		Chaudière B		Chaudière C		Norme
	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	
SO_3^{-2} (mg/l)	10	10	40	40	40	40	10-40

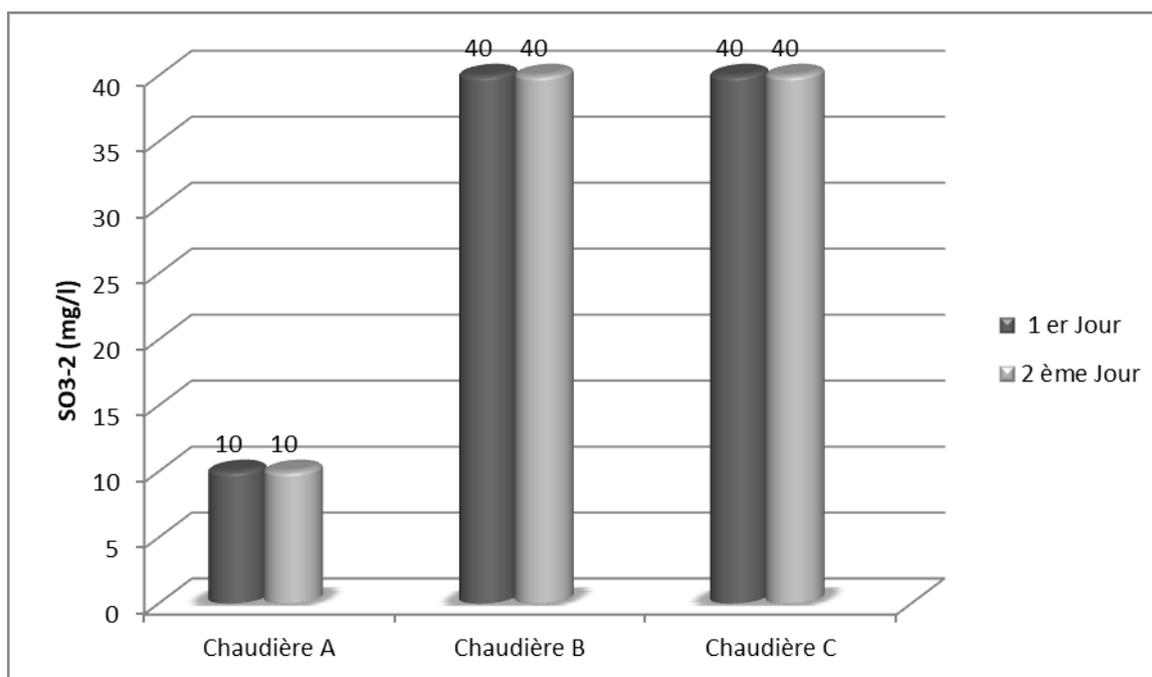


Figure IV.11 : Histogramme du trioxyde de soufre SO_3^{2-} .

Discussion :

Avec 10 mg/l de teneur en trioxyde de soufre, la chaudière A est en meilleur état que les chaudières B et C qui avec des taux de 40 mg/l (limite supérieure de la norme), finiront par être attaquées par le trioxyde de soufre extrêmement agressif vis-à-vis de la plupart des matériaux, par piqûres de surface.

IV.4. Conclusion

Pour conclure, nous avons fait le contrôle des paramètres physico-chimiques sur des échantillons du concentré de tomate de la conserverie ZIMBA et constaté que les résultats que nous avons obtenus sont en majorité compatibles avec les normes recommandées.

Par ailleurs, comme il est nécessaire d'apporter une grande attention à la qualité de l'eau qui constitue un élément essentiel des installations, nous avons fait le suivi de la qualité des eaux de trois chaudières.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au cours du travail, qui a fait l'objet de ce mémoire, l'accent a été mis sur deux la qualité du concentré de tomate *ZIMBA* d'une part et la qualité des eaux de chaudières d'autre part.

Pour ce qui est du concentré de tomate ; le Brix paramètre clé de la qualité du concentré, montre une légère fluctuation de sa valeur pour les 4 échantillons analysés, sans baisse affectant la qualité du concentré. Globalement les valeurs de pH de tous les échantillons étudiés, connaissent une baisse quand la température à laquelle se fait la mesure augmente de 37 à 55°C ; cela se traduit par l'amélioration de la conservation. Les résultats d'acidité de tous les échantillons témoignent de la bonne qualité physico-chimique de la pâte de tomate. La consistance caractérise majoritairement la qualité du concentré de tomate du point de vue des consommateurs, n'affecte pas la qualité proprement dite du concentré de tomate, car c'est un paramètre technologique, sa variation ne présente aucun effet sur le classement, la catégorie ou la conformité du produit. Les échantillons analysés sont restés stables après incubation. Le produit pourra donc être livré à la commercialisation, sans être soumis à des analyses microbiologiques.

L'ensemble de ces contrôles, confirment la bonne qualité du concentré de tomate *ZIMBA*.

Par ailleurs, comme il est nécessaire d'apporter une grande attention à la qualité de l'eau qui constitue un élément essentiel des installations, nous avons fait le suivi de la qualité des eaux de trois chaudières.

Il en ressort de la synthèse de l'ensemble des résultats d'analyses de ces eaux, que la moitié des paramètres qu'on a suivi tels que : pH, TAC et chlorures sont dans les normes ; paradoxalement le TA et les taux en sels dissous et en trioxyde de soufre, témoignent d'une toute autre nature de ces mêmes eaux, qualifiées par rapport à ces trois derniers paramètres d'eaux incrustantes, favorisant les dépôts calcaire, agressives, donc corrosives envers les canalisations. Ces eaux finiront par attaquer les

chaudières par le trioxyde de soufre extrêmement agressif vis-à-vis de la plupart des matériaux, par piqûres de surface. Ce paradoxe dans les résultats, peut être expliqué par la possible variation de la composition des eaux de chaudières, qui peut engendrer une possible variation des pH.

Nous pensons que cela pourrait être essentiellement due à :

- La qualité d'eau brute qui peut présenter des difficultés quant à son traitement se répercutant, par la suite, sur la qualité d'eau alimentaire de la chaudière.
- La gestion des purges de la chaudière qui peut ne pas être automatique.
- Au facteur humain qui entre en considération : le temps d'analyse, le temps de retour d'information et le temps de correction.

Nous proposons pour mieux contrôler la qualité de ces eaux de :

- Faire des analyses physico-chimiques sur site pour accélérer les systèmes de correction ;
- Faire des analyses complémentaires de la Silice, sulfite résiduel, phosphates, oxygène dissous, fer, dureté et matière en suspension au niveau du laboratoire car ce sont des paramètres très importants pour le suivi de la qualité de l'eau de chaudière.

Résumé

Dans le cadre de la préparation de notre mémoire de fin d'études pour l'obtention d'un master, nous avons réalisé ce travail lié aux « tomates industrielles » dans l'usine ABIDI Mohamed « ZIMBA ». Où nous avons mené quelques expérimentations afin de suivre les étapes de production du concentré de tomate et contrôler sa qualité. Les analyses physico-chimiques d'échantillons prélevés sur le produit final, dont le Brix, le pH, la viscosité, l'acidité, et la stabilité ; ont révélées que le produit est conforme à ses spécifications et exigences préétablies, incluant un avis d'acceptation de sa commercialisation, sans soumission à des analyses microbiologiques. En outre, une attention particulière a été portée à la qualité des eaux de trois chaudières, par la proposition de certaines mesures suite à leur contrôle physico-chimique pour améliorer leur qualité et préserver les installations.

Mots clés : Tomate, tomate industrielle, analyses physico-chimiques, eaux de chaudières.

Abstract

As part of the preparation of our final thesis for obtaining a master's degree, we carried out this work related to "industrial tomatoes" in the ABIDI Mohamed "ZIMBA" factory. Where we have carried out some experiments in order to follow the stages of production of tomato paste and to control its quality. Physico-chemical analyzes of samples taken from the final product, including Brix, pH, viscosity, acidity, and stability; revealed that the product complies with its pre-established specifications and requirements, including a marketing acceptance notice, without submitting to microbiological analyzes. In addition, special attention was paid to the quality of the water from three boilers, by proposing some measures following their physico-chemical control to improve their quality and preserve the installations.

Key words: tomato, industrial tomato, physico-chemical analysis, boiler water.

الملخص

كجزء من إعداد أطروحتنا النهائية للحصول على درجة الماجستير ، قمنا بتنفيذ هذا العمل المتعلق بـ "الطماطم الصناعية" في مصنع أبيدي محمد "ZIMBA". حيث قمنا بإجراء بعض التجارب لمتابعة مراحل إنتاج معجون الطماطم وضبط جودته. التحليلات الفيزيائية والكيميائية للعينات المأخوذة من المنتج النهائي ، بما في ذلك Brix ، ودرجة الحموضة ، واللزوجة ، والحموضة ، والاستقرار ؛ كشف أن المنتج يتوافق مع المواصفات والمتطلبات المحددة مسبقاً ، بما في ذلك إشعار قبول التسويق ، دون الخضوع للتحليلات الميكروبيولوجية. بالإضافة إلى ذلك ، تم إيلاء اهتمام خاص لنوعية المياه من ثلاث غلايات ، من خلال اقتراح تدابير معينة بعد المراقبة الفيزيائية والكيميائية لتحسين جودتها والحفاظ على التركيبات.

الكلمات المفتاحية : طماطم ، طماطم صناعية ، تحليل فيزيائي و كيميائي ، ماء الغلايات