

BURKINA FASO

Unité – Progrès - Justice



MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE ET SUPÉRIEUR

UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE
DE BOBO-DIOULASSO (UPB)

UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE
EN SCIENCES ET TECHNIQUES (UFR-ST)



ASSOCIATION DES VEUVES ET
ORPHELINS DU HOUET (AVOH)

MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

Pour l'obtention de la
LICENCE PROFESSIONNELLE EN GÉNIE-BIOLOGIQUE
OPTION : AGRO-ALIMENTAIRE

THÈME

**ESSAI D'AMÉLIORATION DU PROCESSUS DE
SÉCHAGE DE LA TOMATE À L'UNITÉ DE
TRANSFORMATION DE L'ASSOCIATION DES
VEUVES ET ORPHELINS DU HOUET (AVOH)**



Présenté le 13 juin 2014 par Amsétou MANDÉ devant le jury composé de :

Président : Docteur Jean Baptiste M.H. ILBOUDO, UFR-ST

Membres :

Docteur Saran SOULAMA-TRAORÉ, UFR-ST, Directrice de mémoire

Madame Koumba DRABO-DIALLO, AVOH, Maître de stage

Année académique 2012-2013

BURKINA FASO

Unité – Progrès - Justice



MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE ET SUPÉRIEUR

UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE
DE BOBO-DIOULASSO (UPB)

UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE
EN SCIENCES ET TECHNIQUES (UFR-ST)



ASSOCIATION DES VEUVES ET
ORPHELINS DU HOUET (AVOH)

MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

Pour l'obtention de la
LICENCE PROFESSIONNELLE EN GÉNIE-BIOLOGIQUE
OPTION : AGRO-ALIMENTAIRE

THÈME

**ESSAI D'AMÉLIORATION DU PROCESSUS DE
SÉCHAGE DE LA TOMATE À L'UNITÉ DE
TRANSFORMATION DE L'ASSOCIATION DES
VEUVES ET ORPHELINS DU HOUET (AVOH)**



Présenté le 13 juin 2014 par Amsétou MANDÉ devant le jury composé de :

Président : Docteur Jean Baptiste M.H. ILBOUDO, UFR-ST

Membres :

Docteur Saran SOULAMA-TRAORÉ, UFR-ST, Directrice de mémoire

Madame Koumba DRABO-DIALLO, AVOH, Maître de stage

DÉDICACE

A

- ♥ *Mon père Oumarou MANDÉ et à ma mère feu Minata SORO*
- ♥ *Mon époux Ousmane KOUNKORGO.*

REMERCIEMENTS

Dans le cadre de notre formation, nous avons effectué un stage pratique de 6 mois au sein d'une unité de transformation des produits agroalimentaires de l'Association des Veuves et Orphelins du Houet. Ce stage nous a permis de consolider nos connaissances théoriques et d'en acquérir sur les techniques de traitement des produits locaux. Outre ce stage pratique, nous avons mené un travail personnel dont l'aboutissement est le présent mémoire de fin de cycle.

La réussite de ce stage et la rédaction de ce mémoire sont les fruits des efforts conjugués de plusieurs personnes auxquelles nous témoignons toute notre gratitude. Nos remerciements vont à l'endroit de :

- Madame Koumba DRABO/DIALLO, Présidente de l'Association des Veuves et Orphelins du Houet qui a bien voulu nous recevoir dans son entreprise ;
- Docteur Saran SOULAMA-TRAORÉ, enseignant-chercheur à l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques (UFR-ST), Directrice de mémoire, pour avoir accepté de diriger ce travail ;
- Docteur Salifou OUÉDRAOGO, enseignant-chercheur à l'IDR qui a bien voulu accepter de nous assister dans la rédaction en nous accordant son temps et ses compétences si précieux ;
- Professeur Aboubacar TOGUYÉNI enseignant-chercheur à l'IDR pour nous avoir guidée, soutenue et encouragée ;
- L'ensemble des corps enseignant, administratif et ATOS de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques (UFR-ST), pour la formation reçue ;
- Tout le personnel de l'Association des Veuves et Orphelins du Houet ;
- La famille BONKOUNGOU pour son soutien multiforme ;
- Nos camarades pour les moments fraternels passés ensembles.

A tous nos amis et proches et à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce travail, puissent-ils trouver dans ce présent rapport l'expression de notre profonde gratitude.

RESUMÉ

La tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., espèce de plantes herbacées de la famille des Solanacées est originaire du nord de l'Amérique du Sud. Ce légume-fruit, incontournable dans l'alimentation humaine, se consommant frais ou cru est largement cultivé dans la sous-région Ouest-africaine depuis près d'une décennie. Malgré les contraintes liées aux conditions de traitement et de conservation des cultures de tomates, leur transformation en produits dérivés (concentré de tomate et tomates séchées) prend de l'ampleur au Burkina. L'objectif de notre étude est de contribuer à l'amélioration du procédé de séchage de la tomate. Ainsi, l'étape de la déshydratation osmotique et les Bonnes Pratiques d'Hygiène ainsi que les Bonnes Pratiques de Fabrication ont été expérimentées pour l'amélioration du procédé de séchage semi-artisanal de la tomate à AVOH. Les résultats montrent qu'avec l'application des BPH, on obtient des tomates sèches avec moins d'impuretés (sable, insectes, ...) comparativement à celle réalisée dans le non-respect des BPH. L'insertion de l'étape de la déshydratation osmotique a permis d'obtenir des critères organoleptiques de qualité (couleur rouge plus éclatante); d'augmenter la matière sèche soluble de 5% à 80,79% de tomates séchées; ainsi qu'une nature appréciable de la texture bien ferme du produit fini qui implique une humidité résiduelle moyenne de 12% à 18%.

Le respect des BPH, la maîtrise des BPF et la déshydratation osmotique sont importants dans le séchage de la tomate pour l'obtention des produits dérivés de qualités, pouvant être conservé plus longtemps et pouvant produire plus de revenus.

Mots clés : amélioration, conservation, hygiène, séchage, tomates.

Table des matières

SIGLES ET ABRÉVIATIONS	V
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES PHOTOS	VI
LISTE DES TABLEAUX	VI
INTRODUCTION	1
<i>PREMIÈRE PARTIE : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	3
Chapitre I. GÉNÉRALITÉS SUR LES LÉGUMES	4
I. Définition et types de légumes	4
1. Définition	4
2. Types de légumes	4
II. Compositions des légumes	5
III. Composition nutritionnelle et sanitaire des légumes	9
Chapitre II. GÉNÉRALITÉS SUR LA TECHNOLOGIE DE SÉCHAGE	10
I. Types de séchage	10
II. Dynamisme du processus de séchage	10
1. Facteurs influençant le séchage	11
2. Opérations préliminaires au séchage	11
<i>DEUXIÈME PARTIE : MÉTHODOLOGIE</i>	13
Chapitre I. STRUCTURE D'ACCUEIL	14
I. Historique de l'AVOH	14
II. Situation géographique	14
III. Activités de l'Association	14
Chapitre II. MATÉRIELS ET MÉTHODES	15
I. Matériels	15
1. Matériels biologiques	15
2. Matériels de production à AVOH	15
II. Méthodes de séchage à AVOH	16
III. Essaie d'amélioration du processus de séchage à AVOH	17
1. Bonnes pratiques d'hygiène	18
2. Déshydratation osmotique	18
<i>TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS – DISCUSSION</i>	20
I. Processus de séchage	21
II. Cinétique de séchage	21
III. Études sensorielles	22
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	25

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

Sigles et abréviations	Signification
CBRST	Centre Béninois de Recherches Scientifique et Technique
DGPSA	Direction Générale des Prévisions et des Statistiques Agricoles
DSA	Direction des Statistique Agricoles
INERA	Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole
ONU	Organisation des Nations Unies

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diagramme de production de tomates séchées à AVOH.....	17
Figure 2 : Diagramme de production améliorée des tomates séchées.....	19

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Différents types de tomates.....	5
Photo 2 : Image de tomates fraîches (INRA)	15
Photo 3 : Mise à la claie des tomates pour le séchage à AVOH	16
Photo 4 : Image de tomates séchées à AVOH.....	17

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition nutritionnelle de 100g de légumes frais et leurs dérivés secs.....	5
Tableau 2: Composition minérale de 100g de légumes frais et leurs dérivés secs	8
Tableau 3: Vitamines contenus dans 100g de légumes frais et leurs dérivés secs.....	8

INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays tropical à vocation agropastoral. La tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., renfermant de nombreuses vertus nutritionnelles est l'une des cultures maraîchères les plus importantes du pays. Elle constitue la première production maraîchère nationale (www.izf.net ; 2000). Aussi sur le plan mondial elle constitue le fruit-légume le plus cultivé (Vikidia, 2000). La production nationale annuelle de tomate est en constante augmentation depuis les années 2004. Cette production nationale est passée de 50 158 tonnes en 2005 (DSA/DGPSA, 2007) à 60 000 tonnes en 2007 (DSA, 2009) et à plus de 176 000 tonnes en 2012 (DSA, 2014). En 2005 sur une superficie de 30 mille hectares la filière tomate a engendré plus de 400 mille emplois. Aussi la production fruitière et légumière représente 16,5% de la production agricole soit près de 6 milliard de franc cfa en valeur ajoutée. Malgré l'aspect pourvoyeur d'emplois et de générateur de revenus, la culture de tomate demeure un domaine inorganisé. On enregistre une longue période de faible production qui va des mois de mai à novembre et une courte période d'abondance entre décembre et avril.

Le caractère périssable des tomates fraîches limite les délais de conservation et de consommation à l'état frais. Cependant on est confronté au manque de chambres froides pour pallier à sa conservation à courte durée et aussi de l'absence de dispositif nécessaire pour un meilleur circuit de distribution c'est-à-dire sa commercialisation à l'extérieur du pays. Egalement la transformation industrielle des tomates est toujours artisanale et on assiste à des pertes de plusieurs tonnes pendant la période de surproduction. Vu la disponibilité de l'énergie solaire, le séchage s'avère une technique simple et moins coûteuse de conservation des aliments à longue durée. Cette technique constitue non seulement une alternative à la surproduction maraîchère et aussi permet la diversification du régime alimentaire tout au long de l'année. C'est également un procédé qui permet de conserver de bonnes quantités de récoltes au lieu de vendre les produits quand les prix sont bas. Ce type de transformation des légumes est un domaine porteur de développement qui est pourtant peu industrialisée en agroalimentaire. En effet, héritée d'une pratique ancienne, elle est jusqu'à nos jours pratiquée par les femmes aussi bien de manière traditionnelle, artisanale que semi-artisanale.

Dans cette mouvance d'idée d'entreprendre une démarche de construction de la qualité nutritionnelle et organoleptique de tomates sèches nous nous sommes intéressés à l'« Essai d'amélioration du processus de séchage de la tomate à l'unité de transformation de l'Association des Veuves et Orphelins du Houet (AVOH) ». L'objectif global est d'améliorer

les procédés de transformation du *Lycopersicon esculentum* Mill. dans l'unité d'AVOH. Pour atteindre cet objectif global, des objectifs spécifiques ont été fixés à savoir :

- étudier la technique de production de tomates séchées ;
- identifier les différentes opérations du processus ;
- améliorer la qualité organoleptique des par les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication et ;
- améliorer certaines étapes du processus.

Ainsi, le présent mémoire s'articule autour de 3 parties à savoir la première partie qui porte sur la synthèse bibliographique comportant la présentation de la structure d'accueil, les généralités. Ensuite vient la deuxième partie qui est la méthodologie composée des matériels et méthodes. Enfin la troisième partie qui couvre les résultats-discussion, la conclusion et les recommandations.

PREMIÈRE PARTIE : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. GÉNÉRALITÉS SUR LES LÉGUMES

I. Définition et types de légumes

1. Définition

Etymologiquement le terme « légume » est attesté en français depuis 1531 selon « Le Robert » historique et vient du latin « legumen » qui signifie plante à gousse. Féminin à son origine, il a d'abord désigné les graines de légumineuses et de céréales qui étaient autre fois la base de l'alimentation végétale.

En botanique, un légume est une plante herbacée destinée à l'alimentation (Encarta, 2009) et le fruit représente toute structure de la plante qui contient des graines au stade de la maturité (Sawadogo, 2013). Cette distinction faite entre les fruits et légumes est d'ordre gastronomique.

Au sens culinaire, le terme « légume » désigne des plantes comestibles, généralement potagères de goût agréable que l'on peut consommer crues et qui conviennent à la préparation de plats (Encarta, 2009). Légumes et fruits ont une double acceptation selon que l'on soit en cuisine ou en Botanique en ce sens qu'il y a certains fruits qui sont cuisinés comme des légumes. On parle dans ce cas du terme « fruit-légume » tels le poivron, la tomate, les courgettes, ...qui sont des fruits au plan de la Botanique mais qui interviennent dans la cuisine donc couramment appelés légumes.

2. Types de légumes

Selon la partie de la plante qui est consommée, l'on distingue plusieurs catégories de légumes :

- les légumes feuilles tels que le persil, le chou, les épinards, l'oseille, les salades qui sont une particularité de légume-feuille du fait qu'ils sont consommés frais accompagnés d'un assaisonnement ;
- les légumes –tiges tels que le céleri ;
- les légumes-fleurs tels que le chou-fleur ;
- les légumes-racines tels que la carotte ;
- les bulbes sont utilisés comme condiments dont l'ail, l'oignon, ...
- les tubercules tels que la patate douce, la pomme de terre ;

- les légumes-secs dont on consomme les graines, le haricot sec, la lentille, le petit pois, la fève, le soja, ...
- les « fines herbes » utilisées comme condiment : le persil
- les légumes-fruits qui sont des fruits au sens botanique de la plante mais qui sont consommés en tant que légumes car interviennent dans la cuisine. Ce sont le concombre, l'aubergine, le piment, le poivron, la tomate, ...

L'Institut de l'Environnement et de Recherche Agricoles (INERA) a mis au point 3 nouvelles variétés de tomates à savoir FBT1 ; FBT2 ; FBT3. Ces variétés sont non seulement adaptées à la saison pluvieuse, mais offrent également une bonne aptitude à la transformation et à la conservation. Ces variétés sont un peu plus grosses comparativement aux tomates cerise qui sont de petites tailles. Elles sont également fermes, moins juteuses et bien charnues. A l'AVOH nous utilisons les tomates cerise hybride et les nouvelles variétés de l'INERA.



Tomate cerise hybride



Tomates variétés INERA



Photo 1 : Différents types de tomates

II. Compositions des légumes

Le légume est un complément idéal des autres aliments au même titre que la viande. Tout comme les aliments, les légumes frais de même que leurs dérivés secs contiennent des ressources énergétiques et minérales essentielles au bon fonctionnement de notre organisme. Les légumes contiennent beaucoup d'eau soit 80 -90%, des glucides, des protéines, peu de lipides (moins de 1%) des sels minéraux, des oligo-éléments, des vitamines, des fibres (en moyenne 2 à 4% de cellulose), des acides gras essentiels ou Oméga 3 (entre 20 et 100 mg), des arômes qui développent des goûts et parfums variés. **Tableau 1; Tableau 2 et Tableau 3,** (APRIFEL, 2011)

Tableau 1 : Composition nutritionnelle de 100g de légumes frais et leurs dérivés secs

Légumes	Energie (Kcal)	Composés (g)				
		Eau	Fibres	Glucides	Protides	Lipides
Ail	135	64	3	27,5	6	0,1
Aubergine	18	92,2	2,5	3,5	0,9	0
Tomate	21	98,33	16,5	4,6	0,8	0,3
Chou	22	88	3,4	2,8	2,8	0
épinard	18	91,7	2,7	1,3	2,7	0,3
Oignon	34	89	2,1	7,1	1,3	0,2
Persil	28	83	6	1,4	4,4	0,5
Poivron	21	91	2	3,5	1,1	0,3
Moyenne±Ecart type	37,13±38,56	87,15±10,30	4,78±4,90	6,46±8,70	2,50±1,88	0,21±0,17

Tableau 2: Composition minérale de 100g de légumes frais et leurs dérivés secs

Légumes	Sels Minéraux alimentaires (mg)									
	Calcium	chlore	cuivre	fer	iode	Magnésium	phosphore	sodium	soufre	zinc
	38	30	0,15	1,4	0,003	21	144	10	200	1
bergine	10	55	0,05	0,3	0,004	13	21	3	9	0,11
ate	166	51				178	295			1,71
	53	40	0,04	0,5		21	40	20	70	0,3
rd	104	54	0,1	2,7	0,002	58	52	65		0,6
on	25	25	0,05	0,3	0,002	10	33	6	50	0,2
	200		0,13	5,5		40	70	44		0,6
on	9		0,1	0,4		13	26	2		0,2
enne±Ecart type	75,63±73,37	42,50±12,88	0,09±0,04	1,59±1,94	0,003±0,001	44,25±56,45	85,13±93,50	21,43±24,14	82,25±82,50	0,59±0,54

Tableau 3: Vitamines contenus dans 100g de légumes frais et leurs dérivés secs

Légumes	Vitamines (mg)									
	Provitamine A (mg)	B1	B2	B3	B5	B6	B9	C	E	K
		0,2	0,08	0,65	0,6	1,2		30	0,1	
ate	10,34	0,91	0,76	9,13	3,76	0,45		116,7	12,2	0,48
ergine	0,4	0,2	0,19	1	0,6	0,06	0,09	31	0,8	
u	3	0,1	0,2	0,3	0,21	0,16	0,1	80	1,7	
ard	4	0,1	0,22	0,7	0,22	0,2	0,19	50	2,5	0,35
ion	0,01	0,06	0,02	0,3	0,11	0,14	0,02	7	0,14	
il	7	0,14	0,3	1,3	0,3	0,2	0,17	170	2,2	
ron	0,7	0,06	0,05	0,7	0,2	0,3				
enne±Ecart type	3,64±3,85	0,22±0,31	0,25±0,25	1,92±3,20	0,77±1,33	0,22±0,13	0,11±0,07	75,78±59,95	3,26±4,47	0,42±0,09

III. Composition nutritionnelle et sanitaire des légumes

Selon le **tableau 1**, les légumes, fruits-légumes sont riches en antioxydants, en minéraux, en fibres alimentaires, en eau, en vitamines (Aucy 2012). Par ailleurs ils sont indispensables pour préserver notre organisme et réduire le risque de cancer, d'obésité, de maladie cardiovasculaire (Doctissimo, 2013).

Les légumes frais et leurs dérivés séchés ou en conserve, ont des qualités nutritionnelles qui leur donnent une place privilégiée dans l'équilibre alimentaire. Ils sont la principale source de calcium, de nutriments essentiels dans la constitution du squelette et des dents (Sousa, 1994).

- L'eau 80% à 90%, les légumes sont un excellent moyen d'hydratation.
- Les fibres constituent l'ensemble des composants de notre alimentation qui ne sont pas digérés par les enzymes de l'appareil digestif. Elles facilitent la digestion, contribuent à la régulation de la glycémie (taux de glucose sanguin), de l'insulinémie et agit sur la satiété en donnant un pouvoir rassasiant aux légumes qui comblent l'appétit tout en apportant peu de calories. C'est pourquoi, on privilégie les petits pois, les haricots verts qui sont riches en fibres dans le cadre de régimes hypocaloriques pour prévenir l'obésité et/ou le diabète. En plus, les fibres alimentaires renforcent la barrière intestinale et augmentent la réponse immunitaire (Aucy, 2012). Egalement le pouvoir séquestrant des fibres et l'augmentation de l'excrétion des sels biliaires permettent de diminuer le taux de cholestérol et de protéger les vaisseaux sanguins.
- Les légumes contiennent des ressources énergétiques et minérales essentielles au bon fonctionnement de notre organisme. Les principaux sont :
 - Le potassium intervient dans la contraction musculaire. On trouve du potassium dans les légumineuses. Le pois cassés et les lentilles peuvent en contenir jusqu'à 1200mg/100g ;
 - Le calcium renforce les os et favorise leur croissance ;
 - Le sodium peut causer l'hypertension s'il est consommé à haute dose. Le sodium est généralement peu présent dans les légumes, sauf dans le cas des épinards où il représente environ 100mg/100g.
 - Le magnésium est un meilleur anti-stress, il participe à de nombreux processus enzymatiques ;
- Les oligo-éléments :
 - Le fer est le composant essentiel du sang, il aide à fabriquer les globules rouges, transporte l'oxygène des poumons à toutes les parties du corps et aide au fonctionnement du cerveau.

- Le zinc joue un rôle important dans l'immunité et la reproduction. Il participe par ailleurs à l'élaboration du goût, à la vision, à la cicatrisation et agit comme antioxydant. Le zinc entre également dans la composition de plus de 100 enzymes.
- Les vitamines, micronutriments agissent comme des antioxydants. Les antioxydants permettent de lutter contre les radicaux libres. L'accumulation des radicaux libres dans les cellules est dangereuse car peut provoquer une altération de l'ADN, qui se traduit par un vieillissement cellulaire. Les antioxydants les plus connus sont le β -carotène (provitamines A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E), le lycopène, les polyphénols qui sont le secret de la jeunesse. Ceci inclut les flavonoïdes, très répandus dans les végétaux, et les acides phénoliques également présents dans les légumes verts.
- Les acides gras Oméga-3 classés comme acide gras essentiels sont des acides polyinsaturés qui protègent le cœur et les vaisseaux sanguins en prévenant l'oxydation du cholestérol. Les légumes les plus riches en oméga 3 (acide gras essentiel) sont : les épinards, les carottes.

Toutes ces propriétés font qu'il est recommandé de consommer des légumes tous les jours, sous la forme d'une portion et des formes les plus diversifiées possibles à chaque repas. Chaque portion équivaut à 80g environ.

Chapitre II. GÉNÉRALITÉS SUR LA TECHNOLOGIE DE SÉCHAGE

Le séchage est le procédé permettant d'enlever par vaporisation ou par sublimation la majeure partie de l'eau appelée eau libre d'un produit liquide ou solide frais. Pour le cas des légumes, la teneur en eau résiduelle doit être entre 5 et 20% car la déshydratation ne doit pas être totale au risque d'altérer les qualités organoleptiques de ces légumes séchés (Sawadogo, 2013). La faible activité de l'eau des produits séchés favorise leur conservation car une diminution importante de l'eau dans un aliment contribue à enrayer la prolifération des microorganismes.

I. Types de séchage

L'Association des Veuves et Orphelins du Houet (AVOH) pratique deux modes de séchages par la chaleur au sein de son unité de transformation qui sont :

- Le séchage convectif : C'est un procédé qui consiste à envoyer sur le produit à sécher un courant gazeux chaud qui fournit la chaleur nécessaire à l'évaporation du liquide et entraîne la vapeur formée. Exemple : séchage de plantes aromatiques, de mangue ou de légumes.
- Le séchage solaire : Il nécessite un ensoleillement suffisant car on utilise l'énergie solaire. Exemple : Séchage de la viande, du poisson, fruits et légumes.

II. Dynamisme du processus de séchage

La vitesse d'évaporation de l'eau varie au cours du séchage en fonction de la teneur en eau du produit frais.

- Le début de séchage est marqué par une période très courte, passant souvent inaperçue. Elle correspond au réchauffement du produit jusqu'à ce que la quantité de chaleur transmise par l'air chaud soit en équilibre avec celle consommée par évaporation.
- La période suivante est la période de séchage à vitesse constante, correspondant à l'élimination de l'eau libre. Elle dure jusqu'à ce que l'humidité critique soit atteinte c'est-à-dire jusqu'au moment où cesse la diffusion de l'eau libre à la surface du produit. Cette phase n'est pas observée lorsque la teneur en eau du produit n'est pas élevée.

Enfin vient la phase du séchage à vitesse décroissante : La vitesse de séchage décroît et devient nulle lorsque l'humidité d'équilibre est atteinte. Pendant cette phase a lieu la disparition totale de l'eau libre, puis une élimination partielle de l'eau liée aux constituants du

produit dont le déplacement à travers la couche sèche est très lent. Seule une évaluation de la température de séchage permet d'éviter que la vitesse de séchage ne devienne nulle.

1. Facteurs influençant le séchage

L'efficacité du séchage et la qualité des produits séchés dépendent des facteurs suivant

a. Nature des produits

Le produit doit avoir une structure poreuse. Plus les pores sont nombreux et uniformément repartis, plus l'eau se déplace facilement et le séchage est rapide. Les produits coupés en tranche ou en rondelles minces ont une surface spécifique plus grande qui augmente la surface totale d'évaporation, favorisant le séchage.

b. Température de séchage

La température de l'air chaud doit être au moins de 75°C pour détruire les enzymes afin d'éviter le brunissement enzymatique de certains légumes. Mais au-dessus de 100°C on risque une caramélisation des sucres et des modifications de couleur et de saveur. Dans la pratique il faut déterminer les températures que peut supporter le produit qui correspondent à la température d'entrée et à la température de sortie de l'air chargé d'humidité pour éviter la condensation des vapeurs.

c. Vitesse de l'air

Si la vitesse de l'air est lente, le séchage est lent car l'air est rapidement chargé d'humidité et l'entraînement des vapeurs d'eau est faible. Mais si la vitesse est élevée, l'évaporation est lente. La vitesse de l'air est généralement comprise entre 2 et 5 m/s.

2. Opérations préliminaires au séchage

Les produits destinés au séchage sont triés, lavés, parés, découpés et éventuellement blanchis, immergés dans des solutions de bisulfites ou échaudés dans une saumure pour éviter le brunissement pendant le séchage. En fonction de la matière première et de l'effet recherché, on peut additionner à l'eau de blanchiment de l'acide citrique, du chlorure de calcium et du bicarbonate de sodium.

3. Procédé de séchage : Séchage à pression atmosphérique

Il est basé sur la circulation naturelle ou forcée d'air chaud dans les séchoirs classiques agricoles qui sont des tours verticales comportant des plateaux superposés sur lesquels sont disposés les produits ; la circulation forcée d'air chaud est employée dans les industries qui sont discontinus ou continus.

Exemple : Le séchoir solaire où l'énergie est captée à l'aide du dispositif particulier appelé capteur qui permet d'obtenir de l'air chaud. Les produits sont placés dans une chambre de séchage par cet air chauffé. Les séchoirs sont à circulation naturelle ou forcée d'air.

III. Conditionnement des produits séchés

Un emballage imperméable à la vapeur d'eau et un entreposage dans des conditions hygroscopiques convenables sont nécessaires pour une conservation de longue durée. La température d'entreposage doit être inférieure à 25°C. Du fait de leur porosité, les produits déshydratés sont particulièrement sensibles aux réactions d'oxydation qui restent le facteur limitant de leur conservation. L'emballage sous vide ou sous gaz inerte (azote, CO₂) doit être un matériau imperméable à l'oxygène afin de protéger certains pigments, vitamines et arôme.

DEUXIÈME PARTIE : MÉTHODOLOGIE

Chapitre I. STRUCTURE D'ACCUEIL

I. Historique de l'AVOH

L'Association des Veuves et Orphelins du Houet (AVOH) dénommée « yatimin jigi » c'est-à-dire l'espoir de l'orphelin est une petite unité semi-artisanale qui travaille plus sur le domaine de l'agroalimentaire. Créée le 16 mai 1994 à Bobo-Dioulasso, elle est née de la volonté de certaines veuves à améliorer leur niveau de vie.

L'AVOH a pour mission d'offrir les moyens aux veuves et aux orphelins de se prendre en charge en apprenant une activité, un métier rémunéré ou en leur offrant la chance par un suivi scolaire. Nous pouvons noter que l'Association vise plusieurs objectifs aux nombre desquels ; (i) lutter contre la pauvreté par la création des activités génératrices de revenus au profit de ses membres adhérant ; (ii) défendre les droits des veuves et des orphelins ; (iii) sensibiliser l'opinion publique sur les difficultés vécues par les veuves et les orphelins.

En somme le proverbe suivant montre la force de l'association et la motivation de ses membres : « Donner du poisson à un Homme c'est lui calmer sa faim pour un jour, mais lui apprendre à pêcher c'est lui calmer sa faim pour toujours ».

II. Situation géographique

L'unité est située au secteur N°17 en face du CSPS dans la ville de Bobo. Au nombre des entreprises qui s'y intéressent au séchage des légumes nous pouvons citer l'AVOH qui est une unité semi-artisanale.

III. Activités de l'Association

L'Association des Veuves et Orphelins du Houet possède des activités dites principales et des activités secondaires qui sont exercées après la période de production des mangues.

Au nombre des activités principales il y a le séchage des mangues certifiées biologiques, la production artisanale de jus de mangue à base de mangues fraîches ou séchées et l'alphabétisation des enfants défavorisés et déscolarisés. Du coté des activités secondaires nous avons le séchage des légumes locaux, la fabrication du savon et le tissage du textile.

Chapitre II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

I. Matériels

Les matériels utilisés sont de deux types à savoir le matériel biologique ou la matière première et le matériel utilisé pour la transformation.

1. Matériels biologiques

Les tomates fraîches utilisées pour le séchage proviennent des jardiniers de la ville de Bobo et des villages environnants. Les tomates ont été acquises auprès des vendeurs grossistes des marchés de la ville de Bobo-Dioulasso.



Tomates fraîches sur pied



Tomates fraîches cueillies

Photo 2 : Image de tomates fraîches (INRA)

2. Matériels de production à AVOH

Pour le séchage de la tomate, plusieurs effets entrent dans la réalisation du produit fini. Ces matériels utilisés pour la transformation sont :

- cinq petites barriques de 40l pour le stockage de l'eau ;
- quatre séchoirs solaires nommés séchoirs à coquilles dont deux grands formats et deux petits formats. Chaque séchoir comporte trois claies superposées ;
- des cagettes pour le stockage des matières premières ;
- des assiettes en plastiques et des couteaux pour le découpage des matières premières en de fines parties ;
- une machine thermo-soudeuse servant au collage des sachets des produits finis ;
- des sachets servant d'emballages des produits finis ;
- de gros plats en plastique pour le lavage des matières premières ;
- une balance de 100kg pour la quantification des matières premières utilisées et une balance de 1kg servant au pesé des produits finis pour l'ensachement.

II. Méthodes de séchage à AVOH

Dans le but de réaliser le séchage des tomates à AVOH, nous procédons de la manière suivante.

Les tomates destinées au séchage sont d'abord triées dans le but de déclasser celles qui ne sont pas en bon état ou qui sont trop mûres. Elles sont ensuite lavées et rincées ; puis pesées afin de déterminer la quantité de matière fraîche qui est sous la main à travailler. En effet 60kg de la tomate fraîche de petite tailles correspondent à 1 kg de tomates séchées.

Après ces opérations préliminaires les tomates sont laissées égoutter quelques temps. Elles sont découpées en de tranches minces en 4 ou 6 sur une tomate soit en coupe rondelle ou en coupe frite selon la commande. Ces tranches une fois obtenues sont étalées sur les claies avec un espacement de 2 millimètres environ. Cette aération permet une répartition homogène de l'énergie solaire sur ces produits et facilite ainsi l'évaporation de l'eau libre de ces derniers.

En ce qui concerne notre cas du séchage solaire, après chaque 2 heures environs, les claies ont été permutées. Pour le premier jour de séchage, cette permutation consiste à mettre les claies d'en haut en bas et ramener celles d'en bas en haut. Au deuxième jour de séchage les tomates qui sont un peu sèches sont misent sur les troisième claies puis déposées en bas et laisser celles qui sont toujours humides sur les 2 autres claies d'en haut.

Une fois les produits séchés, les tomates sèches ont été conditionnées dans des sachets de 100g puis livrées dans des supers marchés pour la commercialisation.



Photo 3 : Mise à la claie des tomates pour le séchage à AVOH



Photo 4 : Image de tomates séchées à AVOH

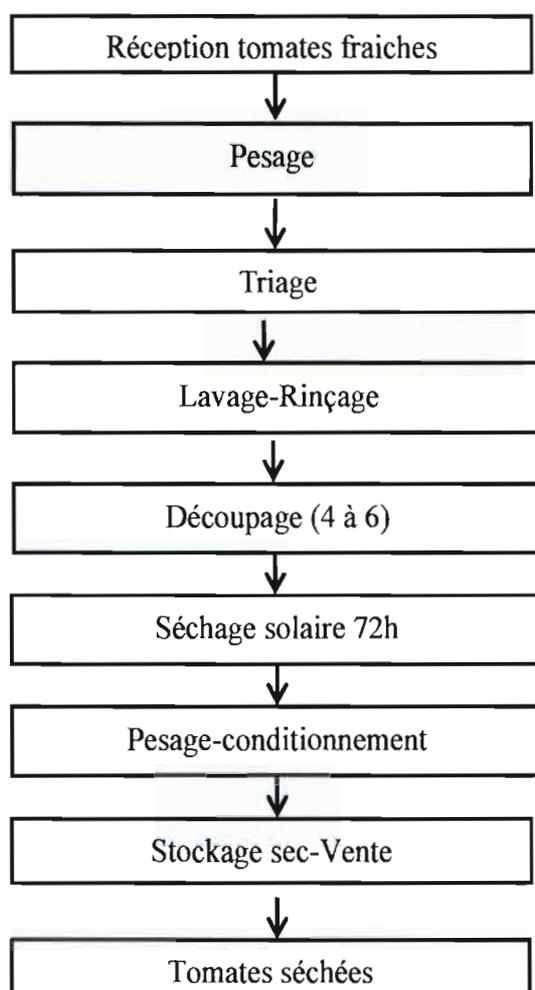


Figure 1 : Diagramme de production de tomates séchées à AVOH

III. Essaie d'amélioration du processus de séchage à AVOH

Après quelques suivis du procédé de séchage de la tomate chez les transformatrices à AVOH, nous avons essayé d'apporter quelques améliorations à savoir :

- les bonnes pratiques d'hygiène (BPH) et de fabrication (BPF) au niveau de chaque étape du procédé ;
- la déshydratation osmotique.

1. Bonnes pratiques d'hygiène

Selon le comité de suivi pour l'élaboration du guide de bonnes pratiques d'hygiène au Burkina Faso (Ministère des ressources animales 2005), il ressort que les bonnes pratiques d'hygiène font partie intégrante des systèmes de gestion de la sécurité sanitaire des aliments dont le système HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point). Le HACCP est un ensemble de procédés qui analyse les dangers et les risques liés à la consommation des produits transformés puis, détermine les points critiques lors de ces transformations afin de les maîtriser pour une production de qualité. Les BPH sont appliquées à tous les produits afin d'améliorer l'hygiène des denrées alimentaires. Ils sont appliqués par les entreprises agroalimentaires sur toute la chaîne de production ou de transformation c'est-à-dire de l'entrée de la matière première jusqu'à la sortie du produit fini. Les BPH sont basées sur le système des 5M à savoir le Matériel, le Milieu, la Main d'œuvre, la Matière première et la Méthode.

La réalisation du nettoyage et de la désinfection vise 3 objectifs à savoir : la propreté physique, chimique et microbiologique.

Nous avons mis en œuvre :

- l'assurance de l'hygiène du personnel ;
- le port de blouse pendant la production ;
- le nettoyage (lavage) des équipements (séchoirs, couteaux, plateaux, cagettes) et les autres matériels avant et après la production afin d'assurer un produit de qualité ;
- la désinfection des équipements avec de l'eau de javel afin de réduire ou d'éliminer les microorganismes, surtout indésirables développés sur le matériel non lavé après la première production et utilisé pour la seconde production ;
- l'environnement de la production qui est ici la salle de découpage des tomates, de conditionnement et de stockage.

2. Déshydratation osmotique

Il convient d'entreprendre une démarche de construction de la qualité des tomates séchées. Ainsi pour une amélioration nutritionnelle du produit fini et de la durée de séchage, nous avons adoptés le dispositif de séchage mis au point au Centre Béninois de Recherche Scientifique et technique (CBRST). L'opportunité d'améliorer la qualité des produits à travers le prétraitement des tomates fraîches avant séchage. Le prétraitement préconisé est la déshydratation par immersion imbibition, procédé qui consiste à immerger la tomate fraîche dans une solution osmotique. Elle est une technique qui consiste à préparer une saumure

salée à partir du sel fin de cuisine. Nous avons mis 200g de sel de cuisine dans 1l d'eau puis porter à ébullition pendant cinq mn environ. Cette solution osmotique est utilisée pour le trempage (immersion) des tomates pendant 12h. Après, les échantillons ont été rincés à l'eau simple, égouttés puis découpés en tranches pour le séchage. Cette opération d'osmose permet une pénétration des sels minéraux à l'intérieur des tomates grâce à leurs membranes poreuses. Cela leur offre une durée de séchage nettement réduite.

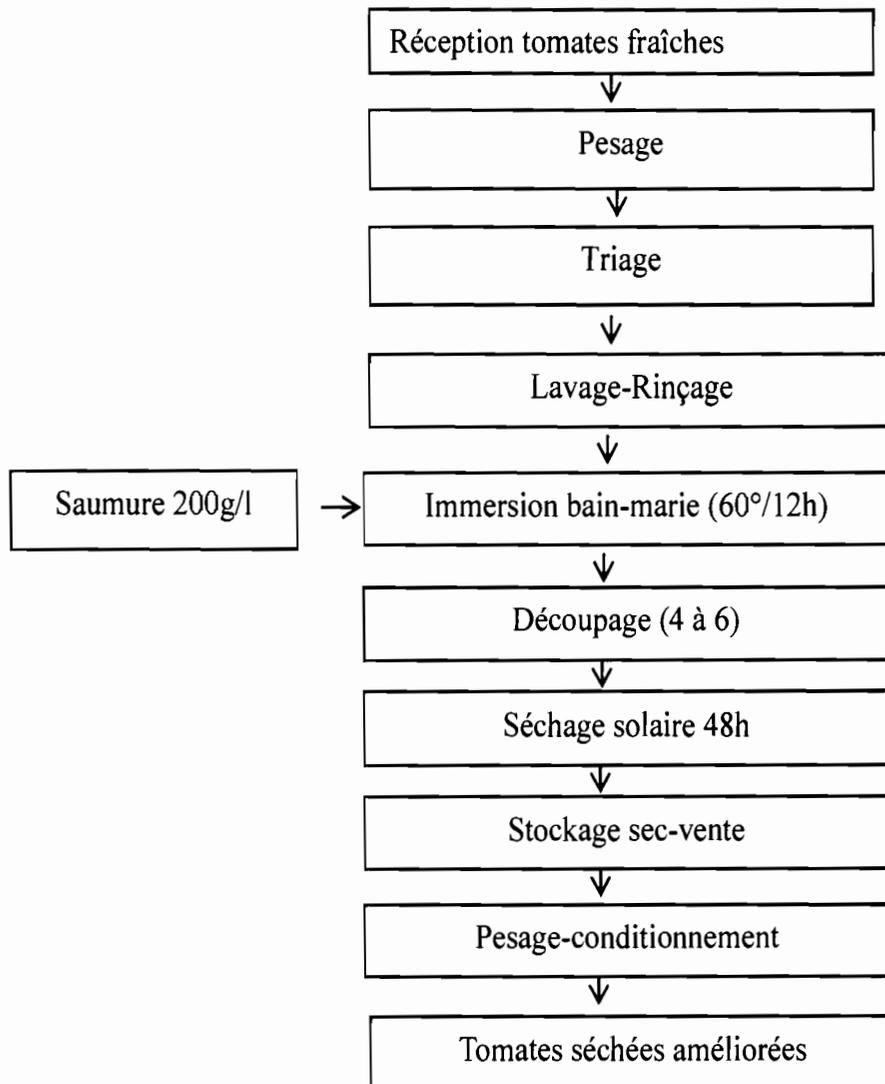


Figure 2 : Diagramme de production améliorée des tomates séchées

TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS – DISCUSSION

Concernant cette partie, nous allons mener une comparaison de notre procédé de séchage avec des procédés similaires étudiés à l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin) ; ainsi qu'aux essais de laboratoire, menés à l'ENSAI de Ngaoundéré (Cameroun). Il est à signaler que l'un ou l'autre de ces procédés similaires a été mené sur 3 types de concentrations de saumures à savoir 100g/l, 200g/l et 300g/l. Par contre au sein de l'AVOH, nous avons choisi de mener notre étude avec uniquement la concentration de 200g/l car d'après ces mêmes études similaires il ressort que la perte d'eau, la réduction du poids et le gain en soluté maximal des produits est obtenu avec cette concentration.

I. Processus de séchage

Le diagramme établi à l'issue de notre procédé de séchage des tomates à AVOH (**Figure 1**) est un peu différent de celui établi à l'issue de notre expérience d'amélioration par la déshydratation osmotique (**Figure 2**). En effet, les conditions de température non contrôlées du procédé de séchage solaire à AVOH (**Figure 1**) limitent la qualité marchande du produit séché qui est souvent de texture dure et cassante dû aux faibles teneurs de l'humidité restant dans ces produits finis.

Par contre ce type de séchage préserve une certaine qualité hygiénique du produit fini suivant les normes en présentant une charge très moindre en impuretés (sable, insectes,...) ; du fait que les produits sont bien fermés dans les séchoirs et seul le petit couvercle du haut des séchoirs est ouvert de telle sorte à capter l'énergie solaire et à laisser pénétrer l'air.

Après plusieurs observations de nos expériences, nous avons remarqué que le prétraitement des tomates fraîches avant le séchage contribue non seulement à améliorer la valeur marchande (couleur, goût, acidité, texture, développement de champignon ...) du produit mais aussi réduit la durée de séchage par l'obtention de produit à humidité intermédiaire après prétraitement. Ce procédé de prétraitement est largement appliqué à plusieurs fruits (Raoult-Wack et al., 1992) et présente ses avantages aussi bien en temps (durée de séchage) qu'en qualité du produit fini.

II. Cinétique de séchage

Le suivi du séchage des tomates témoins (non traitées) et des tomates préalablement traitées par la déshydratation osmotique indique que le prétraitement accélère la vitesse de séchage en

ce sens que les tomates prétraitées sèchent en 48h comparativement à celles témoins qui sèchent en 72h. Cela implique sur le plan pratique un gain de temps de production et est susceptible d'entraîner des effets positifs en termes de préservation de qualités organoleptiques des produits finis.

Les expériences similaires ont montré que les tomates ayant subi le prétraitement, perdent 20 fois plus vite leur eau que les tomates témoins. Cela s'explique par le fait que les tomates après le prétraitement disposent d'une humidité intermédiaire.

Aussi la vitesse de séchage est fonction de la coupe effectuée sur les produits : les rondelles ou les tranches longitudinales ou encore de petite ou grosse particule. En effet, au cours de notre expérience nous avons pu remarquer que les tomates coupées en petite particule sèche plus vite que celles qui sont en grosse particule. Il en est de même pour les tranches en rondelle comparativement aux tranches longitudinales. Cela s'explique par l'épaisseur des produits. Plus la surface d'échange est grande plus l'eau s'évapore vite et le produit se sèche rapidement.

III. Études sensorielles

En utilisant les paramètres de la norme NF ISO 5492, 1992 (gout, couleur, odeur, développement de champignons microscopiques, texture) nous avons mené une étude sensorielle avec 20 dégustateurs. Les points de vu de ses examinateurs sont très variables suivant les paramètres ISO retenus comme cela s'est fait remarquer à travers les études de production de concentré de tomates réalisées au Bénin par Dossou *et al.* (2007). Il ressort que : 90% des personnes soumises aux tests trouvent les tomates séchées prétraitées très rouge contre 10% qui les trouvent moins rouge. Nous en déduisons qu'un prétraitement des tomates améliore la couleur des tomates séchées qui restent de couleur rouge plus éclatantes et plus proche de la couleur de la tomate fraîche ; alors que les tomates non traitées sont relativement sombres. Des essais de laboratoire, menés à l'ENSAI de Ngaoundéré (Cameroun), ont montré que le prétraitement limite l'oxydation des caroténoïdes. Aussi une intensité de rayonnement solaire engendre une oxydation importante et expliquerait la couleur terne des tomates non traitées.

Quant au goût, 70% des dégustateurs trouvent les tomates prétraitées simplement salées, contre 30% qui les trouvent très salées. Ceci dérive du fait que le prétraitement apporte un surcroît de minéraux provenant de l'absorption du sel des tomates par l'osmose.

Pour l'acidité, 60% des dégustateurs trouvent les tomates prétraitées séchées acide contre 40% qui les trouvent peu acide. Ce goût légèrement acide joint à celui légèrement salée constitue de vrai avantage pour la stabilité du produit. En effet ce niveau de pH relativement faible pourrait réduire considérablement la nature des microorganismes pouvant se développer sur le produit. Seuls les microorganismes acidophiles notamment levures, Moisissures, *Acetobacters* et *Lactobacillus* peuvent s'y développer. Ces observations concordent avec celles rapportées par Lamb (1977) sur des produits à base de tomates qui varient de 4,2 à 4,6. En ce qui concerne l'odeur, 80% des évaluateurs trouvent que les tomates prétraitées séchées ont une odeur prononcée, qualifiée d'odeur forte de tomates contre 20% non prononcée. Cela montre que le prétraitement augmenterait la qualité marchande du produit.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'étude a permis d'élaborer le diagramme de production détaillée de tomates séchées. Les paramètres nécessaires à la production ont été définis. Pour aboutir à ces résultats, différents essais de production ont été faits suivis d'analyses.

Des analyses du séchage solaire de la tomate jointe à la déshydratation osmotique et aux Bonnes pratiques d'hygiène ainsi que de fabrication montrent qu'elle revêt d'un intérêt technologique. En effet cette technologie développe les activités de séchage des produits maraîchères et améliore la qualité organoleptique (meilleur goût, moins d'impuretés,...) des produits finis. Aussi il est à signaler que ce type de séchage prolonge le temps de conservation du produit fini qui est désormais un produit à « haute valeur ajoutée » et de ce fait plus facile à commercialiser. Pour une Bonne pratique de fabrication, il est recommandé de maîtriser le couple temps-température. Aussi il est recommandé de renforcer la protection contre la poussière afin de réduire le plus de charges minérales (impuretés).

Pour l'obtention de produits finis purement biologique, il serait mieux que les sécheurs produisent eux-mêmes leur matériel végétale propre à eux afin de contrôler certaines paramètres de culture comme l'engorgement d'engrais qui fait de fois que le séchage soit un échec.

En perspective, une standardisation des techniques de production doit être envisagée. Pour cela, des programmes d'encadrements techniques et financiers doivent être mis en place pour assurer la formation des productrices artisanales sur le séchage de tomate. Des études doivent être poursuivies sur ce type de procédé de séchage pour une meilleure application de cette technique sur la tomate, et pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle et microbiologique du produit fini.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Sawadogo. H. L. (2013) « Cours technologie de fruits et légumes-DESS IAA-Université de Ouagadougou» 69 p
- Ouédraogo O. (2013) « Cours technologie alimentaire : Licence agro-alimentaire » 56 p
- Ministère de la Santé de l'Action Sociale et de la Famille Unicef Ouagadougou Keller H. International (1991) « Manuel Guide de Nutrition ». 111 p
- Commission Économique des Nations Unies pour l'Europe (2007) « NORME CEE-ONU DDP-19 concernant la commercialisation et le contrôle de la qualité commerciale des tomates séchées édition » 8 p
- Agassounon Djikpo Tchibozo M., Gomez S., Tchobo F.P., Soumanou M.M. et Toukourou F. (2012). Essai de conservation de la tomate par la technique de la Déshydratation Imprégnation par Immersion (DII). 657-669 p
- Ndjouenkeuensai R. (2002). Opportunité d'amélioration de la qualité de la poudre de tomate par couplage entre la déshydratation osmotique et le séchage » 5 p
- Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (2007) « Analyse de la filière maraichage au Burkina Faso. 127 p
- Schweitzer A. (2007). Catalogue des produits du département agro transformation. 34 p

RÉFÉRENCES WEBBOGRAPHIQUES

- Légumes Vikidia, l'encyclopédie des 8-13 ans fr. Vikidia.org/wiki/L%25c3%25A9gume (consulté le 03-10-2013)
- Légumes Wikipediafr. wikipedia.org/wiki/L%25c3%25A9gume (consulté le 25-09-2013)
- Sousa A. (1994) « Fruits et légumes : vos alliés contre le cancer »
www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag_2002/mag0201/nu_5096allies_cancer.htm
(consulté le 23-09-2013)
- Jost E. (2008) « Fruits et Légumes contre les maladies cardio-vasculaires »
www.doctissimo.fr/html/nutrition/12335-fruits-legumes-contre-maladies (consulté le 23-09-2013)
- Aucy, 2012 « Composition des légumes » (consulté le 03-10-2013)

Jost E. 2008 « Fruits et légumes : tout savoir sur les fruits et légumes-doctissimo »

www.doctissimo.fr/html/nutrition/aliments/fruits-legumes/niv2/fruits-legumes-vertus.htm (consulté le 23-09-2013)

Quantité d'eau contenue dans la tomate : <http://www.Les-calories.com/calorie-35-tomate.html> (consulté le 15-01-2014)

APRIFEL 2011, « Composition nutritionnelle des légumes et dérivées »

fr.wikipedia.org/wiki/composition (Consulté le 15-01-2014)

Amélioration et diversification du séchage solaire domestique

www.fao.org/docrep/x5020F/x5020F01.htm (consulté le 17-01-2014)

Les séchoirs solaires SECAAR www.secaar.org/fiches/pdf/T8_SOLAI.pdf (consulté le 16-01-2014)

Technologies combinées de conservation des fruits et des légumes

www.fao.org/./y5771f02.htm (consulté le 22-01-2014)

Tomate-Wikipédia : fr.wikipedia.org (consulté le 04-02-2014)

Mémoire Online-Filière de production Exportation des ... www.memoireonline.com (consulté le 04-02-2014)

UNITE DE PRODUCTION DE TOMATES SECHEES

www.tunisieindustrie.nat.tnwww.memoireonline.com (consulté le 04-02-2014) Analyse de la filière maraichage au BURKINA FASO www.fao.org (consulté le 04-02-2014)

Valeur nutritionnelles de tomates séchée au soleil www.monmenu.fr (consulté le 04-02-2014)

Tomate-Passeport Santé .net : Information Santé www.alimentaire-pro.com (consulté le 04-02-2014)

Les différents types de légumes du jardin potager jardin-et-potager.forumactif.com/t9-les-differents-types-de-legumes-du-jardin-potager (consulté le 23-09-2013).