UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

# Analyse des dangers et maitrise des points critiques au cours de la production du jus mixte de betterave au CNTA

**Nicobaharaye, Sylvestre; Sous la direction du : Pr Aloys Nzigamasabo**

**2023-02**
UB, FABI
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2054

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

**UNIVERSITE DU BURUNDI**

**FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS**

**MASTER EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS**

# ANALYSE DES DANGERS ET MAITRISE DES POINTS CRITIQUES AU COURS DE LA PRODUCTION DU JUS MIXTE DE BETTERAVE AU CNTA

**PAR : SYLVESTRE NICOBAHARAYE**

**Mémoire présenté et défendu publiquement pour l'obtention d'un diplôme de Master en Sciences et Technologie des Aliments**

**Option : Gestion de la qualité des produits Agro-Alimentaires**

**SOUS LA DIRECTION DE :**

**Pr ALOYS NZIGAMASABO**

**BUJUMBURA, FEVRIER 2023**

## IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Président : Dr. Ir. NIYUKURI Jonathan

Directeur : Prof. NZIGAMASABO Aloys

Secrétaire : Doctorant NTEZIRYAYO Vincent

## DEDICACE

*Au Dieu Tout-Puissant, grâce à qui nous vivons encore ;*

*A mon épouse Languide NTIRABAMPA ;*

*A mes enfants Jordy Ray IRAKOZE, Christa-Joëlle IRIHO, Anny Princia IRIMBERE qui n'ont cessé de nous apporter aide et affection au cours du second cycle de Master ;*

*A mon père qui n'est plus de ce monde ;*

*A ma mère encore en vie pour son amour indéniable ;*

*A mes chers frères et sœurs pour leurs encouragements et leur amour inégalables ;*

*A tous ceux qui me sont chers mais que je n'ai pas cité ici ;*

*Je dédie ce mémoire.*

**REMERCIEMENTS**

Au terme de ce travail, l'honneur m'échoit pour remercier Dieu Tout-puissant qui m'a prêté vie et courage afin de réaliser ce travail, ensuite toute personne qui a contribué à notre formation tant humaine que scientifique.

Mes remerciements sont dirigés, directement aux professeurs (en cycle master) de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI) ; et plus particulièrement à ceux du département de Sciences et Technologie des Aliments (STA) à l'Université du Burundi. Nous tenons à remercier, de tout notre cœur, Monsieur Aloys NZIGAMASABO ; professeur à la FABI, qui a promu et dirigé ce mémoire malgré ses nombreuses occupations. Ses multiples conseils, ses remarques pertinentes d'homme de science, sa disponibilité entière, son « amour » du travail bien fait nous ont permis de réaliser le présent travail.

Mes remerciements vont également au personnel du CNTA et plus particulièrement à ceux du hall de technologie alimentaire pour leur accueil chaleureux ainsi que tous ceux qui m'ont prêté mains fortes à la réalisation de ce travail.

Enfin, l'occasion éminente nous est offerte de reconnaitre, à juste titre, le cheminement de concours divers, de parents, de frères, sœurs et amis qui, durant les deux années, nous ont été de grande utilité et de réconfort inestimables ; en guise de quoi je leur dit merci infiniment.

Sylvestre NICOBAHARAYE

**RESUME**

L'économie du Burundi est basée principalement sur l'agriculture qui fait vivre la majeure partie de la population. Même si cette agriculture fournit plus de 90% des apports alimentaires nécessaires à la consommation pour la population, elle ne permet pas son autosuffisance alimentaire suite à l'exiguïté des terres cultivables, à l'augmentation excessive de la population, des techniques agricoles artisanales et des conditions climatiques. Mais, hélas, une fois que la récolte serait bonne au cours de certaines saisons culturales, les difficultés ne manqueraient pas car la population ne maitrise pas les techniques appropriées de conservation des produits agricoles périssables et par conséquent, il y aurait une perte de certains produits agricoles par pourriture.

La transformation des produits alimentaires vient alors comme une réponse à tous les problèmes liés aux opérations post-récolte (transformation elle-même, conservation et stockage) pour pouvoir prolonger la durée de consommation. L'un de ces produits alimentaires à transformer sur lequel nous nous sommes intéressés est un légume-racine dénommé ″betterave sucrière‟. Sa transformation en jus s'adjoint aux autres types de jus de fruits tels que le jus de maracoudja et celui d'ananas pour corriger les défauts de goûts et d'odeur.

L'obtention de ce jus mixte de betterave a été suivie d'une analyse des dangers auxquels il peut recourir au cours de sa fabrication en se référant au système HACCP afin de garantir la salubrité et la qualité de sa production. Pour ce faire, nous avons pu identifier d'abord les programmes pour contrôler les risques liés au personnel et à l'environnement de fabrication du jus en vue de créer les conditions favorables à sa bonne production. Ensuite, nous avons utilisé le diagramme des 5M et l'arbre de décisions pour identifier les points critiques dans le but de suivre le processus de fabrication.

Les résultats de certains paramètres microbiologiques (levures et moisissures, E. coli, Salmonella spp et Staphylococcus aureus) et physico-chimiques (pH, degré brix, taux d'alcool, acidité titrable et cendres totales) analysés ont montré que le jus produit était de bonne qualité microbiologique et physico-chimique malgré les insuffisances/manquements constatés au cours de la production.

Au niveau des dangers, les résultats montrent que c'est principalement les étapes de broyage, dilution et pasteurisation qui peuvent être à l' origine de l'insalubrité et l'innocuité du jus tandis qu'au niveau des CCP il s'agit des étapes telles le lavage, le dilution et la pasteurisation.

Mots clés : Jus mixte de betterave, HACCP, CNTA, hygiène, dangers, CCP.

## ABSTRACT

Burundi's economy is based mainly on agriculture, which supports most of the population. Even if this agriculture provides more than 90% of the food intake necessary for consumption for the population, it does not allow its food self-sufficiency due to the scarcity of arable land, the excessive increase in the population, artisanal agricultural techniques and climatic conditions. But, alas, once the harvest would be good during certain growing seasons, there would be difficulties because the population does not master the appropriate techniques for the conservation of perishable agricultural products and consequently, there would be a loss of certain products agricultural by rot.

The processing of food products then comes as a response to all the problems related to post-harvest operations (processing itself, conservation and storage) to be able to extend the duration of consumption. One of these food products to be transformed on which we are interested is a root vegetable called ″sugar beet‟. Its transformation into juice is added to other types of fruit juice such as maracoudja juice and pineapple juice to correct taste and odor defects.

Obtaining this mixed beet juice was followed by an analysis of the dangers that it can resort to during its manufacture by referring to the HACCP system in order to guarantee the safety and quality of its production. To do this, we were able to first identify the programs to control the risks related to the staff and the juice manufacturing environment in order to create favorable conditions for its good production. Then, we used the 5M diagram and the decision tree to identify the critical points in order to follow the manufacturing process.

The results of certain microbiological (yeasts and moulds, E. coli, Salmonella spp and Staphylococcus aureus) and physico-chemical (pH, brix degree, alcohol content, titratable acidity and total ash) parameters analyzed showed that the juice produced was of good microbiological and physico-chemical quality despite the shortcomings/deficiencies noted during production.

In terms of hazards, the results show that it is mainly the grinding, dilution and pasteurization stages that can be the cause of the insalubrity and harmlessness of the juice, while at the CCP level it is steps such as washing, dilution and pasteurization.

Keywords: Mixed beet juice, HACCP, CNTA, hygiene, hazards, CCP

**TABLE DES MATIERES**

**IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY ..... i**

**DEDICACE ..... ii**

**REMERCIEMENTS ..... iii**

**RESUME ..... iv**

**ABSTRACT ..... v**

**TABLE DES MATIERES ..... vi**

**LISTE DES TABLEAUX ..... x**

**LISTE DES FIGURES ..... xi**

**AVANT-PROPOS. ..... xiii**

**0. INTRODUCTION GENERALE ..... 1**

**PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE ..... 3**

**CHAPITRE I : GENERALITES ..... 3**

I.1. LA BETTERAVE SUCRIERE ..... 3

I.1.1. Historique de la betterave sucrière ..... 3

I.1.2. Description et distribution géographique de betterave sucrière ..... 4

I.1.3. Cycle de reproduction ..... 4

I.1.4. Production mondiale de la betterave à sucre ..... 5

I.1.5. Importance de betterave sucrière ..... 6

I.1.6. Composition chimique de betterave sucrière ..... 6

I.1.7. Transformation de la betterave sucrière ..... 7

I.1.8. Les différentes étapes d'obtention du jus de betterave ..... 7

I.2. LE SYSTEME HACCP ..... 8

I.2.1. Introduction ..... 8

I.2.2. Principes de HACCP (Khadidja, 2020). ..... 9

I.2.3. Étapes du HACCP : ..... 10

Une méthode HACCP se construit en 12 étapes ..... 10

I.2. 4. La description des étapes de mise en œuvre du système HACCP (Khadidja, 2020). .. 11

I.3. BONNES PRATIQUES D'HYGIENE (Codex Alimentarius Commission, 2003) ..... 15

I.3.1. Introduction..... 15

I.3.2. L'hygiène du personnel ..... 16

I.3.3. Les locaux ..... 16

I.3.4. Les équipements et le matériel ..... 16

I.3.5. Le fonctionnement ..... 16

I.3.6. Le nettoyage et la désinfection ..... 17

I.4. Bonnes pratiques de fabrication (BPF) ..... 17

I.4.1. Respect des spécifications concernant les matières premières et les ingrédients ..... 17

I.4.2. Respect des procédures de fabrication ..... 17

I.4.3. Choix du matériel et des équipements conformes ..... 17

I.5. AVANTAGES DES SYSTEMES BPH/HACCP ..... 18

I.5.1. Avantages pour les consommateurs : ..... 18

I.5.2. Avantages pour les entreprises alimentaires ..... 18

I.5.3. Avantages pour les gouvernements ..... 18

**DEUXIEME PARTIE : ACTIVITES REALISEES ..... 18**

**CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES ..... 19**

II.1. Lieu d'étude ..... 19

II.2. Transformation, valorisation du jus de betterave ..... 19

II.2.1. Matériel utilisé dans la fabrication du jus mixte de betterave ..... 19

II.2.2. Matières premières utilisées : ..... 19

II.3. Transformation du jus de betterave ..... 20

IL.3.1. Introduction. ..... 20

II.3.2. Transformation proprement dite ..... 20

II.3.3. Différentes étapes de transformation ..... 20
II.4. Identification des dangers à chaque étape de fabrication ..... 23
II.5. Identification des points critiques au cours de la production du jus mixte de betterave . 28
II.6. Matériel de laboratoire de microbiologie ..... 32
II.7. Milieux de culture utilisés ..... 33
II.7.1. Milieu solide ou gélose ..... 33
II.7.2. Milieu liquide (bouillon) ..... 33
II.8. Matériel de laboratoire de biochimie ..... 34
II.9. Analyses microbiologiques ..... 35
II.9.1. Préparation des milieux de culture solides ou gélose ..... 35
II.9.2. Ensemencement (en profondeur) ..... 36
II.9.3. Incubation ..... 36
II.9.4. Dénombrement des microorganismes ..... 36
II.10. Analyses biochimiques ..... 36
II.10.1. Mesure du pH ..... 36
II.10.2. Mesure de l'acidité titrable ..... 37
II.10.3. Détermination du degré Brix ..... 37
II.10.4. Détermination de la teneur en cendres ..... 38
II.10.5. La teneur en alcool : méthode de distillation. ..... 38
**CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS ..... 39**
III.1. Résultats sur les dangers qui peuvent être rencontrés dans le produit ..... 39
III.2. Résultats sur les CCP identifiés ..... 40
III.3. Résultats d'analyse microbiologiques ..... 41
III.4. Résultats moyens d'analyses physico-chimiques ..... 42
III.4.1. pH ..... 42
III.4.2. Acidité titrable ..... 42

III.4.3. Degré brix ..... 42

III.4.4. Taux d'alcool ..... 42

III.4.5. Cendres totales ..... 43

**CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS ..... 44**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ..... 46**

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Identification des dangers à chaque étape de fabrication du jus mixte de betterave. ..... 23
Tableau 2: Contrôle des points critiques et moyens de prévention ..... 29
Tableau 3: Composition des milieux de culture ..... 33
Tableau 4: Dangers qui peuvent être rencontrés dans le produit ..... 39
Tableau 5: CCP identifiés ..... 40
Tableau 6 : Résultats d'analyses microbiologiques ..... 41
Tableau 7: Résultats d'analyses physico-chimiques ..... 43

## LISTE DES FIGURES

Figure 1:Diagramme des 5M ou diagramme d'ISHIKAWA pour la fabrication d'un produit 13

Figure 2: Diagramme de fabrication du jus mixte de betterave ..... 23

## LISTE DES ABREVIATIONS

**%** : Pour cent

**AOAC** : Association of Official Analytical Chemists/ Association des chimistes agricoles officiels

**BPF** : Bonnes Pratiques de Fabrication

**BPH** : Bonnes Pratiques d'Hygiène

**CCP** : **Critical** Control Points/ points critiques à maîtriser

**CNTA** : Centre National de Technologie Alimentaire

**E. COLI** : Escherichia Coli

**FAO** : Food and Agriculture Organization / Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture

**HACCP** : Hazard Analysis and Critical Control Points / Analyse des dangers et maitrise des points critiques

**IAA** : Industrie Agro-Alimentaire

**J.C.** : Jésus Christ

**MPA** : Méga Pascal

**NaOH** : Soude caustique / Hydroxyde de Sodium

**º C** : degré Celsius

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**pH** : potentiel d'Hydrogène

**PNUD** : Programme des Nations Unies pour le Développement

**PRP** : Programme Prérequis

**UFC/ml** : Unité formant colonie par millilitre

**URSS** : Union des Républiques Socialistes Soviétiques

**USA** : United States of America / Etats-Unis d'Amérique

## AVANT-PROPOS.

Le sujet de recherche exploré fait ressortir les dangers et les points critiques auxquels peut recourir le jus mixte de betterave produit par des procédés de transformation de la betterave elle-même qui s'adjoint aux autres fruits d'ananas et de maracoudja pour corriger les défauts de goût et d'odeur.

Pour garantir la salubrité et la qualité de production du jus, on doit se servir du système HACCP, outil qui prend de plus en plus beaucoup d'ampleur dans les Industries Agro-Alimentaires et que le CNTA en particulier doit instaurer.

Au Burundi, les unités de transformation naissantes encadrées par le CNTA ne sont pas soucieuses de l'application de la gestion de la qualité, mais s'intéressent plutôt uniquement à la technologie ; d'où la raison de mener une étude à ce sujet afin de fabriquer un produit sain. Cette étude avait pour objectif de déterminer les non-conformités pour la correction et /ou l'amélioration de la chaîne de production du jus mixte de betterave en se basant d'abord sur les BPH et BPF par rapport aux exigences réglementaires. Ensuite, des programmes préalables ont été contrôlés pour aboutir à l'identification des non-conformités qui freinent l'application du système HACCP.

Des difficultés dans la production du jus se sont manifestées car les bâtiments, les équipements et matériel de production ne répondent pas au système HACCP afin de fabriquer des produits alimentaires de bonne sécurité et salubres pour les consommateurs.

## 0. INTRODUCTION GENERALE

La culture des produits vivriers est une activité qui comprend plusieurs étapes ayant un rythme de succession qui est imposée par la bioclimatologie de la plante.

L'agriculteur devrait donc avoir une idée sur la façon dont le produit doit être traité depuis sa culture jusqu'à son utilisation ultérieure à de fins multiples : consommation, vente, conservation, transformation, etc.

La conservation et la transformation des produits alimentaires sont des étapes qui nécessitent des principes, méthodes et techniques bien maîtrisés pour que ces produits puissent garder leurs qualités nutritionnelle et organoleptique adéquates. L'agent bien informé songera à créer les conditions nécessaires et suffisantes de stockage, de conservation et de transformation des produits agricoles afin que les facteurs et les mécanismes d'altération soient plus ou moins réduits au maximum.

Il convient donc , pour un pays comme le Burundi ,d'implanter des unités de transformation dans certaines localités des provinces truffées de matières premières parce que, d'une part, elles contribuent à encourager l'agriculteur à cultiver beaucoup, à donner l' emploi à un certain nombre de gens ; à augmenter le revenu aussi bien pour le fermier que dans les unités de transformation et, d'autre part ,elles évitent des pertes dues à un stockage prolongé ou au transport inadéquat (cas des fruits et légumes ;denrées périssables). Ces denrées périssables présentent une résistance mécanique relativement faible due à leur forte teneur en eau.

Les industries agro-alimentaires ont donc le rôle principal de transformer les matières premières périssables (végétales ou animales) en produits finis beaucoup plus conservables afin de rester disponibles pour les consommateurs pendant longtemps ; et pour répondre aux souhaits de ces derniers, les sociétés doivent se soucier souvent de la qualité, hygiène et innocuité de leurs produits.

La sécurité sanitaire des jus fabriqués ne peut être véritablement assurée que si la responsabilité est partagée par tous les intervenants de toutes les étapes de la filière « jus », qui débute avec le premier professionnel qui intervient au niveau de la culture et l'entretien des champs, au consommateur final, qui doit vérifier la qualité et la conformité du produit acquis.

Actuellement, le constat, au Burundi, est qu'il se déverse sur le marché national plusieurs marques commerciales de jus de toutes sortes qui apparaissent et disparaissent, faute de qualité ou de disposition des informations technologiques en matière de normes et de marchés.

Notre contribution à la résolution de ces problèmes précités dans le cas maintenant bien précis du plan HACCP en filière « transformation des betteraves fraîches en jus », est de permettre aux consommateurs de s'en approvisionner en bonne qualité plus ou moins suffisante après avoir contrôlé tous les risques liés directement au jus mixte de betterave ou au processus de sa fabrication :

- Risques microbiologiques : pour tester si le jus n'a pas été souillé par des germes pathogènes ou toxinogènes au cours des différentes étapes de transformation.
- Risques physico-chimiques : pour fabriquer un produit de bonnes qualités physiques et chimiques.

C'est dans ce contexte que s'inscrit mon sujet d'analyse afin de garantir la salubrité et la qualité de la production du jus mixte de betterave au CNTA en s'apppuyant sur le système HACCP applicable à chaque étape de production de ce dernier (application d'abord des programmes prérequis et ensuite détermination des stades où il est possible d'agir efficacement).

Pour répondre à notre sujet d'étude, la formulation de deux hypothèses s'avère nécessaire :

a. Le CNTA dispose d'un système HACCP bien fonctionnel ;

b. Le jus mixte de betterave produit au CNTA est pourvu de dangers.

Notre travail a été subdivisé en trois parties :

La première partie sur la revue de la littérature ;

La deuxième partie portant sur deux chapitres:

- La transformation du jus de betterave ; identification des dangers à chaque étape de fabrication ; identification des points critiques et leurs moyens de prévention ; les analyses microbiologiques et physico-chimiques du jus ;
- La présentation et la discussion des résultats.

La troisième partie qui concerne les conclusions et les recommandations.

# PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

## CHAPITRE I : GENERALITES

### I.1. LA BETTERAVE SUCRIERE

#### I.1.1. Historique de la betterave sucrière

La première référence à la famille de la betterave se trouve dans la littérature grecque vers 420 avant J.C. Au 15ème siècle, la betterave est présente dans l'Europe entière. A l'origine, elle est cultivée pour ses feuilles qui sont consommées comme des épinards.

L'histoire de la betterave à sucre a commencé en 1747, quand le chimiste allemand 'Marggraf' découvrit que la substance sucrée des betteraves était du saccharose, dont on pensait jusqu'alors qu'il n'existait que dans la canne à sucre**.**

C'est à cette époque qu'Olivier de Serres remarqua la forte teneur en sucre de la betterave, puis un siècle et demie plus tard, Andreas Marggraf étudia les possibilités d'extraction. Grâce aux efforts d'Achard, élève de Marggraf, la première sucrerie a ouvert ses portes en 1803 en Europe. La conjugaison du lancement de cette première sucrerie et du Blocus continental sur le sucre de canne instauré par Napoléon 1er va entraîner l'explosion de la production de sucre de betterave en Europe. De cette façon, du sucre était produit en utilisant une plante cultivée sur place. La véritable industrie de sucre de betterave naît quand Delessert, raffineur à Passy, parvient à fabriquer le premier pain de sucre de façon contrôlée.

La betterave sucrière (« Beta vulgaris ») est un légume-racine bisannuel principalement cultivé dans les climats tempérés de l'Amérique du Nord, de l'Asie et de l'Europe.

En effet, elle contient jusqu'à 16 % de saccharose dans ses racines blanches, dont 80 % peut être extrait par un processus industriel. Le sucre emmagasiné dans la racine de la betterave est extrait en isolant le saccharose des autres composants de la plante. Étape par étape, les composants non-sucrés sont éliminés : lavage et découpage des betteraves en petits morceaux ; extraction, épuration et évaporation du jus de betterave ; cristallisation du jus concentré, malaxage et essorage du sucre. Le cœur du procédé d'extraction du sucre est l'évaporation. Celle-ci fait le lien entre la concentration du jus à faible teneur en sucre et la cristallisation du sirop à une teneur en sucre élevée (Arzate, 2005; Roggo, 2003).

### I.1.2. Description et distribution géographique de betterave sucrière

D'après, Arzate (2005) et Gentil (2009)**,** la betterave appartient à la famille des chénopodiacées. Elle a donné naissance, par culture et sélection traditionnelle, dans des zones probablement situées aux confins de l'Europe et de l'Asie, à différentes formes : betterave potagère, betterave fourragère. Ces diverses espèces ne semblent pas connues en Europe occidentale avant le 16ème siècle. La betterave sucrière n'a été cultivée qu'à la fin du 18ème siècle, à partir de certaines variétés de betteraves fourragères blanches.

C'est une plante bisannuelle quand elle est cultivée :

- La phase végétative (tubérisation, développement du bouquet foliaire, accumulation de réserves sous forme de sucre) dure toute la première année ;
- La phase reproductive (montaison et fructification) s'accomplit normalement au cours de la deuxième année.

La culture de la betterave pour le sucre comporte uniquement la phase végétative, qui dure environ 180 jours. Plante de climat tempéré frais, sa culture est surtout répandue en Europe, Russie et aux USA. Particulièrement prospère entre les 47ème et 54ème degrés de latitude nord, elle n'est guère possible ailleurs qu'en culture irriguée. En fin de première année, la plante présente une racine volumineuse surmontée d'un bouquet foliaire qui comporte 40 feuilles. Il est dit "préfloral". Ces feuilles s'insèrent sur le collet représentant l'axe épicotylé hypertrophié de la plante.

La racine a, chez la betterave sucrière, une forme conique, et présente un sillon longitudinal très marqué, délimitant une zone riche en sucre (sillon saccharifère). La teneur en matière sèche varie de 20 à 25% ; celle en sucre de 15 à 19% ou plus du poids frais des racines (AGER, 2003). Chez la betterave sucrière, à chair blanche, présente une racine de forme conique, presque entièrement enfouie dans le sol, dotée d'un collet plat et surmontée d'un bouquet foliaire. La racine, parcourue de deux sillons saccharifères, principale réserve de sucre, contient de 14 à 21 % de son poids en sucre (Roggo, 2003).

### I.1.3. Cycle de reproduction

La betterave sucrière est une plante bisannuelle, son cycle de reproduction s'établit sur deux années. La première année (ou phase végétative) est dédiée à l'accumulation des réserves de sucre dans la racine. La deuxième année (ou phase de reproduction) utilise l'énergie stockée

pour former une inflorescence, puis des graines, après pollinisation croisée entre betteraves. La culture de betterave exige des terres bien préparées, avec une préférence pour les sols argilocalcaires et légèrement alcalins, ainsi qu'un climat tempéré, assez humide d'avril à septembre, avec des périodes ensoleillées et sèches juste avant la récolte (Arzate, 2005).

A la différence de cultures à graines, où les cycles sont rythmés par des états morphologiques (levée, début montaison, floraison, maturité), il n'y a pas de stades morphologiques bien nets pour la betterave sucrière. Les premières tentatives de description distinguaient trois périodes dans le cycle de la plante.

- La période juvénile, de la germination au stade "16 feuilles",
- La période d'adolescence, du stade "16 feuilles" au stade "40 feuilles", - La période de maturation ou de reproduction sexuée (moule, 1982).

### I.1.4. Production mondiale de la betterave à sucre

Dans le monde, la culture de betterave sucrière occupe environ 7 millions d'hectares, surtout en Europe du Nord et aux États-Unis. En 2004, la production mondiale de betterave sucrière était de 208,85 millions de tonnes. La France est le premier producteur mondial de sucre de betterave devant les États-Unis et l'Allemagne. En 2005, la betterave sucrière fournit environ 26 % de la production mondiale de sucre (Arzate, 2005).

D'après (Redani, 2015), la répartition de la betterave au sein des grands pays producteurs est, quant à elle, encore plus concentrée. Deux groupements, et à l'intérieur de ceux-ci quatre pays, fournissent près des deux tiers de la production mondiale depuis les années 1960 : ce sont respectivement l'Union Européenne et l'Ex-URSS, essentiellement par le biais de l'Ukraine et de la Russie. La part de l'Ex-URSS diminue de manière continue depuis le début des années 60 où ce pays représentait près du tiers de la production mondiale avec environ 51 millions de tonnes annuelles. En 2005-2007, la part de la Russie était d'environ 11% et celle de l'Ukraine de 7%. Les Etats-Unis ont vu leur production progresser à un rythme annuel de 2% environ passant ainsi de 16,3 millions de tonnes de betteraves produites en 1961 à près de 29 millions de tonnes durant la période 2005-2007, soit 12% de la production mondiale.

Concernant l'Union Européenne, la France et l'Allemagne contribuaient à part égale à 22% de l'offre mondiale durant la période 2005-2007.

### I.1.5. Importance de betterave sucrière

La betterave sucrière est une culture plus polyvalente que la canne à sucre car elle peut s'accommoder d'un large éventail de conditions pédologiques et climatiques. Outre le jus sucré, la mélasse de betterave produite en grande quantité par la sucrerie suite à l'opération de récupération des saccharoses peut constituer également la matière première de l'unité de production d'éthanol (Hadroug, 2020)**.**

D'après (Arzate, 2005), l'utilisation « noble » de la betterave sucrière est évidemment comme matière première dont on extrait du saccharose. Le sous-produit principal issu de cette extraction, la pulpe de betterave, partie tendre est utilisée en alimentation animale. Riche en vitamines, protéines et minéraux, elle contient également du sucre résiduel. Cette composition en fait un aliment de choix pour les animaux, notamment pour les ruminants qui les consomment fraîches ou déshydratées. Le second sous-produit, la mélasse, résidu sirupeux de la cristallisation, est utilisé dans diverses industries tel que : l'industrie animale, industrie agroalimentaire dont la levurerie, la distillerie comme la fabrication de levure de boulangerie et l'alcool qui sert dans des produits ménagers, chimiques ou carburant. Mais la betterave sucrière est également utilisée depuis longtemps pour produire de l'alcool.

Les écumes sont recueillies lors de la purification du jus de la betterave par précipitation des impuretés. Riches en sels minéraux et particulièrement en calcium, elles sont valorisées en agriculture comme engrais organique.

### I.1.6. Composition chimique de betterave sucrière

La betterave a une composition chimique complexe. Elle contient un grand nombre de composés qui influenceront le spectre infrarouge. De plus, au sein de la betterave, il existe des distributions différentes de ces composés : ainsi par exemple, le collet est moins riche en sucre que le reste de la racine mais il a un taux de cendre plus élevé (Mahn et al., 2002). Le constituant le plus important de la betterave est certainement du saccharose, tandis que les diverses substances non saccharoses altèrent le rendement en sucre à des degrés divers. Les substances molassigènes potassium, sodium, raffinose et composés N tels que l'amino N et la bétaïne augmentent la perte de mélasse, tandis que le sucre inverti et la glutamine entraînent la formation de couleur pendant l'évaporation et la cristallisation en conséquence de la réaction de Maillard. Ceci est considéré comme un facteur majeur d'altération de la qualité pour sucre blanc (Van der Poel et al., 1998).

Avec des paramètres de qualité plus conventionnels inclus dans une formule, différentes qualités de betterave sont évaluées plus distinctement. Cependant, comme le démontre l'étude comparative de Mahn et Hoffmann (2001), quelle que soit la formule utilisée, la qualité de la betterave sucrière diminuait toujours de la racine au sommet. En conséquence, la qualité technique de la betterave diminue à mesure que l'on inclut de matériel de pousse (Mahn et al., 2002). Enfin, la betterave récemment récoltée contient 75,9 % d'eau, 2,6 % de composants nonsucrés, 16,0 % de sucre et 5,5 % de pulpe. La pulpe est composée de cellulose insoluble, d'hémicellulose et de pectine (Arzate, 2005).

### I.1.7. Transformation de la betterave sucrière

D'après (Azrate, 2005), les plus importants ouvrages sur l'agriculture et la technologie de la production de sucre de betterave ont été écrits à de différents moments, par exemple : Chimie appliquée à l'agriculture (1823) et the Manual of the art of making and refining Suger from beets (1836) traduit du français. En même temps, cette industrie qui s'occupait de la transformation de la betterave se fortifiait grâce aux améliorations, inventions et nouveaux développements qui ont eu lieu, générant ainsi des changements dans la technologie :

- Décoloration du sirop de sucre de betterave à l'aide du charbon animal (dès 1812),
- Conception de la presse à surface filtrante pour l'extraction du jus de betterave (1836),
- Utilisation de la chaux et de l'anhydride carbonique pour la purification du jus (1840)
- Mise sur pied des évaporateurs à multiple-effet déjà utilisés dans l'extraction du sucre de canne (1843),
- Utilisation de la centrifugation pour séparer les cristaux de la « masse-cuite » (1844), - Utilisation de la diffusion en batterie (1863),
- Utilisation courante de l'autoclave à vide (1870),
- Présentation de la dynamique de la cristallisation proposée par G. Z. Wulff (1884).

### I.1.8. Les différentes étapes d'obtention du jus de betterave

D'après (Arzate, 2005)**,** les différentes étapes d'obtention du jus de betterave après la réception sont les suivantes :

Lavage et découpage des betteraves en petits morceaux ; extraction, épuration

### 1. Lavage de la betterave :

Pendant le lavage, les betteraves sont brassées dans un lavoir où elles circulent à contrecourant d'un flux d'eau propre pour les séparer de la terre, de l'herbe et des pierres.

### 2. Le découpage de la betterave

Le découpage est l'étape durant laquelle les betteraves propres sont envoyées dans des couperacines qui les débitent en fines lamelles appelées « cossettes ».

### 3. L'extraction

Le jus sucré est extrait des cossettes par diffusion. Cette opération, basée sur le principe de l'osmose, a pour but de faire passer le sucre contenu dans les cossettes dans de l'eau. La diffusion est réalisée dans un long cylindre : les cossettes y pénètrent par une extrémité, et l'eau tiède qui y circule lentement en sens inverse s'enrichit peu à peu de leur sucre. Le jus sucré est recueilli à une extrémité, tandis que les cossettes épuisées, appelées « pulpes », sont récupérées à l'autre bout.

### 4. L'épuration

Le jus obtenu contient la quasi-totalité du sucre présent dans la betterave, mais également d'autres composés qu'il faut éliminer (sels minéraux, composés organiques…). L'opération s'appelle l'épuration calco-carbonique : une adjonction successive de lait de chaux (à base de pierres calcaires) puis de gaz carbonique permet de fixer et rendre insoluble ces composés, puis de s'en séparer par filtration. On obtient un jus sucré clair. A ce stade, le jus filtré contient environ 15 % de sucre et 85 % d'eau, dont une grande partie sera éliminée par évaporation pour le cas de la fabrication du sucre betteravier.

## I.2. LE SYSTEME HACCP

### I.2.1. Introduction

Le consommateur est en droit d'attendre que les aliments qu'il consomme soient sans danger et propres à la consommation, pour cela, il est souhaitable de mettre en place une méthode qui va permettre déhiérarchiser les dangers au niveau de la chaîne de fabrication au sein des entreprises agro-alimentaires. Dans ce souci est indispensable de pouvoir quantifier leurs risques et leurs amplitudes et d'établir la relation avec le risque et l'importance du danger final. Pour répondre

à ces besoins, le système HACCP(analyse des risques et maitrise des points critiques) a été retenu car celui-ci est une arme efficace et un outil essentiel contribuant à la mise en place de l'assurance qualité au sein des entreprises agro-alimentaires qui va prendre en compte la filière dans sa totalité depuis la production jusqu'à la distribution au consommateur, ainsi la norme de management de la sécurité sanitaire des aliments ISO 22000 est alors un outil intéressant à utiliser car centré sur la gestion de la sécurité sanitaire, en réalisant une étude HACCP (Khadidja, 2020)**.**

La démarche HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points ou Analyse des Dangers et Contrôle des Points Critiques pour leur maitrise), est une méthode développée en 1970 aux USA par la société Pillsbury. Elle est appliquée dans les industries agroalimentaires pour assurer la sécurité des aliments (Ioannis , 2009)**.**

Le système HACCP permet d'évaluer les dangers et de mettre en place des systèmes de maitrise axés davantage sur la prévention que sur l'analyse du produit fini, cette démarche a été élaborée par le comité de l'hygiène alimentaire de la commission du Codex Alimentarius, un programme mixte sur les normes alimentaires de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (F.A.O) et l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S) et exigé par la norme ISO 22000 version 2005. Les directives du HACCP ont été publiées en 1993, puis révisées en 2003.

Le système HACCP c'est une méthode critique, créative et évolutive. C'est également est une démarche préventive spécifique et responsabilisant qui doit permettre d'assurer la qualité des denrées alimentaires dans le contexte d'une démarche qualité globale, il consiste en un contrôle rigoureux depuis l'arrivée de la matière première jusqu'à l'expédition du produit fini (Sneed et al., 2007).

### I.2.2. Principes de HACCP (Khadidja, 2020).

Sept principes HACCP sont généralement reconnus. Tous les pays qui utilisent le système HACCP appliquent ces principes :

**Principe 1** : Procéder à une analyse des dangers : Recenser les dangers et évaluer les risques qui leur sont associés à chaque étape du système de produit. Décrire les mesures de contrôle éventuelles.

**Principe 2 :** Déterminer les points critiques : Un point critique pour la maitrise des risques est un stade auquel une surveillance peut être exercée et est essentielle pour prévenir ou éliminer

un danger menaçant la salubrité de l'aliment ou le ramener à un niveau acceptable. La détermination du point critique peut être facilitée par l'application d'un arbre de décision.

**Principe 3 :** Fixer les seuils critiques : Chaque mesure de contrôle associée à un point critique doit être assortie d'un seuil critique qui sépare les paramètres de contrôle acceptables de ceux qui ne le sont pas.

**Principe 4 :** Mettre en place un système de surveillance : La surveillance est une mesure ou une observation programmée à un point critique pour évaluer si l'étape est maîtrisée, c'est-àdire si les seuils critiques spécifiés au principe 3 sont respectés.

**Principe 5 :** Etablir la procédure à suivre pour les mesures correctives lorsque la surveillance à un point critique donné révèle un écart par rapport au seuil critique établi.

**Principe 6** : Etablir des procédures de vérification afin de confirmer que le système HACCP fonctionne efficacement De telles procédures comportent un contrôle d'un plan HACCP pour examiner les écarts et le sort des produits, et le prélèvement aléatoire d'échantillons à contrôler pour valider le plan dans son ensemble.

**Principe7 :** Constituer un dossier dans lequel figurera toutes les procédures et tous les relevés concernant ces principes et leur mise en application.

### I.2.3. Étapes du HACCP :

Une méthode HACCP se construit en 12 étapes

- Créer une équipe HACCP ;
- Décrire le produit (ou le groupe de produits) ;
- Définir les utilisations du produit ;
- Elaborer le diagramme de fabrication du produit ;
- Confirmation du diagramme de fabrication sur site ;
- Analyser les dangers ;
- Identifier les points critiques afin de minimiser ou d'éliminer tous les risques ou dangers associés à la fabrication et à la distribution (un point critique est une étape, un point, une matière, une procédure ou une opération ou un risque inacceptable, qui peut être éliminé ou réduit) ;
- Etablir les limites critiques à respecter ;

- Etablir un système de surveillance des points critiques paramètres physiques tels que le PH, l'humidité relative, les paramètres microbiologiques (normes) et/ou sensoriels (goût, odeurs) ;
- Définir un plan d'actions correctives en cas de défaillance ;
- Etablir un plan HACCP ;
- Mettre en place un système documentaire (procédure d'enregistrement des résultats et des mesures correctives) (Khadidja, 2020)**.**

### I.2. 4. La description des étapes de mise en œuvre du système HACCP **(Khadidja, 2020)**.

#### a. La création de l'équipe HACCP

Pour créer les conditions nécessaires pour la mise en œuvre du système HACCP et élaborer le manuel, l'unité doit constituer une équipe HACCP pluridisciplinaire, comprenant des personnes travaillant à l'entreprise et des experts ou professionnels de différentes disciplines (technologie Alimentaire, microbiologiste, etc.) pour accompagner le processus. Comme membre de l'équipe HACCP, on doit avoir un Manager de la qualité, un responsable de la qualité,

L'équipe HACCP devra être formée aux bonnes pratiques d'hygiènes et de fabrication ainsi qu'à l'application du système HACCP et de la traçabilité. **b. La description du produit**

Il s'agit de définir précisément les caractéristiques du produit fini c'est-à-dire sa composition en matières premières et ingrédients, ses propriétés physico-chimiques, son emballage et son conditionnement, les conditions de préparation et les traitements subis, les conditions de stockage et de distribution, les conditions et durée de conservation ou de vie. En l'absence de normes pour certains produits céréaliers, une analyse du produit devra être réalisée pour définir les caractéristiques du produit fini.

#### c. L'utilisation du produit fabriqué

Les modalités d'utilisation du produit fini doivent être décrites. Aussi, le type de clientèle doit être défini de même que les modes distribution et systèmes de commercialisation.

#### d. Le diagramme de fabrication

Il s'agit de définir les séquences des étapes de la transformation depuis la réception de la matière première jusqu'à l'expédition du produit fini en incluant tous les intrants y compris l'eau et la vapeur, les matériaux d'emballages. Les températures et les temps de traitement des opérations

devront être précisés. Un plan de l'atelier de production devra être fait avec l'emplacement des équipements, des locaux et les circuits du personnel et des produits.

### e. Confirmation du ou des diagrammes de fabrication sur site

Les responsables qualité et les membres de l'équipe HACCP devront minutieusement vérifier sur site le diagramme de fabrication pour le compléter par des informations relatives aux paramètres technologiques (durée, température, humidité etc.).

Cette étape représente le premier principe du système HACCP. Elle permet de lister tous les dangers pouvant survenir à chaque étape du processus de fabrication : réception, production, transformation, stockage et distribution. Ces derniers varient d'un produit à un autre et d'une société à une autre. Les types de dangers à considérer sont d'ordre :

- Chimique : tous les produits chimiques risquant d'entrer en contact avec le produit (résidus de nettoyage, antibiotiques, allergènes, etc.) ;
- Physique : l'ensemble des corps étrangers susceptibles de contaminer le produit (os, métal, bois, carton, verre, plastique, etc.) ;
- Biologique et microbiologique : d'une part, les types d'êtres vivants pouvant être à l'origine de la contamination et, d'autre part les microorganismes et les toxines pouvant contaminer et/ou se développer dans les matières premières et/ou le produit fini (germes indicateurs d'hygiène tels que les coliformes, germes pathogènes tels que Listeria monocytogenes, Salmonella, etc.)

Les sources de contamination peuvent être identifiées en utilisant le diagramme d'ISHIKAWA qui apparait ci-dessous.

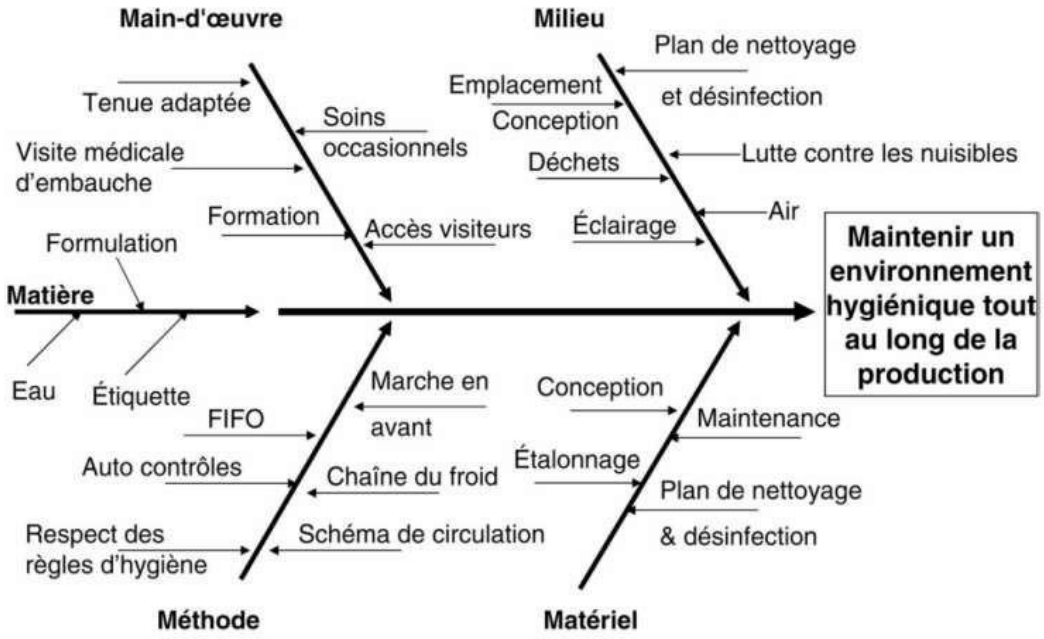



**Figure 1:Diagramme des 5M ou diagramme d'ISHIKAWA pour la fabrication d'un produit (BOUTOU., 2014).**

### f. Analyse des dangers

Il s'agit d'identifier les dangers réels ou potentiels qui pourraient menacer la santé du consommateur ou la qualité marchande des produits finis pour chaque étape de la fabrication. Ces dangers peuvent être de nature diverse :

- ✓ Chimiques : résidus de produits phytosanitaires et d'entretien ;
- ✓ Physiques : morceaux de bois, verre, métal, cheveux, sable, résidus d'insectes etc. ;
- ✓ Microbiologiques : contamination, survie ou développement des microorganismes, présence de toxines.

Ces dangers sont analysés au niveau de la matière première ou des ingrédients (suite à une mauvaise qualité), des procédés (suite à une défaillance de l'équipement ou des méthodes de fabrication) et du produit fini et son utilisation, en précisant les causes possibles de l'introduction de la contamination ou sa survie (matériel, main d'œuvre, milieu, méthode, matière).

### g. Identification des points critiques et détermination des mesures préventives

Une fois les dangers analysés, leur niveau d'apparition pendant la fabrication et leur cause identifiés, on procède à l'évaluation de chaque étape du diagramme de fabrication pour savoir si c'est un point critique ou non, et ce pour chaque danger.

Un point critique est une étape, un point, une matière, une procédure ou une opération où un risque inacceptable peut être éliminé ou réduit. La détermination des points critiques permet de définir les mesures préventives.

**h. Etablissement des limites critiques à respecter**

Il s'agit de définir les limites critiques pour chaque étape considérée critique. Le principe est de se conformer à la réglementation en vigueur sur les marchés visés. Cependant, certains partenaires commerciaux peuvent également imposer des exigences spécifiques, qui sont tout à fait autorisées dans le cadre de contrats privés, mais qui sont parfois plus exigeantes que la réglementation. Cette étape pose souvent des problèmes en Afrique lorsque les produits sont destinés aux marchés nationaux en raison de l'absence de normes ou de données sur les caractéristiques du produit et les limites acceptables. Cette absence de norme conduit très souvent à l'adoption des normes de pays développés, ou encore des normes internationales.

Autant que possible les limites critiques doivent être choisies de façon que leur dépassement indique le glissement vers une zone dangereuse, mais bien avant l'apparition du danger. Il est préférable que ces valeurs-cibles à définir soient discutées avec les services compétents en fonction des types d'entreprises et des marchés visés. Ces valeurs cibles peuvent être révisées au fur et à mesure de l'évolution du contexte afin d'améliorer progressivement la qualité du produit.

**i. Définition d'un système de surveillance**

Le principe est de définir des observations et des analyses programmées qui permettent de vérifier que les points critiques sont maîtrisés et que les limites critiques ne sont pas dépassées. Les méthodes d'analyses à utiliser sont des méthodes reconnues pour le contrôle des produits céréaliers. Ces méthodes et ses observations devront être décrites en détails. Pour les petites entreprises, il est important de tenir compte des moyens disponibles (humains, matériels et financiers) et privilégier des méthodes simples et rapides (visuelles ou gustatives, mesures simples de température, de pH etc.) lesquelles pourront être complétées par des analyses microbiologiques en cas de doute ou pour vérifier périodiquement les résultats des procédures retenues.

**j. Définition des actions correctives en cas de défaillance (principe 5)**

Il s'agit de décrire les actions à entreprendre lorsque le système de surveillance a permis de déceler un dépassement des limites critiques fixées (méthodes pour rétablir la maîtrise des points critiques, le devenir des produits…).

**k. Vérifier périodiquement les procédures**

La démarche HACCP prévoit des procédures de vérification périodiques qui doivent être enregistrées. Cette vérification périodique peut être faite annuellement. Elle consistera à l'examen des résultats d'analyses, des enregistrements, les audits et les enquêtes auprès des clients etc.).

**l. Mise en place d'un système de documentation et d'enregistrement**

Il s'agit de constituer un dossier dans lequel figureront la documentation relative au plan HACCP comprenant la documentation de base, toutes les procédures, toutes les méthodes, les formations des employés, tous les enregistrements liés à la surveillance des CCP, des vérifications, des actions correctives.

## I.3. BONNES PRATIQUES D'HYGIENE (Codex Alimentarius Commission, 2003)

### I.3.1. Introduction

L'hygiène dans les unités de transformation et de conservation est un ensemble de mesures permettant de garantir le bon état, l'innocuité et la salubrité des aliments à toutes les étapes du processus de fabrication.

Les Bonnes Pratiques d'Hygiène désignent l'ensemble des conditions et mesures nécessaires pour assurer la sécurité sanitaire et la salubrité des aliments à toutes les étapes de la chaîne alimentaire. Les BPH visent à assurer la sécurité sanitaire de l'eau, la propreté des surfaces en contact avec les aliments, la prévention de la contamination croisée, les bonnes pratiques d'hygiène corporelle, ainsi que la prévention d'une contamination due à des problèmes de santé des employés.

La sécurité sanitaire des aliments quant à elle est une expression normalisée qui renvoie à la réglementation et au contrôle des filières agro-alimentaires ayant pour objet de veiller à l'hygiène et à l'innocuité des aliments « de la fourche à la fourchette ». Elle vise notamment à éviter les intoxications alimentaires ainsi qu'à permettre, via des dispositifs de traçabilité des produits, à pouvoir retirer des étals les produits contaminés.

D'application volontaire, il est régi par le Code d'usages international recommandé-Principes généraux d'hygiène alimentaire (Codex Alimentarius Commission, 2003). Les pratiques d'hygiène sont construites à différents niveaux mais pour ce qui concerne les petites et moyennes entreprises, on peut retenir principalement celles relatives au personnel, aux locaux, aux équipements et aux matériels, au fonctionnement et au nettoyage et la désinfection.

### I.3.2. L'hygiène du personnel

Il faut s'assurer de l'état de santé du personnel en procédant à des visites médicales semestrielles ou annuelles, de la propreté corporelle (propreté du corps, des mains, des ongles), de la propreté vestimentaire (port de tenue de travail, gants, coiffe, masques etc.).

### I.3.3. Les locaux

Ils doivent être implantés dans un endroit approprié (hors de zones polluées, ou sujettes aux inondations, infestations), construits (murs, sols, fenêtres, portes, plafonds etc.) avec des matériaux appropriés avec une facilité d'entretien. Aussi, leur conception doit respecter la marche en avant pour éviter les contaminations croisées.

### I.3.4. Les équipements et le matériel

Les équipements et le matériel utilisés pour la transformation (décortiqueur, moulin, séchoirs, tamiseurs, marmites etc.) doivent être fabriqués avec des matériaux n'ayant aucun effet toxique pour l'usage auquel ils sont destinés. Au besoin, ces équipements et matériels devraient être amovible ou pouvoir être démontés afin d'en permettre l'entretien, le nettoyage, la désinfection, le contrôle et, faciliter la détection éventuelle de ravageurs. Pour les équipements de contrôle, ils devraient être conçus de manière à permettre la surveillance et le réglage des températures.

### I.3.5. Le fonctionnement

Au niveau des entreprises, les personnes qui manipulent les aliments doivent observer un bon comportement. Ils devront éviter de fumer, de cracher, de parler, de mâcher ou manger, d'éternuer ou tousser à proximité des aliments et pendant les opérations à risques tel que le roulage. La progression et le traitement des denrées devront suivre l'ordre des locaux et respecter la marche en avant.

### I.3.6. Le nettoyage et la désinfection

Les entreprises devront avoir un plan de nettoyage/désinfection des mains, des locaux, des équipements et du matériel en vue d'assurer la propreté. Les mains doivent être lavées régulièrement avec un produit nettoyant et désinfectant ou bactéricide, avant la prise de travail, après contact avec des aliments et objets très contaminés, après passage aux toilettes. Concernant les locaux et les équipements, le planning devra préciser les surfaces à nettoyer, la personne chargée du nettoyage (qui), la fréquence (quand), la méthode (comment, nettoyage en 3 points ou en 6 points), les actions du nettoyage (raclage, prélavage, détergence, désinfection, rinçage).

## I.4. Bonnes pratiques de fabrication (BPF)

### I.4.1. Respect des spécifications concernant les matières premières et les ingrédients

Les matières premières et les ingrédients utilisés dans la transformation doivent répondre aux spécifications applicables. Ils doivent être inspectés et triés avant la transformation. Seuls les matières premières et ingrédients sains, propres à la consommation devraient être utilisés.

### I.4.2. Respect des procédures de fabrication

Les étapes spécifiques de la transformation qui contribuent au contrôle des risques alimentaires tels que le traitement thermique (cuisson), le séchage, l'emballage doivent être exécutées et contrôlées efficacement. A titre d'exemple, le respect du couple temps/température adéquat est exigé pour le séchage et la cuisson. La mouture, le décorticage nécessitent des réglages corrects des matériels.

### I.4.3. Choix du matériel et des équipements conformes

Il est également conseillé de prendre en compte la qualité des matériaux utilisés (degré d'usure des disques abrasives, des marteaux,) afin d'empêcher la contamination par des corps étrangers comme les éclats de verre ou de métaux provenant des machines, poussière, émanations nocives et substances chimiques indésirables. Eviter l'utilisation de matériaux qui sont source de contamination tels que les calebasses, les ustensiles en acier (Codex Alimentarius Commission, 2003).

## I.5. AVANTAGES DES SYSTEMES BPH/HACCP

L'application des systèmes BPH/HACCP présente des avantages clairs pour les gouvernements, les opérateurs de la filière alimentaire et les consommateurs. Voici quelquesuns des avantages escomptés, qui devraient encourager les entreprises et les gouvernements à les adopter (Jirathana, 1998 ; OMS, 1999)**.**

### I.5.1. Avantages pour les consommateurs :

- Risque réduit de maladies d'origine alimentaire
- Sensibilisation aux questions de sécurité sanitaire
- Confiance accrue dans l'offre de produits alimentaires
- Amélioration de la qualité de vie (santé et socioéconomique)

### I.5.2. Avantages pour les entreprises alimentaires

- Confiance accrue des pouvoirs publics et des consommateurs
- Meilleure garantie d'aliments sains
- Réduction des coûts d'assurance et juridiques
- Accès plus large au marché
- Diminution des coûts de production (déperdition et retraits réduits)
- Qualité plus constante des produits
- Engagement plus fort de la direction et du personnel en faveur de la sécurité sanitaire des aliments
- Réduction du risque commercial

### I.5.3. Avantages pour les gouvernements

- Amélioration de la santé publique
- Amélioration de la sécurité alimentaire
- Contrôles alimentaires plus efficaces et mieux ciblés
- Dépenses de santé publique réduites
- Commerce facilité
- Confiance accrue du grand public dans l'approvisionnement alimentaire

## DEUXIEME PARTIE : ACTIVITES REALISEES

# CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

## II.1. Lieu d'étude

Le CNTA est une institution de recherche-développement en technologie alimentaire. Il est doté de deux laboratoires de microbiologie et de biochimie chargée ;

- De contrôler la qualité des produits agro-alimentaires ;
- De participer à la formation des lauréats d'Universités qui œuvrent dans la recherche agro-alimentaires.

En outre, le CNTA dispose de certains services qui répondent aux problèmes de conservation de la récolte comme :

- Le service de technologie alimentaire ;
- Le service de génie mécanique alimentaire.

## II.2. Transformation, valorisation du jus de betterave

### II.2.1. Matériel utilisé dans la fabrication du jus mixte de betterave

- Bassin,
- Couteaux en acier inoxydable,
- Balance,
- Broyeur,
- Bac de lavage,
- Bac de pasteurisation,
- Mesurettes,
- Réfractomètre,
- Centrifugeuse en inox,
- Tamis en tissus à petites mailles,
- Cuillères,
- Bouteilles en verre,
- Capsules capsuleuse étagère et table.

### II.2.2. Matières premières utilisées :

- Betteraves ;
- Ananas ;
- Maracuja ;

- Sucre et ; - Eau.

## II.3. Transformation du jus de betterave

### IL.3.1. Introduction.

La betterave doit subir les procédés de transformation pour allonger la durée de conservation après la récolte. Le jus de betterave est beaucoup préférable car il entre dans des produits thérapeutiques et ce jus peut être servi comme un régime à une personne qui souffre de l'anémie. Il est à signaler aussi que le jus de betterave est beaucoup riche en fer. En effet, on procède à l'adjonction du jus d'ananas et de maracuja pour corriger les défauts du goût et d'odeur.

### II.3.2. Transformation proprement dite

Lors de la transformation du jus mixte de betterave, nous avons procédé à la préparation du jus d'ananas, du jus de betterave et de pulpe de maracuja. Chaque catégorie de jus a été préparée à part. Après l'obtention de ces différentes catégories de jus, nous les avons mélangées avec une proportion d'un litre et demie pour chaque catégorie de jus, avec une dilution de deux litres et un sucrage de 450g (c'est-à-dire : 1.5l de jus d'ananas + 1.5l de betterave broyée + 1.5l de pulpe de maracuja + 2l d'eau + 450g de sucre). Ce procédé a été fourni par le CNTA ou nous avons produit le jus mixte de betterave.

### II.3.3. Différentes étapes de transformation

Les procédés de transformation du jus mixte de betterave sont résumés en quelques étapes suivantes :

- **Réception (**betteraves, ananas et maracoudja) : Les matières premières choisis pour la transformation étaient de bonne qualité physique et à maturité complète.
- **Pesage** : Nous avons déterminé la quantité de matières premières à utiliser à l'aide d'une balance. Elle facilite aussi de calculer le rendement de la production ;
- **Lavage :** Il consiste à éliminer les saletés et à réduire la charge microbienne ;
- **Epluchage :** Pour la betterave et l'ananas, nous avons éliminé les épluchures pour rester avec la partie consommable et pour le maracoudja, nous avons fait l'équeutage avant le découpage ;
- **Découpage :** les ananas et les betteraves ont été découpés en petits morceaux pour faciliter le broyage tandis qu'on a découpé les maracoudja pour faciliter le raclage ;

- **Broyage :** pour les ananas et les betteraves, les morceaux découpés ont été broyés afin de faciliter les opérations ultérieures. Pour les maracoudja, nous avons d'abord fait le raclage avant l'extraction à la centrifugeuse ;
- **Mélange :** Les différents jus et pulpes obtenus ont été mélangés en suivant la formule citée ci-haut ;
- **Dilution et sucrage :** La dilution et le sucrage ont été fait de la manière suivante : dans 1,5l de jus d'ananas, 1,5l de betterave broyée et 1,5l de pulpe de maracoudja, nous avons ajouté 2l d'eau et 450g de sucre ;
- **Homogénéisation :** qui consiste à faire dissoudre le sucre et à rendre le mélange homogène ;
- **Tamisage :** après la dilution on a fait le tamisage à l'aide d'un tamis. Cette étape permet l'élimination des particules grossières du sucre et les graines qui seraient tombées pendant les opérations précédentes ;
- **Remplissage et capsulage :** Le jus ainsi obtenu est rempli dans des bouteilles préalablement stérilisées puis fermées hermétiquement par le système de capsulage ;
- **Pasteurisation :** Cette opération consiste à chauffer le produit à une température inférieure à 90°c pour tuer tous les germes pathogènes pendant un temps de 35 min pour sauvegarder la qualité du produit ;
- **Refroidissement :** Après la pasteurisation, le jus est refroidi aussi rapidement que possible car leur maintien à des températures élevées pendant une longue durée peut changer à la fois la saveur et la couleur. Toutefois les bouteilles plongées dans l'eau risquent de se casser sous l'effet du choc thermique. Les bouteilles sont mises hors de la chaleur et sont refroidies à l'air ambiant ;
- **Conservation :** après refroidissement, les bouteilles ont été stockées sur l'étagère à l'air ambiant.

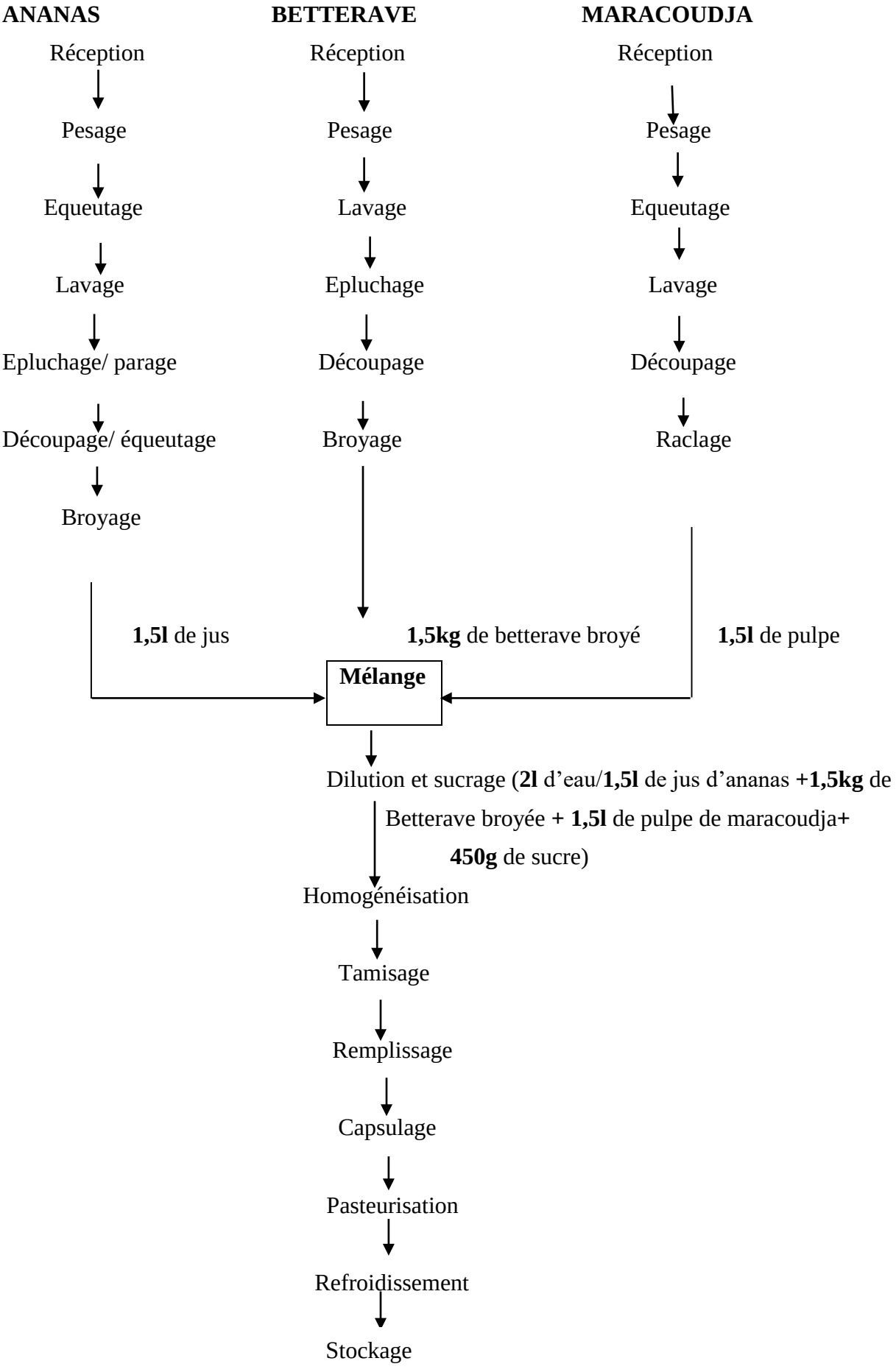

ANANAS
BETTERAVE
MARACOUDJA
Réception
Pesage
Equeutage
Lavage
Epluchage/ parage
Découpage/ équeutage
Broyage
Réception
Pesage
Lavage
Epluchage
Découpage
Broyage
Réception
Pesage
Equeutage
Lavage
Découpage
Raclage
1,5l de jus
1,5kg de betterave broyé
1,5l de pulpe
Mélange
Dilution et sucrage (2l d'eau/1,5l de jus d'ananas +1,5kg de Betterave broyée + 1,5l de pulpe de maracoudja+ 450g de sucre)
Homogénéisation
Tamisage
Remplissage
Capsulage
Pasteurisation
Refroidissement
Stockage

**Figure 2: Diagramme de fabrication du jus mixte de betterave (CNTA, 2022)**



## II.4. Identification des dangers à chaque étape de fabrication

**Tableau 1:Identification des dangers à chaque étape de fabrication du jus mixte de betterave.**

| **Etapes** | **Objectifs** | **Matériel** | **Dangers** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Microbiologiques** | **Biochimiques** | **Physiques** |
| **Réception** | Recevoir les betteraves, ananas et maracoudja mûrs, indemnes de toute souillure et de bon aspect extérieur qui sont prêts à la transformation. | Bassins bien lavés à l'eau du robinet + détergent. | Possibilité de contamination de la matière première par des bactéries pathogènes émanants du personnel en tenue non conforme à l'hygiène. | - | Poussières venant des lamelles des fenêtres se trouvant tout près du lieu où sont déposées les matières premières. |
| **Triage** | Sélectionner les matières premières de bonne qualité | Les mains | - | - | - débris végétaux et animaux<br>- matières premières blessées |
| **Pesage** | - Déterminer la quantité de matière première pour pouvoir calculer le rendement de production | Balance | Idem que pour la réception | - | - |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lavage** | - Eliminer les saletés | - Eau de robinet<br>- Bac de lavage | - | - | -Plafond avec des araignées, poussières sur |
| | - Réduire la charge microbienne | | | | les grillages au-dessus du lavabo, - carreaux oxydés du lavabo. |
| **Epluchage** | - Eliminer les épluchures et ne garder que les parties consommables de betteraves et d'ananas - Equeuter les maracoudja | Couteaux en acier inoxydables | - Risque que le manipulateur contamine la matière première à partir des mains sans gants ou des tabliers non hygiéniques.<br>- Table (sur laquelle on épluche) non lavée préalablement par un désinfectant risque de contaminer la matière | - | - Risque de se blesser.<br>- Risque aussi d'éliminer les peaux avec la chair à transformer ; ce qui diminue le rendement. |
| **Découpage** | - Faciliter le raclage pour le maracoudja - Réduire les betteraves et les ananas en petites lamelles permettant le broyage | - Couteaux inoxydables<br>- Cuillères inoxydables<br>- Bassins, table. | - | Présence possible des métaux lourds | - Risque de se blesser<br>- Contamination par la poussière ou par le manipulateur avec son tablier dépourvu d'hygiène |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Broyage** | Faciliter les opérations ultérieures (raclage d'abord puis extraction de la purée de | - Centrifugeuse (extracteur) inoxydable - Bocal. | - Possibilité que le jus obtenu se contamine ou par le manipulateur ou par le milieu non aseptique dans lequel on le dépose avant le mélange | - | Si le temps d'extraction s'allonge, les différents jus obtenus gardés à l'air libre peuvent être |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | maracoudja par exemple). | | - Contamination possible par les levures et les moisissures, Salmonella, Escherichia coli, Staphylocoques | rejetées avec certains minéraux. | contaminés par des bactéries ubiquitaires. |
| **Mélange** | - Corriger les défauts du goût et d'odeur caractéristiques de la betterave sucrière (en adjoignant au jus de betterave les jus d'ananas et du maracoudja).<br>- Donc c'est pour rendre le jus plus appétissant, agréable. | Bassin bien lavé et désinfecté par le détergent | Risque de contamination du jus obtenu par des bactéries ubiquitaires car le milieu n'est pas aseptique | Risque de produire un jus amer si les proportions ne sont pas respectées | Risque que le jus soit souillé par la poussière, les araignées sur le plafond ou autres insectes. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Dilution et Sucrage** | Corriger l'amertume du jus | Même bassin utilisé que pour le mélange. | Probabilité de présence des bactéries car un milieu non aseptique | L'eau peut contenir les métaux lourds comme : arsenic, cadmium, mercure, etc. | Risque que le jus soit souillé par la poussière, les araignées sur le plafond ou autres insectes. |
| **Homogénéisa-tion** | - Faire dissoudre le sucre | - Même bassin<br>- Homogénéisateur | Attaque par des bactéries ubiquitaires du milieu | - | Risque que le jus soit souillé par la poussière, les araignées sur le |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | - Rendre le mélange homogène | | | | plafond ou autres insectes. |
| **Tamisage** | Eliminer les grosses particules de sucre ; les graines et les pépins qui seraient tombés dans le jus pendant les opérations précédentes. | - Tamis à petites mailles | Possibilité de contamination du jus par des bactéries circulant dans la salle (Staphylococcus aureus, Salmonella, Escherichia coli) car le jus est en contact avec l'air ambiant pendant longtemps lors de l'opération | - | Risque que le jus soit souillé par la poussière, les araignées sur le plafond ou autres insectes. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Remplissage et Capsulage** | - Pour faire la pasteurisation avec emballage (conditionnement)<br>- Pour fermer hermétiquement les bouteilles contenant le jus et ainsi empêcher l'air d'y pénétrer | - Bouteilles stérilisées<br>- Capsules stérilisées<br>- Capsuleuse | Risque d'attaque du produit par Salmonella, E. coli et Staphylocoques | - | Risque que le jus soit souillé par la poussière, les araignées sur le plafond ou autres insectes. |
| **Pasteurisation** | - Tuer les bactéries pathogènes et toxinogènes qui risquent d'altérer le jus | Bac de pasteurisation inox | - Risque de perdre les vitamines si on excède le temps (15 à 30 sec)<br>- Risque de développement des microorganismes si le couple | - | - |
| | - Prolonger la durée de conservation | | temps/température (72°c / 15 à 30 sec) est insuffisant. | | |
| **Refroidissement** | Pour conserver au jus ses principales qualités organoleptiques comme le goût et la couleur. | On garde les bouteilles de jus à l'air ambiant | - | - | - |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Stockage** | - Pour établir une bonne conservation du jus en préparation ultérieure de sa commercialisation (écoulement). - Prévenir aux bouteilles contenant le jus contre la lumière qui est l'un des principaux facteurs de perte en vitamines. | Etagères (rayons ambiants) | - | - | - |

## II.5. Identification des points critiques au cours de la production du jus mixte de betterave

La détermination des points critiques pour la maîtrise est le second principe du système HACCP. Il s'agit de déterminer parmi les dangers identifiés, ceux qui constituent des « points critiques pour la maîtrise ». C'est pourquoi, pour déterminer les CCP on réexamine l'ensemble des dangers identifiés, en menant une analyse de fond à tous les niveaux. C'est donc principalement sur ces points qu'il faudra exiger une surveillance pour maîtriser la qualité du produit.

Pour déterminer les CCP, nous nous sommes servis d'un arbre de décision spécifique à la démarche HACCP, qui indique une approche de raisonnement logique. Il s'agit d'une série systématique de quatre questions conçues pour estimer objectivement si une étape donnée est un point critique ou pas.

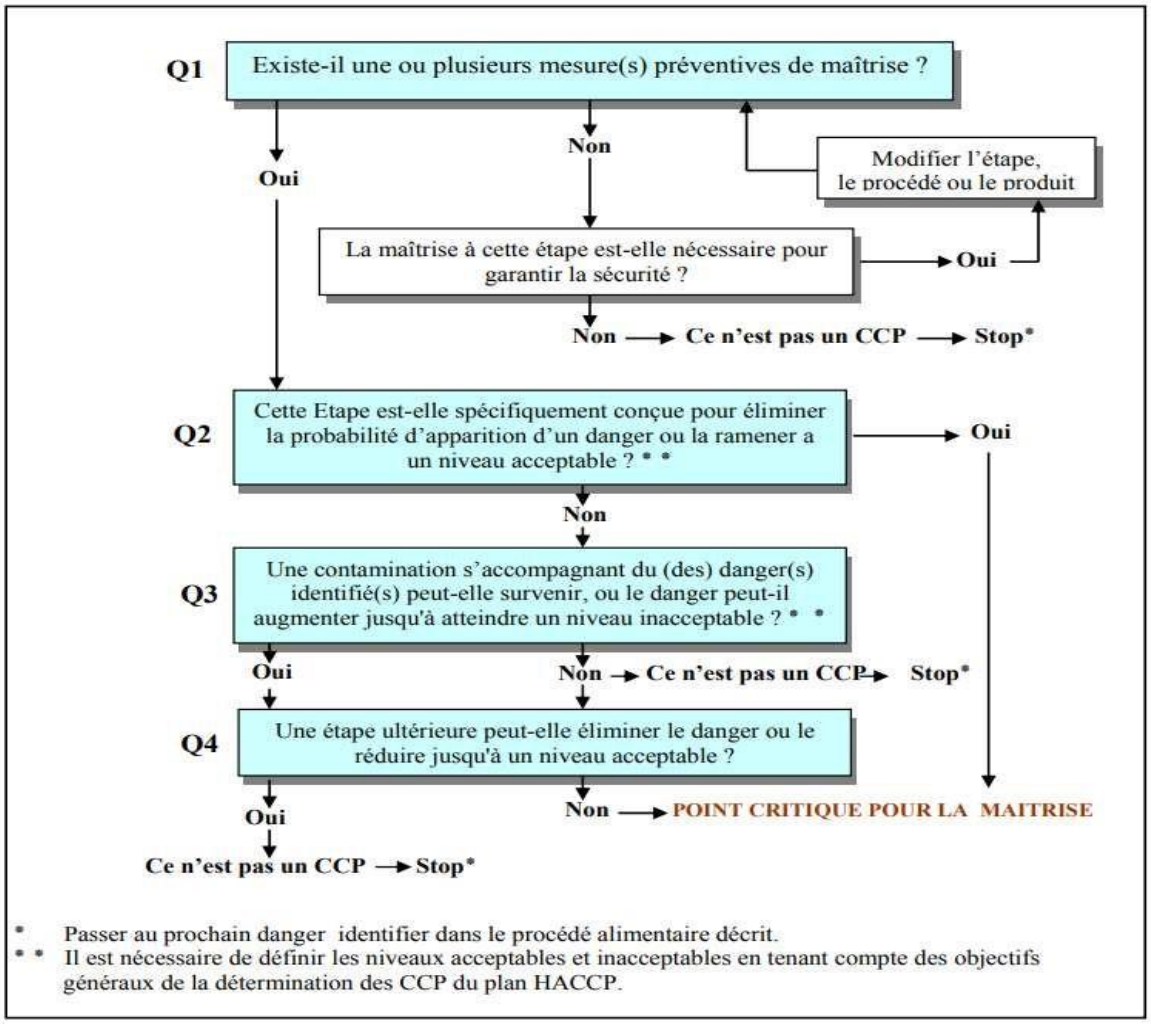



**Figure 2 : Figure montrant l'arbre de décision (Messaoud B, 2006).**

**Tableau 2: Contrôle des points critiques et moyens de prévention**

| Etapes | C C P possibles | Moyens de prévention |
|---|---|---|
| **Réception** | - | |
| **Pesage** | - | |
| **Lavage** | Par mégarde du manipulateur, un résidu de saleté de toute sorte peut ne pas être enlevé (sur la matière première) par un filet d'eau sous le robinet, et causer par conséquent, la contamination du produit fini. | -Bien surveiller que l'eau atteint toutes les portions de surface de la matière première à transformer et constater la propreté de celle-ci.<br>- Surveiller l'hygiène générale du personnel. |

| | | |
|---|---|---|
| **Epluchage** | Vu la table sur laquelle on opère et l'espace qui la surplombe (c'est-à-dire le plafond du hall de technologie ; tout cela n'est pas de nature à favoriser la non contamination microbienne : poussière, araignée, pas de désinfectant,… | -Nettoyer correctement le lieu de transformation avant de débuter cette opération.<br>-contrôler aussi rigoureusement l'hygiène du matériel à utiliser. |
| **Découpage** | Les mains, le tablier du manipulateur, le couteau, …peuvent contaminer les tranches de betteraves et d'ananas et / ou la pulpe de maracoudja. | Faire une hygiène du personnel et du matériel. |
| **Broyage** | Le temps que les tranches de betteraves et d'ananas passent dans les bassins à ciel ouvert sur la table peut être sujet à une contamination. La pulpe de maracoudja obtenue après le raclage peut subir le même sort. | Hygiène du personnel ; matériel et équipement ainsi que du lieu de production. |
| **Mélange** | - | |
| **Dilution et sucrage** | L'eau de robinet passant dans des tuyaux vétustes peut être une source de contamination. | Remplacer les vieux tuyaux par ceux qui sont modernes et non sujets à la contamination de l'eau. |
| **Homogénéisation** | - | |
| **Tamisage** | Le manipulateur, le tamis à petites mailles utilisé sous un plafond truffé de poussières et d'araignées peuvent causer la contamination du produit fini. | Propreté du lieu de production ; du tamis et même du manipulateur. |
| **Remplissage et capsulage** | Le jus obtenu, à cette étape, n'est pas épargné de la contamination par le manipulateur, les bactéries ubiquitaires, les emballages ainsi que les capsules trainant sur la table en | Suivre les mesures générales d'hygiène dans le local de production qui doit être aseptique. |
| | attente d'utilisation peuvent provoquer la contamination car tout se fait dans un milieu non aseptique. | -Contrôler si la stérilisation des bouteilles à remplir est menée correctement et qu'elles sont de bonne qualité pour conserver le jus longtemps. |

| | | |
|---|---|---|
| **Pasteurisation** | Elle est un CCP majeur car elle se fait avec un traitement thermique dont la source d'énergie est le bois qui, lui aussi, ne s'apprête pas facilement ; d'où la conduction thermique est, à un moment donné, interrompue. Donc les microorganismes risquent de subsister à la fin de la pasteurisation et détériorer le jus. | Le manipulateur doit surveiller attentivement l'exactitude de la maitrise de deux paramètres très importants : couple temps /température afin de garder les qualités organoleptiques du jus. |
| | | |
| **Refroidissement** | - | - |
| **Stockage** | Risque de détérioration du jus s'il n'est pas conservé à l'air ambiant (25°C). De cette façon, le goût et la saveur du jus préservés. | Prévoir des rayons ambiants suffisants faciles à visiter pour la clientèle. |

De ces deux tableaux ; il en ressort un ensemble des dangers de nature biologique ; physique ou chimique qui peuvent survenir au jus de fruit au niveau des différentes étapes de transformation si le CNTA ne met pas en place le plan HACCP dans sa technologie de diverses méthodes de transformation vulgarisées dans les milieux ruraux.

En outre, des moyens préventifs nécessaires à la maîtrise de ces dangers ont été relevés afin de les éliminer ou les réduire dans le produit fini jusqu' à la valeur limite minimale acceptable ; et tout cela réalisé à l'instar des programmes prérequis du système HACCP et du contrôle des points critiques supposés maitrisés.

Des insuffisances, au niveau du CNTA, ont été également observées si l'on s'en tient au système HACCP :

- Au niveau des bâtiments : des infrastructures avec des sols, murs, fenêtres et plafonds ne sont pas gardés dans un état hygiénique propre ; ce qui peut engendrer de nombreuses sources de contamination des denrées alimentaires y fabriqués.

- Au niveau de la fabrication : la transformation des denrées alimentaires ne s'y fait pas industriellement de manière à ne pas les contaminer car elle est encore à son état rudimentaire. Il n'y a pas de système de nettoyage en place pour l'ensemble des équipements en contact avec les produits ; qui, normalement, doivent être fabriqués dans des matériaux inertes.
- Au niveau du matériel de production : Certains matériels utilisés en transformation ne sont pas inoxydables mais en plastiques qui peuvent faciliter la pullulation des microbes et par conséquent la contamination des produits alimentaires ; d'autres manquent carrément tels que le matériel adapté à la filtration, pasteurisation, à l'emballage approprié qui peut fasciner la clientèle, etc.

Pour venir à bout tous ces manquements, et dans un but de produire des aliments sains et sûrs, le CNTA devrait instaurer les programmes préalables fondées sur le système HACCP en vue de maîtriser les dangers significatifs au regard de la sécurité alimentaire dans un angle de la filière alimentaire en présence.

## II.6. Matériel de laboratoire de microbiologie

- Autoclave
- Etuve
- Spatules
- Balance analytique de précision
- Incubateur
- Répartiteur des milieux de culture
- Micropipettes
- Plaque chauffante magnétique
- Agitateur de dilutions
- Compteur de colonies
- Bombonnes à gaz et bec bunsen
- Téflons
- Erlenmeyer
- Eprouvettes graduées
- Distillateur
- Tubes à essai
- Marqueur

- Boites de pétri
- Papier aluminium
- Bain mari

## II.7. Milieux de culture utilisés

### II.7.1. Milieu solide ou gélose

- SDA (Sabouraud Dextrose Agar)
- MSA (Mannitol Salt Agar)
- MCA (Mac Conkay Agar)
- SSA (Salmonella Shigella Agar)

### II.7.2. Milieu liquide (bouillon)

- Eau peptonée

**Tableau 3: Composition des milieux de culture (Source :CNTA)**

| **Composition SS agar** | **Composition SDA** | **Composition MacConkey** | **Composition Mannitol** |
|---|---|---|---|
| Peptone : 5000 g/l | Microbiological peptone : 10g | HNC Peptone ʃ : 3g | Peptone : 10g |
| HM peptone B : 5000 g/l | Dextrose (glucose) :40g | Gélatine peptone : 17g | HM peptone B : 1g |
| Lactose 10.000 g/l | Agar : 15g | Lactose monohydrate : 10g | Sodium chloride : 75g |
| Bile Salt mixture : 8.500 g/l | | Bile Salt 1.5g | D (-mannitol) :10g |
| Sodium Citrate : 10.000 g/l | | Sodium chloride : 5g | Phénol Red : 0.025g |
| Sodium Thiosulfate :8500 g/l | | Cristal violet : 0.001g | Agar : 15g |
| Ferric Citrate : 1000g/l | | Neutral Red : 0.03g | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Brilliant green : 0.33mg | | Agar : 13.5g | |
| Neutral Red : 0.025mg | | | |

## II.8. Matériel de laboratoire de biochimie

- Réfrigérant
- Ballon
- Rampe de chauffage
- Support
- Eprouvettes graduées
- Papier para film
- Balance magnétique
- Bécher
- Agitateur magnétique
- Pipettes
- Balance analytique
- Creusets en porcelaine
- Etuve
- Dessiccateur
- Four à moufle
- Réfractomètre
- pH-mètre

**Produits chimiques**

- Soude caustique 0.1N
- Phénolphtaléine

## II.9. Analyses microbiologiques

### II.9.1. Préparation des milieux de culture solides ou gélose

**Sabouraud Dextrose Agar (SDA)**

- Mettre 13g de gélose dans 200ml d'eau distillée ;
- Bouillir et agiter le mélange (13g + 2ooml d'eau distillée) jusqu'à l'ébullition ;
- Stériliser le milieu dans l'autoclave à 121˚C pendant 15 min sous une pression de 15 MPA ;
- Retirer le milieu de l'autoclave et le maintenir dans le bain- marie entre 47-50 ˚C.

**Mannitol Conkay Agar (MCA)**

- Mettre 10g de gélose dans 200ml d'eau distillée ;
- Bouillir et agiter le mélange (10g + 200ml d'eau distillée) jusqu'à l'ébullition ;
- Stériliser le milieu dans l'autoclave à 121˚C pendant 15 min sous une pression de 15 MPA ;
- Retirer le milieu de l'autoclave et le maintenir dans le bain- marie entre 47-50 ˚C.

**Salmonella Shigella Agar (SSA)**

- Mettre 12.6g de gélose dans 200ml d'eau distillée ;
- Bouillir et agiter le mélange (12.6g + 2ooml d'eau distillée) jusqu'à l'ébullition ;
- Stériliser le milieu le milieu dans l'autoclave à 121˚C pendant 15 min sous une pression de 15 MPA ;
- Retirer le milieu de l'autoclave et le maintenir dans le bain mari entre 47-50 ˚C.

**Mannitol Salt Agar (MSA)**

- Mettre 22g de gélose dans 200ml d'eau distillée ;
- Bouillir et agiter le mélange (22g + 2ooml d'eau distillée) jusqu'à l'ébullition ;
- Stériliser le milieu dans l'autoclave à 121˚C pendant 15 min sous une pression de 15 MPA ;
- Retirer le milieu de l'autoclave et le maintenir dans le bain- marie entre 47-50 ˚C.

**Préparation du milieu liquide de dilution (eau peptonée)**

- Mettre 1,5g de poudre du milieu dans 100ml d'eau distillée ;

- Agiter le mélange (1,5g+100ml d'eau distillée) jusqu'à la dissolution complète ;
- Repartir le mélange obtenu à raison de 9ml d'eau peptonée, dans chaque tube à essai
- Couvrir les tubes à essai avec du papier aluminium ;
- Autoclaver a 121 ˚C pendant 15min sous une pression de 15MPA ; - Retire et refroidir.

### II.9.2. Ensemencement (en profondeur)

Chaque microorganisme a son milieu de culture spécifique.

- SDA pour les levures et les moisissures
- MSA pour le S. aureus
- MCA pour E. coli
- SSA pour Salmonella et Shigella

A l'aide d'une pipette, on verse 1ml d'échantillon dans la boîte de pétri puis on ajoute 12-15ml de gélose.

### II.9.3. Incubation

L'incubation se fait dans des incubateurs à des températures différentes c'est-à- dire que chaque microorganisme a sa température spécifique pour son développement :

- 44˚C pendant 24-48h pour E. coli
- 37c˚ pendant 24-48h pour S. aureus et Salmonella
- 30˚ pendant 24-48h pour les levures et moisissures

### II.9.4. Dénombrement des microorganismes

Le dénombrement a été fait à l'aide d'un compteur de colonies

## II.10. Analyses biochimiques

### II.10.1. Mesure du pH

**Principe**

La détermination de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans un échantillon est la base pour déterminer le pH de ce dernier. Cette analyse est réalisée dans le but de déterminer l'aptitude de quelques aliments à la conservation (Norme AFNOR V 05-108).

**Mode opératoire**

Le pH est déterminé par immersion des électrodes de pH-mètre, préalablement étalonné avec une solution tampon ; délicatement dans le jus mixte de betterave. La valeur du pH est directement affichée sur l'écran du pH-mètre.

### II.10.2. Mesure de l'acidité titrable

**Principe**

Elle correspond à la quantité d'acide citrique contenu dans le jus. Pour la déterminer, un titrage acido-basique du jus analysé a été réalisé en utilisant une solution basique d'hydroxyde de sodium (NaOH 0,1N) (NF V 04-385,1971).

**Mode opératoire**

Un gramme (1g) de l'échantillon a été prélevé, dilué à 20 ml avec de l'eau distillée, titré avec du NaOH 0,1N, en utilisant quelques gouttes de phénolphtaléine pour chaque 100 ml de la solution jusqu'au point final rose persistant pendant 30 secondes (ISO 763). L'acidité titrable a été calculée comme suit :

$$At = \frac{\text{B x 0,1 x 0,064 x 100}}{\text{w}}$$

Où B = lecture de la burette et w = poids de l'échantillon.

### II.10.3. Détermination du degré Brix

**Principe**

Le degré Brix est traduit comme étant la teneur en sucre exprimé en gramme (g) dans 100g d'échantillon (Smati et al., 2017), par conséquent le taux de matière sèche soluble que contient une solution. Ce paramètre est défini par un appareil qui est le réfractomètre qui mesure l'indice de réfraction (Reid, 2003).

**Mode opératoire**

La lecture a été faite à l'aide d'un réfractomètre, et cela en déposant simplement une goutte de jus sur la surface du prisme, puis le deuxième prisme est placé sur le premier. Face à une source lumineuse, la valeur est directement lue à travers l'œil de l'appareil (Witherspoon & Jackson, 1996).

### II.10.4. Détermination de la teneur en cendres

**Principe**

La teneur totale en cendres a été déterminée par la technique standard d'incinération à sec (Bajracharya et al., 1982). Cette technique consiste à faire calciner les échantillons dans un four à moufle à 450°C jusqu'à l'obtention d'une poudre blanche à grise.

**Mode opératoire**

Le taux de cendres a été déterminé comme suite : 1 g de chaque échantillon a été mis dans des creusets en porcelaine, ces derniers sont ensuite placés dans un four à moufle à 450°C pendant 24h. Le taux de minéraux est calculé selon la formule suivante :

La quantité des cendres totales (en %) = $\frac{m1-m2}{m1-m}$ *100 Où m : masse du creuset $m_1$ : masse du creuset et de l'échantillon avec la matière sèche

$m_2$ : masse du creuset et de l'échantillon après passage au four à moufle.

### II.10.5. La teneur en alcool : méthode de distillation.

La teneur en alcool consiste à mesurer la proportion d'alcool contenue dans un liquide.

**Mode opératoire**

La teneur en alcool du jus a été déterminée comme suit : 100ml de jus a été mis dans un ballon et on y a ajouté 50 ml d'eau distillée ; puis on a chauffé. Le distillat a été recueilli dans une éprouvette graduée quitte à calculer sa densité. La densité a été calculée suivant la formule :

D = $\frac{m2-mo}{m1-m0}$ où $m_0$ : masse du ballon

$m_1$ : masse du ballon + eau distillée

$m_2$ : masse du ballon + distillat (environ 80ml)

Pour trouver le taux d'alcool, on lit dans la table de conversion la valeur du taux d'alcool correspondant à cette densité.

# CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

## III.1. Résultats sur les dangers qui peuvent être rencontrés dans le produit

**Tableau 4: Dangers qui peuvent être rencontrés dans le produit**

| **Etapes** | **Dangers** | | |
|---|---|---|---|
| | **Microbiologiques** | **Biochimiques** | **Physiques** |
| **Réception** | trouvés | non applicable | trouvés |
| **Triage** | non trouvés | non applicable | non trouvés |
| **Pesage** | trouvés | non applicable | trouvés |
| **Lavage** | non trouvés | non applicable | trouvés |
| **Epluchage** | trouvés | non applicable | trouvés |
| **Découpage** | non trouvés | non applicable | trouvés |
| **Broyage** | trouvés | non applicable | trouvés |
| **Mélange** | trouvés | non applicable | trouvés |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Dilution et Sucrage** | trouvés | trouvés | trouvés |
| **Homogénéisation** | trouvés | non applicable | trouvés |
| **Tamisage** | trouvés | non applicable | trouvés |
| **Remplissage et Capsulage** | trouvés | non applicable | trouvés |
| **Pasteurisation** | trouvés | non applicable | non trouvés |
| **Refroidissement** | non trouvés | non applicable | non trouvés |
| **Stockage** | non trouvés | non applicable | non trouvés |

### III.2. Résultats sur les CCP identifiés

**Tableau 5: CCP identifiés**

| Etapes | C C P Identifiés |
|---|---|
| **Lavage** | On doit contrôler la qualité de lavage qui pourrait contenir les pesticides, rouille, métaux lourds,.. |
| **Dilution et sucrage** | Idem que précédemment. |
| **Pasteurisation** | Elle est un CCP majeur car une pasteurisation qui n'aurait respecté le couple temps/température est une source de contamination microbienne ; et par conséquent une obtention d'un produit fini dépourvu de qualité et d'innocuité |
| **Stockage** | Le stockage est un CCP car la température n'est constante alors que le produit devrait être maintenu constamment à $25^0$ c. Il faut donc prévoir un système de climatisation. |

### III.3. Résultats d'analyse microbiologiques

Les résultats d'analyses microbiologiques sont présentés dans le tableau 4. Les jus sont des milieux peu propices au développement de la plupart des bactéries. Leur acidité, leur teneur élevée en sucre, l'absence d'oxygène et la présence d'un excès de $CO_2$ dans les boissons gazeuses, sont les différents facteurs qui expliquent cette limitation bactérienne (ASSOGBA, 2017). Dans cette étude, les résultats ont montré qu'il n'y a pas eu de contamination microbienne ; cela serait dû aux conditions de production du jus :

- Les matières premières bien lavées ;
- Le matériel utilisé désinfecté ;
- Les bouteilles et les capsules étaient préalablement stérilisées ;
- Le jus pasteurisé à la manière du couple temps / température exigé.

En plus, l'absence des microorganismes serait liée à un pH faible du jus mixte de betterave (3,36) qui est inférieur à celui permettant le développement des microorganismes (> à 4,5) (ISO 2173). Les résultats trouvés sont inférieurs aux critères microbiologiques des jus de fruits selon lesquels la charge microbiologique doit être inférieure ou égale à $10^2$ pour les Staphylocoques (Norme interne CNTA) et inférieure ou égal à $10^3$ pour les moisissures (ISO 21527) ,10 pour E. Coli (ISO 7251), absence pour Salmonella (ISO 6785). Les résultats diffèrent de ceux trouvés par ASSOGBA (2017) surtout pour les levures ($3{,}6.10^3$ UFC) et les moisissures ($4{,}10^2$ UFC).

En effet, la qualité microbiologique des produits finis dépend d'une bonne réussite de la pasteurisation. C'est un procédé de stabilisation des aliments qui assure la destruction de tous les microorganismes pathogènes et même ceux pouvant y causer des altérations (Simonard, 1972).

**Tableau 6 : Résultats d'analyses microbiologiques**

| **Paramètres** | **Résultats** | **Unités** | **Méthodes** | **Limites** |
|---|---|---|---|---|
| Lévures et moisissures | Absence | UFC/ml | ISO 21527 | $10_3$ |
| Escherichia coli | Absence | UFC/ml | ISO 7251 | 10 |
| Salmonella | Absence | UFC/25ml | ISO 6785 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Staphylococcus aureus | Absence | UFC/ml | Méthode interne | $10^2$ |

### III.4. Résultats moyens d'analyses physico-chimiques

Les résultats d'analyses physico-chimiques sont présentés dans le tableau 5.

#### III.4.1. pH

Les jus de fruits ont généralement des valeurs de pH faible, comprises entre 2 et 4,5 à cause de la présence d'acides organiques qui varient selon le type de jus. Or la prolifération des bactéries s'effectue dans un milieu dont le pH est supérieur à 4,5 (ISO, 2173). Donc, nous voyons bien que le jus mixte de betterave produit au CNTA est de bonne qualité dont la valeur du pH a été de 3,36.

#### III.4.2. Acidité titrable

L'acidité titrable concerne la mesure de la concentration totale d'acide contenue dans un aliment (également appelée acidité totale). Cette quantité est déterminée par titrage exhaustif des acides intrinsèques avec une base étalon. L'acidité titrable est un meilleur prédicteur de l'impact de l'acide sur la saveur que le pH (Sadler & Murphy, 2010). La valeur de l'acidité titrable trouvée (0,8±0,0%) était significativement inferieure a celle de la valeur limite du jus de fruit ne dépassant pas 1,4%. Cependant, elle est légèrement supérieure à celle trouvée par (Ebiringa and Onyeneke, 2019) mais inférieure à celles trouvées par AISSAOUI et DAHMOUNI, (2021;) (1,2 et 1,3% ) et Smati et al. (2017) (5,098%).

#### III.4.3. Degré brix

Les résultats du degré brix ont révélé que la moyenne a été de 13±0,0% ; ce qui correspond à la valeur limite du taux du sucre dans les jus d'après la norme ISO 2173. Cela signifie que le jus mixte de betterave est très sucré ; et cela serait dû à l'ajout du sucre.

#### III.4.4. Taux d'alcool

La moyenne des résultats obtenus sur le taux d'alcool a été de 0,08±0%. Le taux d'alcool est trop faible par rapport à la norme standard ISO 763. La valeur trouvée montre que les levures et les moisissures n'ont pas attaqué le jus fabriqué, ce que traduit un bon suivi au niveau de

bonnes pratiques d'hygiène (BPH) et de bonnes pratiques de fabrication (BPF). Ce résultat serait dû également à l'acidité du jus (3,36±0,0%) qui ne pourrait pas permettre le développement microbien; d'où le jus n'a pas subi de fermentation.

### III.4.5. Cendres totales

La valeur moyenne des cendres totales a été de 1,13±0,0% et cette valeur est largement inférieure à celle trouvée par Bajracharya et al. (1982). Le jus mixte de betterave est moins pourvu en teneur de cendres totales par rapport à la valeur limite des cendres totales dans les jus de fruits qui est de 1,2%.

**Tableau 7: Résultats d'analyses physico-chimiques**

| **Nature de l'échantillon** | **Analyses effectuées** | **Résultats obtenus (%)** | **Normes** | **Limites (%)** |
|---|---|---|---|---|
| Jus mixte de betterave | pH | 3,36±0,0 | ISO 2173 | 4,5 |
| | Degré Brix | 13±0,0 | ISO 2173 | 13 |
| | Taux d'alcool | 0,08±0,0 | ISO 763 | 1,2 |
| | Acidité titrable | 0,8±0,0 | AOAC 2012 | 1,4 |
| | Cendres totales | 1,13±0,0 | Méthode interne | 1,2 |

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étape de la transformation des produits agricoles, plus particulièrement, dans notre cas, des fruits et légumes reste très importante pour leur valorisation afin de barrer au chemin leurs pertes post-récoltes. Le double but poursuivi au cours de notre étude était premièrement de déceler les dangers rencontrés à chacune des étapes de fabrication du jus mixte de betterave au CNTA ; deuxièmement il était question de contrôler et maitriser les points critiques et d'en proposer les moyens préventifs.

L'efficacité d'une démarche HACCP repose non seulement sur la maitrise de bonnes pratiques d'hygiène mais aussi sur celle des dangers liés à la sécurité des denrées alimentaires.

La qualité et la sécurité des aliments sont, à l'heure actuelle, assurées par le HACCP qui est une méthode réglementaire visant à réduire le risque de contamination par les microorganismes d'altération dans les IAA en :

- Respectant les règles d'hygiène et notamment la démarche HACCP ;
- Respectant également les conditions de stockage réglementaire des produits (température, humidité, emballage, etc.).

Malgré les insuffisances /manquements constatées au cours de la fabrication du jus mixte de betterave, les résultats enregistrés ont été irréprochables car les analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été correctement suivies ; avec des valeurs, pour chaque paramètre analysé, ne dépassant pas celles des normes exigées ; ce qui a conféré au produit fini une bonne qualité microbiologique et physico-chimique ne constituant aucun danger pour le consommateur (hypothèse b est infirmée). Néanmoins, le système HACCP avec toutes ses étapes et principes n'est pas littéralement appliqué au CNTA car c'est une unité dépourvue en moyens humains qualifiés ; matériels et équipements appropriés pour la réussite de ce système HACCP afin d'assurer aux consommateurs des produits sains et sûrs. En plus, les différents manquements et/ou insuffisances (au niveau du matériel, équipements, bâtiments inadaptés, processus ou lieu de fabrication non conformes à l'hygiène ; etc.) sont dus à l'absence des règles d'hygiène bien définies et à la non encore installation effective du système HACCP par le CNTA (hypothèse a est infirmée).

Avant de clore ce travail, nous voudrions émettre alors les quelques recommandations liées aux insuffisances constatées au CNTA :

-de se doter des infrastructures, matériels et équipements de transformation qui répondent aux normes exigées par le Codex Alimentarius et le système HACCP ;

- d'agrandir le hall de technologie alimentaire et l'adapter au système HACCP afin de permettre les activités de bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication de bien se dérouler ;
- de former tout le personnel de cette unité dans laquelle se réalisent des essais de transformation ;
- d'organiser des séances de formation chez certaines populations ayant déjà mis sur pied des unités de transformation

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AISSAOUI Imane et DAHMOUNI Amira. (2021). Utilisation de l'extrait des écorces de grenades (Punica granatum) pour prolonger la durée de conservation d'un jus d'orange frais. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

Alfa ARZATE. (2005). Extraction du sucre de betterave. *ACER*, 40.

ASSOGBA, E. M. (2017). Etude diagnostique du système de production du jus d'ananas dans la société PROMO FRUITS BENIN.

Azrate, A. (2005). Extraction et raffinage du sucre de canne. *Revue de l'ACER (Centre de Recherche, de Développement En Acériculture)*, 40p.

Bajracharya, D., Shrestha, K. K., & Bhandary, H. R. (1982). Comparison of nutritive values of some edible wild fruits at ripe and unripe stages . *Fruits* -, *37*(1), 59–62.

BOUTOU O. (2014). *De l'HACCP à l'ISO 22 000 :* Management de la sécurité des aliments. 3 èmeEd. AFNOR, La plaine Saint-Denis, France. ISBN : 978-2-12-465470-3.

Codex Alimentarius Commission. (2003). Recommended International Code of PracticeGeneral Principles of Food Hygiene.

Ebiringa, D. C. and Onyeneke, E. N. (2019). Proximate compositions, physicochemical and organoleptic properties of drinks produced from beetroot and roselle. *Journal of Agriculture and Food Sciences*, *17*(1), 38–53.

Gentil, M. (2009). Contrôle épigénétique du risque de montaison chez une plante de grande culture : la betterave sucrière : mise au point d ' une stratégie de caractérisation d ' épiallèles associés à la sensibilité à la montaison en vue de l 'élaboration d ' un test de sél. Sciences agricoles. Université d'Orléans.

Hadroug Fatima. (2020). Utilisation d ' une ressource végétale pour la production du bioéthanol : cas de la betterave Dédicace. Université Djilali BOUNAAMA - KHEMIS MILIANA Faculté.

Ioannis S. Arvanitoyannis. (2009). HACCP and ISO 22000. In *HACCP and ISO 22000*. https://doi.org/10.1002/9781444320923

Jirathana, P. (1998). Constraints experienced by developing countries in the development and application of HACCP. *Food Control*, *9*(2), 97–100. https://doi.org/doi:10.1016/s09567135(98)00011-5

Khadidja, I. (2020). L ’ Application du système HACCP - ISO 22000 pour assurer la qualité / sécurité au niveau de l ’ industrie de boissons ( jus de fruits ) ( SPA – NCA Rouiba ) Application of the HACCP- ISO 22000 system to ensure quality / safety in the beverage industry (. *Revue d’économie et de Développement Humain*, *11*(2), 33–48.

Mahn, K., Hoffmann, C., & Märländer, B. (2002). Distribution of quality components in different morphological sections of sugar beet (Beta vulgaris L.). *European Journal of Agronomy*, *17*(1), 29–39. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00139-3

Messaoud B. (2006). Mise en place d’un système de gestion pour l’amélioration de la qualité, par la maîtrise des procédés, dans l’industrie agroalimentaire [Université EL HADJ LAKHDAR BATNA]. http://eprints.univ-batna2.dz/1055/1/inj Messaoud BENZOUAI.pdf

Moule C. (1982). Plantes sarclées et divers. La maison Rustique, Paris.127p.

OMS. (1999). Strategies for Implementing HACCP in small and/or less developed businesses. Programme de salubrité alimentaire. Organisation mondiale de la santé.

Redani, L. (2015). Compétitivité, valorisation des ressources et objectifs de sécurité alimentaire pour la filière sucrière au Maroc (Thèse de doctorat). Université de LiègeGembloux Agro-Bio Tech, Belgique, 137 p., 53 tabl., 4 fig., 58 graph.

Reid, D. S. (2003). Traditional Indirect Methods for Estimation of Water Content: Measurement of °Brix. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, *10*(1), 1–5. https://doi.org/10.1002/0471142913.faa0104s10

Roggo, Y. (2003). *Détermination de la qualité de la betterave sucrière par spectroscopie proche infrarouge et chimiométrie*. Université des Sciences et Technologies de Lille.

Sadler, G. D., & Murphy, P. A. (2010). *pH and Titratable Acidity*. 219–238. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1_13

Smati, I., Rebey, I. B., Hammami, M., Hamdaoui, G., & Tounsi, M. S. (2017). *Variation of the quality of lemon ( Citrus limon L .) juice during stage of fruit maturity Variation de la*

*qualité du jus de citron ( Citrus limon L .) au cours de la maturation fruit*. *43*(1), 2334–2343.

Sneed, J., Strohbehn, C. H., & Gilmore, S. A. (2007). Impact of Mentoring on Food Safety Practices and HACCP Implementation in Iowa Assisted-Living Facilities. *Topics IN Clinical Nutrition*, *22*(2), 162–174. https://doi.org/doi:10.1097/01.tin.0000270135.15346.a0

Van der Poel, P., Schiweck, H., & Schwartz, T. (1998). *Sugar Technology, Beet and Cane Sugar Manufacture* ("Technologie des Dr. R.A. McGinnis, And Zuckers (ed.); 1st editio). https://doi.org/10.36961/st

Witherspoon, J. M., & Jackson, J. F. (1996). *Analysis of Fresh and Dried Apricot*. *18*, 111– 131. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79660-9_7