



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR

ANTSIRABE VAKINANKARATRA

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL



PARCOURS: GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme
D'INGENIEUR EN GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET
INDUSTRIELS

«CONTRIBUTION A L'ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE POUR LA
PRODUCTION DE CONSERVE DE TOMATE»



Présenté par : TSIFERANA Maldinue

Promotion : 2021



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR D'ANTSIRABE
VAKINANKARATRA



DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL
PARCOURS: GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme
D'INGENIEUR EN GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET
INDUSTRIELS

«CONTRIBUTION A L'ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE POUR
LA PRODUCTION DE CONSERVES DE TOMATE »



Président : Professeur RAKOTOSAONA Rijalalaina

Encadreur : Professeur RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné

Examineurs : Docteur RAKOTOMAMONJY Pierre

Docteur RABIBISOA Daniel

Monsieur RAZAFIMANDEFITRA André

Soutenu le 28 Novembre 2022

REMERCIEMENTS

- ❖ Mes remerciements s'adressent tout d'abord à l'Éternel Dieu Tout Puissant pour la force, la santé et le courage qu'il m'a donné tout au long de mes études. Il m'a envoyé l'Esprit Saint pour me guider tout ce temps, surtout pendant la réalisation de ce présent mémoire jusqu'à cette présentation. Gloire à Dieu !
- ❖ Je tiens particulièrement à exprimer toute ma reconnaissance au Docteur ANTSONANTENAINARIVONY Ononamandimby, Maître de Conférences, Directeur de l'Institut d'Enseignement Supérieure d'Antsirabe Vakinankaratra (IES-AV), qui m'a permis d'effectuer mes études au sein de l'établissement.

J'exprime du fond du cœur mes remerciements à :

- ❖ Monsieur RAVONISON Elie Rijatiana Hervé, Maître de Conférences, Chef de la Mention Génie Industriel de l'Institut d'Enseignement Supérieure d'Antsirabe Vakinankaratra (IES-AV) pour ses précieuses informations pendant notre étude.
- ❖ Monsieur RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné, Professeur, pour le fait qu'il encadre ce mémoire.
- ❖ Monsieur RAKOTOSAONA Rijalalaina, Professeur, Directeur de l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui a accepté de présider le jury de ce mémoire.
- ❖ Monsieur RAKOTOMAMONJY Pierre, Docteur au sein de l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo; RABIBISOA Daniel, Docteur et Monsieur RAZAFIMANDEFITRA André, Professeur titulaire au sein de l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui ont accepté d'être les examinateurs de ce mémoire
- ❖ Le Responsable et tout le Personnel du Laboratoire de l'École Supérieure Polytechnique de Vontovorona qui m'ont bien accueilli.
- ❖ Mes parents, pour leur encouragement, leur aide et leur soutien tant moral que matériel.
- ❖ Tous les membres de ma famille et tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

A tous et à toutes, nous exprimons nos sincères remerciements



SOMMAIRE

REMMERCIEMENTS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Généralités sur la tomate

Chapitre II : Données botaniques

Chapitre III : Matériels et méthodes

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre IV : Détermination des paramètres physico-chimiques et test de stabilité

Chapitre V : Résultats et discussions

PARTIE III : ETUDE ECONOMIQUE

Chapitre VI : Etude économique

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

RESUME

GLOSSAIRE

- Acariens** : Ce sont des araignées très petites dont certaines sont parasites.
- Autogame** : Fécondation assurée par l'union d'une cellule sexuelle femelle et d'une cellule sexuelle mâle qui proviennent du même individu.
- Filiforme** : Mince comme un fil.
- Galles** : Excroissance qui se produit sur les végétaux à la suite des piqûres d'insectes parasites.
- Génétique** : Qui a rapport à l'hérédité, aux gènes.
- Nématodes** : Ce sont de vers microscopique tellurique.
- Pathogène** : Qui provoque une maladie.
- Phytopathogène** : Qui provoque de maladie chez les végétaux.

LISTE DES FIGURES

figure	Intitulé	PAGE
1	Variétés de tomate classées selon la forme	6
2	structure fruit de tomate	10
3	La structure moléculaire du lycopène	14
4	plant de tomate	15
5	fleur de tomate	16
6	Fruit de la tomate	16
7	Coupe anatomique d'une tomate	17
8	Principaux pays producteurs de la tomate (million de tonnes)	21
9	Production mondiale de la tomate 1962-2010	21
10	Évolution des températures et de la valeur stérilisatrice durant un cycle de stérilisation en autoclave	33
11	Deux exemples de stérilisateurs statiques	35
13	Rendements en concentré de tomate	56
14	pH des différents échantillons	57
15	Acidité des différents échantillons	58
16	Teneur en matière sèche des différents échantillons	59
17	Teneur en eau des différents échantillons	60
18	Teneur en cendre des différents échantillons	61
19	Teneur en chlorures des différents échantillons	62
20	Histogramme de la densité des différents échantillons	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Intitulé	PAGES
1	Composition chimique globale des résidus de tomates	9
2	Les cendres	9
3	Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate	11
4	Les substances organiques	12
5	Contenu en caroténoïdes des tomates et du jus de tomate	13
6	Evolution de production de tomate à Madagascar	19
7	Exemple de barèmes de pasteurisation, établis pour différents produits alimentaires Exemple de barème de pasteurisation	28
8	Modifications des propriétés des constituants alimentaires	30
9	Structure des tocophérols naturels	40
10	La durée de stérilisation en fonction du volume	47
11	Résultats de pH obtenus des différents échantillons	57
12	Résultats d'acidité obtenus des différents échantillons	58
13	Résultats de taux de matière sèche obtenus des différents échantillons	59
14	Résultats de taux d'humidité obtenus des différents échantillons	60
15	Résultats de taux d'humidité obtenus des différents échantillons	61
16	Teneur en chlorures des différents échantillons	62
17	Résultats de la densité obtenus des différents échantillons	63
18	Contrôle de la stabilité de nos échantillons	64

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

Abréviation	Signification
ADN	Acide Désoxyribose Nucléique
AgNO₃	nitrate d'argent
C	carbone
Ca	calcium
Cl	chlorure
CMV	Virus de la Mosaïque et du Cocombre
Cu	cuiivre
DPA	Acide DiPicolinique
FAO	Food and Agriculture Organization
Fe	fer
g	gramme
Ha	hectare
H	heure
K	potassium
Kcal	kilocalorie
Kg	kilogramme
KJ	kilojoule
Km	kilometre
MAT	Matière Azotée Totale
Mg	magnésium
Mn	manganese
MS	matière sèche
Mt	million de tonne
N	normalité
NaOH	hydroxyde de sodium
NC	Non connue
NF	Norme Française
NO₃	nitrate
N°	numéro
P	phosphore
PET	Polyéthylène Téréphtalate
pH	potentiel d'hydrogène
ppm :	parité par million
SASP	Smal Acide Soluble Protéins
SMTS	Service de la Méthodologie et du Traitement des Informations Statistiques
UHT	Ultra Haute Température
UV	Ultraviolet
T	tonne
T°	température
TMV	Virus de la Mosaïque et du Tabac
TLYC	Tomato Yellow Leaf Curl Virus
Zn	zinc
%	pourcent
°C	degré Celsius

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

La tomate a une place importante dans l'alimentation humaine puisqu'elle est consommée toute l'année dans le monde entier. Elle se positionne au premier rang mondial des fruits cultivés. A Madagascar, la tomate est cultivée pour son fruit qui est très recherché. En 2004, la culture de la tomate a rapporté à la caisse d'Etat 24,294 millions d'Ariary pour 12 millions de tonnes [1]. Ces chiffres montrent l'importance économique de la tomate. La production annuelle est en constante augmentation, et sa culture s'impose comme une importante activité génératrice de revenus pour les paysans aussi bien des milieux ruraux que dans les milieux périurbains. Sa culture s'étend dans différentes régions de Madagascar, au Nord à Mampikony; Port Bergé; Boeny, Moyen Orient notamment dans la région du Lac Itasy, aux environs d'Antananarivo et au Sud notamment Antsirabe ; Betafo...

Les variations des prix, les pertes pendant la saison de récolte, et l'importation des produits sont des problèmes récurrents pour les paysans et les consommateurs. Face à ces situations, la nécessité de trouver de nouveau moyen de valoriser les tomates sans effets néfastes sur l'environnement mais apporte des atouts pour la société est primordiale. Elle peut être valorisée dans un grand nombre de préparation comme en consommation crue, en jus concentrés, en jus stérilisés, en confitures, en usage ménagère et en concentré. Elle joue un rôle important dans l'alimentation notamment dans la cuisine malgache. Le concentré de tomate est un produit essentiel dans l'alimentation à l'échelle mondiale.

Aujourd'hui les consommateurs sont de plus en plus exigeants en matière de goût, une couleur attirante et qui se conserve longtemps. Afin de répondre à ces demandes des additifs sont utilisés. Ces substances sont ajoutés intentionnellement et en petite quantité à un aliment au cours de préparation afin d'amener une meilleure conservation ou de compenser la perte des qualités sensorielles. Elles peuvent être d'origine naturelle (minérale, animale, végétale) issues de la transformation de substance ou obtenus par synthèses.

L'objectif principal de ce travail est l'étude technico-économique pour la production du concentré de tomate, et l'évaluation de leur conformité aux normes exigées. Notre but c'est de suivre le développement de l'industrie agroalimentaire, d'acquérir des informations et d'étudier la conservation des produits.

Pour bien cerner ce travail, nous l'avons scindé en trois parties:

- La partie I sera constituée de l'étude bibliographique sur la tomate, les données botaniques, les cadres et matériels pour les méthodes de conservation.
- La partie II sera une étude expérimentale sur la fabrication des concentrés de tomate, les matériels et méthodes pour la détermination des paramètres physico-chimiques et les résultats de la réalisation qui sont principalement basés sur des expériences en laboratoire.
- La partie III sera consacrée à l'étude économique de ce projet.

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Généralités sur la tomate

I. HISTORIQUE ET DEFINITION

I.1. Historique

La tomate est originaire de la région andine du nord-ouest de l'Amérique du Sud où sa domestication remonte à plus de 5000 ans. Elle a été introduite au Mexique puis, via l'Espagne, en Europe au XVIème siècle [2].

La tomate, en l'absence totale de toute taille, est une plante à port buissonnant. Les feuilles sont imparipennées [3].

L'inflorescence – cyme unipare avec un nombre de fleurs à pétales jaunes très variable en fonction du génotype est disposée en position latérale sur tige ou sur rameau. Le fruit est une baie polymorphe et polychrome. La tomate est à l'origine une plante allogame mais elle est devenue autogame préférentielle dans ses aires de domestication.

I.2. Définition

La tomate (*Lycopersicon L.esculentum*) fait partie de la famille des solanacées. La tomate est le fruit du plant de tomate.

I.3. Classification botanique

Règne	: Plantae
Sous-règne	: Tracheobionta
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Magnoliopsida
Sous-classe	: Asteridae
Ordre	: Solanales
Famille	: <i>Solanaceae</i>
Genre	: <i>Solanum</i> ou <i>Lycopersicon</i>
Espèce	: <i>Lycopersicon esculentum</i>
Nom vernaculaire	: <i>Voatabia</i>

I.4. Etymologie

La substantive féminine « tomate » est un emprunt, par d'abord l'intermédiaire de l'espagnol *tomate* puis par celle de diverses traductions, au nahuatl (langue de la famille uto-aztèque) *tomatl* qui désignait le fruit de la tomatille (*Physalis ixocarpa*).

Toutefois, le mot nahuatl *xitoma(tl)* (qui signifie « (le) nombril » et qui a donné en espagnol mexicain : *jitomate*) désigne la tomate (*Lycopersicon esculentum*). La première attestation de « tomate » en français date de 1598 dans la traduction de l'ouvrage de José de Acosta, *Historia natural y moral de las Indias*, par Robert Regnaud. « Tomate » n'est entrée dans le dictionnaire de l'Académie française qu'en 1835, le fruit s'est longtemps appelé « pomme d'amour » ou « pomme d'or ».

Le nom de la tomate figure dans les « mots sans frontières » recensés par Sergio Corrêa da Costa. On le retrouve en effet dans de nombreuses langues avec de faibles variations phonétiques et orthographiques. On a ainsi dans les langues européennes : *tomato* en anglais, *tomate* en allemand, espagnol, français et portugais, *tomatã* en roumain, *tomat* en danois, norvégien, suédois et estonien, *tomaat* en néerlandais, *tomaquet* en catalan, *domates* en turc, à l'exception notable de l'italien *pomodoro*, du polonais *pomidor* et du hongrois *paradicsó*. En russe, les termes *tomat* (*томат*) et *pomidor* (*помидор*) sont interchangeables.

II. LES VARIETES DE TOMATE

Il existe un très grand nombre de variétés de tomate (plusieurs centaines) [4]. Les plus intéressantes peuvent être réparties en cinq groupes en tenant compte des caractères extérieurs du fruit [w1].

II.1. Variétés à gros fruits ronds

Ce sont des gros fruits ronds, plus ou moins aplatis dont le poids varie de 150 à 300g. On peut citer Merveille des Marchés, Saint Pierre, Casaque Rouge, Marglobe...

II.2. Variétés à fruits moyens et plats

Elles donnent des fruits aplatis et plus ou moins côtelés, son poids varie de 90 à 150g. On peut trouver : Marmands, Super-Marmands, Poncette...

II.3. Variétés à petits fruits ronds

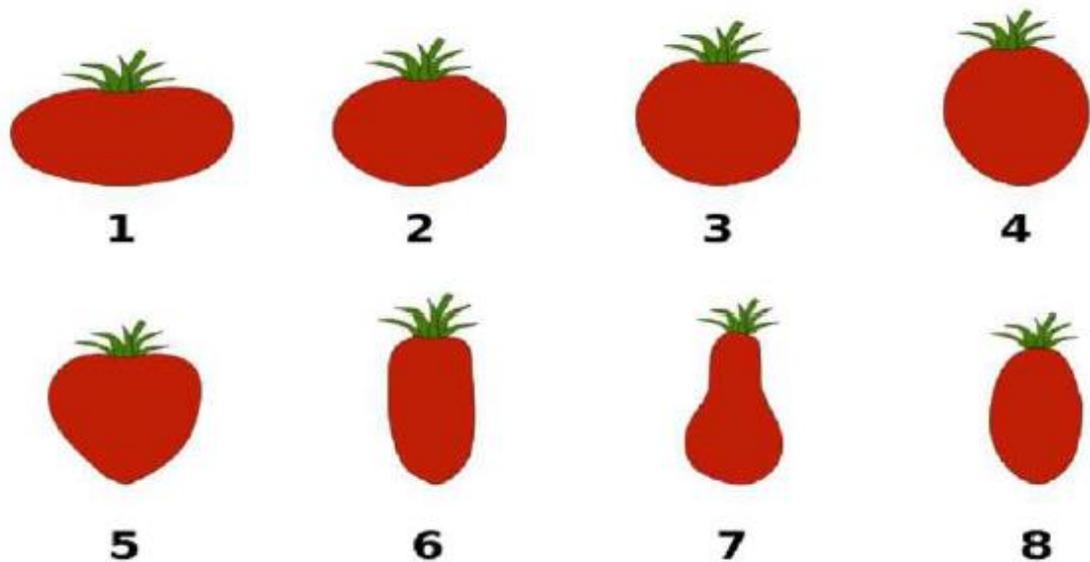
Elles donnent des petits fruits ronds et lisses qui pèse de 30 à 90g. On peut citer : Moneynarker, Fournaise, Eclaireur, Tomate cerise...

II.4. Variétés à fruits allongés

Elles comprennent des variétés à port indéterminé (exemple : San Marzano) et des variétés à port déterminé telles que : Roma, Chico. Leurs fruits sont assez petits (poids variant de 45 à 60 g), biloculaires, contenant très peu de graines.

II.5. Les tomadoses

Leurs fruits toujours petits sont des formes variables peuvent reproduire en miniature ceux des groupes cités précédemment, côtelés, ronds ou allongés sur le même pied. De même, la couleur es variable, allant du vert au rose et parfois même strié (fruits avec des bandes roses et vertes)



1: aplatie, 2:légèrement aplatie, 3:arrondie, 4:haute et ronde, 5:en forme de cœur, 6:cylindrique, 7:en forme de poire, 8:en forme de prune

Figure 1: Variétés de tomate classées selon la forme

Source : IPGRI, 2009

A Madagascar, les variétés cultivées sont également nombreuses, *Mademoiselle*, *Zakarôzy*, *Madagloby*, *kadà*, *Japoney*...ce sont quelques-unes des appellations locales des variétés de tomates rencontrés sur le marché.

III. LES TYPES DE TOMATES

III.1. Tomate de table

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

Leur rendement à l'hectare est faible comparé à la tomate industrielle ; elles ne peuvent donc pas faire l'objet d'une transformation industrielle [5].

III.2. Tomate industrielle

De dimensions souvent plus petites et parfois allongées, aspect très rouge désiré pour les sauces, elles ont un taux de matières sèches plus élevées aussi elles ont une peau résistante.

Ce sont ces tomates qui se prêtent à une transformation industrielle comme leur nom l'indique. Sa 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 tables) 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 [5].

IV. INTERETS DE LA TOMATE

IV.1. Intérêts médicaux

La tomate aurait un usage traditionnel de phytothérapie notamment grâce à sa teneur en pigments caroténoïdes antioxydants, et plus particulièrement en lycopène, réputé pour ses propriétés anticancéreuses et de prévention contre les maladies cardiovasculaires, en particulier. Il est à noter que ce lycopène est plus facilement assimilé par la consommation de tomates cuites, la cuisson libérant les nutriments en faisant éclater les cellules végétales [6].

IV.1.1. Cancer

Certaines études publiées sur United States National Library of Médecine ont révélées que la consommation fréquente ou régulière de la tomate pourrait réduire le risque de développer le cancer de la prostate, aussi bien que d'autres tumeurs malignes telles que les cancers du pancréas, du poumon, du côlon, du rectum, de l'estomac, de la cavité orale, de l'œsophage, du sein et du col de l'utérus [6].

IV.1.2. Maladies cardiovasculaires

Une autre étude menée chez des femmes a démontré que ce même fruit pourrait réduire leurs risques de souffrir des maladies cardiovasculaires et baisser le taux de leurs lipoprotéines de basse densité. Les chercheurs pensent que ces effets bénéfiques pourraient être dus au lycopène associé à d'autres composés antioxydants et des vitamines [7].

IV.1.3. Toxicité et risques alimentaires

La plante contient dans tous ses organes de l' α -tomatine, glyco-alcaloïde astéroïdal toxique, proche de la solanine de la pomme de terre, et qui peut présenter un danger pour le bétail. La tomatine a des propriétés antibiotiques et antifongiques sa teneur est faible pour les fruits murs de l'ordre de 0,03 à 0,08 mg.100g⁻¹ et nettement plus élevée pour les fruits immatures, de 0,9 à 55 mg.100g⁻¹ sans danger toutefois pour la consommation humaine [6].

La consommation de tomates, en particulier de tomates crues, peut provoquer chez certaines personnes des indispositions en raison de la présence de saponines et solanine, et des réactions allergiques, pouvant aller jusqu'à un choc anaphylactique. Ce phénomène relativement rare d'allergie alimentaire est dû à la présence dans les tomates mûres de protéines de liaison avec les immunoglobulines E, dont le taux tends augmenter avec le mûrissement du fruit [6].

Le tableau ci-dessous illustre la composition globale des résidus de tomates

Tableau 1: composition chimique globale des résidus de tomates

N°	COMPOSITION	Teneur en %
01	Matière Sèche (M.S)	92,20 à 95
02	Matière Azotée Totale (M.A.T)	16,80 à 29,58
03	Mg	03,45 à 21,93
04	Glucides : Glucides Cytosoliques	03,60
05	cellulose	04,00
06	Hémicelluloses (Xylanes, Glucanes, Mannanes, Arabinoglactone)	25 - 30
07	Glucoprotéines	005,00
08	Lignines	20 - 25

Source : Cotte, 2000.

Le tableau ci-dessous nous montre le taux de cendres des résidus de tomates

Tableau 2: les cendres

Tableau:	LES MACROELEMENTS
N°	
01	Les cendres : Les macroéléments : Ca (1.1 à 5.2g/Kg), P (0.91 à 8g/Kg), Mg (2.1 à 2.41g/Kg), Na (0.14 à 0.27g/Kg), K (7 à 8.35g /Kg)
	LES OLIGOELEMENTS
02	Fe (246 à 551ppm), Cu (12.15 à 20ppm), Zn (5 à 56.9ppm), Mn (31.71 à 37.2ppm)

Source : Cotte, 2000.

IV.2. Intérêts alimentaires

La tomate (le fruit) tient une place importante dans l'alimentation humaine. Bien que ce soit un fruit sur le plan botanique, elle se consomme comme un légume soit cru, en salade souvent mélangée avec d'autres ingrédients ou en jus, soit cuite dans d'innombrables préparations culinaires.

V. STRUCTURE ET COMPOSITION DE LA TOMATE

V.1. Structure de la tomate

D'un point de vue botanique, la tomate est un fruit (baie), mais elle est cultivée et utilisée comme un légume. Ce fruit est constitué de trois parties :

- le péricarpe (comprenant la peau et la partie charnue),
- le gel contenu dans les loges
- les graines.

La peau consiste en quatre à cinq couches de cellules de type épidermique ou hypodermique sous une fine cuticule [8].

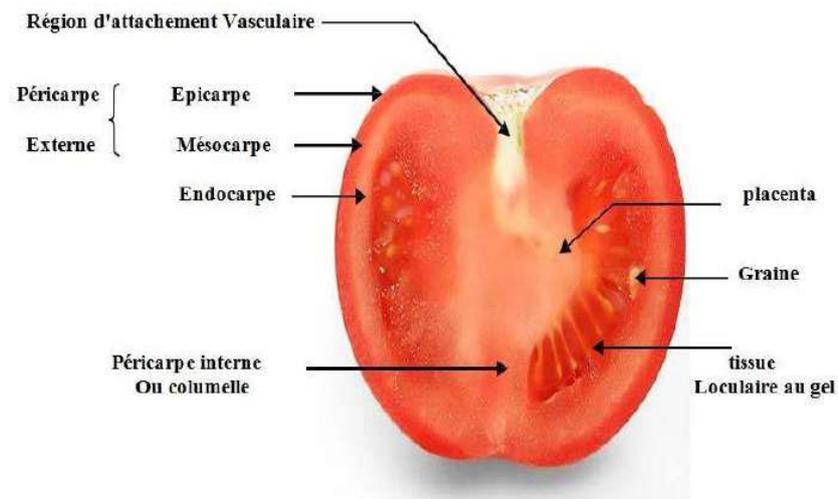


Figure 2: structure fruit de tomate

Source : Zidani, 2009

La tomate est constituée de plus de 93,5% d'eau et contient un peu plus d'un g de fibres, surtout présentes dans la peau et les pépins [8].

V.2. Composition de la tomate

Biochimiquement, la composition de la 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.

V.2.1. Composition majeures

Contrairement à la plupart des fruits, la tomate est un aliment très peu énergétique, une prise crue de 100g apporte environ 15 Kcal et 20 Kcal à l'état cuit. La tomate présente une bonne densité nutritionnelle avec 94 % d'eau et 6% de matière sèche qui comporte 5% de sucres, 25% d'acide organiques, 8% de minéraux, 2% d'acide aminées et de fibres totales (2g /100g) [9].

V.2.2. Composition mineures

La tomate contient de nombreux minéraux et oligoéléments, elle apporte beaucoup de potassium (245.0mg/100g). La tomate est riche en vitamine A, B1, B2, B3, B5, B6, B12 et surtout les vitamines C et E, ces antioxydants en font un formidable rempart contre les affections [10].

La tomate représente une source des métabolites secondaire. Elle renferme des polyphénols tels que l'acide férulique, l'acide chlorogénique et l'acide caféique [11], des flavonoïdes comme le quercitine, la rutine, le kaempférol, et la naringénine [12].

Le métabolite le plus célèbre de la tomate est le lycopène. Un pigment de nature tétraterpénique de la famille des caroténoïdes, La consommation régulière de ce composé est associée à une réduction des risques de maladie cardio-vasculaire, du diabète, de l'ostéoporose et même de problèmes de fertilité masculine, et de certains cancers dont ceux de l'œsophage, du côlon et de la bouche [13].

Le tableau ci-dessous nous montre la valeur nutritionnelle de tomate

Tableau 3: Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate

Valeur nutritionnelle crue de la tomate par 100 grammes					
Eau		93,80g	Fibres		1,20g
Valeur calorique		19 Kcal	Cellulose		0,60g
Eléments énergétiques	Protides	0,80g	Minéraux	Fer	0,40mg
	Glucides	3,5g		Calcium	9,00mg
	Lipides	0,30g		Magnésium	11,00mg
Vitamines	Vitamine A	0,00mg		Phosphore	24,00mg
	Vitamine B1	0,06mg		Potassium	226,00mg
	Vitamine B2	0,05mg		Sodium	5,00mg
	Vitamine B6	0,00mg		Soufre	11,00mg
	Vitamine C	18,00mg		Zinc	0,24mg
	Vitamine PP	0,60mg		Chlore	40,00mg

Source : Favier *et al.* 2003

La tomate mûre contient aussi plusieurs pigments de la famille des caroténoïdes, dont le β -carotène qui possède une activité pro-vitaminique A. Elle contient également des substances organiques vitaminiques tel que la vitamine ; A (rétinol), D (calcitriol),

E (tocophérol), principalement la vitamine C 10 à 30mg.100g⁻¹ pour la tomate crue contre 16mg.100g⁻¹ mais très pauvre en calories (17 kcal. 100 g⁻¹).

Le tableau ci-dessous nous montre les substances organiques présents dans les tomates

Tableau 4: les substances organiques

N°	LES VITAMINES		QUANTITES	VALEURS NUTRITIVES DE REFERENCE (%)
01	Provitamine A	Rétinol	449µg	NC
02	Equivalent vitamine A		74,83µg	09,35
03	Vitamine B1	Thiamine	0,039mg	03,55
04	Vitamine B2	Riboflavine	0,019mg	01,36
05	Vitamine B3	Niacine,ex vitamine PP	00,65mg	04,06
06	Vitamine B5	Acide pantothénique	00,21mg	03,50
07	Vitamine B6	Pyridoxine	0,082mg	05,86
08	Vitamine B9	Folates	22,70mg	11,35
09	Vitamine C	Acide ascorbique	15,50mg	19,38
10	Vitamine E	Tocophérols	00,66mg	05,50

Source : DAVIES et HOBSON ,1981 in MASSOT, 2010

V.2.3. Principaux antioxydants

V.2.3.1. Polyphénols

Les polyphénols sont capables de piéger les radicaux libres découlant aussi bien des réactions d'oxydation de différents nutriments que de celles de l'organisme. La richesse des structures des polyphénols en résidus hydroxyles, leurs confère une meilleure capacité à neutraliser les radicaux libres. Etant des antioxydants primaires et radicalaires, ils peuvent ralentir la formation de radicaux libres et interrompre la chaîne autocatalytique. Toutefois, les mécanismes par lesquels les polyphénols

peuvent avoir des effets protecteurs sur la santé via une action antioxydant ne sont pas bien élucidés [14].

Les composés phénoliques de la tomate sont des antioxydants actifs [15] et contribuent aux effets synergiques avec le lycopène. Des effets antioxydants synergiques contre l'oxydation de LDL (Low-density lipoprotein) ont été obtenus quand le lycopène a été employé en association avec différents polyphénols [16].

V.2.3.2. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles qui contiennent une chaîne centrale hautement polyinsaturée. La structure de base des caroténoïdes est formée d'une longue chaîne hydrocarbonée en C18 où alternent simples et doubles liaisons portant quatre groupements méthyles, et de cycles en C6 (β -ionone), situés à chacune des extrémités de cette chaîne.

Les caroténoïdes peuvent être de couleur rouge, jaune, ou orange et sont largement distribués dans la nature. Plus de 700 caroténoïdes naturels identifiés jusqu'à présent, dont 50 peuvent être absorbés et métabolisés par le corps humain.

Le tableau ci-dessous nous enregistre la teneur en caroténoïdes des tomates et du jus

Tableau 5: Contenu en caroténoïdes des tomates et du jus de tomate

Teneur ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Tomates crues	Jus de tomate
β-Carotène	449	270
γ-Carotène	01	0
Lycopène	2573	9037
Lutéine, Zéaxanthine	123	60
Phytoène	1860	1900
Phytofluène	820	30

Source : Yefsah-idres, 2007

Cependant, seulement 14 caroténoïdes ont été identifiés dans le sérum humain, dont le lycopène comme étant le plus abondant.

Chimiquement, les caroténoïdes peuvent être divisés en deux classes principales. La première classe contient les caroténoïdes fortement insaturés tels que le lycopène, α -carotènes, β -carotènes, qui n'ont pas d'oxygène et ont habituellement une couleur orange et rouge. Vu leur richesse en insaturations, ils sont particulièrement susceptibles à l'oxydation.

La deuxième classe contient les xanthophylles (lutéine, zéaxanthine), qui sont les dérivés oxygénés et ont un ou plusieurs groupes oxygénés [16] [17].

V.2.3.3. Lycopène

Le lycopène appartient à la famille des caroténoïdes, c'est un polyène acyclique de chaîne ouverte avec 13 doubles liaisons et une formule moléculaire de $C_{40}H_{56}$. Il a 11 doubles liaisons conjuguées disposées linéairement, le rendant le plus long caroténoïde.

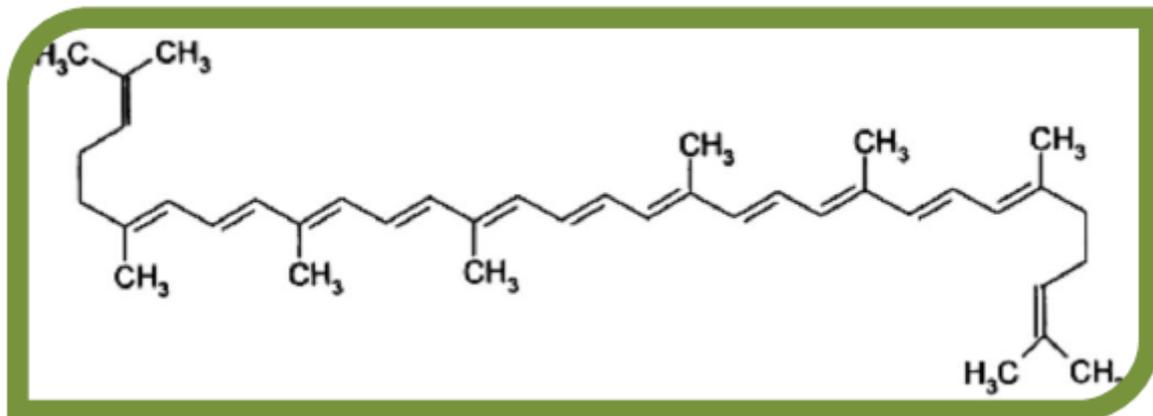


Figure 3: La structure moléculaire du lycopène
Source : Stahl, 2000

Le lycopène est absorbé plus facilement par le corps humain lorsqu'il est préparé dans le jus, la sauce, la pâte, et le ketchup [18] ceci peut se produire en partie parce que le lycopène est inclus dans la matrice de fruit frais et des cellules végétales, ce qui empêche son dégagement complet.

La transformation des produits alimentaires peut améliorer la biodisponibilité du lycopène en dégradant les parois cellulaires ce qui affaiblit les forces des liaisons entre le lycopène et la matrice de tissu, et augmente sa biodisponibilité. En plus, la forme isomérique du lycopène peut être changée des trans-isomères aux cis-isomères sous l'effet de la température ce qui augmente son absorption [17].

En outre, parce que le lycopène est soluble dans la phase grasse, l'absorption augmente dans les régimes lipidiques [19]. Bien que le lycopène soit disponible sous la forme de supplément, il est probable qu'un effet synergique soit produit lorsqu'on consomme le fruit entier parce que les autres composants du fruit (acide ascorbique, tocophérols, et d'autres caroténoïdes) peuvent augmenter l'efficacité du lycopène. Le lycopène, avec ses 11 doubles liaisons conjuguées et 2 non conjugués est 100 fois plus efficace que l' α -tocophérol en tant qu'antioxydant [20].

Chapitre II : Données botaniques

I. DESCRIPTION BOTANIQUE

I.1. Morphologie de la tomate

La tomate est une plante herbacée annuelle. Elle peut atteindre une hauteur de plus de deux mètres [21].

I.1.1. Feuille

Elles sont composées, imparipennées, alternées [22]. Elles peuvent prendre des formes très différentes, selon les variétés. Les feuilles sont disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm [21].

I.1.2. Tige

Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. La tige est pleine, fortement poilue et glandulaire [21].

Elle est vigoureuse et ramifiée, herbacée au stade jeune, elle se lignifie avec l'âge, tout en portant des feuilles et des bourgeons [22].



Figure 4: plant de tomate
Source: Auteur

I.1.3. Racine

La tomate possède un système racinaire pivotant. Ce dernier pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices. Ces dernières atteignent parfois 0,3 m [22].

I.1.3. Inflorescence

L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs [21]. Les fleurs de couleur jaunâtre sont bisexuées, régulières et entre 1,5 et 2 cm de diamètre. Les sépales sont persistants. En général, la tomate possède six (6) pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm et six (6) étamines. Les anthères entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre deux (2) et neuf (9) carpelles.

En général, la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu.

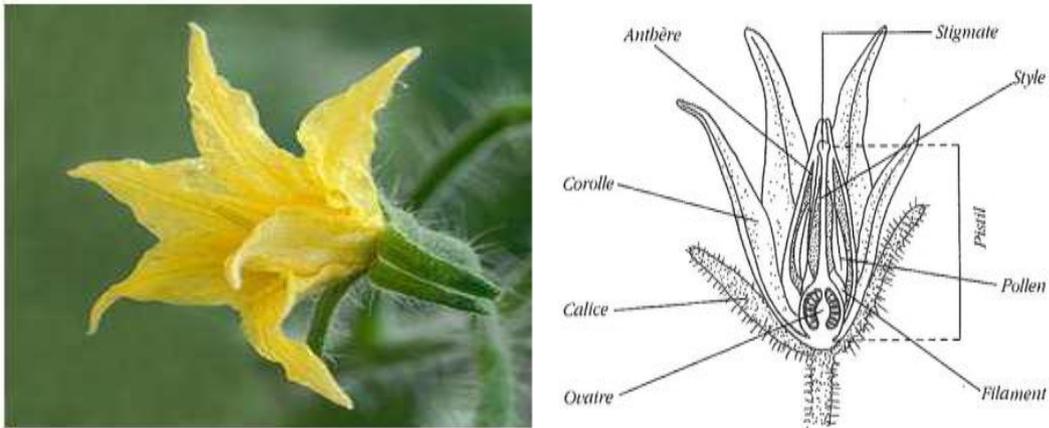


Figure 5: fleur de tomate

Source : BEMENA, 2012

I.1.4. Fruit

Le fruit de la tomate est une baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général, les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés [21].



Figure 6: Fruit de la tomate

Source : Auteur

I.1. 5.Graine

Elles sont en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large L'embryon est enroulé dans l'albumen.

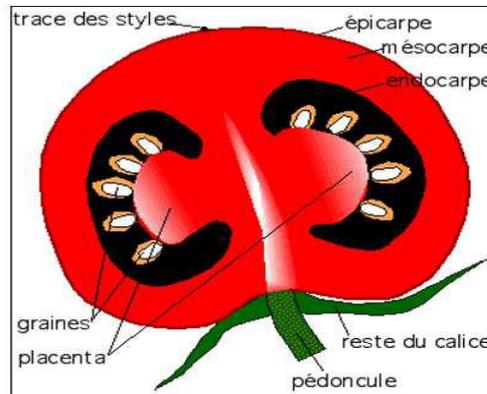


Figure 7: Coupe anatomique d'une tomate

Source : Degrou, 2013

I.2. Ecologie favorable à la culture de tomate

En général, la tomate pousse dans les conditions pédoclimatiques décrites ci-après. Néanmoins, il existe des variétés qui se développent dans des conditions pédoclimatiques particulières.

I.2.1. Climat

La tomate nécessite un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Cependant, la plante s'est adaptée à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat tempéré vers le climat tropical chaud et humide [21].

I.2.2. Sol

La tomate préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées. Elle pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle demande une profondeur de sol de 15 à 20 cm pour la bonne croissance.

La tomate se développe mieux dans les sols où le pH varie entre 5,5 et 6,8 (Charles, 1989) et/ou l'approvisionnement en éléments nutritifs est adéquat et suffisant [21].

I.2.3. Lumière

Le développement reproducteur de la tomate est fortement influencé par la quantité totale d'énergie que reçoit la plante quotidiennement [23]. Cette quantité dépend à la fois de la photopériode et de l'intensité lumineuse. 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.

I.2.4. Température

La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21 et 24°C [21]. Des températures inférieures à 21 °C peuvent provoquer l'avortement des fruits. En dessous de 10°C et au-dessus de 38°C les tissus des plantes seront endommagés.

La température du sol doit être située entre 25°C et 35°C, pour une bonne reprise après le repiquage, mais au-dessous de 15°C elle diminue la consommation en eau, et plus de 35°C provoque une végétation plus lente [23].

La tomate réagit aux variations de température qui ont lieu pendant le cycle de croissance.

I.2.5. Humidité

La tomate nécessite une humidité relative de l'air située entre 60 et 80%. En dessous de 60%, l'air est trop sec pour la tomate. Au-delà de 80%, la libération des grains de pollen est freinée, d'où une mauvaise nouaison [22].

Les besoins en eau de la plante sont dépendants des facteurs climatiques et biologiques. Toutefois, il est estimé que la plante a besoin environ 600 mm [23].

I.2.6. Zones de cultures favorable

La culture industrielle ne fait que commencer à Ambato-Boéni. Il semble que les zones favorables soient la plaine de Betsiboka et le Moyen Ouest. Les cultures maraîchères se rencontrent tout autour des grandes villes comme Antananarivo, Antsirabe, Fianarantsoa, Antsiranana et Toliara.

La côte Sud-Ouest et le Sud sont trop secs, à moins de disposer d'irrigation importante. La côte Est est trop humide entraînant une trop forte végétation et des maladies trop nombreuses.

I.3. Exigences édaphiques

La tomate demande des sols profonds, frais mais non humides, assez riches en humus et en matières fertilisantes, légères et légèrement acides.

II. PRINCIPAUX MALADIES ET PARASITES DE LA TOMATE

Les principales maladies et parasites qui peuvent affecter une culture de tomate étant très élevée, les plus importants sont les suivants :

- **Les maladies cryptogamiques** : l'alternariose, le mildiou, l'oïdium, la pourriture grise (le Botrytis).
- **Les maladies bactériennes** : le chancre bactérien, la moucheture, la gale bactérienne, la moelle noire.
- **Les maladies virales** : TMV (virus de la mosaïque du tabac), CMV (virus de la mosaïque du concombre), TYLCV (le virus de l'enroulement chlorotique des feuilles de la tomate «Tomato Yellow Leaf Curl Virus »).
- **Les parasites** : les nématodes, les mineuses, les noctuelles, les acariens, les pucerons, les aleurodes.

III. LES REGIONS PRODUCTRICES DE TOMATES A MADAGASCAR

La tomate peut se cultiver dans les diverses régions de Madagascar. Les six Faritany de Madagascar en produisent tous.

Le tableau ci-dessous nous montre l'évolution de production de tomate à Madagascar

Tableau 6: Evolution de production de tomate à Madagascar

Année Province	1993		1984		1995		1996	
	Surface (ha)	Produc tion(T)	Surfa ce (ha)	Produc tion(T)	Surfa ce (ha)	Produc tion (T)	Surfa ce (ha)	Produc tion (T)
Antananarivo	130	2040	125	2595	170	2670	130	2715
Fianarantsoa	50	920	55	1170	55	1205	35	1225
Toamasina	15	180	15	205				
Mahajanga	1260	8210	1335	10460	1370	10765	1395	10945
Toliara	5	30	5	40	5	40	5	40
Antsiranana	215	2140	230	2730	240	2810	250	2860
Madagascar	1665	13500	1785	17200	1840	17490	1785	17785

Source : SMTIS (Anosy)

D'après ce tableau, le Faritany de Majunga tient la première place pour la production de tomates. Ceci s'explique par la présence de grandes plaines alluvionnaires, des rivières Betsiboka-Kamoro qui sont fertiles. De plus, le climat chaud de cette zone est favorable à la culture de tomate (notamment pour la fructification et la maturation). Le Faritany de Tuléar est par contre moins productif en tomates. La culture de tomates dans cette zone de Sud de Madagascar qui est plus ou moins sèche exige beaucoup d'irrigations, ce qui rend sa culture coûteuse. Ainsi, quelques régions seulement de la zone du Sud en cultivent.

Par contre, la faible importance de la production de tomates dans le Province de Tamatave s'explique par la grande pluviosité de cette zone qui peut être défavorable à la culture de tomate (aggravation des maladies cryptogamiques).

La culture de tomate peut être pratiquée dans diverses régions de Madagascar, étant donné que la culture de tomate est praticable presque toute l'année et que la majorité de la population y pratique

IV. IMPORTANCE DE TOMATE

IV.1. Importance économique de tomate

Au niveau mondial, la tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde avec une production de plus de 140 millions de tonnes. Cette production est répartie dans tous les zones climatiques, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri, à l'échelle mondiale, la tomate est considérée comme la 2^{ème} culture légumière après la pomme de terre par son volume de production. En effet, près de cinq millions d'hectares (4,98 millions ha) sont réservés annuellement à cette culture avec une production de 140 millions de tonnes et un rendement moyen de 28,3 tonnes à l'hectare [24].

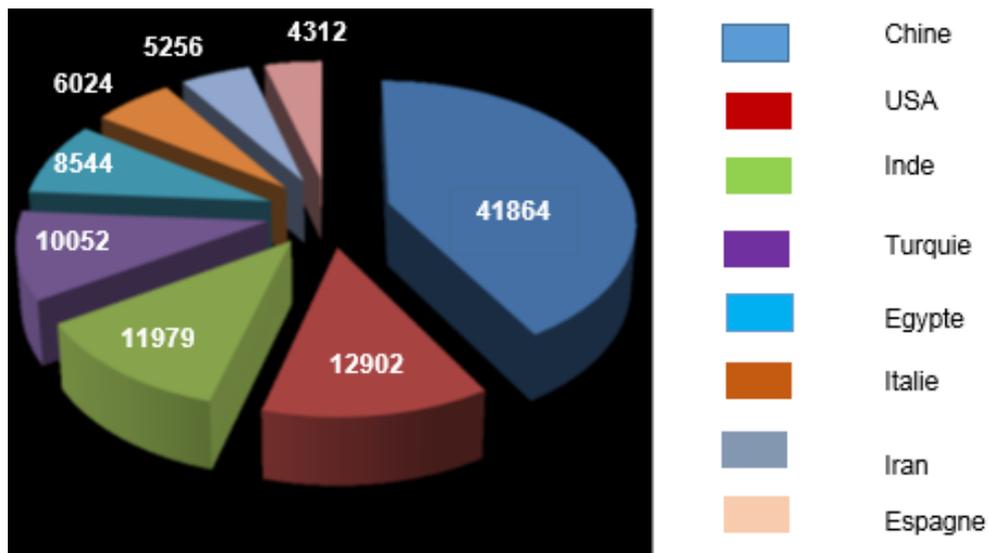


Figure 8: Principaux pays producteurs de la tomate (million de tonnes)

Source : FAOSTAT, 2011

La production mondiale annuelle de tomates connaît une progression régulière, et elle est de 152 Mt, dont un tiers en Asie, un tiers en Europe, un tiers en Amérique du Nord. , 30 millions sont destinés à la transformation .La plante est cultivée sous serre et en plein champ, sur une superficie d'environ 5.3 millions d'hectares, ce qui présente près d'un tiers (1/3) des surfaces mondiales cultivées consacrées aux légumes [7].

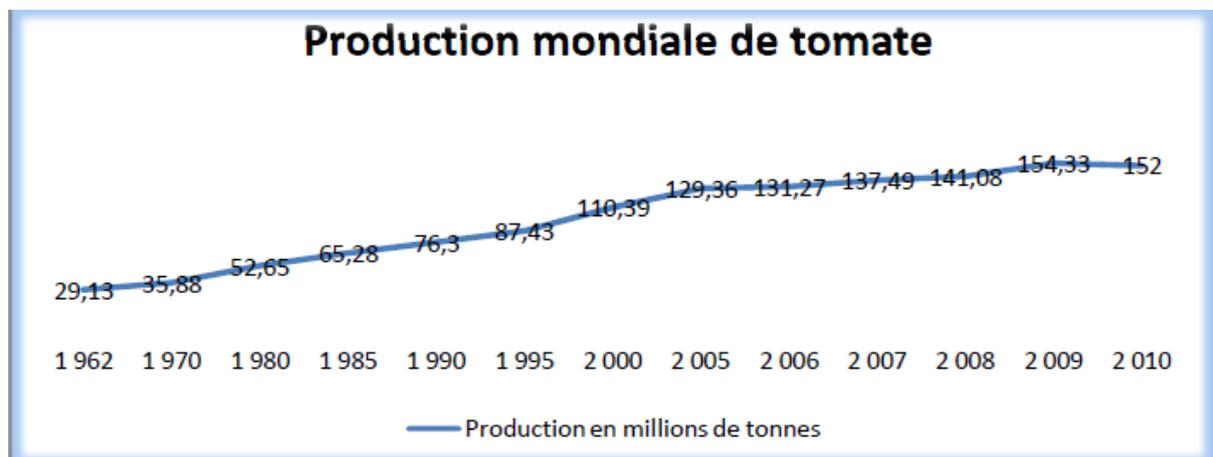


Figure 9: Production mondiale de la tomate 1962-2010

Source : FAOSTAT, Avril 2012

L'essentiel de la production mondiale est concentré dans quelques pays dont la très grande productivité provient des perfectionnements techniques employés ainsi que des quantités importantes de plants en culture.

La production mondiale de tomate progresse régulièrement allant de 64 millions de tonnes en 1988 à plus de 100 millions en 2009. Une estimation de la production transformée à l'échelle mondiale est évaluée à 30% [25].

IV.2. Importance nutritionnelle

Le jus représente la majeure partie des constituants physiques de la tomate. La tomate est constituée de 94 à 96 % de jus, 1 à 1.5 % de pépins et 1,5 à 2,5% de pelures et fibres. Les sucres contenus dans la tomate sont essentiellement des sucres réducteurs : le glucose représente 0,88-1,25%, et le fructose 1,08-1,48% [26].

Les constituants protéiques sont présents en faible concentration dans la majorité des fruits et légumes. Ils sont toutefois d'une importance capitale en tant qu'enzymes impliquées dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance. La tomate malgré sa faible teneur en protéines (1,1%) contient pratiquement tous les acides aminés [27].

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 et 0,3 g par 100g de poids frais [28].

La teneur globale en cendres est de 0,75%. Les principaux minéraux qui entrent dans la constitution de la tomate sont : le Calcium (2,95 à 3,95 ppm), le Magnésium (2,5 à 4 ppm), le Fer (0,6 à 0,8 ppm), le Phosphore (2,4 à 2,9 ppm), le Potassium (18,7 à 29,5 ppm) et le Sodium (15,7 à 17,6 ppm) [29].

Outre ces principaux constituants le fruit de la tomate contient les vitamines, des enzymes, des substances pectiques, des pigments porphyriques comme les chlorophylles et les caroténoïdes dont le carotène, le lycopène, les xanthophylles, etc.

IV.3. Importance médicale et phytothérapeutique

Le rôle médicale de la tomate est connu depuis bien longtemps chez les Incas en Amérique de sud, où ils utilisent la feuille fraîche du plant de tomate comme antibiotique [30].

Plusieurs études prospectives et épidémiologiques ont démontré qu'une consommation élevée de fruits et de légumes diminuait le risque de maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies chroniques [31].

Quelques mécanismes d'action ont été proposés pour expliquer cet effet protecteur, la présence d'antioxydants dans les fruits et les légumes pourraient jouer un rôle.

Aussi la consommation de tomate joue plusieurs rôles :

- Excellent pour la santé du foie, car contient des traces d'éléments antitoxiques appelées chlorite et sulfure ;
- Diminue l'hypertension grâce à son haut taux en potassium ;
- Stimule les sécrétions digestives, grâce à sa saveur acidulée ;
- Contribue à la prévention des maladies cardiovasculaires, l'artériosclérose et la cécité
- La prévention du cancer grâce à son teneur en pigments caroténoïdes antioxydants ; notamment sa forte concentration en lycopène (3.5mg/125g de tomate) **[32]**.

Chapitre III : Mode de traitement des aliments

I. GENERALITES

La conservation des aliments est un combat constant contre les microorganismes d'altération ou les pathogènes de l'homme. Depuis longtemps le coût des produits, leur qualité, mais surtout la sécurité sanitaire des aliments ont été les principaux centres d'intérêt des industries. A l'heure actuelle, la chaîne alimentaire est devenue plus complexe, multipliant les possibilités de contamination et de développement des agents pathogènes. Aux Etats-Unis, environ 76 millions de cas de toxi-infections alimentaires (TIA) sont estimés chaque année, menant à 325000 hospitalisations et 5000 décès. D'un autre côté, il faut faire face à une demande croissante des consommateurs de produits frais, sains et satisfaisants sur le plan organoleptique, avec une durée de conservation de plus en plus longue. Nous sommes tournés vers une alimentation qui allie qualités gustatives et nutritionnelles. C'est pourquoi l'industrie alimentaire est sans cesse à la recherche de nouvelles techniques de conservation, visant à préserver la qualité des aliments, tout en optimisant au maximum la durée de conservation.

De nombreuses techniques sont étudiées, visant dans l'idéal l'obtention d'un produit microbiologiquement maîtrisé, sans altération de saveur, se rapprochant le plus possible du produit original. Il est cependant très difficile de concilier sécurité microbiologique et qualités organoleptiques, du fait de la grande variabilité existante, tant au niveau biologique (aliments crus, microorganismes différents), qu'au niveau pratique (temps de stockage, températures, vie des produits chez le consommateur...). De nombreuses espèces microbiennes peuvent être à l'origine d'altérations des aliments ou encore de toxi-infections alimentaires. Parmi elles, les spores bactériennes sont souvent le problème le plus difficile à résoudre pour la conservation.

En effet, les spores sont connues comme une des formes de vie les plus résistantes et leur inactivation complète est souvent impossible sans altérer la qualité de l'aliment. Les traitements thermiques, très utilisés en industrie sont des méthodes physiques sûres, et bénéficient d'une image nettement plus positive que les traitements faisant intervenir des composés chimiques. Mais ils altèrent parfois fortement les qualités organoleptiques des aliments. Il y a donc un réel besoin de

trouver des traitements alternatifs, moins dénaturants, mais permettant la même efficacité de décontamination microbiologique.

Parmi les technologies innovantes, les techniques dites "athermiques" présentent une alternative séduisante. Les techniques physiques, visant à remplacer les additifs chimiques, offrent une meilleure image (préservation du naturel). Ces techniques physiques regroupent, entre autres, les hautes pressions, les champs électriques pulsés, l'irradiation (Rayons X, Rayons γ), les UV continus, la lumière pulsée... Certaines d'entre elles, comme les ultraviolets, sont de bons candidats pour l'utilisation en industrie, en tant que techniques athermiques d'inactivation microbiologique. Il est important de connaître les principes de ces différentes méthodes, mais également les limites qu'elles peuvent présenter, dans le but de déterminer les applications possibles, et les intérêts industriels de ces nouvelles technologies [33].

II. LE TRAITEMENT THERMIQUE

II.1. Principe

Ce sont : la pasteurisation, l'appertisation et la stérilisation.

II.1.1. La pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique moins sévère que la stérilisation. Elle est réalisée à des températures inférieures à 100 °C, de manière à obtenir une destruction complète de la flore microbienne. Les couples « temps- températures » sont déterminés en fonction des effets recherchés. L'appertisation est une méthode particulière de conservation-stérilisation par la chaleur, des denrées en récipients. Les produits obtenus sont généralement dénommés conserves.

C'est un procédé limité auquel sont adjoints un conditionnement clos hermétiquement, associé ou non à une atmosphère modifiée ou sous vide, et une réfrigération. Pour certains aliments, des conservateurs chimiques comme l'acide, le sucre, le sel, les nitrates, les nitrites et l'acide ascorbique sont utilisés. La pasteurisation est utilisée lorsque le chauffage sévère dégrade les qualités organoleptiques de l'aliment. Elle est appliquée pour la dégradation des microorganismes pathogènes et les genres, ou même les espèces de microorganismes concurrents de la fermentation recherchée. Elle est employée quand le pH

du produit est assez bas pour inhiber la prolifération des micro-organismes thermorésistants.

II.1.2.L'appertisation

Les conserves sont les denrées périssables, d'origine végétale ou animale, dont la conservation est assurée par l'emploi combiné des deux techniques suivantes :

- Le conditionnement dans un récipient étanche aux liquides, aux gaz et aux micro-organismes à toute température inférieure à 55 °C ;
- Le traitement par la chaleur pour l'appertisation ou par tout autre mode autorisé. Ce traitement doit avoir pour but de détruire ou d'inhiber totalement, d'une part les enzymes, d'autre part les micro-organismes, et leurs toxines, dont la présence ou la prolifération pourrait altérer la denrée considérée ou la rendre impropre à l'alimentation humaine [34].

II.1.3. Stérilisation par traitement thermique

La stérilisation par la chaleur consiste à exposer les aliments à une température, généralement supérieure à 100 °C, pendant une durée suffisante pour inhiber les enzymes et toute forme de microorganismes, même les bactéries sporulées. La stérilisation d'un aliment ne suffit pas, à elle seule, pour sa conservation à long terme. Une contamination ultérieure de l'aliment par les microorganismes environnementaux pourrait survenir. Pour en remédier, il est procédé à la stérilisation du récipient et du produit alimentaire. Le contenant doit être étanche à l'eau et aux microorganismes pour ne pas avoir une ré-contamination ultérieure à la stérilisation. Elle peut être réalisée de deux façons : la première consiste à une stérilisation simultanée du contenant et du contenu (appertisation), alors que la deuxième consiste à une stérilisation séparée du contenant et du contenu suivie d'un conditionnement aseptique.

- Appertisation : Stérilisation simultanée du contenant et du contenu : L'appertisation est utilisée pour la conservation à long terme des denrées alimentaires d'origine animale ou végétale. La durée de conservation des aliments appertisés est de plusieurs mois à quelques années.

- Stérilisation séparée du contenant et du contenu : Dans ce cas, le produit alimentaire est stérilisé, par traitement thermique, avant d'être renfermé dans son contenant. Ce dernier est aussi stérilisé, par la chaleur ou par d'autres procédés tels que l'ultra-violet. Le contenu stérilisé est fermé hermétiquement dans son emballage. L'opération de

conditionnement se déroule dans une enceinte qui empêche la contamination du produit par les microorganismes de l'environnement : c'est le conditionnement aseptique. Cette technique est utilisée généralement pour la conservation des produits liquides comme le lait et le jus, dans des emballages qui ne peuvent supporter l'appertisation comme les sachets en plastique et les cartons type Tétrabrik. Lorsque la stérilisation du produit est réalisée à haute température (135 °C à 150 °C) pendant une courte durée (15 s à 1 s), il s'agit de la stérilisation UHT (Ultra Haute Température). Cette technique a l'avantage de préserver la qualité organoleptique et nutritionnelle du produit. Cependant, elle ne peut être utilisée que dans le cas des produits liquides comme le lait.

II.2. Détermination des barèmes de stérilisation, couples « temps-température » efficaces

La stérilisation industrielle des aliments est généralement réalisée à 121-122 °C ; le temps nécessaire à la destruction des micro-organismes est déterminé. Il peut être utilisé des températures très élevées qui altèreraient les propriétés de l'aliment, il est recherché une stérilité pratique, dite commerciale qui, tout en maintenant au mieux les qualités organoleptiques et nutritionnelles des aliments, détruit tous les germes pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires. Seules peuvent subsister des bactéries thermophiles thermorésistantes, non pathogènes ni toxigènes, incapables de se développer dans le produit. La résistance microbienne dépend du pH de l'aliment, ce qui permet d'adapter les traitements thermiques. Les contrôles de stabilité sont en fonction du pH du produit appertisé [34]. La température et la durée du traitement thermique dépendent d'un certain nombre de facteurs qui sont :

- La nature du produit, sa texture et sa constitution influencent la vitesse de pénétration de la chaleur ; le pH du produit conditionne la présence, le développement et la résistance de microorganismes dans la denrée, avant et lors du traitement thermique : les produits d'un pH inférieur à 4,5 n'ont pas besoin d'une stérilisation poussée car les germes pathogènes ou toxigènes, ne se développent ni ne produisent leur toxine à pH inférieur à 4,5.
- Le nombre de germes microbiens présent avant la stérilisation. Lorsque le produit est moins contaminé, plus il est facile à stériliser. Il est nécessaire de traiter que des produits frais et sains.

- La taille et la forme du récipient conditionnent la vitesse de pénétration de la chaleur dans la masse. Le métal est un bon conducteur de la chaleur.

- Un refroidissement rapide est essentiel. Il limite la sur-cuisson et les pertes de qualités organoleptique et nutritionnelle du produit fini. Le sel ou le sucre favorisent la bonne tenue des aliments pendant la stérilisation en limitant les phénomènes osmotiques entre le produit et le liquide de couverture.

Tableau 7: exemple de barèmes de pasteurisation, établis pour différents produits alimentaires

Produits	Température pasteurisation	Durée traitement
Lait	62°C	30 minutes
	72°C	15 secondes
Crème/crème dessert	71°C	30 minutes
	82°C	16 secondes
Jus de pomme en bouteille	77°C	30 minutes
Boissons gazeuses à base de jus de fruit	66°C	30 minutes
Bière	82-88°C	1 à 2 minutes

Source : Leyral & Vierling, 2007

II.3. Mécanismes d'inactivation des microorganismes

La chaleur humide tue le microorganisme par dénaturation des acides nucléiques, des protéines de structure et des enzymes. D'une façon générale, la stabilité thermique des ribosomes correspond à la température maximale de croissance d'un microorganisme. Les membranes cytoplasmiques semblent être les sites majeurs de dommages causés par la chaleur humide. Les microorganismes y sont plus sensibles qu'à la chaleur sèche, du fait de la forte influence de l'activité de l'eau. En effet, la chaleur sèche nécessite de plus hautes températures et des temps de chauffage plus longs pour arriver au même taux de destruction. Les spores bactériennes sont, de manière générale, plus thermorésistantes que les cellules végétatives. En effet, la spore est une structure déshydratée, et la teneur en eau est

directement corrélée à la thermorésistance. Ainsi, des spores produites à haute température, ayant une teneur en eau plus faible que les spores produites à plus basse température, présentent une résistance accrue à la chaleur. Ceci est vrai jusqu'à un certain point. En effet, la thermorésistance des spores augmente jusqu'à une température optimale de sporulation, puis diminue ensuite. Le taux et le type d'ions minéraux contenus dans le cœur de la spore jouent également un rôle de protection, tout comme la saturation de l'ADN par les SASP (small acid soluble proteins). Les spores sans acide dipicolinique (DPA) sont également plus sensibles que celles à forte teneur en DPA. En revanche, les protéines HSP (Heat shock proteins) ne semblent jouer aucun rôle dans la thermorésistance des spores, contrairement aux cellules végétatives. Le rôle précis de ces protéines n'est pas clairement défini, même si l'on sait que chez la plupart des microorganismes leur synthèse est induite après un choc thermique. Les mécanismes de développement de la thermotolérance ne sont pas précisément identifiés. En effet, il est fréquent qu'un stress environnemental imposé par les procédés industriels induise des réponses protectrices chez les microorganismes [33].

II.4. Les additifs autorisés pour conserver les qualités organoleptiques

L'appertisation permet de restreindre l'emploi d'additifs alimentaires destinés seulement à conserver les qualités organoleptiques de l'aliment, à savoir les additifs colorants, antioxygènes, acidifiants, améliorants de texture, exhausteurs de goût. Aucun agent conservateur proprement dit n'est ajouté puisque l'appertisation permet la stabilité du produit [34].

II.5. Effets et nuisances causées par la technologie

Le tableau montre les modifications des propriétés des constituants alimentaires d'après **Lorient, 1998 [35]**. Dans la plupart des cas les traitements technologiques appliqués aux différents produits alimentaires se traduisent par des effets favorables sur la qualité, qu'il s'agisse de la valeur alimentaire ou de la qualité hygiénique. Les modifications favorables s'observent au niveau des qualités organoleptiques et plus particulièrement au niveau des arômes, du goût, mais aussi de la couleur et de la texture. Malheureusement, il n'est pas rare que certains de ces traitements industriels affectent d'une façon plus au moins importante la qualité initiale du produit.

L'étude de ces modifications peut être envisagée soit en fonction du type d'aliment soit en fonction des grandes catégories de nutriment qui entrent dans la composition de nos aliments, soit en fonction du type de traitement appliqué [36].

Le traitement par la chaleur est la cause majeure des changements de propriétés nutritionnelles des aliments avec comme conséquences :

- L'amélioration de la digestibilité ;
- La destruction des facteurs antinutritionnels ;
- La destruction des vitamines thermolabiles ou la réduction de la valeur biologique des protéines, ou l'activation de l'oxydation des lipides.

L'oxydation est la seconde cause importante des changements nutritionnels dans les aliments. Ceci a lieu lorsque l'aliment est exposé à l'air, ou comme résultat de l'action de la chaleur, ou des enzymes oxydatives. L'importance des pertes de nutriment durant la transformation dépend de la valeur nutritionnelle d'un aliment dans le régime alimentaire. Les glucides sont des aliments abondants et souvent majoritaires de bon nombre de produits alimentaires. Ils sont essentiellement représentés par des polymères comme les amidons ou la cellulose, des dimères comme le saccharose ou le lactose, ou des monomères comme le glucose et le fructose. Dans leur grande majorité les traitements industriels ne se traduisent pas par des modifications importantes de leur disponibilité [37].

Les lipides peuvent subir au cours des traitements technologiques, de nombreuses modifications qui affectent leur valeur nutritionnelle. Pour l'essentiel, ces modifications se produisent sur les doubles liaisons des acides gras insaturés, et provoquent ainsi des pertes d'acides gras indispensables [38]. Les principaux phénomènes qui affectent les lipides sont l'oxydation, la lipolyse et la décomposition par la chaleur.

Enfin, les éléments et les sels minéraux peuvent aussi être éliminés par voie mécanique dans certaines parties de l'aliment, et d'autre part au cours de traitements dans l'eau. En ce qui concerne l'étude du comportement des vitamines lors de la préparation des aliments est un sujet fort complexe. La stabilité des vitamines dans les aliments dépend de leur sensibilité respective aux différents facteurs physiques ou chimiques auxquels ils sont soumis pendant le traitement, le stockage ou la préparation de ces aliments [35].

Le tableau suivant montre les modifications des propriétés des constituants

Tableau 8: Modifications des propriétés des constituants alimentaires

Propriétés concernés	Domaine concerné	Action	Propriétés sensorielles
Propriétés physiques et technico-fonctionnelles	Stabilité de solution	Solubilité, viscosité, coagulation, gélification, émulsification et moussage	Texture et saveur
	Rhéologie des produits solides et pulvérulents		Texture
	Propriétés optiques	Coloration, décoloration, brunissement	Couleur
		Translucidité, opalescence	Aspect
	Volatilité des molécules	-	Arome
Propriétés chimiques	pH, acidité, potentiel redox	Stabilité, dépolymérisation et hydrolyse	Saveur
	Sensibilité aux enzymes (protéases)	Stabilité, dépolymérisation et hydrolyse	Texture, arôme
	Sensibilité aux réactions de Maillard	Polymérisation	Couleur, arôme, propriétés nutritionnelles
	Sensibilité aux oxydations	Polymérisation, stabilité	Couleur, pertes de vitamines, d'acides aminés, produits toxiques
Propriétés biologiques	Présence de microorganismes ou d'enzymes de dégradation	Dépolymérisation et dégradation de constituants	Propriétés hygiéniques, sécurité, gout

Source : Source : Lorient, 1998

II.6. Optimisation des traitements thermiques

Le traitement thermique responsable de l'élimination totale des micro-organismes entraîne néanmoins un bon nombre de dommages sur la qualité du produit lui-même. La destruction des micro-organismes par la chaleur se fait souvent au détriment des qualités nutritives et organoleptiques de l'aliment. Les vitamines et les

protéines sont peu stables aux fortes températures et des goûts de cuit et des modifications de la texture peuvent apparaître. Ces effets secondaires du traitement thermique font de la conserve un produit de moins en moins attrayant pour le consommateur, au bénéfice des produits frais malgré leur durée limite de consommation réduite. La volonté actuelle des conserveurs est de tendre vers une réduction des barèmes de stérilisation pour améliorer la qualité finale de leurs produits, tout en maintenant la sécurité microbiologique. Les barèmes actuellement appliqués pour la stérilisation sont établis en grande partie d'après l'expérience de l'entreprise. Le modèle de Bigelow qui permet de décrire l'effet de la température dans le domaine de l'industrie alimentaire.

L'objectif final est la mise au point d'une méthode de calcul permettant d'estimer les barèmes de stérilisation. Le calcul ne doit pas surévaluer le barème afin de préserver au mieux les qualités nutritives et organoleptiques du produit, mais ne doit pas non plus le sous-estimer afin de respecter la sécurité microbiologique imposée par l'entreprise [39] [40]. Il semble d'extrême pertinence de considérer la qualité comme une partie intrinsèque et intégrante de la conception de processus, car il sera alors possible d'identifier plusieurs améliorations potentielles dans différents procédés alimentaires [41].

II.6.1. Conception et validation des barèmes de stérilisation

La conception d'un traitement thermique, usuellement appelé « barème de stérilisation », adapté à un produit donné, dans un conditionnement donné, est un exercice difficile d'application du génie des procédés, qui doit combiner à la fois :

- La définition de l'objectif d'intensité thermique/efficacité décontaminant à atteindre
- La définition de la zone du produit où ce traitement minimal doit être appliqué : notion de point critique du produit. On considère évidemment que si le point critique (ou la fraction critique) du produit reçoit le traitement minimal prévu, toute autre zone reçoit un traitement supérieur ou égal en termes d'efficacité décontaminant
- La prise en compte de la vitesse de pénétration de la chaleur dans le produit, influencée elle-même par une éventuelle agitation
- Le choix de la température de traitement en palier
- La température initiale du produit

- Les caractéristiques du matériel (autoclave) mis en œuvre.

La figure montre l'évolution des températures et de la valeur stérilisatrice durant un cycle de stérilisation en autoclave.

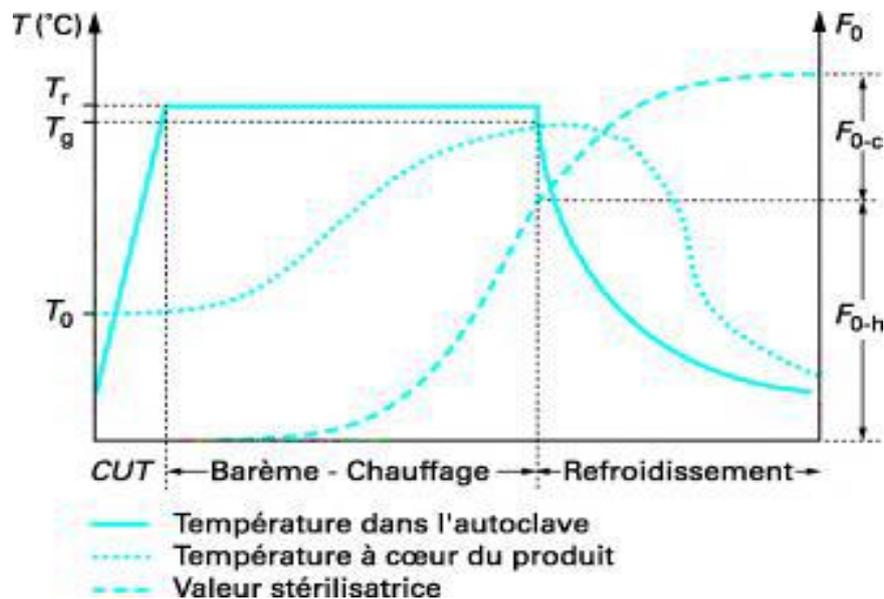


Figure 10:Évolution des températures et de la valeur stérilisatrice durant un cycle de stérilisation en autoclave

Source : Simpson et al. 2008

T_0 : température initiale au point critique du produit

T_g : température au point critique du produit à la fin du barème

T_r : température de régime

F_0 : valeur stérilisatrice objective

F_{0-c} : valeur stérilisatrice obtenue lors du refroidissement de l'autoclave

F_{0-h} : valeur stérilisatrice estimée lors du chauffage

CUT : Come Up Time délai de mise en régime retranché au temps de barème

II.6.2. Méthodes graphiques ou numériques de contrôles et de mises au point des barèmes

Connaitre les caractéristiques thermiques du couple produit/emballage et du matériel de traitement thermique, le choix de la température de travail induit une durée de barème nécessaire pour atteindre l'objectif de valeur stérilisatrice ou pasteurisatrice au point critique. Cette durée de barème peut être déterminée par des méthodes de calculs prédictives (méthode de Ball), par expérimentations successives (méthode de Bigelow ou de Flambert) ou par l'adaptation d'un barème existant en interne et déjà validé pour des conditions de fabrication similaires.

Le calcul de la valeur stérilisatrice ($T_{\text{réf}} \geq 121,1 \text{ °C}$; $Z \geq 10 \text{ °C}$) se fait par intégration de la courbe de mesures de température, selon la formule suivante :

$$F_{121,1 \text{ °C}}^{10 \text{ °C}} = F_0 = VS = \int_0^t 10^{\frac{T-121,1}{10}} dt \text{ avec } T = f(t)$$

- Méthode des rectangles (Bigelow)

La détermination de la valeur stérilisatrice est réalisée d'après la formule suivante d'intégration par les rectangles :

$$F_0 = \sum_{i=1}^n 10^{\frac{T_i - 121,1}{10}} \Delta t$$

La méthode de Bigelow doit être considérée comme la méthode de référence même si les deux méthodes s'appuient sur une courbe expérimentale.

II.7. Equipements industriels

Les équipements de chauffage ohmique, de micro-ondes, les autoclaves, sont quelques-uns des nombreux exemples de procédés de traitements thermiques.

Il existe ainsi une très large gamme d'équipements industriels, plus ou moins coûteux selon leur taille et leur consommation d'énergie. Par exemple, les systèmes d'autoclave (figure 2) sont utilisés depuis plus de 100 ans pour stériliser les aliments peu acides au-delà de 100 °C [42].

Le premier autoclave fût mis au point par Denis Papin (qui inventa également le premier moteur à vapeur). Le procédé fut ensuite breveté en 1820 par Pierre-Alexandre Lemare. Il sera amélioré par Nicolas Appert pour l'adapter à la conserve. L'autoclave (traitement discontinu) fonctionne en 3 phases: la montée en pression et en température (injection d'air comprimé et de vapeur surchauffée dans la chambre hermétique), le palier (maintien des pressions et température pendant un temps donné) et la descente en pression et en température (évacuation de l'air et projection d'eau froide).



Figure 11: Deux exemples de stérilisateurs statiques

Source: Exapro, 2010; Steriflow thermal processing, 2010

L'autoclave n'est qu'un des nombreux exemples d'équipements utilisés pour les traitements thermiques. Des systèmes continus d'échangeurs (à plaque, à spirale...) sont fréquemment utilisés pour la pasteurisation de liquides. Le produit circule parallèlement à un fluide thermique, généralement à contre-courant. Les deux fluides sont séparés par une surface d'échange, pouvant être une plaque, une spirale, ou encore un tube. Certains peuvent couvrir des débits de plusieurs milliers de litres de produits liquides par heure (par exemple jusqu'à 30000 L/h pour certains jus de fruits).

Le traitement thermique permet de décontaminer des produits avec leur emballage (cas de l'autoclave). Il faut pour cela que ledit emballage soit résistant à la chaleur et n'entraîne aucune migration indésirable au sein de l'aliment. Dans d'autres cas, ils peuvent être traités séparément. Certains emballages thermoformés acquièrent leur géométrie finale par chauffage rapide et à forte température. Ce procédé combine à la fois fabrication et décontamination. C'est le cas par exemple des bouteilles en plastique ou des pots de yaourt. Différentes matières sont utilisées, notamment des matières plastiques comme le polystyrène, le polyéthylène, le PET (polyéthylène téréphtalate) ou encore le polycarbonate [33].

II.8. Avantages du traitement thermique, limites, produits cibles

Les techniques de décontamination par traitement thermique sont anciennes et bien maîtrisées. Mais il faut, pour chaque produit, trouver le bon équilibre entre un chauffage en excès (qui réduit les qualités organoleptiques et nutritionnelles et peut produire des composés toxiques et des goûts indésirables) et un chauffage insuffisant (qui ne détruit pas suffisamment les microorganismes). Certains produits ont des

contraintes encore plus marquées, comme par exemple la pasteurisation des œufs liquides, qui est limitée à des températures basses (et donc des temps plus longs) à cause de la coagulation des protéines [33].

Les traitements thermiques peuvent être appliqués dans un but de cuisson des aliments. Tous les procédés de cuisson (grillage, fumage, rôtissage...) modifient les qualités organoleptiques ainsi que les propriétés nutritionnelles des produits dans le but de les rendre consommables. Dans cette configuration où de telles modifications sont souhaitées, il n'est pas nécessaire d'utiliser un autre moyen de décontamination. En revanche, dans le cas où ces traitements thermiques sont utilisés seulement dans un but de stabilisation microbiologique des produits (pasteurisation, stérilisation), l'augmentation de température (et donc les modifications organoleptiques) peut être qualifiée d'indésirable.

D'autres traitements physiques de décontamination sont aujourd'hui connus et utilisés, et sont une alternative très intéressante aux traitements thermiques. Tout comme la chaleur, ces traitements physiques sont propres, c'est à dire sans nécessité d'ajout de produits chimiques, mais ils peuvent également être athermiques, ce qui permettrait, dans le cas du traitement d'aliments, de préserver les qualités organoleptiques et nutritionnelles des produits [33].

III. LE FROID

Il est souvent associé aux autres méthodes de conservation dont il augmente l'efficacité et prolonge la durée.

IV. PROCÉDES CHIMIQUES

L'ajout des additifs chimiques de conservation (anti-oxygènes, antibactériens, antifongiques), c'est la production par fermentation de métabolites protecteurs : fermentations lactique ou acétique et alcoolique.

IV.1. Généralités

Un additif alimentaire est défini comme " n'importe quelle substance habituellement non consommée comme un aliment en soi et non employée comme un ingrédient caractéristique de l'aliment, qu'il ait une valeur nutritionnelle ou non, dont l'addition intentionnelle à l'aliment pour un but technologique dans la fabrication, le traitement, la préparation, l'emballage, le transport ou le stockage devient, ou peut

s'attendre raisonnablement à devenir, lui ou l'un de ses dérivés, directement ou indirectement, un composant de cet aliment" (directive 89/107/EEC)

En bref, et plus simplement, un additif alimentaire est une substance ajoutée intentionnellement aux denrées alimentaires pour remplir certaines fonctions technologiques, comme pour colorer, sucrer ou conserver **[w2]**.

La nomenclature distingue 24 classes d'additifs selon leurs effets technologiques sur l'aliment. Les principales sont :

Couleur : les colorants permettent de renforcer la couleur d'origine de l'aliment ou d'en conférer un autre.

Conservation : les conservateurs prolongent la durée de conservation des aliments en les protégeant des altérations dues aux micro-organismes et les anti-oxygènes prolongeant la durée de conservation des aliments en les protégeant des altérations provoquées par l'oxydation.

Goût : les édulcorants qui confèrent une saveur sucrée, les acidifiants, les correcteurs d'acidité modifiant ou limitant l'acidité ou alcalinité et les exhausteurs de goûts servant à masquer le goût originel en rehaussant une saveur particulière.

Texture : et autres catégories.

Plusieurs techniques sont à la disposition des industriels pour mettre au point des additifs :

- origine naturelle (extraction de végétaux au moyen de solvants)
- reconstitution de substances naturelle par synthèse
- modification de produits naturels
- additifs de synthèse

La plupart des additifs ne peuvent être utilisés que dans certaines denrées alimentaires et en quantité limitée.

IV.2. Les conservateurs

Nous appelons conservateur toute substance capable de s'opposer aux altérations d'origines chimiques ou microbiologiques.

Les substances utilisées peuvent être organiques (acides carboxyliques) ou minérales (nitrates, sulfites ou sels). Quelle que soit leur nature, les conservateurs doivent figurer sous le nom "conservateur" suivi de leur nom ou de leur numéro d'identification conventionnel **E2XX [w2]**.

IV.2.1. Les conservateurs minéraux

- **Les chlorures de phosphates**

En raison de leur usage traditionnel, les chlorures et les phosphates ne sont pas considérés comme additifs dans l'esprit du grand public. Ils sont utilisés comme dépresseurs de l'activité de l'eau (séchage complet ou partiel). Les phosphates sont employés dans les produits de charcuterie et contribuent à leur texture et à la rétention d'eau. Les phosphates interviennent aussi comme agents antimicrobiens.

- **Les nitrites et les nitrates**

Ils sont utilisés traditionnellement dans les produits de charcuterie.

Le composé véritablement actif est le nitrite. Sous l'effet de la flore, les nitrates sont réduits en nitrites. Depuis 1964, on préfère utiliser directement les nitrites pour supprimer la conversion lente du nitrate en nitrite.

Les nitrites sont des composés alimentaires présentant un caractère cancérigène, s'ils sont consommés en trop grande quantité.

- **L'anhydride carbonique (E290)**

Le dioxyde de carbone (CO₂) inhibe la croissance de nombreux micro-organismes. Actif contre les moisissures mais peu contre les levures et aucune action contre les bactéries.

IV.2.2. Les conservateurs organiques

- **Acide sorbique et sorbates**

L'acide sorbique est un composé naturel extrait des baies du sorbier. Il peut également être préparé par synthèse à partir de l'acide acétique. Il est utilisé soit sous forme d'acide soit forme de sel de sodium (E201), de potassium (E202) et calcium (E203).

- **Autres acides organiques**

Les plus employés sont : acide formique (E236) acide acétique (E260) acide propionique (E280). Ont un rôle acidifiant, empêchant le développement de certains micro-organismes. En surface, ils sont employés comme décontaminant des viandes.

- **Acides organiques conservateurs et ayant d'autres fonctions**

Ces composés sont appelés conservateurs secondaires. Il s'agit :

- de l'acide ascorbique (E300) et de ses sels (sodium E301) et calcium (E302).

- de l'acide citrique (E330) et ses sels (sodium E331) potassium (E332) et calcium (E333).

L'acide citrique est l'acide organique le plus utilisé dans l'industrie alimentaire (75% des acidifiants alimentaires en Europe. abaissant le pH jusqu'à pH 2.9, il inhibe le développement des levures et des micro-organismes.

IV.2.3. Les antioxydants (antioxygènes)

Les antioxydants sont des substances naturelles présentes dans les aliments ou incorporés à ceux-ci. Ces substances prolongent la durée de conservation des aliments en les protégeant des altérations provoquées par l'action de l'oxygène (oxydation). Les antioxydants permettent en particulier de protéger les graisses et les huiles insaturées qui s'oxydent par voie radicalaire (rancissement des matières grasses et modification des couleurs). Ils préservent certaines vitamines, empêchent la formation de composés volatils malodorants comme certains aldéhydes, alcools, acides, époxydes, cétones) [w2].

Ces substances sont notées : **E3xx**

Les antioxydants limitent le processus de l'oxydation :

- Soit en empêchant ou en diminuant la formation de radicaux libres
- Soit en réagissant directement avec les radicaux libres pour donner des espèces chimiques peu réactives.

Les antioxydants peuvent être d'origine naturelle ou de synthèse. Parmi les composés naturels, on trouve majoritairement la vitamine C (acide ascorbique) et les tocophérols (famille de la vitamine E). Les antioxydants peuvent être classés soit par leur origine, soit par la fonction organique qu'ils possèdent.

IV.2.3.1. Les dérivés phénoliques

Les phénols sont les dérivés les plus employés dans ce domaine en raison de leur mode d'action.

- **Les tocophérols (dérivés de la vitamine E (E306 à E309)**
- **Les esters galliques E310 à E312**

Issus de la synthèse et principalement utilisés dans les margarines, huiles végétales, chewing-gum.

IV.2.3.2. L'acide ascorbique E300

L'acide ascorbique ou vitamine C est très utilisée en alimentation. Double usage : activité anti-oxydante et acidifiant (rétention de coloration).

IV.2.3.3. Les agents chélateurs des métaux

Ces composés renforcent le pouvoir antioxydant d'autres composés en captant (par chélation des métaux comme Fe₂ ou Cu₂)

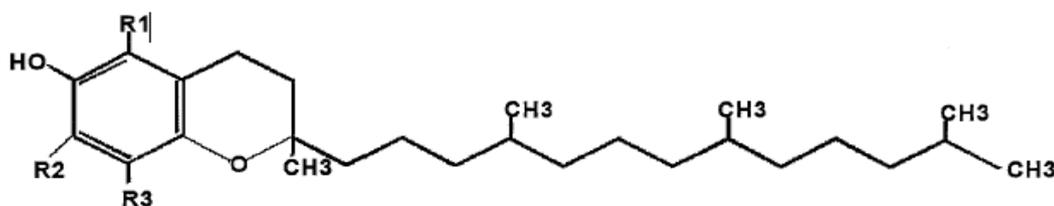
IV.2.4. Vitamine E

IV.2.4.1. Structure chimique

Actuellement 8 composés principaux, généralement des huiles et qui possédant une action vitamine E-like, ont été identifiés à partir de végétaux. Les tocophérols diffèrent seulement par le nombre et la position de groupements méthyle sur le noyau aromatique et ainsi peuvent être considérés comme des dérivés du 2-méthylchromanol, qui est méthylé en C-5, C-7 et C-8 et sur lequel est attachée en 2 une chaîne isoprénoïde à 16 carbones. Ces composés peuvent être divisés en deux types, les tocols et les tocotriénols.

Les deux types possèdent la structure du 6-chromanol et une chaîne latérale de type phytol mais les triénols ont un degré d'insaturation dans la chaîne avec des doubles liaisons en position 3', 7' et 11'.

On différencie plusieurs tocols et triénols selon la présence ou l'absence de groupements méthyle en position C-5, C-7 et C-8 sur le noyau chromane et ils sont appelés respectivement α -, β -, γ -, δ -tocophérol ou tocotriénol (Tableaux 10 et 11) [43] [43] [44] [45] [46] [47] [48].



Le tableau suivant montre la structure des tocophérols naturels

Tableau 9: Structure des tocophérols naturels

Nom trivial	R1	R2	R3	Nom chimique
tocol	H	H	H	2-méthyl-(4,8,12 tridiméthyltridécyloxy)chroman-6-ol
α -tocophérol	CH3	CH3	CH3	5, 7,8-tridiméthyltocol
β -tocophérol	CH3	H	CH3	5,6-diméthyltocol
γ -tocophérol	H	CH3	CH3	7,8-diméthyltocol
δ -tocophérol	H	H	CH3	8-méthyltocol

Source : BIERI J.G, 1976

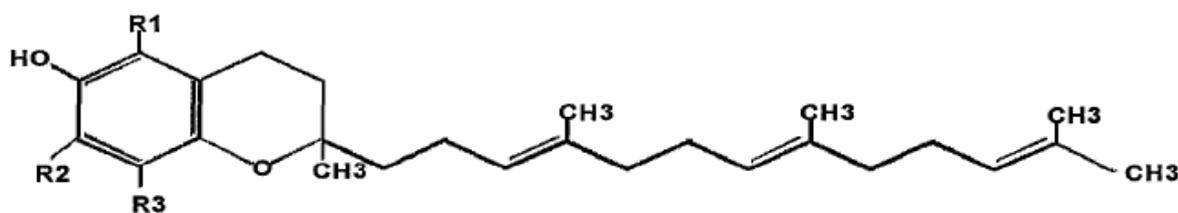


Tableau 10: Structure des tocophérols naturels

Nom trivial	R1	R2	R3	Nom chimique
Tocotriénol	H	H	H	2-méthyl-2-(4, 8,12-triméthyltrideca-3, 7,11-trienyl) chroman-6-ol
ζ1 ou ζ2-tocophérols	CH3	CH3	CH3	5, 7,8-triméthyltocotriénol ou α-tocotriénol ou tocochromanol-3
ε-tocophérol	H	CH3	CH3	5,8-diméthyltocotriénol ou β-tocotriénol
η-tocophérol	H	H	CH3	7,8-diméthyltocotriénol ou γ-tocotriénol ou plastochromanol-3
				8-méthyltocotriénol ou δ-tocotriénol

Source : BIERI J.G, 1976

IV.2.4.2. Caractères physico-chimiques

La vitamine E 3,4-Dihydro-2,5, 7,8-tetraméthyl-2- (4,8, 12-triméthyltridécy)-2H-1-benzopyran-6-ol ou 2,5, 7,8-tetraméthyl-2- (4',8', 12')-triméthyltridécyl)-6-chromanol ou α-tocophérol ou 5, 7,8-triméthyltolcol.

Elle se présente sous la forme d'un liquide huileux légèrement visqueux, jaune pâle:

- pratiquement insoluble dans l'eau
- soluble dans les huiles, les graisses, l'acétone, l'alcool, le chloroforme, l'éther et les autres solvants des graisses
- Stable à la chaleur et aux alcalis en l'absence d'oxygène, non affecté par les acides jusqu'à 100 °C
- lentement oxydé par l'oxygène atmosphérique, rapidement par les sels ferriques et d'argent
- se dégrade rapidement par une exposition à la lumière en prenant une coloration brune. Le d-α-tocophérol est le composé naturel le plus répandu et le plus actif mais en présence d'oxygène et malgré les propriétés antioxydants dont il tire bénéfice, il s'oxyde en formant des quinones, des di et trimères. L'acylation de l'hydroxyle en position 6 améliore cette stabilité et la plupart des vitamines commerciales sont sous forme d'esters : acétate ou succinate [49] [50].

IV.2.4.3. Addition de vitamine E aux aliments

Plusieurs formes commerciales d'acétate d' α -tocophérol sont utilisables pour la conservation des aliments. Des formes dispersables dans l'eau sont disponibles dans l'eau pour l'utilisation des mélanges et des aliments aqueux.

Les tocophérols sont utilisés dans les aliments comme antioxydants des phases lipidiques, dans les pays qui interdisent l'utilisation des antioxydants les moins chers, comme le BHT (butyl hydroxytoluène) et le BHA (butyl hydroxyanisole). Les tocophérols sont utilisés dans les produits qui ne contiennent pas de taux significatif de tocophérol naturel, les œufs, le lard et des huiles de citrus. L' α -tocophérols est généralement additionné à raison de 0,02% par rapport au poids de la phase lipidique.

En ce qui concerne leur utilisation comme additifs dans la fabrication des aliments pour nourrissons et enfants en bas âge, le Journal officiel du 30 août 1986 (59) précise que la dose maximale d'emploi pour les E 306 (extraits d'origine naturelle riches en tocophérols), E 307 (alpha-tocophérol de synthèse), E 308 (gamma-tocophérol de synthèse) et E 309 (delta-tocophérol de synthèse), utilisés seuls ou en mélange, est 0.01 p.100 du poids du produit prêt à l'emploi. Par ailleurs, ils peuvent être incorporés à des aliments destinés à des nourrissons âgés de moins de trois ans.

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre IV : Cadre et Matériels

I. INTRODUCTION

La plupart des variétés des tomates peuvent être transformés en concentré à n'importe quel moment de l'année. Cette présente étude est consacrée à l'obtention de concentré de tomate, quelques analyses physico-chimiques et le test de stabilité des produits conservés par du traitement thermique et de la vitamine E.

II.CADRE ET MATERIELS

II.1. Matières premières

La tomate utilisée pour l'étude est achetée du marché local de la ville d'Antsirabe. On a insisté sur la bonne qualité du produit à savoir la fraîcheur, maturité, la couleur rouge et éclatante, la salubrité et saine de toute blessure ou fissure mécanique ou malade et l'opacité. Cette dernière indique le taux de l'eau contenue dans la tomate, plus le fruit n'est pauvre en eau et riche en pulpe, plus la purée obtenue par suite est opaque, rapidement concentrée et de bon rendement.

II.2. Les différentes étapes de transformation

La transformation de la tomate en concentré de tomates passe par les étapes suivantes :

II.2 .1. Réception de la tomate fraîche

Les tomates fraîches doivent être manipulées avec soin pour éviter le maximum des dommages mécaniques. Cette opération a pour but de débarrasser le produit de la contamination et des impuretés extérieur et d'en éliminer les parties non comestibles.

II.2.2. Nettoyage et Lavage

Le nettoyage et lavage sont pratiques afin de débarrasser les tomates :

- De la terre ou de sable.
- D'une charge microbienne élevée.
- Des résidus des produits phytosanitaires qui indépendamment de leur toxicité peuvent provoquer des altérations de la couleur, de la saveur, où même favoriser la corrosion.

II.2.3.Triage

Les tomates lavées sont triées pour éliminer les matières étrangères et les tomates en mauvais état (altérées ou moisies), le but de triage consiste à enlever des éléments non comestibles.

II.2.4. Préchauffage

Le produit passe dans un préchauffeur à une température de 70 à 75C° pendant 20 à 25 min.

Ce réchauffage a pour but de:

- Faciliter la séparation de la peau.
- Inactiver les enzymes.
- Chasser l'air se trouvant au-dessus du produit et le remplacer par la vapeur d'eau.
- Faciliter le tamisage

II.2.5. Broyage

C'est la première étape de la transformation pendant laquelle la tomate est transformée en un produit broyé dans le broyeur qui permet d'obtenir un produit homogène.

II.2.6.Tamisage

Cette opération a pour but de séparer le jus de tomate et éliminer les éléments indésirables.

- D'abord dans un tamis de 1,2 micromètre (Passoire) pour éliminer le grand tégument de la tomate (pépin, parties cellulose). Dans la plupart des cas, le tamisage n'est pas une opération isolée, mais intervient on même temps que l'extraction.
- Puis dans un tamis de 0,7 micromètre (Raffineuse) pour éliminer les petits téguments.

Le jus extrait est mis dans des grands barils pour passer à l'étape prochaine.

Le tamisage à chaud présente plusieurs avantages :

- Accroître en générale le rendement.
- Réduire la charge microbienne.
- Protéger dans une certaine mesure contre l'oxydation en créant une atmosphère de vapeur dans les tamis et les passoires.

II.2.7. Adjonction de sel

Les purées de tomates peuvent être additionnées de sel à des doses ne dépassent pas:

- 15% du poids du résidu sec (sel déduit) pour les purées de concentration supérieure à 20 %.
- 03% du poids du résidu sec pour les purées de concentration inférieure ou égale à 20%.

II.2.8. Cuisson des pulpes de tomate (concentration sous vide)

Elle permet d'obtenir de la tomate avec un taux en matière sèche élevé (Brix) par évaporation ou par osmose inverse. L'eau contenue dans la tomate et celle ajoutée au préchauffage est évacuée et on obtient une pâte selon le degré de concentration désirée. Pour le concentré de tomate, on peut avoir :

- Une simple concentration : le Brix est inférieur à 18%
- Une double concentration la plus commercialisée): 28%
- Une triple concentration Brix supérieur à 28%.

La triple concentration permet de conserver de grandes quantités de tomate dans des boîtes réduites. On pourra par la suite obtenir la double concentration par une dilution installations sur place. Notons que la concentration constitue le nœud de la transformation. Sa réussite est très importante.

II.2.9. Pasteurisation

Après les opérations précédées, le produit concentré obtenu sera pasteurisé. Le produit passe d'abord à une température de 85 à 90°C pendant quelques secondes. Elle a pour but, d'assurer la destruction des micro-organismes et inactiver les enzymes qui pourraient altérer le produit ou le rendre impropre à la consommation. Puis il se refroidit dans l'eau froide.

II.2.10. Remplissage

Les boites sitôt remplies sont retournées pour assurer la pasteurisation de l'espace libre et la partie intérieure du couvercle ; de cette façon aucun développement de moisissures n'est à craindre.

II.2.11. Stérilisation

La stérilisation des boîtes remplies de produit concentré se déroule dans des autoclaves contenant de l'eau chaude à 90-95 °C, pendant un temps de séjour d'environ 20 minutes. Cette étape permet la destruction de tous les micro-organismes

qui pourraient exister à l'intérieur des boîtes de concentré de tomate pour but d'assurer la bonne qualité microbiologique du produit fini.

Le tableau suivant consigne la durée de stérilisation en fonction du volume

Tableau 11 : La durée de stérilisation en fonction du volume

Volume de boîtes	La durée de stérilisation
1/6kg	30min
1/2kg	50min
1kg	80min
5kg	120min

Source : Vierling, 1998

II.2.12. Refroidissement

Les boîtes de pâte de tomate doivent ensuite être rapidement refroidies afin d'éviter la détérioration de la flaveur et de la couleur à la suite de la rétention de la chaleur. Parmi les techniques utilisées lors du refroidissement, on peut soit pratiquer un refroidissement par l'air des boîtes empilées et rangées de façon à permettre une bonne circulation de l'air, soit pratiquer le refroidissement avec de l'eau chlorée par aspersion ou par immersion [51] .

II.2.13. Conditionnement et emballage

Après le refroidissement des boîtes qui durent quelques secondes, on passe au conditionnement pour emballer les boîtes de tomates dans des cartons plastifiés, pour faciliter le transport sur les lieux de stockage ou les lieux de vente (marché...).

Le produit fini doit être mis en observation pendant 15 jours avant de sortir, afin d'assurer de sa capacité de conservation. Le conditionnement du produit, peut se faire avant ou après la pasteurisation.

Le diagramme ci-dessous résume le processus de fabrication de concentré de tomate

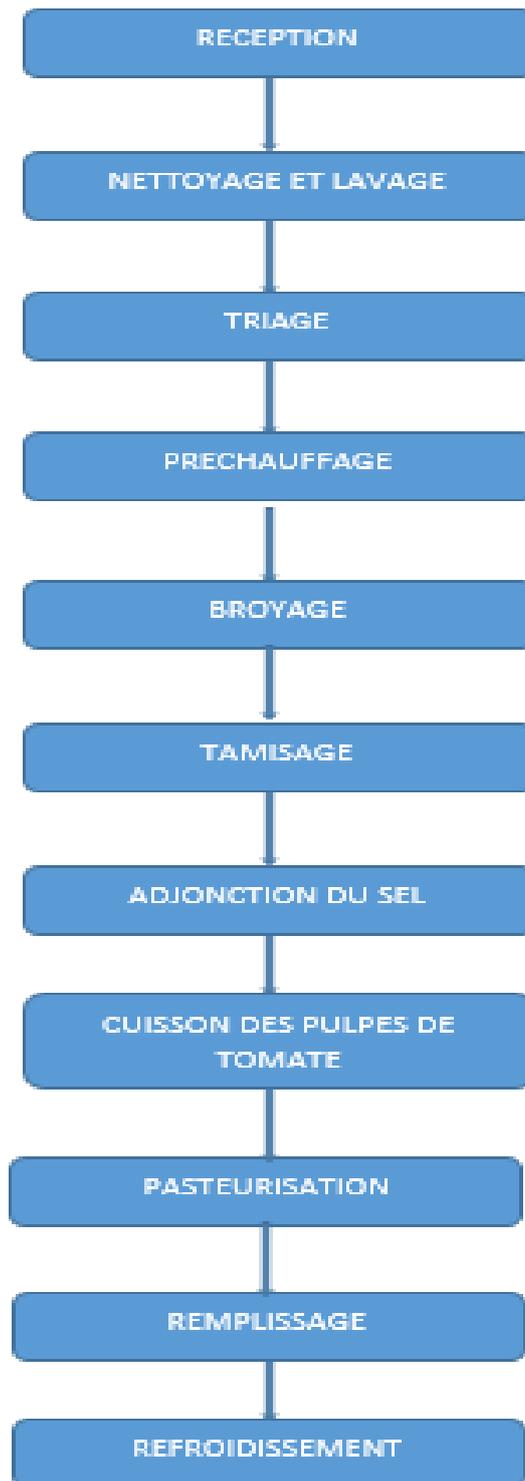


Figure 12: Processus de fabrication de concentré de tomate

Source : Auteur

II.3. Photos résumant la transformation de tomate en concentré

Les étapes de fabrication des concentrés sont représentées dans la figure ci-dessous



Figure 13: Transformation de tomate en concentré

Source : Auteur

II.4. Utilisation du concentré pour la préparation d'autres produits

Le concentré de tomate peut être considéré comme un produit "semi-fini" car il entre dans la préparation de nombreux produits industriels, en particulier des jus, des sauces ou encore des soupes. La préparation de ces aliments se fait, le plus souvent, à partir de concentré dilué et mélangé à d'autres ingrédients, qui varient selon le produit désiré (oignons, huile, sucre, sel, épices, etc).

Chapitre V : Matériels et Méthodes

Le matériel, les plans expérimentaux ainsi que l'organisation de ces différentes mesures sont présentés spécifiquement, pour chacune des expérimentations dans la partie « résultats et discussions ».

I. ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

La détermination de certains paramètres physico-chimique représentés par l'acidité titrable, le potentiel d'Hydrogène, le taux de la matière sèche, le taux d'humidité, la densité et la teneur en chlorure sur concentré de tomate est réalisée selon la réglementation de contrôle de la qualité. La détermination de ces paramètres vise à révéler l'effet de l'assaisonnement sur le concentré de tomate. Ces tests sont réalisés au niveau de laboratoire de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo et au Centre National de Recherches sur l'Environnement.

I.1. Détermination du pH

I.1.1. Principe

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 prolongée dans l'échantillon liquide.

I.1.2. Mode opératoire

Une fois le pH mètre étalonné, prélever comme prise d'essai un volume V de l'échantillon, suffisamment important pour permettre l'immersion de l'électrode, et noter la valeur du pH.

I.1.3. Résultat

Lecture directe de la valeur pH sur le pH-mètre à 20°C. La valeur optimale de pH varie entre 4,3 – 4,5.

I.2. Détermination de l'acidité

I.2.1. Principe

L'acidité de l'échantillon, correspond à la somme des acides organiques et minéraux libres, à savoir l'acide malique, citrique, oxalique et pour déterminer cette acidité il faut faire un titrage à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N.

I.2.2. Mode opératoire

Les opérations suivantes ont été effectuées :

- Verser 10g de concentré de tomate dans un erlenmeyer
- Ajouter 50ml d'eau distillée+10 gouttes de phénolphtaléine
- Titrer par le NaOH à 0.1N jusqu'à l'apparition de la couleur rose.

I.2.3.Résultat

La quantité d'acide dans l'échantillon est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Acidité (g/kg)} = V_{\text{NaOH}} * 0,64$$

V : volume de la chute de burette en ml.

0,64 : coefficient d'acide citrique.

I.3. Détermination du taux de matière sèche et l'humidité

I.3.1. Principe

Le principe de cette méthode est faire subir aux échantillons un chauffage de 100 à 105°C pendant 24h dans une étuve ventilée.

La teneur en eau est exprimée en % du poids d'eau par rapport au poids de matière sèche.

I.3.2. Mode opératoire

Les opérations suivantes ont été effectuées :

- Identifier et peser les creusets en porcelaine.
- Peser l'aliquote de 5g de chaque prélèvement effectué.
- Faire pénétrer les aliquotes dans l'étuve (100 à 105 °C) pendant 24h.
- Peser les aliquotes après dessiccation.
- Déduire la teneur en matière sèche à partir de l'équation.

I.3.3. Expression des résultats

La teneur en matière sèche est déduite par pesée après extraction de l'échantillon sec c'est-à-dire :

$$\%MS = \frac{\text{masse de MS}}{\text{masse de l'échantillon}} * 100$$

MS : matière sèche en gramme

Le calcul de la teneur en l'eau s'effectue comme suit :

$$\%Humidité = 100 - MS\%$$

I.4. Détermination du taux de cendre

I.4.1. Principe

Le principe de cette méthode consiste à incinérer l'échantillon à haute température à environ 550°C jusqu'à obtention des cendres et disparition de la matière organique.

I.4.2. Mode opératoire

Les opérations suivantes ont été effectuées :

- Identifier et peser les creusets en porcelaine.
- Prendre une prise d'essai de 5g par pesée de chaque échantillon.
- Mettre les prises d'essais dans le four à 550°C jusqu'à apparition des cendres et disparition de la matière organique (3h).
- Peser les prises d'essai sorties du four.
- Déterminer la teneur en cendre.

I.4.3. Expression des résultats

Le calcul de la matière minérale s'effectue comme suit :

$$\% \text{cendres totales} = \frac{(M_2 - M_0)}{(M_1 - M_0)} * 100$$

Dont :

M₀=masse du creuset vide (en gramme).

M₁=masse totale du creuset contenant la prise d'essai (en gramme).

M₂=masse totale du creuset et les minéraux brutes (en gramme).

I.5. Détermination de chlorures

I.5.1. Principe

La détermination de la teneur en chlorures dans le concentré de tomate est à l'objectif de déterminer la teneur de chlorure de sodium ainsi que la salinité. La méthode est basée sur la précipitation des chlorures par le nitrate d'argent solution. Au point d'équivalence, une faible concentration en ions AgNO₃ provoque le virement de la couleur de chromate de potassium vers le rouge brique.

I.5.2. Mode opératoire

Les opérations suivantes ont été effectuées :

- Mettre 10g de jus de tomate dans un erlenmeyer

- Ajouter 50ml de l'eau distillée et mélanger soigneusement
- Ajouter 02ml de chromate de potassium à 10%
- Doser avec le nitrate d'argent de normalité 10 (N10) jusqu'au virage de couleur au rouge brique.

I.5.3. Expression des résultats

Le calcul du chlorure s'effectue comme suit :

$$\text{Chlorures (g/kg)} = V_{\text{AgNO}_3} * 1,17$$

Dont :

V : volume de la chute de burette en ml.

1,17 : coefficient de chlorure.

I.6. Détermination de la densité

I.6.1. Principe

La densité est obtenue en calculant le quotient de la masse volumique d'une solution de la même masse volumique d'eau distillé à 20°C [52].

I.6.2. Mode opératoire

Les opérations suivantes ont été effectuées :

- Le picnomètre est pesé vide (m_0). On le remplit d'eau distillée récemment bouillie et refroidies aux environs de 20°C.
- Avant de faire peser, le niveau d'eau est ajusté au trait de repère.
- Après cette opération, on prépare un concentré de tomate, on le remplace par l'eau distillé ensuite on le pèse.

I.6.3. Expression des résultats

La densité est calculée par la formule suivante :

$$D = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

Où :

m_0 : masse en grammes, du bécher vide.

m_1 : masse en grammes, du bécher rempli d'eau distillé.

m_2 : masse en grammes, du bécher rempli du concentré de tomate.

II. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Du fait du nombre très faible de micro-organismes éventuellement présents dans la conserve, il est essentiel de ne pas contaminer en prélevant.

On réalisera donc les différentes opérations dans la zone de stérilité du bec bunsen.

II.1. Examen de la boîte

On vérifie la nature de produit, type, état et format de l'emballage (Bombage, micro fuite et autres défauts éventuels).

II.2. Nettoyage de l'emballage

- Commencer par agiter avant le nettoyage pour homogénéiser les constituants.
- Nettoyer, en brossant à l'aide d'un détergent, tout particulièrement les sertis ou les joints de fermeture.
- Sécher avec du papier absorbant à usage unique.

II.3. Désinfection

- Passer sur l'emballage à l'aide d'un coton hydrophile imprégné d'eau de javel.
- Laisser agir 10 à 15 minutes puis recommencer à l'aide d'un coton hydrophile imprégné d'éthanol à 0.95.
- Laisser sécher.

II.4. Ouverture de l'emballage

Pour les boîtes métalliques, passer un coton imprégné d'éthanol à l'endroit de l'ouverture puis pratiquer l'ouverture à l'aide d'une cisaille courbe.

III. TEST DE STABILITE (NF V 08-402)

Le test de stabilité consiste à soumettre à l'incubation un échantillon du lot de conserve prélevée puis vérifier que l'incubation n'a pas apporté de modification notable par rapport à l'échantillon témoin non étuvé.

III.1. Etuvage

Selon le journal N° 35 de 27 Mai 1998, ce test consiste à :

Prendre 3 boîtes de la même série

- Première comme un témoin à la température ambiante.
- Deuxième, étuvé à 37°.
- Troisième, étuvé à 55°.

Laisser les boîtes 7 jours dans leur étuve.

Le 8^{ème} jour, le pH des boîtes étuvés est comparé à celui du témoin, plus la variation est de 0.5 unités, pH indique la présence d'une activité bactérienne.

III.2. Examen après étuvage

Avant de procéder aux examens, on laisse les échantillons pendant 24 heures à la température du laboratoire afin d'obtenir l'équilibre des températures, et les examens sont effectués sur les échantillons ne présentant aucune modification.

III.2.1. Aspect extérieur (l'aspect de l'emballage)

On note un éventuel bombage, flocage ou micro fuite

III.2.2. pH

Une boîte est dite stable si la différence de pH inférieur à 0.5 unités par rapport aux témoins.

IV. PHOTOS PRESUMANT L'ANALYSE ET LE TEST DE STABILITE



Figure 14: matériels d'analyse et test de stable

Source: Auteur

Chapitre VI : Résultats et discussions

I. RENDEMENT EN CONCENTRE DE TOMATES

Seule la pulpe de la tomate est utilisée pour la préparation du concentré, les rendements obtenus au cours de la préparation sont illustrés dans la figure ci-dessous

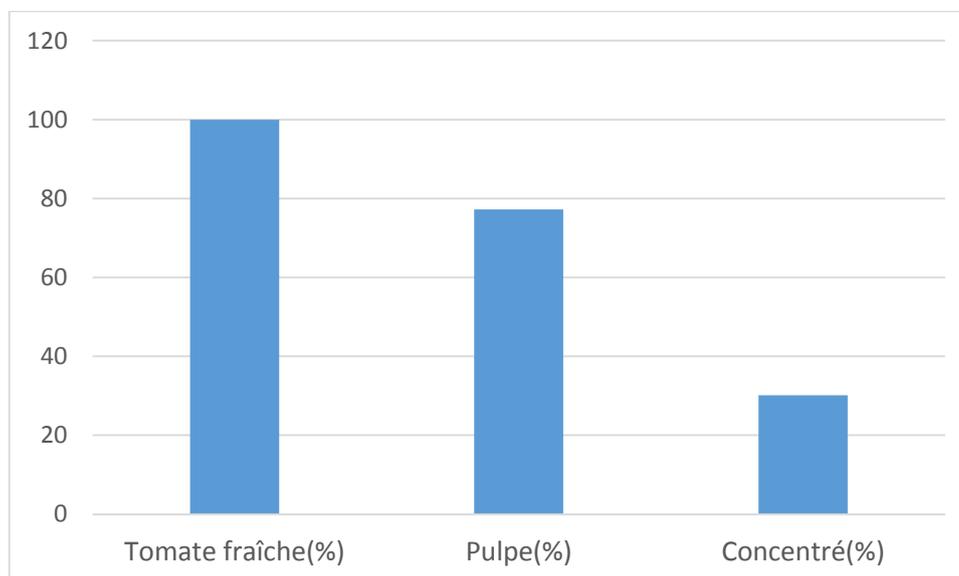


Figure 15: Rendements en concentré de tomate

Source : Auteur

D'après la figure, nous pouvons constater qu'un kilogramme de tomates fraîches donne presque 0,772kg de la pulpe destinées à la concentration, le rendement est évalué à 77,2%.

La concentration de cette pulpe donne 0,23kg en concentré de tomate. Alors le rendement d'un kilogramme de tomates fraîches en concentré de tomates est de l'ordre de 30,5%, on a 69,5% d'eau enlevé. Le faible rendement du concentré préparé est expliqué par la richesse de la tomate fraîche en eau qui constitue, mais ce rendement varie selon les variétés utilisées.

II. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DU CONCENTRE DE TOMATE

II.1. Détermination du pH

Le pH joue un rôle non négligeable dans l'appréciation de la qualité organoleptique des produits à base de tomate.

Les résultats indiqués dans le tableau suivant montrent les valeurs de pH pour l'ensemble des échantillons analysés.

Tableau 12: Résultats de pH obtenus des différents échantillons.

Echantillons	pH	Norme théorique
Echantillon 1	4,27	≤4,50
Echantillon 2	4,38	
Echantillon 3	4,48	
Echantillon 4	4,33	

Source : Auteur

Pour mieux exploiter nous allons traduire ces valeurs sous formes de figure

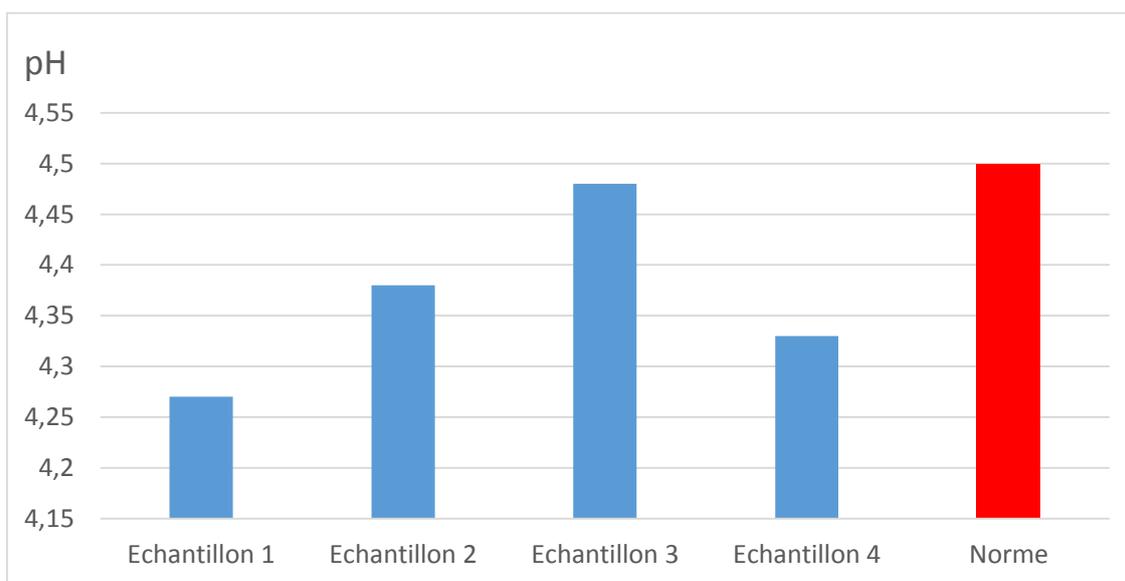


Figure 16: pH des différents échantillons

Source : Auteur

Ces valeurs pourraient être considérées comme satisfaisantes, car elles sont proches de la majorité des valeurs rapportées par de nombreux auteurs, tel que les normes recommandées par **Miladi (1970) [53]**, qui préconisent une valeur de pH de 4.5 dans le concentré de tomate.

Une légère différence de pH a été notée entre les différents échantillons, cela est lié au stade de maturation et des variétés de tomate utilisées lors de la transformation.

Le pH relativement faible des concentrés de tomate ($\text{pH} < 4,5$) est un avantage du point de vue de la stabilité. En effet, ce niveau de pH réduit considérablement le taux et la gamme de microorganismes pouvant se développer sur le produit. Seuls les microorganismes acidophiles, notamment les levures, les moisissures, les

acétobacters et lactobacillus peuvent s’y développer. Toutefois, ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par **Dossou et al. (2007) [54]** qui était inférieures à 4,1.

II.2. Détermination d’acidité (g/kg)

Les résultats indiqués dans le tableau suivant montrent les valeurs d’acidité pour l’ensemble des échantillons analysés.

Tableau 13: Résultats d’acidité obtenus des différents échantillons

Echantillons	Acidité (g /kg)	Norme théorique (g/kg)
Echantillon 1	18,68	≤20,00
Echantillon 2	20,02	
Echantillon 3	18,12	
Echantillon 4	19,42	

Source : Auteur

Afin de mieux exploiter ces résultats, nous allons les traduire sous forme de figure.

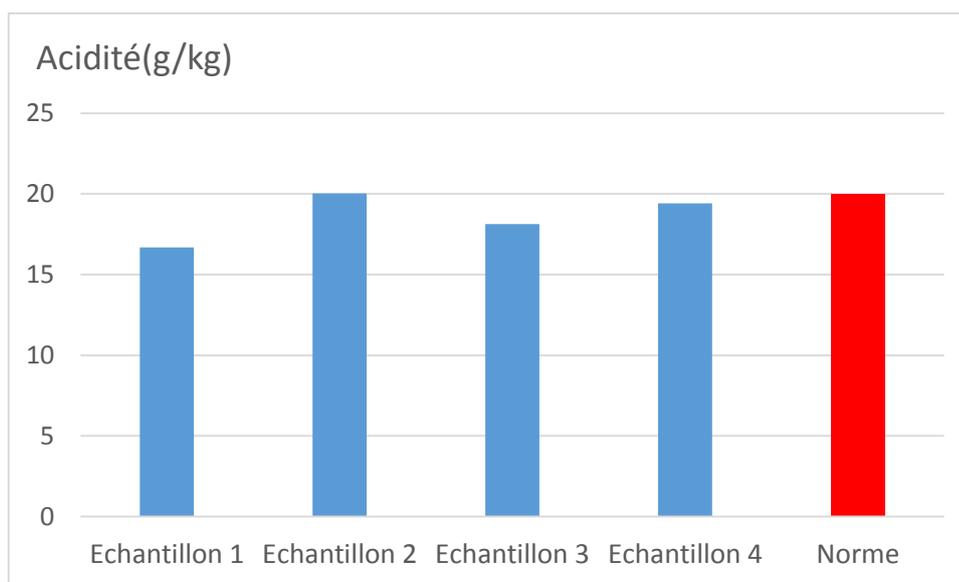


Figure 17: Acidité des différents échantillons

Source : Auteur

Nous remarquons, que les résultats obtenus pour les quatre échantillons du concentré de tomate varient de 18,12 à 20,02 g/kg. Nous pouvons considérés que nos résultats sont conformes aux normes fixant l’acidité du concentré de tomate maximum à 20,00 g/kg.

Les deux échantillons 1 et 3 montrent une teneur en acidité inférieure que les autres, cela est lié au stade de maturation et des variétés de tomate utilisées lors de la transformation.

II.3. Détermination de taux de matière sèche

Le taux de matière sèche de la tomate varie de 92,2 à 95%, alors que, celui de la tomate concentrée est de 20 à 22%. L'eau représente ainsi 3/4 du poids total du produit fini (**CODEX STAN 57**).

Les résultats indiqués dans le tableau suivant montrent les taux de matière sèche pour l'ensemble des échantillons analysés.

Tableau 14: Résultats de taux de matière sèche obtenus des différents échantillons

Echantillons	MS(%)	Norme théorique(%)
Echantillon 1	19,45	20,00 à 22,00
Echantillon 2	20,58	
Echantillon 3	20,99	
Echantillon 4	21,23	

Source : Auteur

Pour mieux exploiter nous allons traduire ces valeurs sous forme de figure.

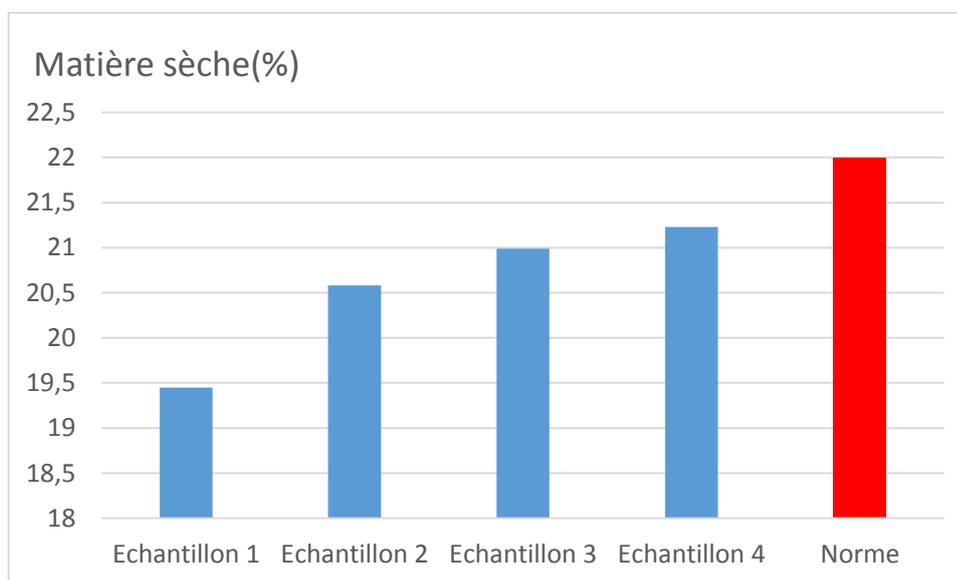


Figure 18: Teneurs en matière sèche des différents échantillons

Source : Auteur

La figure présente le taux de matière sèche dans les quatre échantillons du concentré de tomate analysé.

Le taux de MS de nos échantillons varie de 19,45 à 21,23%, ces teneurs sont acceptables, le premier échantillon montre un taux de matière sèche inférieur aux normes car il n'a pas subi à des bonnes conditions de stockage avant l'analyse ou à bonne extraction du jus, nous concluons que la chaîne de fabrication du concentré de tomate n'affecte pas le taux de matière sèche.

II.4. Détermination de taux d'humidité

Les résultats indiqués dans le tableau suivant montrent le taux d'humidité pour l'ensemble des échantillons analysés.

Tableau 15: Résultats de taux d'humidité obtenus des différents échantillons

Echantillons	Humidité (%)	Norme théorique(%)
Echantillon 1	80,55	75,00 à 80,00
Echantillon 2	79,42	
Echantillon 3	79,01	
Echantillon 4	78,88	

Source : Auteur

Afin de mieux exploiter ces résultats, nous allons les traduire sous forme de figure

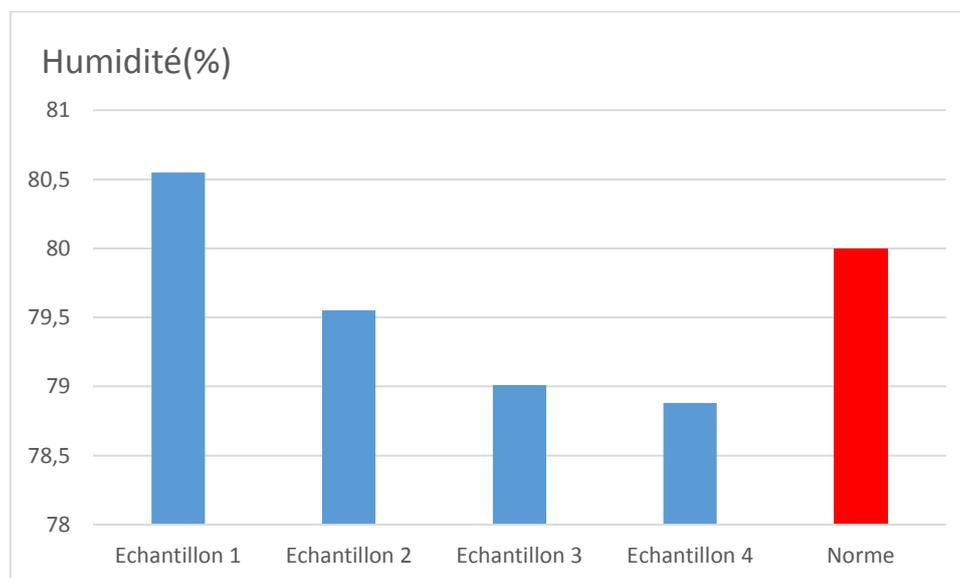


Figure 19: Teneur en eau des différents échantillons

Source : Auteur

Les résultats obtenus montrent que la teneur en eau dans les échantillons varie entre 78,88 et 80,55%. La teneur élevée du 1^{er} échantillon est due au mauvais conditionnement avant l'analyse. Ces résultats sont conformes aux normes, qui

varient entre (75 et 80%) dans le concentré de tomate, ce qui garantit une meilleure conservation contre les altérations.

Il y a une relation entre les valeurs de la teneur en matière sèche et la teneur en eau, ces valeurs sont inversement proportionnelles.

II.5. Détermination de taux de cendres

Les résultats indiqués dans le tableau suivant montrent le taux de cendres pour l'ensemble des échantillons analysés.

Tableau 16: Résultats de taux d'humidité obtenus des différents échantillons

Echantillons	Cendres (%)
Echantillon 1	1,66
Echantillon 2	1,76
Echantillon 3	1,77
Echantillon 4	1,96

Source : Auteur

Afin de mieux exploiter ces résultats, nous allons les traduire sous forme de figure.

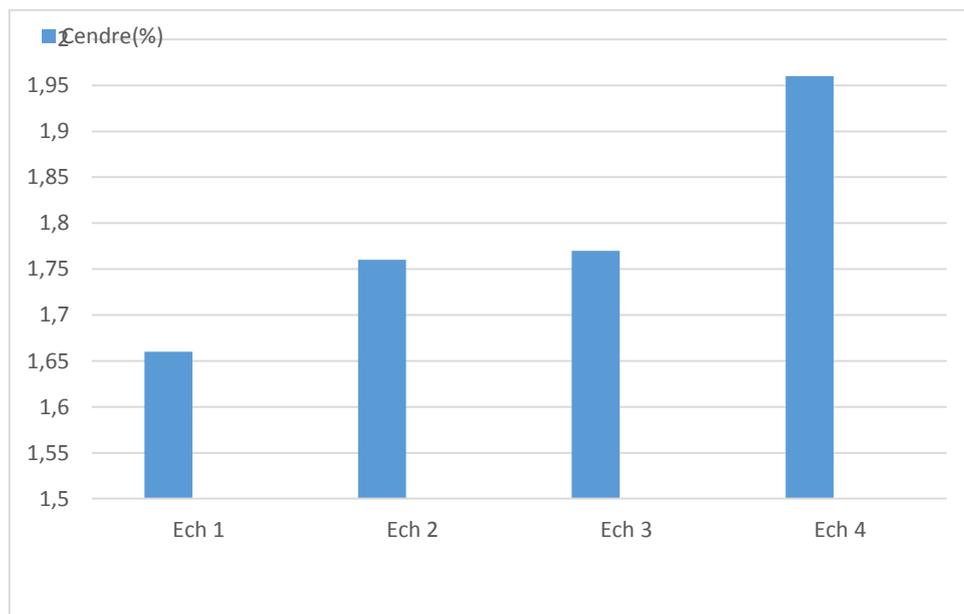


Figure 20: Teneur en cendre des différents échantillons

Source : Auteur

Le graphe nous montre que les taux de cendre de notre échantillon varient de 1,66 à 1,96%

II.6. Détermination des Chlorures (g/kg):

Les résultats indiqués dans le tableau suivant montrent la teneur en chlorure pour l'ensemble des échantillons analysés.

Tableau 17: Teneur en chlorures des différents échantillons

Echantillons	Chlorures (g /kg)	Norme théorique
Echantillon 1	19,43	20,00-21,00
Echantillon 2	20,12	
Echantillon 3	20,65	
Echantillon 4	19,78	

Source : Auteur

Pour mieux exploiter nous allons traduire ces valeurs sous forme de figure.

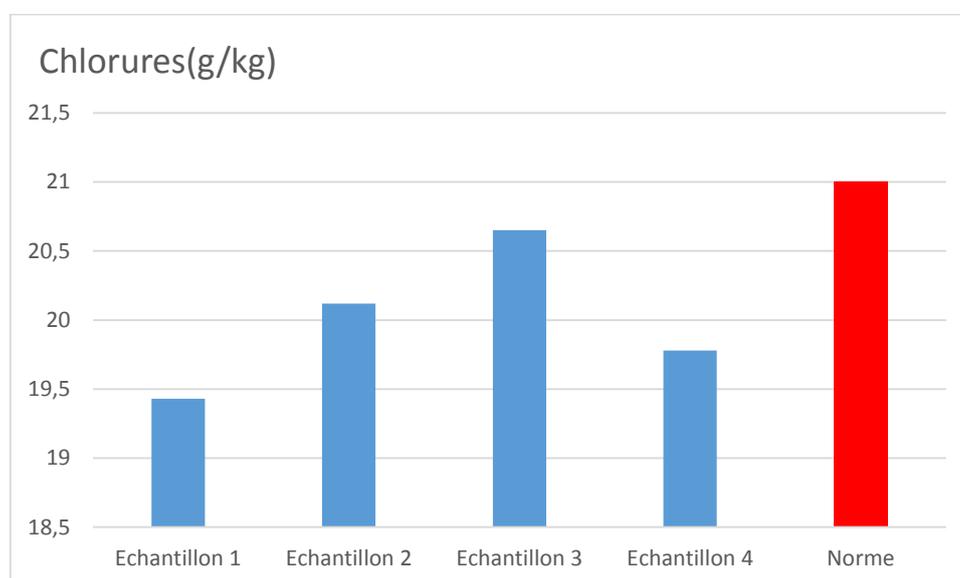


Figure 21: Teneur en chlorures des différents échantillons

Source : Auteur

L'analyse de la figure, montre que les différents échantillons, correspondent aux normes préconisées. Sauf pour l'échantillon 1 et 4 qui sont légèrement inférieurs à la norme. **Rozier et al. (1985) [55]** ont signalé que le pourcentage de chlorures étant un paramètre de qualité très important, sa variation affecte l'expression globale de l'indice de réfraction.

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité. On peut alors conclure que les caractéristiques physico-chimiques dépendent de la variété de tomate utilisée et du procédé de transformation adopté.

II.7. Détermination de la densité

Les résultats indiqués dans le tableau suivant montrent les valeurs de la densité pour l'ensemble des échantillons analysés.

Tableau 18: Résultats de la densité obtenus des différents échantillons

Echantillons	Densité	Norme théorique
Echantillon 1	1,003	0,900-1,000
Echantillon 2	1,005	
Echantillon 3	0,943	
Echantillon 4	1,000	

Source : Auteur

Afin de mieux exploiter ces résultats, nous allons les traduire sous forme de figure.

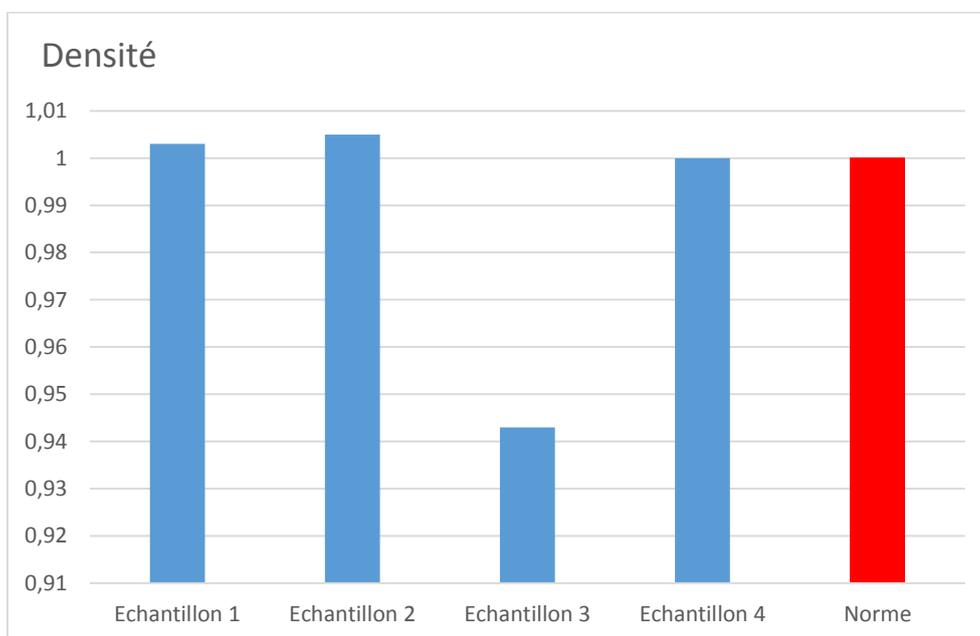


Figure 22: Densité des différents échantillons

Source : Auteur

Nous avons remarqué une légère différence de densité entre les échantillons mais les résultats obtenus montrent une conformité aux normes préconisées, cela est dû à la différence dans la composition chimique en polyphénols de chaque échantillon. La valeur la plus élevée est enregistrée dans le 2^{ème} échantillon.

III. RESULTATS ET INTERPRETATION DE TEST DE STABILITE

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant

Tableau 19: Contrôle de la stabilité de nos échantillons.

Echantillon	Témoin non étuvé	Etuvage à 37C°	Etuvage à 55C°
Echantillon 1	4,08	4,10	4,14
Echantillon 2	4,09	4,11	4,14
Echantillon 3	4,11	4,15	4,20
Echantillon 4	4,10	4,13	4,18

Source : Auteur

Les conserves de concentré de tomate sont dites stables si elles ne présentent pas :

- des modifications de l'aspect de l'emballage et du produit après étuvage (odeur désagréable, bombage, micro fuites).
- des variations du pH par rapport au témoin ne doivent pas dépasser 0,5 unité.
- des variations de la flore microbienne du point de vue quantitatif et qualitatif.

Les résultats indiqués dans le tableau suivant montrent les valeurs de pH pendant le contrôle de stabilité pour l'ensemble des échantillons.

On constate de ces résultats que la différence de variation des produits témoins et des produits étuvés ne dépasse pas de 0,5 unité. On en déduit que les méthodes utilisés pour conserver les produits sont fiables et efficaces.

IV. RISQUES TECHNOLOGIQUES LIES AUX CONSERVES

Vu que les conserves sont soumises à traitement thermique brutal, il peut y avoir des risques divers parmi lesquels ;

- Risque de perte en matières minérales.
- Risque de dégradation des protéines.
- Risque de destruction des vitamines A1, B1, B2 et E.
- Risque de fusion puis oxydation des acides gras insaturés, qui aboutit à la formation de peroxydes (corps toxique) [56].

PARTIE III : ETUDE ECONOMIQUE

PARTIE III : ETUDE ECONOMIQUE

Nous nous jugeons que c'est très important de procéder à une analyse ou du moins d'une approche économique dans le but de connaître le prix de revient concentré de tomate.

I. ETUDE DE MARCHÉ

L'étude de marché concerne les concentrés de tomate fabriqués à petite échelle. Plusieurs concentrés sont rencontrés dans le marché, les magasins, les supermarchés mais ce sont des produits importés.

I.1. Caractéristiques des produits

Notre concentré de tomate, conditionné dans un emballage de 70g. Tous les emballages sont munis d'étiquette mentionnant la dénomination du produit, les ingrédients utilisés, le poids net de produit et le nom de la société.

I.2. La clientèle ciblée

La clientèle sera constituée des malgaches, et de la couche moyenne de la population.

I.3. Le prix

Nos prix seront en fonction des prix des produits déjà existant sur le marché et des consommateurs ciblés. C'est pour cela que les prix devront être abordables et les produits de bonne qualité.

De plus, des tarifs de lancement sont attribués pendant la première année pour attirer l'attention des consommateurs et augmenter la demande des produits offerts. Et les prix augmentent les années suivantes.

Tableau 20: Prix du produit durant les cinq premières années de 70g

Produit	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Concentré de tomate	700	900	1100	1 300	1 500

Source : Auteur

I.4. Promotion-Publicité

La publicité constitue une meilleure stratégie pour faire connaître les produits afin d'en accroître la vente. Elle se fait à l'aide des masses média, des promotions, des tests gratuits afin de savoir son efficacité et des livraisons gratuites dans les périphéries.

I.5. Packaging

Le marché des concentrés est dynamique. Depuis quelques années, les acteurs du secteur le savent et profitent, de la forte demande des consommateurs en matière de packaging pratiques pour surfer sur la croissance.

Le packaging a pour fonction principale de protéger le produit contre toute dégradation due à des agents extérieurs. Il permet d'assurer la sécurité du produit, sa conservation et son stockage.

II. Les raisons du choix d projet

II.1. Choix du site

Nous avons choisi Antsirabe comme le lieu de fabrication puisque c'est une ville à prix abondante des matières premières, une ville qui favorise la préparation des concentrés de tomate et aussi pour faciliter :

- La disponibilité des matières premières
- Disponibilité des voies de communication
- Milieu d'accueil favorable

II.2. Nécessité du projet

Ce projet a pour nécessiter de :

- L'influence de projet sur l'aspect social
- Développement de l'économie national, régional, ou local ;
- La création d'entreprise

II.3. Implantation de l'usine

Nous avons choisi Antsirabe comme lieu d'implantation pour les raisons suivantes :

- Diminuer les pertes pendant la saison de récolte
- Valoriser les tomates
- Créer des activités génératrices de revenus à la population environnante.

II.4. Etude financière

L'investissement est défini comme une acquisition du moyen de production physique à être utilisé de façon durable dans une entreprise.

- Investissements en équipements et matériels

Ces investissements sont résumés par le tableau suivant :

Tableau 21: Investissement en équipements et matériels

Désignation	Quantité	PU	Montant(Ar)
Matériel de production et de contrôle			
Balance	1	150 000	150 000
pH-mètre	1	65 000	65 000
Thermomètre	1	20 000	20 000
Refractomètre	1	110 000	110 000
Marmite inox	2	75 000	150 000

Source : Auteur

Tableau 22: Récapitulation des investissements fixés

Désignation	Coût (Ar)
Investissement en construction	60 000 000
Investissement en matériels et équipements	4 950 000
Investissements divers	1 133 000
Total	66 083 000

Source : Auteur

- Valorisation des matières premières en concentré de tomate

Nous avons estimé d'acheter 3 000kg de tomate la première année.

Ces quantités et ses valeurs sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 23: Valorisation des matières premières en concentré de tomate

Désignation	Quantité	PU (kg/ plaquette)	Montant(Ar)
Tomate fraiche	3 000kg	2 800	8 400 000
Conservateur	10 plaquettes	2 700	27 000
Sel	15 kg	600	9 000
Metabisulfite de potassium	2 kg	17000	34 000
Total			8 470 000

Source : Auteur

Les boites de concentré de tomate obtenue pour la première année sont 10114.

Tableau 24: Coût annuel des autres charges de fabrication de concentré de tomate

		Année 1	
Désignation	Prix unitaire (Ar)	Quantité	Prix (Ar)
Electricité	460/kWh	8kW×305h	1 122 400
Eau	935/m ³	300m ³	280 500
Montant total			1 402 900

Source : Auteur

Le chiffre d'affaire augmente 16% chaque année.

Le tableau suivant résume la liste du produit avec leurs valeurs respectives

Tableau 25: Récapitulation des valeurs respectives des concentrés de tomate pendant 5 ans

Montant(Ar)					
	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année	5 ^{ème} année
CT	35 399 000	41 062 840	47 632 890	55 254 150	64 094 810

- Le fond de roulement initial(F.R.I)

Il est constitué par les dépenses à engager et à décaisser pour le démarrage du projet

- Charges du personnel

Les charges personnelles se résument par le tableau suivant :

Tableau 26: Charges personnelles

Tâche	Nombre	Salaire mensuel par personne	Salaire annuel total
Chef de projet	1	1 700 000	18 000 000
Responsabilité technique	1	450 000	5 400 000
Responsable administratif	1	450 000	5 400 000
Responsable de commerce	1	450 000	5 400 000
Ouvriers spécialisés	2	200 000	2 400 000
Charges du personnel			31 200 000

Source : Auteur

- Charges sociales

Les charges sociales comprennent les frais de l'O.S.T.I.E et les frais du C.N.A.P.S.

Ces frais sont évalués à 16% des charges du personnel.

D'où : 4 992 000Ar

Le tableau ci-après récapitule le fond de roulement interne :

Tableau 27: Résultats du cash-flow

1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année	5 ^{ème} année
15 451 720	22 135 050	29 887 710	38 880 790	49 312 780

Source : Auteur

- Calcul de VAN

La VAN ou Valeur Actuelle Nette : c'est de savoir le gain accumulé par les actionnaires avant la décision d'investir. C'est un critère qui permet d'évaluer directement la rentabilité du projet. La valeur nette est la valeur des revenus futurs actualisés à un coût approprié, diminué du coût de l'investissement.

Elle se calcule d'après la formule suivante

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{CF}{(1+i)^n} - I_0$$

CF : Cash-Flow

n: période (1^{ère} à 5^{ème} Année)

i : c'est l'actualisation (8%) qui permet de comparer des sommes d'argent apparaissant à différentes périodes.

Déterminons d'abord le CF à l'aide de la formule suivante :

$$CF = \frac{\text{Total cash - flow}}{5}$$

$$CF = \frac{155\,668\,050}{5}$$

$$CF = 31\,133\,610 \text{ Ar}$$

D'où: VAN= 53 067 210 Ar

VAN>0. Alors, c'est possible d'effectuer l'investissement.

- Calcul de Rentabilité Interne ou T.R.I

Il concerne le taux à utiliser pour que l'affaire soit blanche ou la réalisation du projet n'apporte ni bénéfice, ni perte qui doivent être supérieur au taux d'actualisation employé.

D'après la formule.

$$\sum_{i=1}^n \frac{CF}{(1+i)^n} - I_0 = 0$$

Avec : $i = \text{T.R.I}\%$

D'après le calcul, $\text{T.R.I} = 38,54\%$

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION

En guise de conclusion, la tomate est un fruit largement consommé mais aussi sous forme transformée: ketchup, sauces, jus concentrés, concentrés,... Due à l'absence d'entreprise à Madagascar, l'importation du concentré de tomate occupe une part importante des disponibilités et contribue dans une large mesure de la consommation. Le présent travail est consacré pour étudier le rôle de la vitamine E (dérivés) dans l'amélioration de la qualité de concentré de tomates. Cette qualité est appréciée par certains paramètres physicochimiques (pH, acidité totale et taux de chlorures), et par le test de stabilité. La quantité de vitamine E utilisée pour la conservation est de 200mg/kg de concentré de tomate.

Au terme de notre travail, nous pouvons dégager les constatations suivantes :

- Le niveau maximum de pH ne doit pas dépasser 4,5.
- La teneur en cendres, le pH des concentrés dépendent de la variété de tomate à partir de laquelle elles sont fabriquées, la maturité et les conditions de cultures.
- Les bonnes pratiques technologiques déterminent également les caractéristiques physico-chimiques des concentrés : acidité, MS, taux d'humidité, teneur en chlorures et la densité. Les résultats de ces paramètres physico-chimiques sont respectivement : $18,68\text{g/kg} < \text{acidité} < 20,02\text{g/kg}$; $19,45\% < \text{MS} < 20,99\%$; $78,88\% < \text{taux d'humidité} < 80,55\%$; $19,43\text{g/kg} < \text{teneur en chlorures} < 20,65\text{g/kg}$; $0,943 < \text{Densité} \leq 1,00$.
- Concernant le test de stabilité, aucune modification sur l'aspect de l'emballage ou variation anormale des valeurs du pH n'a été constatée (pour les concentrés conservés thermiquement et par la vitamine E).

Nous constatons d'après notre étude que la vitamine E rajoutée aux concentré de tomate permet de réguler l'acidité de tomates, d'exhausser leur saveur.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
ET
REFERENCES WEBOGRAPHIQUES**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] INSTAT, 2004.
- [2] P. J-Y, Productions légumières, Synthèse Agricole, 575 pages, 1999.
- [3] O. J, Mémento fertilisation des cultures légumières, éditions CTIFL é400 pages, 1989.
- [4] .: H. (Paul), Recueil des fichiers techniques d'agriculture spéciale,tome II, 1971.
- [5] MTCTHG, 2009.
- [6] FAOSTAT, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2013.
- [7] FAOSTAT, Food and Agricultural commodities production <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>, Rome, 2013.
- [8] Z. S, Valorisation des pelures de tomates séchées en vue de leur incorporation dans la margarine. Mémoire de magistère. Univ. M'hamed Bougara Boumerdas. 76p, 2009.
- [9] H. G. Davies J.N., The Constitution of tomato fruit – the influence of environment, nutrition and genotype .Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 15(3):205-280, 1981.
- [10] Anonyme., Evaluation de la campagne de transformation de tomate en Algérie Ministère du commerce. Algérie, 2009.
- [11] B. G.R, Nutrient content of tomatoes and tomato products. Proceeding of the Society for Experimental Biology and Medicine, (New York , N.Y.), 218(2):98 100, 1998.
- [12] H. M. V. N. Markovic K., Lycopene content of tomato products and their contribution to the lycopene intake of Croatians. Nutrition Resseract, 26(11):556-560., 2006.
- [13] L. Thomas S.C., Vegetables and fruit: nutritional and therapeutic valus. Edition taylo et Francis Group, LLC, p.9:298., 2008.
- [14] S. H. R. A. R.-E. C. Spencer JP, Bioavailability of flavan-3-ols and procyanidins: gastrointestinal tract influences and their relevance to bioactive forms in vivo. Antioxid Redox Signal ;3: 1023–39, 2001.
- [15] T. G. P. S. Ramandeep K, Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. Food Research International 38 (2005) 487-494, 2005.
- [16] N. Krinsky, Antioxidant functions of carotenoids. Free Radic. Biol. Med, 1989.
- [17] R. A. V, Lycopène. FOOD AND NUTRITION RESEARCH. 10.1016/S1043-4526(06)51002-2, 2006.
- [18] C. S. W. S. H. Gartner, Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. Am. J. Clin. Nutr. 66:116–122, 1997. .
- [19] A. T. D. I. C. M. Lee, Consumption of tomato products with olive oil but not sunflower oil increases the antioxidant activity of plasma. Free Radic. Biol.Med.29(10):1051–1055, 2000.
- [20] J. H. Weisburger, Lycopene and tomato products in health promotion. Exp. Biol.Med. 227:924–927, 2002. .

- [21] J. V. L. d. J. M. d. G. M. H. v. D. 2. SHANKARA Naika, La culture des tomates : production, transformation et commercialisation, Pays Bas: Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, p6-12, p43 et p64, 2005.
- [22] D. B. F. R. e. R. L. Charles-Marie Messaien, op. cit., p. 200-201., 1989.
- [23] agroconsult.org, 2014.
- [24] F. STAT, Statistique agricole, 2011 .
- [25] B. D. Mathey C., «La tomate, légume de tous les pays. Le Journal en linge de saint – Bénigne,» 2009..
- [26] L. C. MORESI M., Economic study of tomato paste production. J. Food Technology 17, 177-199p, 1982.
- [27] A. M, Caractérisation fonctionnelle de la GDP-D-MANNOSE-3,5-EPIMERASE ET GALACTONO-1,4-LACTONE DESHYDROGENASE, enzyme de la voie de biosynthèse de la vitamine c chez la tomate. Thèse Pour le doctorat .UNIVERSITE DE BORDEAUX 1, 245 p., 2006.
- [28] B. C, Étude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. Thèse de doctorat. Nancy Université-INRA Agronomie et Environnement, 265 p, 2009.
- [29] F. C, Étude de la valeur alimentaire de pulpe de tomate chez les ruminants. Thèse de Doctorat vétérinaire - Université Claude Bernard de Lyon1, 135p., 2000.
- [30] H. I. PHILOUZE J., The tomato .scientific american, 59, 85-146p., 1995.
- [31] S. M. BAZZANO L., Dietary intake of fruits and vegetables and risk of cardiovascular disease. Curr Atheroscler Rep 2003 November, 5 (6), 492-9p., 2003.
- [32] I. V. BASU A., Tomatoes versus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: conclusions from clinical trials. Eur J Clin Nutr 2006 August, 16, 55p, 2006.
- [33] C. Levy, Principaux facteurs influençant l'efficacité de la lumière pulsée pour la décontamination des microorganismes pathogènes et d'altération des denrées alimentaires Thèse de Docteur de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse en Biotechnologie, Microbio, 2010.
- [34] V. E, Aliments et boissons : technologies et aspects réglementaires (dans la série : Science des aliments) éd : Doin éditeurs ISBN : 2-7040-0818-3. pp : 89-91 ; 107-108 ; 112-119, 1998.
- [35] L. D, Modifications biochimiques des constituants alimentaires. Techniques de l'ingénieur. F3400. ISTR A IN. Paris. 20 p, 1998.
- [36] H. B. & L. M. G. Coor. Guillard J.C., Cahier de formation Biologie médicale N°38, Les vitamines. EGOPRIM, Paris. ISBN : 2-913633-49-8. pp : 29-36 ; 49-60 ; 176-181 ; 200-201, 2007.
- [37] B. P. D. S. D. F. D. B. G. M. L. P. M. & P. M. Ferro-Luzzi A., Alimentation méditerranéenne et santé, actualité et perspectives. Ed : JL John Libbey EUROTEXT. Paris, AGROPOLIS-Montpellier, France. ISBN: 2-7420-0315-0. pp : 138-145, 2000.
- [38] L. G. & M. L. Alais C., Biochimie alimentaire 5 Ed de l'abrégé DUNOD ISBN : 2100038273 Paris. pp : 66-67 ; 90-93, 2003.
- [39] C. O, Prise en compte de l'influence du pH dans l'optimisation des traitements thermiques. Thèse de doctorat. Université de Bretagne occidentale. 180 p, 2002.

- [40] B. M. & C. A. Zuber F., Conception et validation des barèmes, 2008.
- [41] A. S. L. D. & A. A. Simpson R., Optimum design and operating conditions of multiple effect evaporators: Tomato paste. *Journal of Food Engineering*, 89, 4, 488-497, 2008.
- [42] B. M. B.-P. T. C. & G. G. W. Lund, The microbiological safety and quality of food, 2000.
- [43] B. J, Les vitamines : biochimie, mode d'action, intérêt thérapeutique. Laboratoire Roche, Neuilly sur Seine, 1977 ; 61-8.
- [44] B. E, La vitamine E, ses sources, ses propriétés, ses utilisations. Thèse pharmacie, Grenoble, 1984.
- [45] H. .H, *Encyclopedia of foods science and technology*.4 : 2718-2726, New York, 1992 .
- [46] C. I.-I. C. o. b. c. (JBN), «Nomenclature of tocopherols and related compounds: recommendation,» *European Journal of Biochemistry*, pp. 123: 473-5, 1981-1982.
- [47] K. M. chemistry, Vitamin E. *Progress in medicinal*; 250-85, 25, 1988.
- [48] O. H. S. J. MUNNICH H., Les vitamines., Masson Paris, 1987.
- [49] C. (. p. Codex), Xlo Edition. The pharmaceutical Press, London, 1979.
- [50] R. M.J, The Meric index:an encyclopedia of chemical and drugs XI° Edition.Merck, 1989.
- [51] Gould, Tomato production, processing and technology. CTI publishing, Baltimore, 1992.
- [52] James, Plumbing: Installation and design.Resto Publishing Company.Sci.of fluids 6: 26-152., 1980.
- [53] Miladi, Introduction à la composition et la technologie de la tomate.INN Ed grand magreb, Tunisie, p. 99., 1970: .
- [54] S. I. M. M. Dossou J., Evaluation des caractéristiques Physico-chimiques et sensorielles de la purée de tomate locale produite à petite échelle au Bénin. *Tropicultura*, 25(2): 119-125., 2007.
- [55] J. C. V. & B. F. Rozier, Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments; Ecole Nationale Vétérinaire de Maison Alfort, Paris, France, 1985.
- [56] Lebres, Conserves et semi conserves. Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments. Institut Pasteur, 2001.
- [57] Anonyme, Guide d'inspection qualité sur les concentrés de tomates, Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage (CACQE), p. 1-19., 1998.
- [58] F. e. OMS, Programme mixte sur les normes alimentaires. Cession Codex Alimentaires.Rome,p.12-40, 1999.
- [59] R. Y. e. C. C, La physiologie de la tomate. Edition INRA Paris ; P. 50-84, 1965.
- [60] B. J, Création variétale et amélioration des plantes. in *Agronomie moderne : Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale*, AFESR, Hâtier, p.119 – 152, 1994.
- [61] F. P. BIERI J.G., Vitamin E. *Vitamins and hormones* ; 34: 31-75, 1976.

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

w1 ["https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Tomate&oldid=164048883](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Tomate&oldid=164048883) ».
Consulté le 05 Août 2022

w2 <http://fac:umc.dz> Les additifs alimentaires Consulté le 23 Septembre 2022

:

:

ANNEXES

ANNEXE I : CARACTERE PHYSICO-CHIMIQUE DU CONCENTRE DE TOMATE

I. Compositions physico-chimiques du concentré de tomate

I.1.Matières premières

Les tomates destinées à la préparation des purées doivent subir une sélection et présenter les critères suivants :

- Fraiches, Marchandes, rouges, saines et loyales.
- Etat de maturité convenable [57].

I.2.Ingrédients

Les ingrédients qui peuvent être ajoutés aux purées de tomates sont les suivants :

- Le sel de qualité alimentaire (chlorure de sodium).
- Les aromates, épices naturels ou leurs extrais [58].

I.3.Eau de préparation

L'eau est utilisée en grande quantité dans toutes les étapes de la transformation, donc doit être reconnue potable de ce fait, elle doit être exempte de :

- Micro-organismes pathogènes.
- Produits chimiques en concentration toxique.
- Matières ou composés pouvant modifier la coloration, le gout du produit ou ayant un effet défavorable sur la qualité [57].

II. Caractéristiques du concentré de tomate

II.1.Caractères organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques concernant la couleur, la texture, la saveur et l'odeur du concentré de tomates sont représentées dans le tableau [59].

Tableau: Caractéristiques organoleptiques

Couleur	Rouge caractéristique de tomate 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
Odeur	-absence d'odeurs étrangères ou anormales

Source : Rey et Castes, 1965.

II.2. Caractères physico-chimiques

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

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

Caractère	Teneur de résidus secs
Teneur en sucre 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%

Source : Anonyme ,1998

ANNEXE II : POIDS ET MESURES

Les dispositions de la présente section ne s'appliquent pas aux récipients non destinés à la vente au détail.

I. Remplissage du récipient

I.1. Remplissage minimal

Le récipient doit être bien rempli de produit (y compris le milieu de couverture si convenant) qui ne doit pas occuper moins de 90% (moins tout espace supérieur nécessaire selon les bonnes pratiques de fabrication) de la capacité en eau du récipient. La capacité en eau du récipient correspond au volume d'eau distillée, à 20°C, que contient le récipient une fois complètement rempli et fermé.

I.2. Classification des unités « défectueuses »

Tout récipient qui ne répond pas aux spécifications requises à la section 1 en ce qui concerne le remplissage minimal doit être considéré comme « défectueux ».

I.3. Acceptation des lots

Un lot doit être considéré comme remplissant les conditions requises à la section 1 lorsque le nombre d'unités « défectueuses » requises à la section 2 ne dépasse pas le critère d'acceptation (c) du plan d'échantillonnage approprié, en fonction d'un NQA de 6,5.

II. Poids égoutté minimal

II.1. Poids égoutté

Le poids égoutté du produit ne doit pas être inférieur à 50% du poids d'eau distillée, à 20°C, que contient le récipient une fois complètement rempli et fermé. Pour les récipients rigides non métalliques, tels que bocaux en verre, le poids égoutté du produit doit être calculé sur la base du poids d'eau distillée, à 20°C, que contient le récipient une fois complètement rempli moins 20 ml.

II.2. Acceptation des lots

En ce qui concerne le poids égoutté minimal, on doit juger que le produit répond aux spécifications lorsque le poids égoutté moyen de tous les récipients n'est pas inférieur au minimum requis, sous réserve qu'aucun de ces récipients ne présente une valeur excessivement faible.

ANNEXES III : FICHE DE DEGUSTATION

1. Identification du dégustateur

Nom et prénom

Age :

Sexe : F M

Aimez-vous le concentré de tomate ? Oui Non

Veillez nous fournir vos appréciations sur les échantillons que nous vous soumettons et donnez-nous votre avis sur les différents aspects du produit (couleur, aspect ou texture, gout, etc.) : il suffira juste de goûter les échantillons et de cocher la case d'appréciation qui correspond pour chaque paramètre.

2. Impressions sur les caractéristiques sensorielles de la tomate

Paramètres	Couleur	Aspect et texture	Gout
Bon			
Peu bon			
Pas bon			
Mauvais			

3-Qu'est-ce que vous n'appréciez pas pour chaque paramétré? Quelle sont vos suggestions?

.....

.....

.....

Table des matières

SOMMAIRE	II
GLOSSAIRE	III
LISTE DES FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	V
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES	VI
INTRODUCTION	1
PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
Chapitre I : Généralités sur la tomate	4
I.HISTORIQUE ET DEFINITION.....	4
I.1. Historique	4
I.2. Définition	4
I.3. Classification botanique	4
I.4. Etymologie	4
II. LES VARIETES DE TOMATE	5
II.1. Variétés à gros fruits ronds.....	5
II.2. Variétés à fruits moyens et plats.....	5
II.3. Variétés à petits fruits ronds	5
II.4. Variétés à fruits allongés	6
II.5. Les tomadoses	6
III. LES TYPES DE TOMATES	7
III.1.Tomate de table.....	7
III.2.Tomate industrielle	7
IV. INTERETS DE LA TOMATE	7
IV.1. Intérêts médicaux	7
IV.2. Intérêts alimentaires	9
V. STRUCTURE ET COMPOSITION DE LA TOMATE	9
V.1. Structure de la tomate	9
V.2. Composition de la tomate.....	10
V.2.1. Composition majeures.....	10
V.2.2. Composition mineures.....	11
V.2.3. Principaux antioxydants	12
Chapitre II : Données botaniques	15
I. DESCRIPTION BOTANIQUE	15
I.1. Morphologie de la tomate.....	15
I.1.1. Feuille.....	15

I.1.2. Tige.....	15
I.1.3. Racine	15
I.1.3. Inflorescence	16
I.1.4. Fruit	16
I.1. 5.Graine.....	17
I.2. Ecologie favorable à la culture de tomate	17
I.2.1. Climat	17
I.2.2. Sol	17
I.2.3. Lumière.....	18
I.2.4. Température	18
I.2.5. Humidité	18
I.2.6. Zones de cultures favorable	18
I.3. Exigences édaphiques	18
II. PRINCIPAUX MALADIES ET PARASITES DE LA TOMATE	19
III. LES REGIONS PRODUCTRICES DE TOMATES A MADAGASCAR	19
IV. IMPORTANCE DE TOMATE.....	20
IV.1. Importance économique de tomate	20
IV.2. Importance nutritionnelle.....	22
IV.3.Importance médicinale et phytothérapeutique	22
Chapitre III : Mode de traitement des aliments	24
I. GENERALITES.....	24
II. LE TRAITEMENT THERMIQUE	25
II.1. Principe	25
II.1.1. La pasteurisation	25
II.1.2.L'appertisation	26
II.1.3. Stérilisation par traitement thermique	26
II.2. Détermination des barèmes de stérilisation, couples « temps-température » efficaces.....	27
II.3. Mécanismes d'inactivation des microorganismes.....	28
II.4. Les additifs autorisés pour conserver les qualités organoleptiques	29
II.5. Effets et nuisances causées par la technologie	29
II.6. Optimisation des traitements thermiques	31
II.6.1. Conception et validation des barèmes de stérilisation	32
II.6.2. Méthodes graphiques ou numériques de contrôles et de mises au point des barèmes	33
II.7. Equipements industriels	34
II.8. Avantages du traitement thermique, limites, produits cibles.....	35

III. LE FROID	36
IV. PROCEDES CHIMIQUES	36
IV.1. Généralités	36
IV.2. Les conservateurs	37
IV.2.1. Les conservateurs minéraux	38
IV.2.2. Les conservateurs organiques	38
IV.2.3. Les antioxydants (antioxygènes)	39
IV.2.3.1. Les dérivés phénoliques.....	39
IV.2.3.2. L'acide ascorbique E300	39
IV.2.3.3. Les agents chélateurs des métaux.....	40
IV.2.4. Vitamine E	40
IV.2.4.1. Structure chimique	40
IV.2.4.2. Caractères physico-chimiques	41
IV.2.4.3. Addition de vitamine E aux aliments.....	42
PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE	44
Chapitre IV : Cadre et Matériels.....	44
I. INTRODUCTION	44
II.CADRE ET MATERIELS	44
II.1. Matières premières.....	44
II.2. Les différentes étapes de transformation	44
II.2 .1. Réception de la tomate fraiche	44
II.2.2. Nettoyage et Lavage.....	44
II.2.3.Triage	45
II.2.4. Préchauffage	45
II.2.5. Broyage	45
II.2.6.Tamisage.....	45
II.2.7. Adjonction de sel	46
II.2.8. Cuisson des pulpes de tomate (concentration sous vide).....	46
II.2.9. Pasteurisation	46
II.2.10. Remplissage	46
II.2.11. Stérilisation	46
II.2.12. Refroidissement.....	47
II.2.13. Conditionnement et emballage	47
II.3. Photos résumant la transformation de tomate en concentré	48
II.4. Utilisation du concentré pour la préparation d'autres produits	49
Chapitre V : Matériels et Méthodes.....	50

I. ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE	50
I.1. Détermination du pH	50
I.1.1. Principe.....	50
I.1.2. Mode opératoire.....	50
I.1.3. Résultat	50
I.2. Détermination de l'acidité	50
I.2.1. Principe.....	50
I.2.2. Mode opératoire.....	50
I.2.3. Résultat	51
I.3. Détermination du taux de matière sèche et l'humidité.....	51
I.3.1. Principe.....	51
I.3.2. Mode opératoire.....	51
I.3.3. Expression des résultats.....	51
I.4. Détermination du taux de cendre	52
I.4.1. Principe.....	52
I.4.2. Mode opératoire.....	52
I.4.3. Expression des résultats.....	52
I.5. Détermination de chlorures	52
I.5.1. Principe.....	52
I.5.2. Mode opératoire.....	52
I.5.3. Expression des résultats.....	53
I.6. Détermination de la densité.....	53
I.6.1. Principe.....	53
I.6.2. Mode opératoire.....	53
I.6.3. Expression des résultats.....	53
II. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS.....	54
II.1. Examen de la boîte	54
II.2. Nettoyage de l'emballage	54
II.3. Désinfection.....	54
II.4. Ouverture de l'emballage.....	54
III. TEST DE STABILITE (NF V 08-402).....	54
III.1. Etuvage	54
III.2. Examen après étuvage.....	55
IV. PHOTOS PRESUMANT L'ANALYSE ET LE TEST DE STABILITE.....	55
Chapitre VI : Résultats et discussions	56
I. RENDEMENT EN CONCENTRE DE TOMATES	56

II. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DU CONCENTRE DE TOMATE.....	56
II.1. Détermination du pH	56
II.2. Détermination d'acidité (g/kg).....	58
II.3. Détermination de taux de matière sèche.....	59
II.4. Détermination de taux d'humidité	60
II.5. Détermination de taux de cendres	61
II.6. Détermination des Chlorures (g/kg):	62
II.7. Détermination de la densité.....	63
III. RESULTATS ET INTERPRETATION DE TEST DE STABILITE	63
IV. RISQUES TECHNOLOGIQUES LIES AUX CONSERVES	64
PARTIE III : ETUDE ECONOMIQUE	66
I.ETUDE DE MARCHE	66
I.1. Caractéristiques des produits.....	66
I.2. La clientèle ciblée.....	66
I.3. Le prix	66
I.4. Promotion-Publicité	66
I.5. Packaging	67
II. Les raisons du choix d projet	67
II.1. Choix du site	67
II.2. Nécessité du projet	67
II.3. Implantation de l'usine.....	67
II.4. Etude financière	67
CONCLUSION.....	73
REFERENCES WEBOGRAPHIQUES	78
ANNEXE I : CARACTERE PHYSICO-CHIMIQUE DU CONCENTRE DE TOMATE .. A	
I. Compositions physico-chimiques du concentré de tomate	A
I.1.Matières premières	A
I.2.Ingrédients	A
I.3.Eau de préparation.....	A
II. Caractéristiques du concentré de tomate	A
II.1.Caractères organoleptiques	A
II.2.Caractères physico-chimiques	B
ANNEXE II : POIDS ET MESURES.....	C
I. Remplissage du récipient.....	C
I.1. Remplissage minimal	C
I.2. Classification des unités « défectueuses ».....	C



I.3. Acceptation des lots	C
II. Poids égoutté minimal	C
II.1. Poids égoutté	C
II.2. Acceptation des lots	C
ANNEXES III : FICHE DE DEGUSTATION	D
1. Identification du dégustateur	D
2. Impressions sur les caractéristiques sensorielles de la tomate	D
3-Qu'est-ce que vous n'appréciez pas pour chaque paramètre? Quelle sont vos suggestions?	D

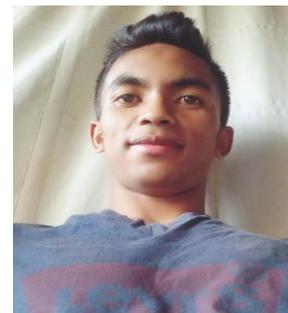
Auteur : TSIFERANA Maldinue

Titre : «Contribution à l'étude technico-économique pour la production de conserve de tomate»

Nombre de pages : 78

Nombre de tableaux : 20

Nombre de figures : 19



RESUME

Ce travail a été conçu pour l'étude technico-économique du concentré de tomate fabriqué à petite échelle. L'étude est menée sur des concentrés conservés thermiquement et par de la vitamine E.

Dans notre expérimentation, des analyses physico-chimiques sur le concentré de tomate ont porté sur les paramètres (pH, acidité, teneur en matière sèche, taux de cendre, humidité, chlorure, densité). Des tests de stabilité ont été réalisés sur le concentré de tomate.

Les résultats obtenus montrent une conformité des paramètres physico-chimiques par rapport aux normes admises : acidité $\leq 20,00\text{g/kg}$; $20,00 \leq \text{MS} \leq 22,00\%$; $75,00 \leq \text{taux d'humidité} \leq 80,00\%$; $20,00 \leq \text{teneur en chlorures} \leq 21,00\text{g/kg}$; $0,90 \leq \text{Densité} \leq 1,00$. Pour le test de stabilité la différence de pH entre le témoin et les produits étuvés ne dépasse pas de 0,5 unité.

Mots clés : Concentré de tomate, paramètres physico-chimiques, test de stabilité,

ABSTRACT

This work was designed for the technical--economic study of tomato paste produced on a small scale. The study is conducted on heat-preserved concentrates and vitamin E preserved concentrates.

In our experiment, physico-chemical analyzes on the tomato concentrate focused on the parameters (pH, acidity, dry matter content, ash content, humidity, chloride, density). Stability tests were carried out on the tomato concentrate.

The results obtained show compliance of the physico-chemical parameters with accepted standards: acidity $\leq 20.00 \text{ g/kg}$; $20.00 \leq \text{MS} \leq 22.00\%$; $75.00 \leq \text{humidity} \leq 80.00\%$; $20.00 \leq \text{chloride content} \leq 21.00\text{g/kg}$; $0.90 \leq \text{Density} \leq 1.00$. For the stability test, the difference in pH between the control and the steamed products does not exceed 0.5 units.

Key words: Tomato concentrate, physico-chemical parameters, stability test

Encadreur: Professeur RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné

Adresse de l'auteur : Lot 1112 B 175 Antsongo Antsirabe 110

E-mail : tsiferanamaldinu@gmail.com