

RESUME



Le fraisier, introduit à Madagascar, est une plante des régions tempérées, mais peut bien s'adapter au climat de quelques zones tropicales. En effet, elle trouve ses conditions optimales de culture dans la région d' Ambatofotsy (partie sud d'Antananarivo).

Le caractère saisonnier des fraises entraîne une saturation des marchés pendant des laps de temps courts, et le surplus de production est ainsi gaspillé faute de pouvoir être commercialisé. Les fraises méritent alors d'être valorisées.

Des essais de mise au point d'une technologie de fabrication de sirop à partir des fraises ont été entrepris. Le sirop est le produit obtenu par l'évaporation du mélange de jus avec le sucre.

Trois types de procédés, différents au niveau de la méthode d'extraction du jus, ont été testés ; les techniques d'extraction mises en œuvre étant : l'extraction par broyage, l'extraction par diffusion par la vapeur et enfin l'extraction du jus par macération. Les deux premiers procédés n'ont pas été concluants, par contre, le dernier faisant appel à la macération a donné des résultats encourageants.

Parmi les variétés utilisées : Favette, Madeleine, Voaloboka, cette dernière est la plus appropriée à la transformation en sirop. Elle offre un produit qui possède les caractères requis pour un sirop ; et le sirop obtenu à partir de cette variété Voaloboka est le plus apprécié des consommateurs. Malgré les défailances des deux autres variétés, les sirops qui en sont issus sont préférés aux sirops synthétiques existant sur le marché.

Inclure la technologie étudiée dans une unité de transformation de fraises est envisageable. L'étude de faisabilité technico-économique de mise en place d'une telle unité à l'échelle artisanale, associant cette technologie à d'autres, telles la technologie de fabrication de confitures, de pâtes de fraises, de confits de fraises et de chutney, a abouti avec un taux de rentabilité de 52%.

Ainsi, la concrétisation de cette étude est un des moyens pouvant contribuer à l'essor de la filière fraise à Madagascar.

Mots-clés : fraise, valorisation, sirop, variété, procédé

SOMMAIRE

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCTION..... | 1 |
| Partie 1 : La filière fraise à Madagascar | |
| 1 Présentation du fraisier..... | 2 |
| 1.1. Origine du fraisier cultivé..... | 2 |
| 1.2. Systématique et morphologie..... | 2 |
| 1.2.1. Port..... | 2 |
| 1.2.2. Feuilles..... | 3 |
| 1.2.3 . Inflorescences..... | 3 |
| 1.2.4. Fraises..... | 3 |
| 1.3.Physiologie..... | 3 |
| 1.4. Ecologie..... | 4 |
| 1.4.1. Aire écologique..... | 4 |
| 1.4.2. Exigences édaphiques..... | 4 |
| 1.5. Maladies et ennemis..... | 5 |
| 2 Milieu de production..... | 7 |
| 2.1. Localisation géographique..... | 7 |
| 2.2. Agroécologie de la zone..... | 8 |
| 2.3. Infrastructures..... | 9 |
| 3 Réalisation des opérations culturales..... | 9 |
| 3.1. Mode de multiplication..... | 9 |
| 3.2. Plantation..... | 10 |
| 3.2.1. Préparation du sol..... | 10 |
| 3.2.2. Compacité..... | 10 |
| 3.2.3. Plantation proprement dite..... | 11 |
| 3.3. Entretien..... | 11 |
| 3.4. Fertilisation..... | 11 |
| 3.4.1. Fumure organique..... | 11 |
| 3.4.2. Fumure minérale..... | 12 |
| 3.5. Récolte..... | 12 |
| 4 Présentation des variétés cultivées..... | 12 |
| 4.1. Historique..... | 12 |
| 4.2. Etude descriptive..... | 12 |
| 4.3. Analyses physico-chimiques..... | 15 |
| 4.4. Appréciation des paysans sur les variétés cultivées..... | 15 |
| 4.5. Analyses organoleptiques..... | 16 |
| 4.5.1. Analyse descriptive..... | 16 |
| 4.5.2. Analyse hédonique..... | 16 |
| 5 Socio-économie..... | 17 |
| 5.1. Caractéristiques d'exploitation foncière..... | 17 |
| 5.1.1. Typologie..... | 17 |
| 5.1.2. Mode de faire-valoir..... | 17 |
| 5.1.3. Type de main d'œuvre..... | 17 |
| 5.1.4. Superficie, rendement et production..... | 18 |
| 5.2. Organisations paysannes..... | 18 |
| 5.2.1. Historique et objectifs..... | 18 |
| 5.2.2. Réalisations..... | 19 |
| 5.2.3. Perspectives..... | 19 |
| 5.3. Coûts de production..... | 20 |
| 5.3.1. Problèmes de production..... | 20 |
| 5.3.2. Evaluation économique..... | 21 |
| 5.4. Circuit de commercialisation..... | 22 |
| 5.4.1. Problèmes de commercialisation..... | 22 |
| 5.4.2. Circuits et destinations..... | 23 |
| 5.4.3. Quantité et prix..... | 24 |
| Conclusion partielle 1..... | 26 |

Partie 2 : Technologie de fabrication et comparaison des caractères physico-chimiques et sensoriels des

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| sirops de fraise | |
| 1 Généralités sur les sirops..... | 27 |
| 1.1. Historique..... | 27 |
| 1.2. Description du sirop..... | 27 |
| 1.2.1. Définition..... | 27 |
| 1.2.2. Caractéristiques et utilisations..... | 27 |
| 1.2.3. Intérêt de la transformation..... | 27 |
| 1.2.4. Qualité des sirops..... | 28 |
| 1.3. Procédé général de fabrication de sirop de fruits..... | 28 |
| 1.3.1. Ingrédients..... | 28 |
| 1.3.1.1. Sucre..... | 28 |
| 1.3.1.2. Jus de fruits..... | 28 |
| 1.3.2. Ligne de fabrication..... | 29 |
| 1.3.2.1. Opérations préliminaires..... | 30 |
| 1.3.2.2. Cuisson-concentration..... | 30 |
| 1.3.2.3. Opérations ultérieures..... | 31 |
| 1.3.3. Matériels et équipements..... | 31 |
| 2 Technologie de fabrication des sirops des trois variétés de fraises..... | 32 |
| 2.1. Matières premières..... | 32 |
| 2.1.1. Les fraises..... | 32 |
| 2.1.2. Le sucre..... | 32 |
| 2.2. Les étapes de fabrication..... | 32 |
| 2.2.1. Préparation des fruits..... | 32 |
| 2.2.1.1. Triage..... | 32 |
| 2.2.1.2. Equeutage..... | 33 |
| 2.2.1.3. Lavage..... | 33 |
| 2.2.2. Les procédés d'extraction du jus..... | 33 |
| 2.2.2.1. Extraction par diffusion à la vapeur..... | 34 |
| 2.2.2.2. Extraction par macération..... | 34 |
| 2.2.2.3. Extraction par broyage..... | 34 |
| 2.2.2.4. Remarques..... | 35 |
| 2.2.3. Cuisson-concentration..... | 35 |
| 2.2.4. Post-traitements..... | 35 |
| 2.2.4.1. Conditionnement..... | 35 |
| 2.2.4.2. Refroidissement..... | 36 |
| 2.3. Les rendements..... | 36 |
| 2.3.1. Les rendements obtenus par la méthode d'extraction par diffusion..... | 36 |
| 2.3.2. Les rendements obtenus par la méthode d'extraction par macération..... | 37 |
| 2.3.3. Récapitulation sur les rendements..... | 37 |
| 2.3.4. Remarques..... | 37 |
| 3 Analyse physico-chimique : comparaison des sirops des 3 variétés de fraises..... | 38 |
| 3.1. Echantillonnage..... | 38 |
| 3.2. Les caractères physico-chimiques..... | 38 |
| 3.2.1. Matériels et méthodes..... | 38 |
| 3.2.1.1. La teneur en eau..... | 38 |
| 3.2.1.2. La teneur en cendres brutes..... | 39 |
| 3.2.1.3. La teneur en sucres réducteurs..... | 40 |
| 3.2.1.4. La teneur en sucres totaux..... | 40 |
| 3.2.1.5. Acidité titrable..... | 40 |
| 3.2.2. Résultats et discussions..... | 40 |
| 3.2.2.1. Teneur en eau..... | 40 |
| 3.2.2.2. Teneur en cendres brutes..... | 41 |
| 3.2.2.3. Teneur en sucres réducteurs..... | 41 |
| 3.2.2.4. Teneur en sucres totaux..... | 42 |
| 3.2.2.5. Acidité titrable..... | 43 |
| 4 Analyse sensorielle : comparaison entre les sirops des 3 variétés de fraise et un sirop sur le marché actuel..... | 43 |
| 4.1. But..... | 43 |
| 4.2. Organisation de l'analyse sensorielle..... | 43 |
| 4.2.1. Conditions du test..... | 44 |

| | |
|----------------------------------------------------------|----|
| 4.2.1.1. Les échantillons..... | 44 |
| 4.2.1.2. Les sujets..... | 44 |
| 4.2.1.3. Le local d'essai..... | 44 |
| 4.2.2. Le choix des épreuves..... | 45 |
| 4.3. Les épreuves..... | 45 |
| 4.3.1. Epreuve préliminaire..... | 45 |
| 4.3.1.1. Principe..... | 45 |
| 4.3.1.2. Résultat..... | 45 |
| 4.3.2. Epreuve discriminative..... | 46 |
| 4.3.2.1. Principe..... | 46 |
| 4.3.2.2. Nombre de sujets..... | 46 |
| 4.3.2.3. Expression et interprétation des résultats..... | 46 |
| 4.3.3. Epreuve descriptive..... | 46 |
| 4.3.3.1. Principe..... | 46 |
| 4.3.3.2. Expression et interprétation des résultats..... | 46 |
| 4.3.4. Epreuve hédonique..... | 49 |
| 4.3.4.1. Principe..... | 49 |
| 4.3.4.2. Nombre de sujets..... | 49 |
| 4.3.4.3. Expression et interprétation des résultats..... | 49 |
| 4.3.5. Test de préférence..... | 51 |
| 4.3.5.1. Principe..... | 51 |
| 4.3.5.2. Nombre de sujets..... | 51 |
| 4.3.5.3. Expression et interprétation des résultats..... | 51 |
| Conclusion partielle 2..... | 53 |
| Ingénierie d'une unité de transformation de fraises | |

| | |
|--------------------------------------------------|----|
| 1 Objectifs..... | 54 |
| 2 Etude de marché..... | 54 |
| 2.1. Produits étudiés..... | 54 |
| 2.2. Part visée sur le marché..... | 55 |
| 2.3. Analyse des prix..... | 55 |
| 2.4. Mode de commercialisation et marketing..... | 56 |
| 3 Localisation et environnement..... | 57 |
| 4 Matières premières et fournitures..... | 57 |
| 4.1. Besoins en matières premières..... | 57 |
| 4.2. Systèmes d'approvisionnement..... | 58 |
| 5 Besoins en facteurs de production..... | 58 |
| 5.1. Autres charges matérielles..... | 59 |
| 5.2. Charges du personnel..... | 59 |
| 6 Présentation de l'unité de transformation..... | 59 |
| 6.1. Diagrammes fonctionnels..... | 59 |
| 6.1.1. Confitures..... | 60 |
| 6.1.2. Sirop..... | 60 |
| 6.1.3. Pâte de fruits..... | 61 |
| 6.1.4. Fruits confits..... | 61 |
| 6.1.5. Chutney..... | 62 |
| 6.2. Organisation des ressources humaines..... | 62 |
| 6.2.1. Organisation des tâches..... | 62 |
| 6.2.2. Les postes de production..... | 62 |
| 6.3. Plan de l'usine..... | 64 |
| 7 Calculs économiques..... | 67 |
| 7.1. Immobilisations..... | 67 |
| 7.2. Fonds de roulement..... | 68 |
| 7.3. Evaluation de la rentabilité..... | 68 |
| 7.3.1. Cash-flow..... | 68 |
| 7.3.2. Valeur nette actualisée..... | 69 |
| 7.3.3. Taux de rentabilité interne..... | 69 |
| Conclusion partielle 3..... | 70 |
| Conclusion générale..... | 71 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau n°1 : Besoins nutritifs des plants..... | 5 |
| Tableau n°2 : Maladies et ravageurs des fraisiers d'Ambatofotsy..... | 6 |
| Tableau n°3 : Calendrier cultural..... | 9 |
| Tableau n°4 : Description des variétés de fraises..... | 13 |
| Tableau n°5 : Analyses physico-chimiques de la fraise..... | 15 |
| Tableau n°6 : Appréciation des paysans sur les variétés cultivées..... | 15 |
| Tableau n°7 : Réalisations..... | 19 |
| Tableau n°8 : Perspectives d'évolution..... | 20 |
| Tableau n°9 : Besoins en main d'œuvre..... | 21 |
| Tableau n°10 : Coût des matériels..... | 21 |
| Tableau n°11 : Coût des intrants..... | 21 |
| Tableau n°12 : Coût de la commercialisation..... | 22 |
| Tableau n°13 : Répartition des ventes..... | 23 |
| Tableau n°14 : Proportion de sucre dans la fabrication de sirop..... | 29 |
| Tableau n°15 : Liste des matériels et équipements requis pour la fabrication de sirop..... | 32 |
| Tableau n°16 : Caractères physico-chimiques des 3 variétés de fraise à transformer en sirop..... | 33 |
| Tableau n°17 : Rendements de prétraitements..... | 34 |
| Tableau n°18 : Rendements de fabrication de sirop de fraise..... | 38 |
| Tableau n°19 : Teneur en eau et teneur en matières sèches des sirops de fraise..... | 42 |
| Tableau n°20 : Teneur en cendres brutes des sirops de fraise..... | 43 |
| Tableau n°21 : Teneur en sucres réducteurs des sirops de fraise..... | 43 |
| Tableau n°22 : Teneur en sucres totaux des sirops de fraise..... | 44 |
| Tableau n°23 : Acidité titrable des sirops de fraise..... | 45 |
| Tableau n°24 : Résultats de l'analyse descriptive des sirops..... | 49 |
| Tableau n°25 : Description des produits de l'unité de transformation..... | 56 |
| Tableau n°26 : Prix plancher à l'unité des produits..... | 57 |
| Tableau n°27 : Matières premières et fournitures..... | 60 |
| Tableau n°28 : Autres charges de fonctionnement..... | 61 |
| Tableau n°29 : Charges du personnel..... | 61 |
| Tableau n°30 : Diagramme fonctionnel de production de confitures de fraises..... | 62 |
| Tableau n°31 : Diagramme fonctionnel de production de sirop de fraises..... | 63 |
| Tableau n°32 : Diagramme fonctionnel de production de pâtes de fraises..... | 64 |
| Tableau n°33 : Diagramme fonctionnel de production de fraises confites..... | 64 |
| Tableau n°34 : Diagramme fonctionnel de production de chutney..... | 65 |
| Tableau n°35 : Description des interventions de contrôle de la qualité..... | 66 |
| Tableau n°36 : Immobilisations..... | 69 |
| Tableau n°37 : Fonds de roulement initial..... | 70 |
| Tableau n°38 : Cash-flow..... | 70 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure n°1 (cliché) : champs de fraisiers à Ambatofotsy..... | 8 |
| Figure n°2 : Courbe ombrothermique pour la région d'Andramasina..... | 8 |
| Figure n°3 (cliché) : Outil de sarclage..... | 10 |
| Figure n°4 : Principe d'agencement des parcelles..... | 11 |
| Figure n°5 (cliché) : Plante n'ayant subi aucun sarclage..... | 11 |
| Figure n°6 (cliché) : Coupe de la variété Favette..... | 14 |
| Figure n°7 (cliché) : Coupe de la variété Madeleine..... | 14 |
| Figure n°8 (cliché) : Coupe de la variété Voaloboka..... | 14 |
| Figure n°9 : Analyse descriptive de la fraise..... | 16 |
| Figure n°10 : Répartition de la main d'œuvre..... | 17 |
| Figure n°11 (cliché) : Culture sous paillage..... | 19 |
| Figure n°12 (cliché) : Culture avec paillage..... | 19 |
| Figure n°13 : Principaux types de circuit..... | 23 |
| Figure n°14 : Répartition des ventes..... | 24 |
| Figure n°15 (cliché) : Marché d'Anosy..... | 24 |
| Figure n°16 : Répartition sur l'année des ventes de fraises à Anosy..... | 25 |
| Figure n°17 : Evolution des prix du kilogramme de fraises au cours de l'année.... | 25 |
| Figure n°18 : Ligne de fabrication de sirop de fraises..... | 29 |
| Figure n°19 : Appareil utilisé pour l'extraction du jus par diffusion à la vapeur | 34 |
| Figure n°20 : Ligne de fabrication de sirop utilisant la méthode d'extraction par diffusion..... | 36 |
| Figure n°21 : Ligne de fabrication de sirop utilisant la méthode d'extraction par macération..... | 37 |
| Figure n°22 (cliché) : Etuve..... | 39 |
| Figure n°23 (cliché) : Fours à mouffles..... | 39 |
| Figure n°24 (cliché) : Déroulement des épreuves sensoriellles..... | 49 |
| Figure n°25 : Histogramme des intensités des descripteurs sur les sirops..... | 47 |
| Figure n°26 : Evaluation hédonique du sirop de la variété Favette..... | 49 |
| Figure n°27 : Evaluation hédonique du sirop de la variété Madeleine..... | 50 |
| Figure n°28 : Evaluation hédonique du sirop de la variété Voaloboka..... | 50 |
| Figure n°29 : Evaluation hédonique du sirop pris comme référence..... | 51 |
| Figure n°30: Préférence des consommateurs sur les sirops de 2 variétés (Madeleine et Voaloboka)..... | 52 |
| Figure n°31 : Ventilation des éléments du prix de vente..... | 56 |
| Figure n°32 : Plan de l'usine..... | 66 |

INTRODUCTION

A Madagascar, comme dans tous les pays en développement où les produits d'élevage sont peu disponibles, les régimes alimentaires des populations sont principalement fondés sur des produits végétaux. En effet, ces derniers assurent 90% de l'apport énergétique notamment par le biais des céréales et des féculents. Or, un régime basé sur ces groupes d'aliments (céréales et féculents) entraînerait des carences nutritionnelles. Il importe donc de diversifier les aliments en introduisant les fruits dans l'habitude alimentaire de la population.

Les fruits jouent un rôle prépondérant essentiellement sur le plan des vitamines et des sels minéraux. Mais comme ils sont facilement périssables, il nous incombe de trouver des moyens efficaces pour les conserver.

La transformation des produits alimentaires est une préoccupation humaine née avec la révolution néolithique. Actuellement, c'est devenu une nécessité sociale liée aux droits fondamentaux de l'Homme moderne de disposer de nourriture en permanence et en quantité suffisante.

Ceci nous a incité à mettre au point une technologie de transformation des fraises lesquelles, ayant un caractère saisonnier, et étant facilement altérables, ne sont disponibles que pendant un laps de temps très court. La méthode de conservation choisie est celle mettant en jeu le sucre, plus précisément la fabrication de sirops à partir des fraises.

Les présents travaux donnent des informations sur le fraisier, la filière fraise à Madagascar ; étudient par la suite la technologie de fabrication et la comparaison des caractères physico-chimiques et sensoriels des sirops de fraise et enfin traitent de la conception d'une unité de transformation des fraises.

PARTIE 1 :

LA FILIERE FRAISE A AMBATOFOTSY

1.1 Présentation du fraisier

1.1.1 Origine du fraisier cultivé

On retrouve dans l'histoire l'utilisation des fraisiers sauvages, dont les anciens consommaient le fruit, mais le principal attrait résidait dans ses vertus médicinales.

Au XV^{ème} siècle, on trouve quelques écrits faisant mention de la culture du fraisier des bois (*Fragaria vesca* (L.)) pour le fruit, pour la fleur et le feuillage ; en tant que plante ornementale.

A la fin du XVII^{ème} siècle et au début du XVIII^{ème}, plusieurs auteurs signalent la présence de deux types de fraisiers cultivés en France : *Fragaria vesca* (L.) à fraises rouges ou blanches et *Fragaria elatior*. En effet, vers 1712, Amédée-François Frézier, officier du Génie maritime rapportait de missions le long de la côte occidentale de l'Amérique du Sud, plusieurs pieds de *Fragaria chiloensis* (du Chili) et de *Fragaria virginiana* (de Virginie) qu'il essaya d'acclimater dans son jardin de Plougastel (Marseille). Ce fruit, comparé aux fraises des bois connues depuis longtemps, était bien plus gros, plus charnu et juteux. En son honneur, ce nouveau fruit fut rapidement appelé « fraise ». Quelques plants ont été transportés à Brest (Bretagne). (1)

C'est à ce moment que l'on commence à effectuer des semis et des croisements entre variétés européennes (presque toutes disparues actuellement), et ces deux espèces. En 1766, ces croisements aboutirent en Hollande à la fraise de jardin communément cultivé en Europe. Depuis lors, l'assortiment variétal se renouvelle très souvent, et il en existe plus de 1 000 variétés. (2)

1.1.2 Systématique et morphologie

- Règne : VEGETAL
- Embranchement : SPERMATOPHYTES
- Sous-embranchement : ANGIOSPERMES
- Classe : DICOTYLEDONES
- Sous-Classe : DIALYPETALES
- Famille : ROSACEES
- Genre : *Fragaria*
- Espèce : *vesca*, *elatior*, *chiloensis*, *virginiana* entre autres
- Variétés : Plus de 1 000 (3)

Cette plante herbacée vivace possède une tige principale courte, se composant de 2 parties, l'une souterraine (rhizome), sur laquelle se développent les racines, et l'autre aérienne, support des feuilles, des fleurs et des bourgeons.

1.1.2.1 Port :

Un fraisier est formé d'une ou plusieurs touffes (jusqu'à 20) constituées d'une rosette de feuilles. Une plante est plus ou moins compacte selon la variété, le nombre de ses feuilles et de ses touffes.

On peut distinguer deux groupes extrêmes de port pour le fraisier :

- port érigé : l'angle de la majorité des pétioles avec l'horizontale est compris entre 50 et 90°

- port étalé : l'angle de la majorité des pétioles avec l'horizontale est compris entre 10 et 50°.

1.1.2.2 Feuilles :

La feuille du fraisier est normalement constituée de:

- un pétiole assez long, amplexicaule, portant à sa base deux stipules membraneuses, généralement pointues, assez longues et souvent colorées.
- trois folioles entières dont une médiane et deux latérales. Elles s'insèrent généralement au même niveau, au sommet du pétiole par l'intermédiaire d'un pétiole de longueur variable suivant les saisons. La foliole médiane est symétrique. Les folioles latérales sont asymétriques, la partie extérieure du limbe est plus large.

1.1.2.3 Inflorescence :

L'inflorescence du fraisier est une grappe définie. C'est une cyme dichotome. L'axe primaire prend naissance entre deux bractées subopposées et se termine par une fleur. A l'aisselle de chacune de ces deux bractées se développe un axe secondaire terminé par une fleur. Des axes subordonnés se succèdent jusqu'à épuisement.

Les fleurs du fraisier présentent de nombreux caractères mais peu sont distinctifs. En principe, la garniture de protection et la fleur du fraisier comportent :

- un calice à 5 sépales verts,
- un calicule à 5 pièces lancéolées qui alternent avec les sépales,
- une corolle à 5 pétales blancs, à onglet peu coloré, insérés sur le calice et alternant avec les sépales,
- 20 étamines en moyenne, insérées sur le calice, filets libres, anthères biloculaires à déhiscence longitudinale,
- des ovaires nombreux, distincts, uniloculaires, à ovule unique, portés par un réceptacle convexe.

1.1.2.4 Fraises :

Et enfin la fraise elle-même qui, du point de vue histologique, n'est pas le *fruit* du fraisier mais est en fait le réceptacle qui, d'abord peu charnu, se gorge de sucs, augmente de volume, déborde des ovaires et les enchâsse dans son parenchyme qui prend peu à peu une couleur rouge. Les vrais fruits du fraisier sont les akènes provenant de la fécondation des carpelles.

Les fraises présentent des caractères d'identification très intéressants, que nous développerons pour les fraises cultivées à Ambatofotsy,.

1.1.3 Physiologie

Les racines se développent à la base du rhizome mais à un niveau de plus en plus élevé au fur et à mesure de la disparition des vieilles feuilles. La partie inférieure du rhizome ainsi que les racines les plus âgées meurent et se détruisent progressivement. Cette particularité donne l'impression que la plante sort de terre.

Le méristème terminal produit d'abord des feuilles, puis son extrémité se transforme en bouton floral à l'époque de l'initiation vers le mois d'août. A l'aisselle des feuilles, des bourgeons axillaires se développent et donnent naissance, suivant leur allongement, à de jeunes touffes serrées contre la plante- mère ou à des stolons nettement séparés.

Après un hiver doux, les deux ou trois dernières feuilles restent en vie.

En février-mars, dès que la température le permet, les jeunes feuilles apparaissent à nouveau. Plus tard, elles se déploient et sont suivies d'autres. En avril, le bourgeon floral est visible. Il s'allonge et atteint ses dimensions maximales à la floraison, en mai.

Après fécondation, les pédicelles se rabattent et le poids des fraises entraîne progressivement toute la hampe vers le sol. A la maturité, en juin, les fruits reposent généralement sur le sol. La récolte se poursuit normalement pendant 3 à 6 semaines.

Vers la fin et après la récolte, une forte activité végétative entraîne le développement des feuilles, bourgeons et stolons. Le système racinaire s'accroît parallèlement. Les stolons, formés dès le mois de juin, assurent la multiplication végétative de l'espèce.(2)

1.1.4 Ecologie

1.1.4.1 Aire écologique

Sous les tropiques, l'altitude idéale de culture des fraisiers se situe entre 1 000 et 1500 m que l'on trouve presque exclusivement en Afrique de l'Est (Kenya). En général, il est nécessaire de planter les fraisiers à plus de 900 m. A une altitude trop élevée, les températures et l'insolation faibles nuisent aux plants.

Le fraisier croît, à partir d'un seuil minimum de température voisin de 5°C. Le rythme d'apparition et les dimensions des feuilles sont cependant liés aux conditions de chaleur et d'éclairement.

Concernant le photopériodisme, en Afrique, la durée des jours varie de 12 à 14 heures ; ce qui est insuffisant pour le fraisier. Or, la production de stolons est favorisée par les jours longs ; mais la production florale, elle, est influencée par les jours courts.(4)

Il faut également tenir compte de la disponibilité en eau, particulièrement essentielle au moment de la plantation et lors du grossissement des fraises.

A Madagascar, les zones à potentiel de production de fraises sont les environs d'Antananarivo et Fianarantsoa ; ainsi que la zone d'altitude à proximité de la Montagne d'Ambre. (5)

1.1.4.2 Exigences édaphiques

Les sols tassés, trop humides, trop argileux et battants sensibilisent le fraisier aux attaques parasitaires. Le fraisier redoute également les sols calcaires (contenant plus de 3% de calcaire actif) qui offrent des risques de chlorose ferrique. (6)

La majorité des fraisculteurs cultivent sur « baiboho », sol alluvial enrichi par les crues où l'on peut distinguer une succession d'horizons de textures différentes. Ces sols sont riches, fertiles mais carencés en azote ; carence corrigée par un apport d'urée s'ils ont tendance à s'acidifier ; ou un apport de sulfate d'ammonium s'ils manquent de soufre.(7)

Les besoins nutritifs des fraisiers pour une récolte de 25 tonnes/ ha de fruits (en France) se résument dans le tableau 1

Tableau 1 : Besoins nutritifs des plants(6)

| Elément | Dose | Action |
|-----------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Azote | 140 kg N/ ha (fractionné) | Permet d'assurer la croissance : - à la reprise - de la végétation à la floraison - lors de la constitution de réserves dans les racines et le rhizome |
| Potassium | 200 kg K ₂ O/ ha (fractionné) | Améliore la teneur en sucres et l'acidité des fraises |
| Phosphore | 50 kg P ₂ O ₅ / ha (avant plantation) | Favorise le développement des feuilles |
| Magnésium | 50 kg MgO/ ha (avant plantation) | Synthèse de la chlorophylle, influe sur la pigmentation rouge |

Le pH optimal du sol se situe à 5,5 (sols humiques), à 6 (sols sablo-limoneux) et 6,5 (sols silico-argileux).

L'activité biologique du sol est un facteur important pour le maintien du bon état des racines du fraisier ; cet équilibre est amélioré par l'apport d'acides aminés. Le fraisier requiert une terre bien fumée de longue date.

En résumé, bonne structure, excellent drainage et sol équilibré sont les trois facteurs essentiels d'une bonne culture du fraisier.

1.1.5 Maladies et ennemis

Les principales pathologies et ennemis affectant les cultures de fraisiers dans la zone d'Ambatofotsy sont présentés sur le tableau 2.

Tableau 2 : Maladies et ravageurs des fraisiers d'Ambatofotsy

| Type | Nom | Caractéristiques | Manifestations | Lutte |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ravageurs et maladies foliaires | Coléoptère : Scarabéidée du genre <i>Heteronychus</i> sp. | Creusent une cavité dans la base de la tige pour se nourrir. | Les pieds attaqués se flétrissent. L'invasion en plein champ se manifeste sous forme de tâches qui s'étendent rapidement | -Insecticide d'origine végétale : pyréthrine -Insecticide de synthèse : DDT, HCH, dérivés de l'essence de térébenthine |
| | Lépidoptères : Borers et foreurs | Se nourrissent des feuilles | Destruction des feuilles | -Pratiques culturales : rotation,... -Insecticide à base de carbofuran , aldicarbe ou bromure de méthyle. |
| | Acariens : Tarsonème du fraisier | Provoquent un arrêt du développement du feuillage | Les jeunes feuilles atteintes sont petites, déformées et frisées. | Traitements à base d'endosulfan ou dicofol. |
| | <i>Zhytia</i> | Développement sur les feuilles, favorisé par l'humidité et une température de 20 à 28°C. | Les feuilles atteintes présentent des tâches brunes sur le bord du limbe, s'étendant sur l'ensemble de la feuille. | -Pulvérisation précoce de manèbe, mancozèbe -Captafal en cas de forte attaque |
| | Maladies des tâches rouges | Maladie favorisée en période pluvieuse, les rosées et les brouillards | Petites tâches circulaires (1 à 5 mm de diamètre) rouge violacées | Fongicides à base de mancozèbe et de manèbe |
| Maladies des fruits | Pourriture grise | Infections entre le stade boutons verts dans le cœur du fraisier et les dernières floraisons | Dégâts sur les fruits récoltés | Application systématique préventive 3 à 4 fois en floraison, de fongicides à base de promycidone, iprodioma |
| | Anthracnose | Favorisée par la chaleur et l'humidité | Apparition sur un fruit rouge d'une tâche brune circulaire en dispersion dite : « en coup de pouce » | Produits à base de chlothalonil ou de carbendazine |

1.1.6 Importance nutritionnelle et médicinale de la fraise

En général, la composition de 100 g de parties comestibles de la fraise est la suivante :

- Energie : 30 à 45 kcal
- Eau : 81 g
- Glucides : 8 g
- Protéines : 0,6 g
- Lipides : 0,4 g
- Fibres : 0,5 g
- Eléments minéraux (en mg)
 - Calcium : 26
 - Phosphore : 33
 - Fer : 0,9
 - Potassium : 140
- Vitamines (en mg):
 - A : 18
 - B1 : 0,03
 - B2 : 0,07
 - Niacine : 0,4
 - C : 60 (8),(9)

Par ailleurs, la fraise a des propriétés diurétiques, laxatives et dépuratives. Elle agit sur l'immunité naturelle et stabilise le sang. C'est ainsi qu'elle est recommandée aux goutteux pour l'élimination de l'acide urique ; ainsi qu'aux hépatiques. Le jus de fraise serait un remède efficace contre les rhumatismes, grâce à une substance similaire à l'acide éthyl-méthyl-salicylique ; mais sans en présenter la toxicité.

Cependant, elle occasionnerait des troubles légers aux dyspeptiques et aux estomacs fragiles(10). Constatons aussi l'existence d'allergie liée à la fraise.

1.2 Milieu de production

1.2.1 Localisation géographique

La production de fraises se localise dans la zone d'Antananarivo Atsimondrano, principalement dans cinq communes rurales d'Andramasina : Ambatofotsy, Tsiafahy, Ambatofahavalo, Ambohijoky, Bongatsara. La culture des fraises s'étend des deux côtés de la Nationale 7, à partir du point kilométrique 21.



Figure 1 : Champs de fraisières à Ambatofotsy

1.2.2 Agroécologie de la zone

Située dans la partie sud d'Antananarivo, et culminant à 1 800 m ; la région jouit d'un climat d'altitude, et subit des gelées durant les mois de juin et août.

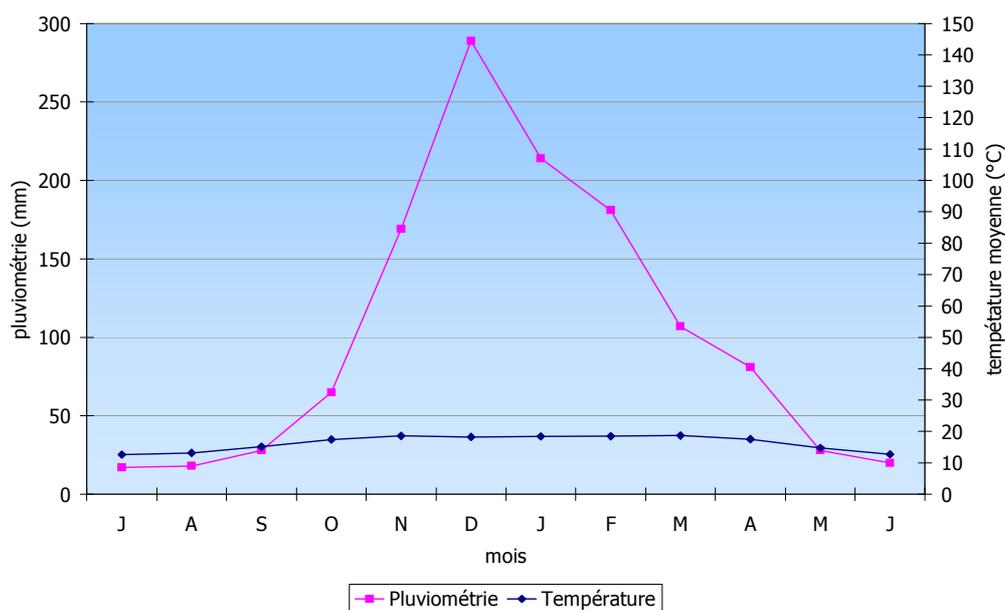


Figure 2 : Courbe ombrothermique pour la région d'Andramasina (1999)

(Service de la Météorologie Ampandrianomby)

Les données climatiques synthétisées sur la figure précédente confirment l'existence d'une période froide caractéristique, et relativement sèche entre les mois de mai et août. Se référant à l'écologie du fraisier, on peut en conclure que le climat de la région d'Andramasina est particulièrement adapté à la fraisculture.

Les fraisières sont cultivées sur trois types de sols :

- « Baiboho » : 89%

- Rizières : 8%
- « Baiboho »/ Rizières : 3% (5)

1.2.3 Infrastructures

Les parcelles de terrain cultivées sont délimitées par des diguettes. La fraisculture ne nécessite pas autant d'eau que les cultures maraîchères ou le riz ; on pratique un arrosage manuel par aspersion, quotidiennement. L'eau est prélevée dans un point d'eau non permanent aménagé à proximité. Aucun ouvrage d'art de grande envergure (barrage, canaux d'irrigation ou de drainage) n'a été localisé dans ces cinq communes rurales.

En ce qui concerne les infrastructures routières, des routes secondaires sommaires desservent la zone de production, et permettent d'acheminer les produits jusqu'à la route nationale goudronnée.

1.3 Réalisation des opérations culturales

1.3.1 Mode de multiplication

Le fraisier se multiplie essentiellement par stolons ou rejets. Les plants de la dernière récolte, ou provenant d'achats ; sont mis en pépinière. Au bout de quelques semaines, chaque pied émet plusieurs stolons, lesquels vont constituer de nouveaux plants. Cependant, la disponibilité des plants fruitiers peut dépendre de la pluie. En effet, en cas d'inondation, les fraisiers ne peuvent survivre. Ces dégâts surviennent souvent sur les zones basses, et obligent le paysan à acheter ses jeunes plants.

Tableau 3 : Calendrier cultural

| Opérations | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Préparation du sol | | | | | | | | | | | | |
| Epandage de fumier | | | | | | | | | | | | |
| Plantation | | | | | | | | | | | | |
| Sarclage (2 à 3 fois) | | | | | | | | | | | | |
| Traitements phytosanitaires | | | | | | | | | | | | |
| Arrosage | | | | | | | | | | | | |
| Récolte | | | | | | | | | | | | |

Ce calendrier cultural résumé sur le tableau 3 nous permet de concevoir le cycle de production agricole selon les opérations ci-après :

- plantation
- entretien
- fertilisation
- récolte.

1.3.2 Plantation

1.3.2.1 Préparation du sol

Elle est très importante pour le fraisier dont le système racinaire est très fragile. On prépare le sol afin d'obtenir un milieu homogène, contenant de la matière organique bien décomposée, et indemne de parasites.

Comme le fraisier craint l'humidité, il est planté en planches surélevées de 10 à 15 cm. Le labour se fait manuellement, et est réalisé quand le sol est suffisamment humide pour permettre un tassement et empêcher l'effondrement ultérieur des buttes confectionnées.



Figure 3 : Outil de sarclage

1.3.2.2 Compacité

Le dispositif de plantation le plus courant est celui des deux lignes jumelées sur une planche. Une planche est séparée de la voisine par un espace de cheminement. Les écartements recommandés sont de :

- 0,15 m entre les lignes jumelles
- 0,20 m entre les plants sur les lignes
- 0,40 m entre les planches.

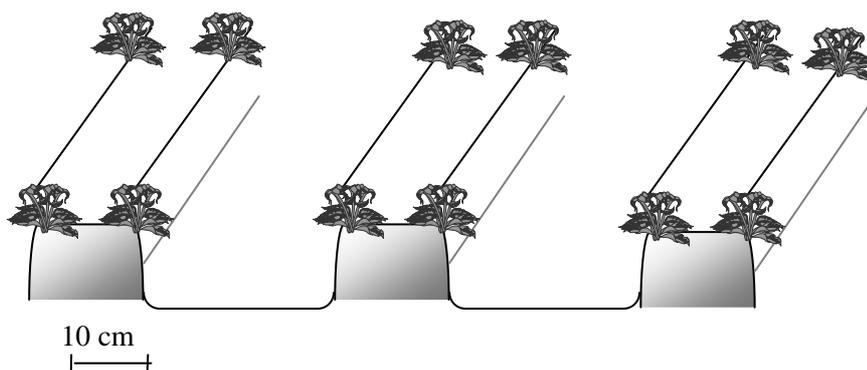


Figure 4 : Principe d'agencement des parcelles

On obtient ainsi une densité de 250 000 pieds à l'hectare.

1.3.2.3 Plantation proprement dite

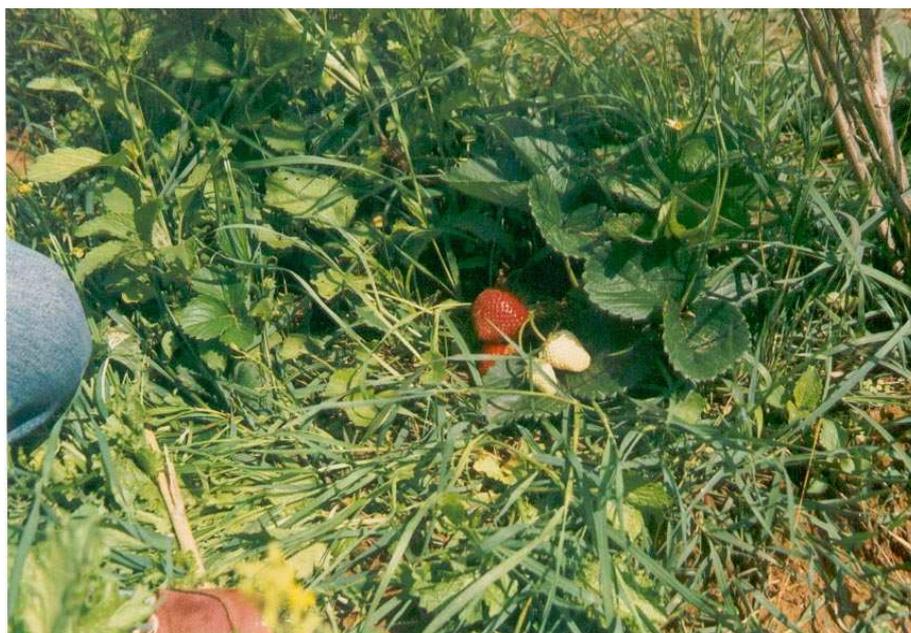
Les plants sont prélevés avec précaution dans les pépinières. Sur le terrain définitif, aux emplacements prévus, on creuse un trou ; et on met en terre les plants à l'aide d'une petite bêche ou « *angadikely* » (outil en fer plat). On veille à ne pas tordre le système racinaire. Les dates de plantation se situent vers mi-mars jusqu'à juin.

1.3.3 Entretien

Il se résume principalement aux travaux suivants :

- Remplacement des manquants : certains plants meurent au bout de deux semaines et il convient alors de les remplacer.
- Lutte contre les mauvaises herbes : deux sarclages pendant le premier mois de végétation, et 1 ou 2 complémentaires jusqu'à la récolte.
- Apport d'eau : durant la première semaine, un arrosage par jour est indispensable pour le fraisier, ensuite un rythme de 2 à 3 fois par semaine suffit.

Figure 5 : Plant n'ayant subi aucun sarclage



1.3.4 Fertilisation

1.3.4.1 Fumure organique

Le fraisier exige un sol riche en matières organiques. De ce fait, les paysans apportent du fumier provenant de la litière des zébus, chevaux, lapins et volailles. Les fraisculteurs rejettent les lisiers de porc, trop acides et nuisibles à la commercialisation. L'apport en fumure organique se fait à raison de 6 tonnes à l'hectare.

L'utilisation du compost, vulgarisée depuis peu se développe de manière conséquente actuellement dans la région.

1.3.4.2 Fumure minérale

Lors de la plantation, les agriculteurs apportent du NPK 11 – 22 – 16. Le deuxième épandage s'effectue après le second sarclage.

1.3.5 Récolte

Le temps de maturité est lié à quelques facteurs : variété, fumure et climat. Mais la récolte se fait principalement 90 jours après plantation ; soit à partir de mi-juin jusqu'à mi-décembre. La haute saison s'étend de septembre au mois de novembre.

1.4 Présentation des variétés cultivées

1.4.1 Historique

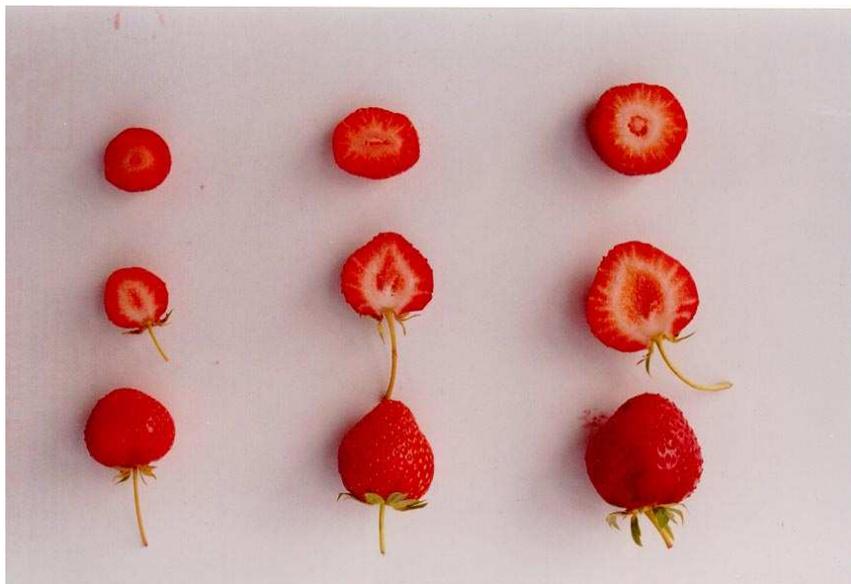
| | |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vers 1950 : | Début de la culture de la fraise avec un seul type de fraise baptisé « <i>fraise gasy</i> » |
| 1959 : | Introduction du même type de fraise par (feu) Rakotomanga, Ancien Combattant d'Ambohikely ; au Parc Botanique de Tsimbazaza. |
| 1961 : | Introduction de la variété « Voaloboka » par Robert et Ramarokoto. |
| 1972 : | Introduction de la « Madeleine » par Rakotoary. |
| 1975 : | Disparition totale du 1 ^{er} type de fraise |
| 1985 : | Première apparition de la maladie des fraisiers |
| 2000 : | Introduction de nouvelles variétés dont « Favette » et « Sequoia » |

1.4.2 Etude descriptive

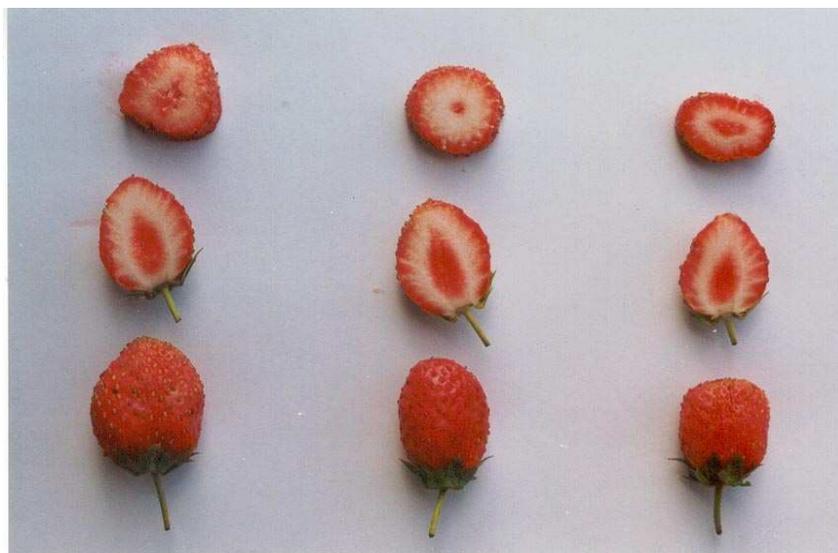
La fraise diffère d'une variété à l'autre. Les caractères d'identification reposent surtout sur l'aspect extérieur des *fruits*, visible sur les Clichés 4, 5 et 6 dont nous observons le détail sur le tableau 4. Et cet aspect est visible sur les figures 6, 7 et 8.

Tableau 4: Description des variétés de fraises

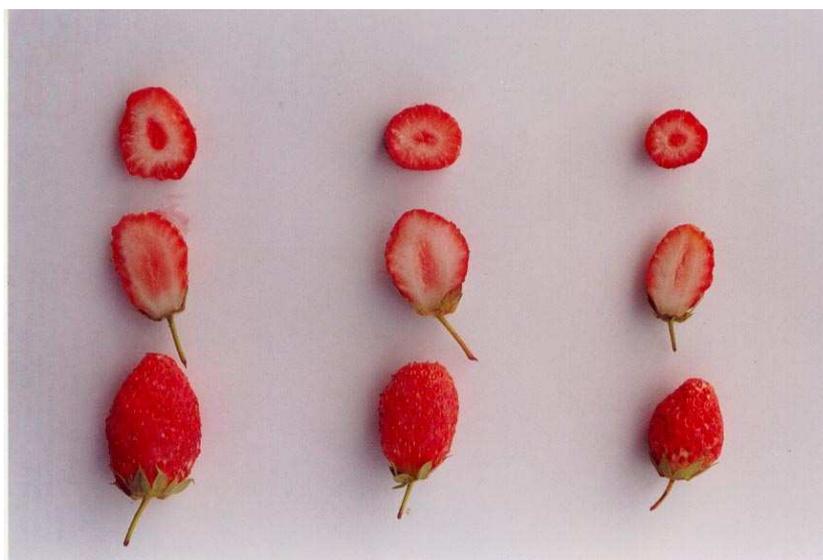
| Caractère/ partie | Critère | Favette | Madeleine | Sequoia | Voaloboka |
|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
| Grosueur | Longueur (cm) | 3,52 | 3,44 | 2,69 | 2,11 |
| | Largeur (cm) | 2,95 | 2,37 | 2,63 | 1,18 |
| Poids | Entier (g) | 11,12 | 9,111 | 8,752 | 4,25 |
| | Equeuté (g) | 9,851 | 8,728 | 8,362 | 3,85 |
| Forme | Base | Plane | Convexe | Convexe | Convexe |
| | Forme du sommet | Pointu | Arrondi | Arrondi | Pointu |
| | Corps | Ovoïde | Ellipsoïdale | Globuleuse | Ellipsoïdale |
| Calice et calicule | Grandeur | Grand | Assez grand | grand | Assez petit |
| | Couleur | Verte | Verte | Verte | Verte |
| | Position par rapport à la fraise | Étalé | appliqué | étalé | appliqué |
| | Pilosité | Très court | Peu, très court | Présente | Moyenne |
| | Adhérence | Assez faible | Forte | Assez faible | Assez forte |
| Pédicelle | Résistance | Assez fragile | Résistant | Assez fragile | Assez résistant |
| | Longueur | Long | Long | Long | Long |
| | Position | mi-appliqué | mi-appliqué | Étalé | Appliqué |
| | Adhérence | Assez forte | Forte | Assez forte | Assez forte |
| Epiderme | Poils | Très peu | Peu poilu | Très peu | Faiblement poilu |
| | Brillance | Brillant | Moyennement brillant | Très brillant | Assez brillant |
| | Coloration | Rouge vif | Moyennement colorés | Rouge vif à très foncé | Rouge |
| Chair | Dureté | Dur | Tendre | Tendre | Tendre |
| | Couleur | Rouge vif → Vitreuse | Rouge vif → blanchâtre | Rouge foncé → vitreuse | Rouge → blanchâtre |
| | Centre | Creux | Creux | Creux | Plein |
| Akènes | Couleur des faisceaux vasculaires | Blancs | Blancs | Rosée | Blanc |
| | Couleur | Jaune verdâtre | Rouge plus foncé ; jaune | Variées | Jaune verdâtre |
| | Enfoncement | Peu enfoncé | Peu enfoncé | Peu enfoncé | Légèrement enfoncés |
| | Ecartement | Peu écarté | Peu écarté | Moyen, rangés en lignes elliptiques | Moyen |



Cliché 2 : Coupe de la variété Favette



Cliché 3 : Coupe de la variété Madeleine



Cliché 4 Coupe de la variété Voaloboka

Notre étude se portera sur la transformation des fraises d'Ambatofotsy. Au cours de l'étude, nous avons été en présence de quatre variétés : la variété « Voaloboka », « Madeleine », « Favette » et « Sequoïa ». Si les deux premières variétés occupent le plus de superficie, les deux dernières restent cultivées à une échelle encore quasi-expérimentale. Ainsi, des ruptures d'approvisionnement concernant ces deux variétés, et surtout la « Sequoïa » nous ont contraint à abandonner certaines expérimentations la concernant.

1.4.3 Analyses physico-chimiques

Des analyses physico-chimiques préliminaires ont été menées sur les matières premières. Les méthodes adoptées apparaîtront en détails dans les parties expérimentales. Les résultats obtenus sont exposés dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Analyses physico-chimiques de la fraise

| Variété | Favette | Madeleine | Voaloboka | Moyenne |
|----------------------|---------|-----------|-----------|---------|
| Matière sèche | 10,829 | 11,235 | 11,188 | 11,084 |
| Indice de réfraction | 13,73 | 9,33 | 10,26 | 11,11 |
| Sucres réducteurs | 5,10 | 4,93 | 5,43 | 5,15 |
| pH | 3,32 | 3,23 | 3,17 | 3,24 |
| Cendres brutes | 0,6058 | 0,3276 | 0,7300 | 0,5545 |

Le tableau 5 nous montre que la variété Favette présente la teneur en eau la plus élevée et son indice de réfraction est supérieure. Par contre, Voaloboka est la plus pourvue en sucres réducteurs. En ce qui concerne l'acidité, les valeurs tournent autour de 3,24 avec le pH le plus bas pour la variété Voaloboka. Cette dernière possède aussi, par ailleurs, une plus haute teneur en cendres.

1.4.4 Appréciation des paysans sur les variétés cultivées

Tableau 6 : Appréciation des paysans sur les variétés cultivées (7)

| | Goût(Sucre) | Calibre | Forme et brillance | Résistance au transport | Développement des stolons | Rendement | Total des points |
|-----------|--------------|---------|--------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|------------------|
| Favette | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 19 |
| Sequoïa | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 13 |
| Voaloboka | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 14 |

D'un point de vue strictement agronomique, les variétés Favette et Voaloboka semblent présenter les meilleurs caractéristiques.

Quant à l'appréciation à la consommation, La Favette remporte la note la plus élevé, il en est de même pour la commodité au transport donc à la commercialisation.

1.4.5 Analyses organoleptiques

Nous avons soumis les fraises fraîches à une analyse organoleptique au cours d'une séance d'analyse descriptive et hédonique. Le questionnaire utilisé est présenté en partie expérimentale. Les résultats de l'étude seront présentés selon les critères de description employés:

1.4.5.1 Analyse descriptive

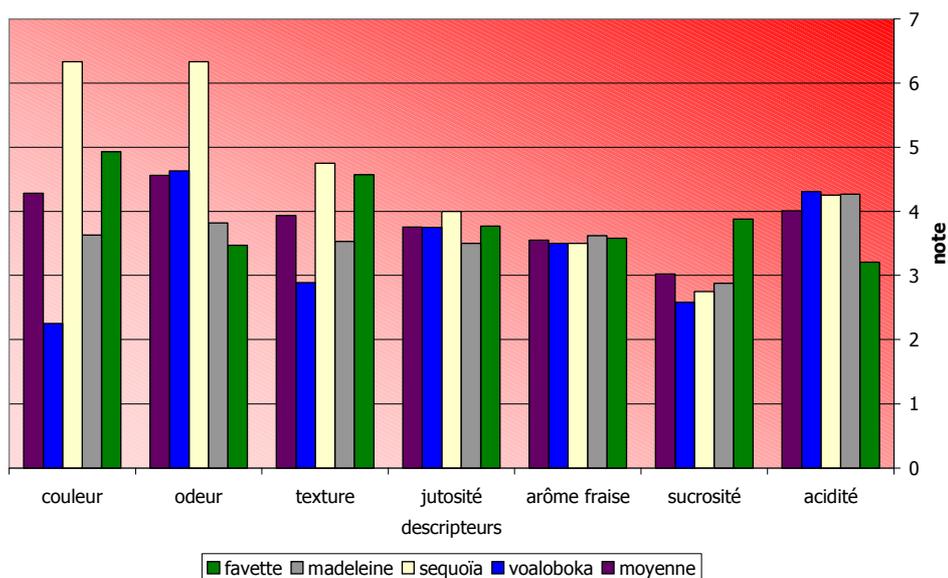


Figure 9 : Analyse descriptive de la fraise

Nous remarquons qu'au niveau de la jutosité, de l'arôme fraise et de l'acidité, les différences perçues sont assez faibles entre variétés. Cependant, pour la couleur rouge, l'odeur et la texture, les variations sont significatives. Nous constatons la relative faiblesse de la couleur rouge chez la variété Voaloboka, tandis que la variété Sequoïa, avec une note de 6,33 est colorée en rouge tirant au noir. En outre, la Favette et la Madeleine sont les variétés qui présentent le moins d'odeur perceptible. Au niveau de la texture, les variétés récentes Favette et Madeleine sont légèrement plus fermes. Enfin, le caractère sucré de la Favette est le plus prononcé avec une note de 3,88 : les fraises proposées ne sont pas très sucrées.

1.4.5.2 Analyse hédonique

Pour cette analyse, nous avons adopté le test de préférence par lequel on cherche à savoir l'échantillon préféré par les consommateurs parmi les variétés proposées. Le résultat montre que la totalité du jury préfèrent la variété Favette.

1.5 Socio-économie

1.5.1 Caractéristiques d'exploitation foncière

1.5.1.1 Typologie

En général, on peut identifier 4 régions de culture du fraisier : Ambatofotsy, Ankorondrano, Ambohikely et Vatovaky ; où 71% en moyenne des ménages ruraux pratiquent la fraisculture. Elle substitue le riz, qui rencontre une faible productivité.(7)

Les fraisculteurs d'Ambatofotsy peuvent se différencier selon les critères ci-après :

- mode de faire-valoir
- type de main d'œuvre
- superficie, rendement et production

1.5.1.2 Mode de faire-valoir

Le mode de faire-valoir direct reste le plus courant dans la région, avec 35% des exploitations. Le fermage est constaté dans le cas des propriétaires de « tanety » désirant pratiquer la fraisculture sur les « baiboho ». Il s'élève à 28% des exploitations. Notons toutefois que la majorité des fraisculteurs combinent les deux modes de faire valoir, dans un contexte d'extension des terrains cultivés. Ce cas se rencontre dans 37% des cas.(5),(7)

1.5.1.3 Type de main d'œuvre

Les besoins en main d'œuvre sont très importants, surtout lors de la période de préparation du terrain. (Voir §1.5.3.2). Ainsi ; quoique les membres de la famille puissent s'atteler à cette tâche, une grande majorité de producteurs doivent recourir à la main d'œuvre salariée afin d'assurer correctement le calendrier cultural.

Par ailleurs, le système traditionnel d'entraide ne se pratique plus que pour les ménages à cours de liquidités. Ainsi, au cours de tout le cycle de production, la participation moyenne des actifs se départage de la manière suivante :

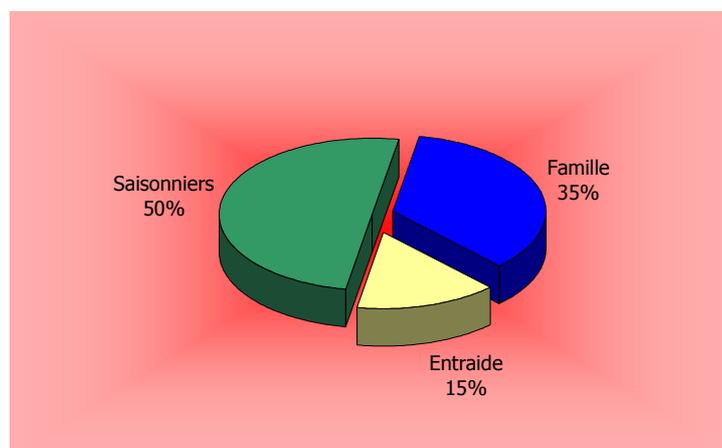


Figure 10 : Répartition de la main d'œuvre (7)

La main d'œuvre salariée est toujours disponible sur injonction 2 jours avant les travaux. Cependant, lorsque la demande est élevée, on assiste à un retard sur le

calendrier cultural. La préparation du sol et le sarclage sont les opérations qui demandent le plus de main d'œuvre salariée.

1.5.1.4 Superficie, rendement et production

La superficie moyenne des exploitations est de 18 ares. Environ 57% des producteurs se trouvent au-dessous de la moyenne. On remarque cependant des fraisculteurs exploitant jusqu'à 100 ares.(7)Ceux-ci parviennent à produire plus, cultivent souvent sur rizière, et sont pour la plupart des éleveurs donc, ne se heurtent pas à la rareté des fumures. Cependant, l'investissement, la main d'œuvre nécessaire et l'hétérogénéité des rendements restent les facteurs limitants.

On peut déceler trois catégories de fraisculteurs suivant leur production de l'année :

- 68% ont une production inférieure à 1 000 kg
- 13% entre 1 000 et 1 750 kg
- 19% supérieure à 1 750 kg, jusqu'à 3 000 kg.

Du point de vue du rendement, 70% de fraisculteurs obtiennent un rendement inférieur à 60 kg/ are. Les 30% restants arrivent à réaliser un rendement supérieur. La différence provient du niveau d'entretien et de soins effectués sur la culture (sarclage, fumage, arrosage,...). (7)

1.5.2 Organisations paysannes

1.5.2.1 Historique et objectifs

Le premier groupement de fraisculteurs a vu le jour vers 1976. Il n'a été reconnu en tant qu'Association qu'en 1994, et fut dénommé EZAKA. En 1999 s'est tenue la Foire de la Fraise Ambatofotsy ; organisée par l'Association en collaboration avec le programme FDP et PAEA. La même année, l'Association a permis aux producteurs de participer à la Foire Internationale de l'Economie Rurale (FIER Mada), avec l'appui du PPDA ; et en 2001 avec le programme SAHA.

En 2002, le groupement s'est élargi et regroupe 38 Associations de base au sein de l'Union FANAVOTANA. Le groupe participe à l'édition 2002 de la FIER Mada sous ce statut. Actuellement, plus de 75% des fraisculteurs de la région adhèrent à l'Association. (7),(11)

Les associations visent à développer le marché des produits. Elles aident également à l'approvisionnement en intrants (crédits, boutiques). Ainsi, les adhérents s'associent pour :

- La possibilité d'acquérir des avantages personnels qu'ils ne peuvent se procurer qu'à titre collectif ;
- L'accès au crédit rural et à l'acquisition de moyens de production nécessitant une caution solidaire ;
- La participation aux formations et appuis techniques.

Cependant , la structure des associations exige un renouvellement annuel de la carte d'adhésion assorti d'un droit de 7 500 Fmg ; qui semble élevé selon certains membres. Les nouveaux membres doivent s'acquitter d'un droit d'adhésion de 12 000 Fmg. De plus, chaque paysan n'a droit qu'à un crédit de 5 kg de NPK. Les produits phytosanitaires sont à payer au comptant.

1.5.2.2 Réalisations

L'Union agit en concourant à diverses manifestations de reconnaissance et de promotion de la fraise, en adoptant des améliorations techniques, et en essayant de faciliter l'écoulement des produits. Pour ce faire, elle agit en collaboration avec des



groupements d'appui.

Tableau 7 : Réalisations (7)

| Axes | Organismes d'appui | Réalisations |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Techniques culturales | PFSH, SAHA, ACM, FIAVAMA, SFOI | Introduction de nouvelles variétés (dont Favette et Sequoia) Introduction du paillage Essai du paillage sous film plastique Collaboration avec des distributeurs d'intrants et mise en place de boutiques d'intrants |
| Valorisation | FOFIFA | Essais sur les transformations de la fraise |
| Commercialisation | PFSH, SAHA, GAGE | Accords avec la CUA sur l'emplacement du marché Essais sur les barquettes en plastique Participation aux foires |
| Organisation | SAHA | Formations sur la vie associative et la gestion financière |

Figure 11 : Culture sans paillage

Figure 12 : Culture avec paillage

1.5.2.3 Perspectives

Suite aux différents problèmes qui nuisent encore au développement de la filière fraise, des travaux thématiques organisés par l'Union en collaboration avec ses organismes d'appui ont abouti aux solutions stratégiques présentées sur le tableau 8.

Tableau 8: Perspectives d'évolution

| Axes | Perspectives | Piste de collaboration | Actions à entreprendre |
|---------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Production agricole | Collaboration avec des fournisseurs d'intrants | ACM, FIAVAMA | Approche de proximité auprès des paysans, conditionnement adapté aux besoins réels des paysans, formations |
| | Utilisation d'intrants à moindre coût | Producteurs | Promotion du compostage |
| | Mise en place de boutiques d'intrants | ACM | Crédit en intrants de 3 000 000 Fmg remboursable en trois mois sans intérêt pour les groupements reconnus. |
| | Meilleure utilisation des produits phytosanitaires | ACM, FIAVAMA | Edition de fiches techniques Traduction en malgache facile des notes, modes d'emploi des produits |
| | Promotion du paillage sous film plastique | SFOI | Elaboration de film plastique plus résistants (2 campagnes) Exonérations accordées aux groupements |
| | Recherche de variétés améliorées | A déterminer | Recherche –Développement, importations |
| Valorisation | Rapport qualité/ quantité des fraises | Producteurs | Adoption des innovations techniques |
| | Regroupement des fraisculteurs | Producteurs | Renforcement de la structure des associations |
| | Transformation de la majeure partie de la production | Transformateurs, organismes de financement | Formations techniques et élaboration de projets réalisables |
| Commercialisation | Sécurisation du marché | CUA, transformateurs potentiels | Renforcement de la collaboration avec la CUA Respect des contrats de vente |
| | Facilitation du transport | Producteurs, transporteurs | Organisation des producteurs (surtout en haute saison) pour la location de véhicules |

1.5.3 Coûts de production

1.5.3.1 Problèmes de production

La rentabilité de la culture fraisicole d'Atsimondrano varie suivant le système adopté, mais les problèmes essentiels se concentrent sur les points suivants :

- Insuffisance des surfaces cultivables (« *Baiboho* »). De plus, le coût de location des parcelles est élevé : 15 000 Fmg/ are/ campagne.
- Retard sur le calendrier car l'investissement provient essentiellement de la vente du riz, ce qui force à attendre l'écoulement du riz produit
- Le coût des engrais chimiques et produits phytosanitaires augmente au moment de l'utilisation, d'où un non-respect des doses prescrites. Par conséquent, le rendement est faible
- Difficulté d'assurer les sarclages suite au manque de main d'œuvre.

1.5.3.2 Evaluation économique

Les besoins en main d'œuvre à l'hectare se répartissent de la manière suivante :

Tableau 9 : Besoins en main d'œuvre

| Travaux à effectuer | Mode | Besoins (h,j) |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------|
| Labour et billonnage | Manuel | 100 |
| Epandage fumier | Manuel | 4 |
| Transplantation | Manuelle | 30 |
| Sarclage + binage | 3 fois, manuel | 150 |
| Epandage engrais chimique | 2 fois, manuel | 20 |
| Traitements phytosanitaires | 2 fois, avec brosse | 20 |
| Arrosage | 6 mois, permanent, manuel | 1 440 |
| Récolte | 1 à 2 fois/ semaine, manuelle | 120 |

L'exploitant moyen dispose d'un outillage composé des éléments suivants :

Tableau 10 : Coût des matériels

| Matériel | Nombre | Prix unitaire (Fmg) | Montant (Fmg) | Durée d'utilisation (an) | Amortissement (Fmg) |
|------------|--------|---------------------|---------------|--------------------------|---------------------|
| Angady | 4 | 20 000 | 80 000 | 2 | 40 000 |
| Angadikely | 4 | 2 000 | 8 000 | 2 | 4 000 |
| Arrosoirs | 10 | 12 500 | 125 000 | 3 | 42 000 |
| Seaux | 4 | 7 000 | 28 000 | 4 | 7 000 |
| Cuvettes | 2 | 10 000 | 20 000 | 4 | 5 000 |
| Caisse | 25 | 1 500 | 37 500 | 2 | 18 750 |
| Soubiques | 4 | 2 000 | 8 000 | 1 | 8 000 |
| TOTAL | | | | | 124 750 |

Concernant les consommables, les agriculteurs ne font pas de provisions, ni en engrais chimiques, ni en produits phytosanitaires. L'achat se fait au fur et à mesure des besoins, et suivant le budget disponible. On remarque une élévation des prix lors des périodes de grand besoin.

Tableau 11 : Coût des intrants

| Intrants | Quantité (kg) | Prix unitaire (Fmg) | Montant (Fmg) | Charges annuelles (Fmg) |
|-----------------|---------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| Phytosanitaires | 40 | 3 500 | 140 000 | 140 000 |
| NPK | 60 | 3 000 | 180 000 | 180 000 |
| TOTAL | | | | 320 000 |

Par ailleurs, en cas d'achat de plants, le coût s'élève à 7 500 à 10 000 Fmg par are cultivée, soit une moyenne de 180 000 Fmg.

Les autres charges concernent la commercialisation :

Tableau 12 : Coût de la commercialisation

| Désignation | Quantité | Prix unitaire (Fmg) | Montant (Fmg) | Charges annuelles (Fmg) |
|----------------------------|--------------------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| Déplacement vers Anosy | 2 pers./semaine 24 pers./3 mois | 3 000 | 72 000 | 72 000 |
| Transport des marchandises | 20 caisses/ semaine 240 caisses/ 3 mois | 500 | 120 000 | 120 000 |
| Ticket de vente | 240 caisses | 100 | 24 000 | 24 000 |
| | | | | 216 000 |

L'exploitant moyen, disposant de 18 ares, débourse donc environ 975 750 Fmg pour la fraisculture annuelle outre la main d'œuvre salariale. Soit un coût de production moyen de 4 065 Fmg par caisse de 4 kg.

1.5.4 Circuit de commercialisation

1.5.4.1 Problèmes de commercialisation

Du point de vue de la vente, il n'existe encore aucune sécurisation des paysans au niveau des prix. Les collecteurs les fixent à un niveau faible, alors que leur intervention est primordiale dans l'organisation du marché.

Des problèmes de réticence vis-à-vis de la fraise en raison des récentes endémies de cysticerose persistent aussi. La cysticerose est une maladie obtenue après ingestion d'œufs de ténia. Ces derniers proviennent de matières fécales des personnes parasitées par le ténia. Arrivés à l'intérieur de l'organisme, les œufs évoluent en cysticerques au niveau de certains organes. C'est à ce moment que l'individu est atteint de cysticerose.

En général, tout aliment malpropre, plus particulièrement celui que l'on ingère cru, peut être porteur d'œufs de ténia quand il est exposé à des conditions ne respectant pas les règles d'hygiène. A titre d'exemple : les fruits dont la fraise, les salades, les carottes.(12)

1.5.4.2 Circuits et destinations

Les principaux types de circuits au niveau de la commercialisation sont schématisés dans la figure suivante :

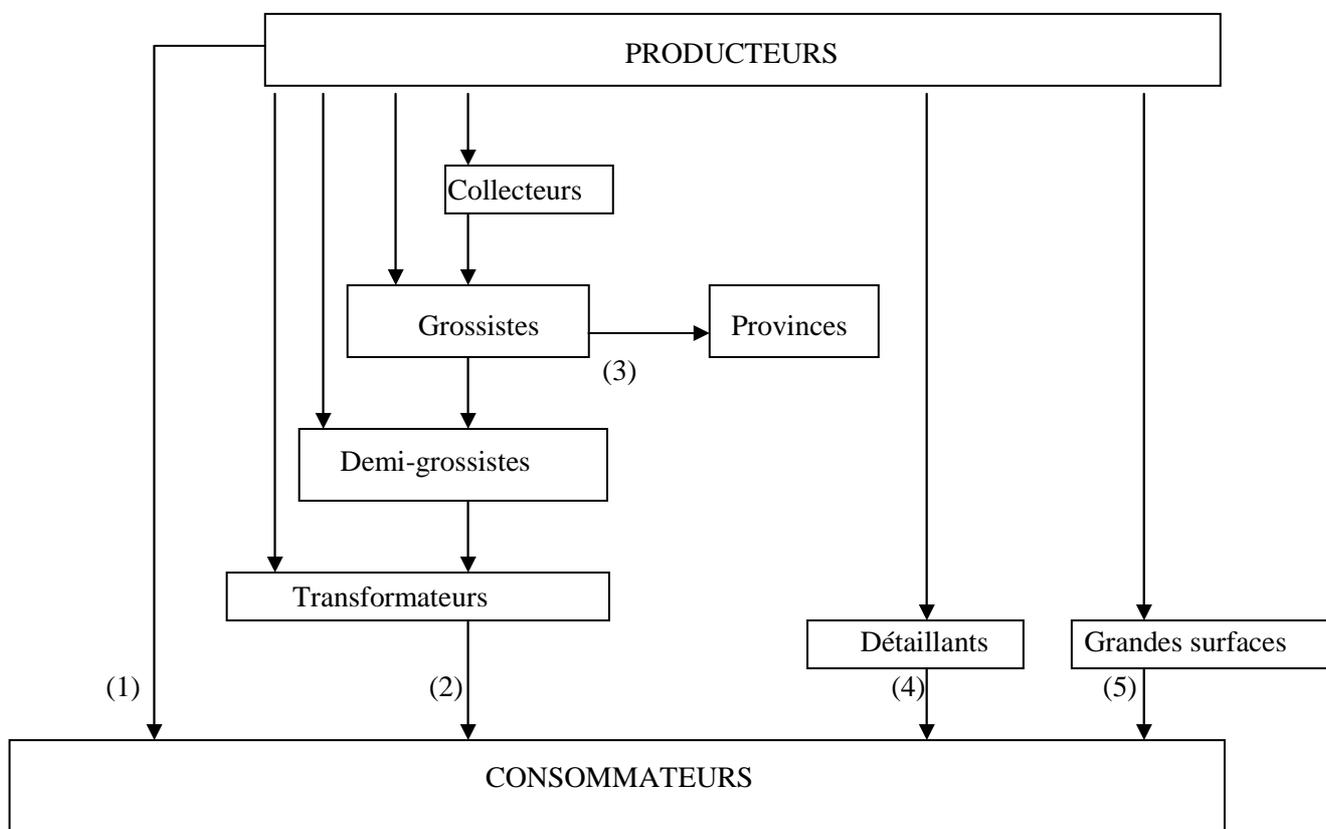


Figure 13 : principaux types de circuit

A l'heure actuelle, la vente en frais sur les marchés reste le principal débouché de la fraise avec 48,62% des ventes.

Tableau 13 : Répartition des ventes

| | Types de vente | Localisation | Répartition des ventes |
|-----|------------------|---------------------|------------------------------------------------------|
| (1) | Vente locale | Pont d'Ambatofotsy | 0,2% |
| (2) | Transformations | Fonction de gros | 2,3% confiseries+2,3% Glaciers+23,1% transformateurs |
| (3) | Provinces | Fonction de gros | 10% Toamasina, Antsirabe, Fianarantsoa |
| (4) | Détaillants | Anosy | 48% |
| (5) | Grandes surfaces | Zones de production | 13,4% |

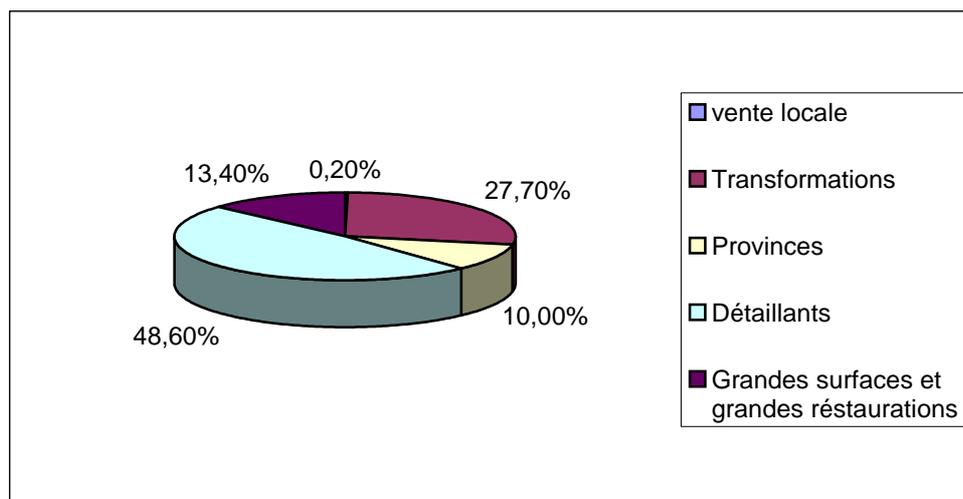


Figure 14 : Répartitions des ventes



Figure 15 : Marché d'Anosy

1.5.4.3 Quantités et prix

La production annuelle de fraises d'Ambatofotsy est d'environ 560 tonnes (2001)(7) dont près de la moitié est écoulee à Anosy suivant le circuit (4). Elle est actuellement disponible la moitié de l'année, mais à des quantités et prix très variables :

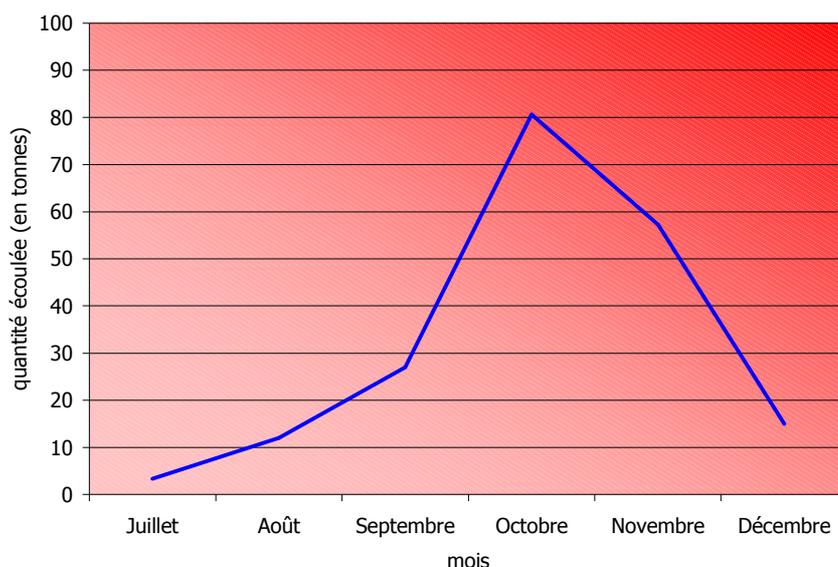


Figure 16 : Répartition sur l'année des ventes de fraises à Anosy

Nous observons un pic très net de la quantité de fraises vendue pendant les mois d'octobre et novembre. Cette courbe suit l'archétype de pratiquement toute production agricole. La quantité mensuelle maximale écoulee est d'environ 80 tonnes. Les fraises précoces des mois de juillet et d'août, écoulees sur le marché sont en quantité très faible ne dépassant pas 20 tonnes.

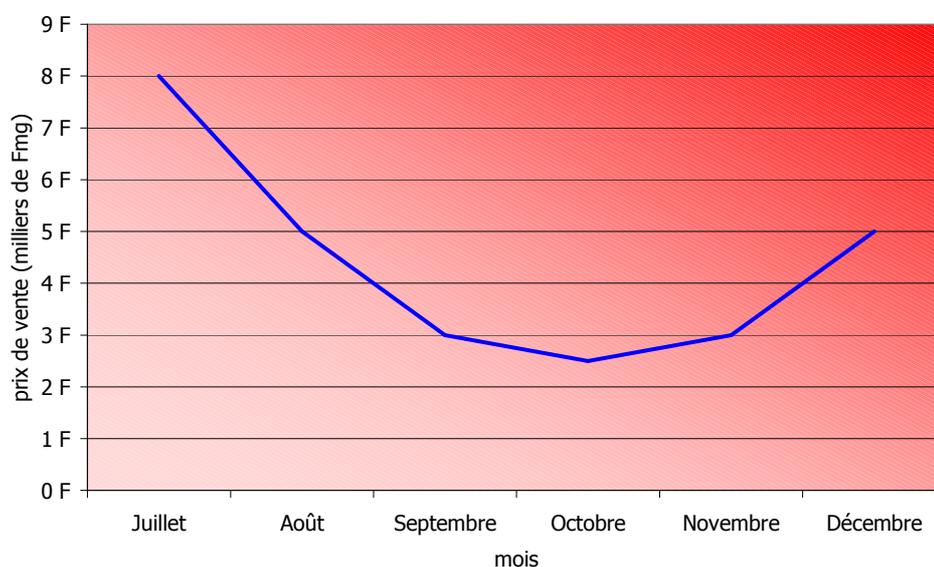


Figure 17 : Evolution des prix du kilogramme de fraises au cours de l'année

Les prix de vente par kilogramme des fraises fraîches sont inversement proportionnels aux quantités écoulees. De 8 000 Fmg vers le mois de juillet, ils fléchissent à 5 000 Fmg dès le mois d'août. les fraises sont bradées de 2 500 à 3 000 Fmg pendant la haute saison pour valoir un peu plus en fin de saison, vers le mois de décembre.

1.6 Conclusion partielle

La fraise est un fruit des régions tempérées mais peut bien s'acclimater dans quelques zones des régions tropicales.

Le fraisier est surtout cultivé pour ses fruits charnus et juteux, possédant des atouts nutritionnels et des vertus médicinales non négligeables.

A Ambatofotsy, la principale région productrice de fraise à Madagascar, quatre (04) variétés sont recensées. Parmi ces variétés, la Favette semble être la plus appréciée tant par les paysans que par les consommateurs.

Dans cette même région, les fraiseuriers peuvent produire jusqu'à 560 tonnes/an, mais ils se heurtent à des problèmes d'écoulement de leur récolte. La réticence des gens vis-à-vis des fraises à l'état frais en raison de la cysticerose en est la principale cause. En outre, les transformateurs de fruits ne prennent qu'une petite part de la production. Ceci entraîne un surplus de production qui, sans moyens de conservation appropriés, va être gaspillé.

D'où la nécessité de valoriser les fraises en les transformant en produits plus stables.

PARTIE 2 :

TECHNOLOGIE DE FABRICATION ET COMPARAISON DES CARACTERES PHYSICO- CHIMIQUES ET SENSORIELS DES SIROPS DES FRAISES

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.1 GENERALITES SUR LES SIROPS

2.1.1 Historique

Les sirops n'ont pas de dynastie fondatrice, ni d'anecdote prestigieuse. Notons seulement qu'ils constituent une spécialité typiquement française. Chargés de souvenirs, ils sortent tout droit de la cuisine familiale où le fruit mûr du jardin à chaque saison se faisait sirops ou autres conserves. Simples « boissons ménagères » comme on les appelle dans les livres de recette qui datent un peu, les sirops permettaient de profiter et de conserver les fruits et les plantes de l'été grâce au sucre et à la cuisson.

Personne ne sait exactement comment les sirupeux breuvages quittèrent les bassines en cuivre de grand-mère et son jardin. Mais dans les petits laboratoires d'arboriculteurs, de moines, de pharmaciens ou de commerçants entreprenants, ils devinrent productions artisanales puis de plus en plus industrielles.(14)

2.1.2 Description du sirop

2.1.2.1 Définition

Le sirop de fruit est le produit obtenu par mélange de sucre avec le jus de ce fruit. Le principe consiste à l'évaporation de ce mélange jusqu'à l'obtention d'une substance suffisamment sirupeuse contenant environ 65g de sucre pour 100g de produit final.(15)

Paradoxe du langage marketing, le mot « sirop » est utilisé pour désigner une eau sucrée, aromatisée et colorée artificiellement.

2.1.2.2 Caractéristiques et utilisations

Selon la législation française, un sirop en bouteille comprend au minimum 55% de matières glucidiques c'est-à-dire de sucres ajoutés et de sucres de fruits (50% pour les sirops d'agrumes) et 10% de jus de fruits (7% pour les agrumes). Mais à partir de cette base commune, la composition peut varier d'un sirop à l'autre.(14)

Le sirop est employé pour préparer des boissons, des crèmes, des gâteaux, des glaces et des sorbets. Et son utilisation comme boisson nécessite une dilution à raison de 5 à 6 volumes d'eau naturelle ou gazeuse pour un volume de sirop.(16)

2.1.2.3 Intérêt de la transformation

Les fraises, comme tous les autres fruits, jouent un rôle nutritionnel prépondérant (17). Mais elles ont l'inconvénient d'être facilement périssables. Leur stockage aux conditions naturelles serait alors peu probable.

En outre, le caractère saisonnier de ces fruits entraîne une saturation de marché pendant des laps de temps court et d'une manière conséquente, le surplus de production est gaspillé.

Afin d'éviter toutes ces pertes, les fraises doivent être immédiatement transformées après leur récolte. En effet, la transformation limite toutes formes de dégradation (chimique, enzymatique, microbiologique), et permet ainsi de prolonger la conservation des fruits (18). Dès lors, l'accès à ces produits transformés est possible pendant toute l'année. Et tout un chacun peut jouir de leurs bienfaits au moment où il le désire.

La transformation en sirop est englobée dans les techniques de conservation des fruits par le sucre. Elle a pour but de porter la teneur en sucre du suc cellulaire des fruits à

une valeur telle que le produit obtenu ne puisse plus s'altérer. La conservation est alors assurée par:

- l'acidité naturelle des fruits, et
- la concentration élevée en sucre inhibant tout développement de microorganismes.(15)

2.1.2.4 *Qualité des sirops*

La qualité d'un sirop est liée fortement à la qualité des matières premières qui doivent, par conséquent, subir une série de prétraitements (cf. 1.3.2.1.) avant d'alimenter la chaîne de transformation.(19)

Le choix des variétés est également important en ce sens que les caractères pouvant influencer sur la qualité du sirop (teneur en sucres, acidité...) varient largement d'une variété à l'autre (cf.4.3.).

2.1.3 **Procédé général de fabrication de sirop de fruits**

2.1.3.1 *Ingrédients*

2.1.3.1.1 *.Sucre*

Dans le rôle du conservateur naturel, le sucre peut se présenter sous différentes formes :

- sirops de glucose et de fructose : matières glucidiques liquides extraites d'amidon de céréales
- sucre de betterave
- sucre de canne (15)

Quoiqu'il en soit, ces sucres ne sont autorisés que dans des proportions limitées.(19)

En général, on ajoute 100 à 200g de sucre pour 100g de jus. Pour certains fruits, cependant, les proportions diffèrent comme le montre le tableau n°14

Tableau°14 : Proportion de sucre dans la fabrication de sirop

| Fruits | Sucre | Jus |
|---------------|-------|--------------------------------|
| Tamarins | 400g | 100g |
| Grenadilles | 400g | 100g |
| Raisins | 170g | 100g |
| Abricots | 950g | 1l |
| Ananas | 1kg | Jus d'un fruit avec 3/4l d'eau |
| Pommes | 1kg | 0.7l |
| Pamplemousses | 800g | 1l |
| Citrons | 1kg | 1l d'eau et 4 citrons |
| Oranges | 1kg | 1l d'eau et 14 oranges |

Source : BIT, PNUE, 1990.

2.1.3.1.2 *Jus de fruits*

Les jus doivent être obtenus à partir de fruits frais, sains et mûrs par des procédés tels que : broyage, pressage, diffusion et macération. Ils posséderont la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques des fruits dont ils proviennent. Ces jus peuvent être :

- frais : n'ayant subi ni des contraintes physiques ni de stabilisation (pasteurisation) ;
- ou pur : n'ayant reçu aucune adjonction de coloration ni de conservateur.(20)

Un sirop ne peut porter le nom du fruit dont il est issu, si celui-ci ne figure pas dans la bouteille au moins à hauteur de 10%.(14)

NB : Faute de qualité aromatique des fruits satisfaisante, l'usage d'arômes est permis à condition qu'ils soient naturels : essences, huiles...

La législation française autorise également le colorant naturel, comme E120 (carmin de cochenille), dans la fabrication de sirop.(14)

2.1.3.2 Ligne de fabrication

La ligne de fabrication est présentée par la figure n°9

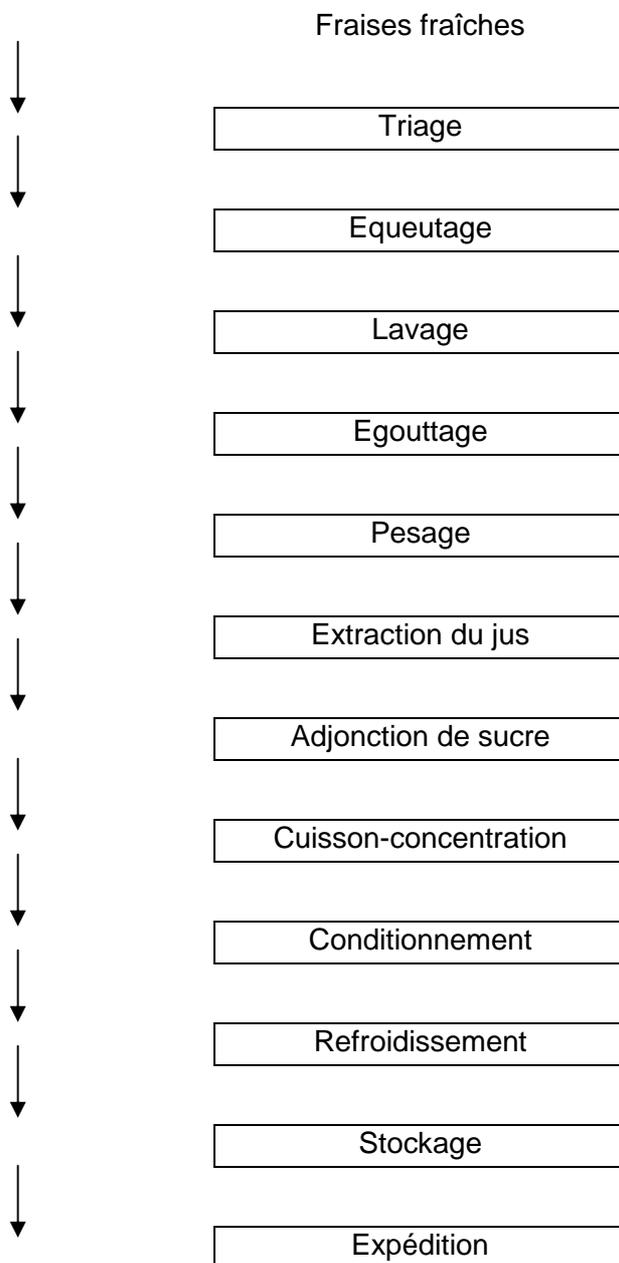


Figure 18 : Ligne de fabrication de sirop de fraises

2.1.3.2.1 .Opérations préliminaires

Ces opérations sont d'autant plus nécessaires que la qualité recherchée est importante.(20)

a. Triage

Le triage a pour objet l'obtention de fruits de maturité homogène d'une part et l'élimination des fruits altérés et de corps étrangers d'autre part. La vérification des variétés s'effectue également à ce stade.

b. Equeutage

Il consiste à éliminer les parties indésirables (non consommables) des fraises, pouvant dénaturer la saveur du sirop et altérer ses qualités organoleptiques.

c. Lavage

Cette opération a pour but d'éliminer les impuretés, les résidus des produits phytosanitaires pulvérisés avant la récolte et les microorganismes superficiels. En outre, les fraisiers portent leurs fruits au ras du sol pendant leur végétation, ce qui les rend inséparables aux grains de sable; ces fruits nécessitent de ce fait un lavage méticuleux, lequel est opéré avec délicatesse à cause de la fragilité des fraises.

d. Pesage

Le pesage est nécessaire pour évaluer:

- la quantité de matières premières alimentant la chaîne de transformation ;
- la quantité obtenue en fruits débarrassés de tous déchets ;
- les proportions de sucre à ajouter ;
- le poids du produit obtenu.

Bref, cette opération permet d'établir le bilan matière, et par conséquent, de déterminer le rendement de la transformation.

e. Extraction du jus

Différentes méthodes permettent d'extraire le jus des fruits :

-par broyage : consiste à réduire la chair des fruits en une suspension épaisse homogène, cette méthode nécessite un tamisage suivi d'une clarification du jus avant la cuisson du fait de l'excès en matières insolubles ;

-par pressage : a pour but d'extraire le jus des fruits tout en effectuant un tamisage de la pulpe, il permet d'obtenir directement un jus de fruit clair contrairement au broyage ;

-par diffusion : cherche à obtenir le jus par diffusion dans l'eau ou la vapeur d'eau ;

-par macération : consiste à laisser reposer les fruits dans du sucre pendant une certaine durée, et le jus est recueilli par tamisage, cette méthode met en jeu le phénomène d'osmose.(21)

2.1.3.2.2 .Cuisson-concentration

La cuisson constitue l'opération essentielle de la chaîne de transformation. Son rôle est de :

- diminuer la teneur en eau ;
- pasteuriser le mélange : inhiber le développement des microorganismes par la chaleur ;
- dissoudre le sucre et provoquer son inversion partielle à raison de 30 à 50% (15)

On stoppe la cuisson lorsque le sirop est à la concentration voulue. Une cuisson poussée entraîne la formation de cristaux de sucre qui nécessite un ajout d'eau au sirop. Par contre, une cuisson insuffisante donne du sirop pas assez concentré qui risque de fermenter. La cuisson doit donc être surveillée avec soin.

2.1.3.2.3 .Opérations ultérieures

Le but est de maintenir les fruits transformés à l'abri de toutes sources d'altération du milieu extérieur.

a. Conditionnement

Le conditionnement est nécessaire pour plusieurs raisons :

- préserver l'effet bénéfique du traitement de conservation et éviter ainsi une recontamination du produit ;

- dresser une barrière physique contre les chocs mécaniques, la poussière, la lumière...(22)

L'emballage le plus utilisé pour la conservation du sirop est la bouteille en verre thermorésistant.

b. Refroidissement

Après la mise en bouteille du produit, il est important de le refroidir pour éviter la surcuisson et l'altération des qualités organoleptiques.

2.1.3.3 .Matériels et équipements

Les matériels et équipements employés pour la fabrication de sirop varient selon le niveau de technologie choisi.

Tableau^o15: Liste des matériels et équipements requis pour la fabrication de sirop

| Opérations | Matériels et équipements requis | |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| | A l'échelle artisanale | A l'échelle semi-industrielle |
| Triage | Table en bois recouvert de plastique, ou en acier inox | Tapis roulant constitué d'un grillage métallique |
| Lavage | Bassine ou bac muni de passoire ou de panier métallique | Claies grillagées |
| Pesage* | Balance | Balance |
| Extraction par diffusion | Récipient spécial constitué de trois parties (voir figure 19) | Bac muni de tuyau et de vanne avec circulation d'eau à contre-courant |
| Extraction par macération* | Cuve | Cuve |
| Tamissage | Grillage en acier inox | Tamis animé d'un mouvement de vibration |
| Cuisson-concentration | Bassine ouverte en fonte, en cuivre ou en acier inox Réfractomètre | Cuiseur Réfractomètre |

*Pour ces opérations, les matériels requis sont similaires pour les unités artisanales et semi-industrielles, mais les dimensions et les capacités sont supérieures dans le deuxième cas et les matériaux utilisés pour la construction sont différents.

2.2 TECHNOLOGIE DE FABRICATION DES SIROPS DES TROIS VARIETES DE FRAISE

2.2.1 .Matières premières

2.2.1.1 Les fraises

Nos matières premières végétales sont constituées par les variétés de fraises cultivées dans la région d'Ambatofotsy dont : Favette (F), Madeleine (M), Voaloboka (V) et Sequoia (S). Cependant, en raison de l'indisponibilité de cette dernière (V.1.4.2.), nos expérimentations ont été limitées aux trois premières variétés : F, M et V. Chacune de ces variétés possèdent des caractères pouvant être négatifs ou positifs pour la transformation en sirop.

Nous allons reprendre sur le tableau 16 les résultats obtenus concernant les caractères physico-chimiques des fruits selon les variétés.

Tableau 16 :Caractères physico-chimiques des 3 variétés de fraise à transformer en sirop

| | Favette | Madeleine | Voaloboka |
|---------------------------------|---------|-----------|-----------|
| Teneur en eau (%) | 89,1709 | 88,7649 | 88,8124 |
| Teneur en matières sèches (%) | 10,8291 | 11,2351 | 11,1876 |
| Teneur en cendres brutes (%) | 0,6058 | 0,3276 | 0,73 |
| pH | 3,32 | 3,23 | 3,17 |
| Indice de réfraction | 13,73 | 9,33 | 10,26 |
| Teneur en sucres réducteurs (%) | 5,10 | 4,93 | 5,43 |

2.2.1.2 .Le sucre

Nous avons utilisé du sucre de canne de type blanc et à granulométrie faible. Selon BRUGALIERES, le sucre de canne apporte sa touche légèrement parfumée tout en préservant l'authenticité du fruit et met en valeur les parfums des fruits sans les écraser.(14)

2.2.2 Les étapes de fabrication

2.2.2.1 Préparation des fruits

2.2.2.1.1 Triage

Les paysans fournisseurs des fruits se sont efforcés de nous donner leurs meilleurs produits, alors le triage s'est limité à l'élimination des fruits endommagés lors du transport vers le lieu d'expérimentation.

En raison des textures assez molles respectives des variétés Madeleine et Voaloboka, elles sont les plus touchées par les altérations. Ainsi, les écarts de triage sont beaucoup plus

élevés pour ces deux variétés contrairement à Favette. Cette affirmation n'est que le fruit d'une observation visuelle, les mesures précises ne pouvant pas être fournies. En effet, à chaque expérimentation, le pesage a été mis en œuvre seulement avant triage et après équeutage (avant l'adjonction de sucre).

2.2.2.1.2 .Equeutage

Les pédicelles et les calices, non comestibles, constituant un obstacle à la transformation en sirop, sont éliminées.

La quantité en poids de l'ensemble -pédicelle et calice- par rapport au fruit entier varie d'une variété à l'autre ; à raison de 5.6% pour Favette, 5.9% pour Madeleine et 6.2% pour Voaloboka.

2.2.2.1.3 .Lavage

Pour éliminer toutes formes de souillures, le lavage est conduit d'une manière rigoureuse, mais également opéré avec délicatesse du fait de la fragilité des fraises. Le trempage ne doit pas être prolongé pour éviter la desquamation des fruits. Le lavage par aspersion d'eau à débit contrôlé s'avère le plus approprié et le plus efficace.

Le lavage, même effectué avec le plus d'attention possible, provoque des altérations dont le degré varie selon les variétés : celles locales en sont les plus atteintes (Madeleine puis Voaloboka) et Favette (la variété importée) est peu touchée en raison de sa texture ferme.

Les rendements en poids obtenus après ces trois opérations (trilage, lavage, équeutage) sont présentés sur le tableau 17.

Tableau 17 : Rendements de prétraitements

| Variétés | N°expérimentation | Rendement (p/p) en % |
|-----------|-------------------|----------------------|
| Favette | 1 | 94.56 |
| | 2 | 92.10 |
| | 3 | 91.44 |
| | Moyenne | 92.70 |
| Madeleine | 1 | 82.52 |
| | 2 | 87.61 |
| | 3 | 89.37 |
| | Moyenne | 86.50 |
| Voaloboka | 1 | 91.13 |
| | 2 | 90.88 |
| | 3 | 90.39 |
| | Moyenne | 90.80 |

2.2.2.2 .Les procédés d'extraction du jus

Trois types de procédés applicables à petite échelle ont été mis en essai afin de discerner le plus efficace. Il s'agit de l'extraction par diffusion, de l'extraction par macération et enfin de l'extraction par broyage.

2.2.2.2.1 *Extraction par diffusion à la vapeur*

Cette méthode cherche à obtenir l'intégralité du jus par exsudation des fruits. Ces derniers sont soumis à un bain de vapeur, dans un récipient aussi hermétique que possible, pendant une certaine durée. Le système est illustré par la figure 19.

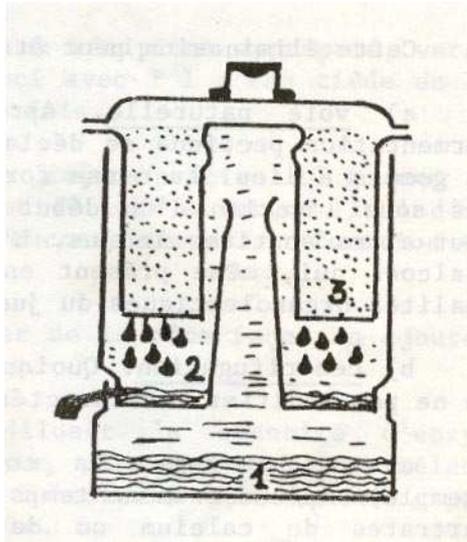


Figure 19 :: Appareil utilisé pour l'extraction du jus par diffusion à la vapeur

L'eau contenue dans (1) est chauffée et dégage de la vapeur qui fait éclater la pulpe des fruits situés en (3) et pasteurise simultanément le jus qui s'en écoule. Ce jus est recueilli dans le récipient (2) en passant par un tamis. Un système d'écoulement permet de récupérer le jus à l'extérieur.

Le rendement est fonction de la température et du temps de diffusion. Avec une température de 95°C, la diffusion atteint le pic de son rendement après une durée de 90 à 94mn.

2.2.2.2.2 *Extraction par macération*

Contrairement à la précédente, cette méthode d'extraction s'effectue à froid. Le système consiste à laisser reposer les fraises dans le sucre pendant 24 heures à une proportion égale de sucre et de fruits. Par différence de pression osmotique, les fruits rendent leur jus sous l'action du sucre. La durée de la macération est à respecter attentivement. Si elle n'est pas suffisante, le rendement est amoindri; et si elle est dépassée, les fruits sont exposés à un risque de fermentation. Le tamisage est ensuite nécessaire afin de récupérer le jus, en procédant avec soin de façon à ne pas blesser les fruits (source de trouble).

2.2.2.2.3 *Extraction par broyage*

Le broyage a pour objet de réduire la chair des fruits en utilisant un robot broyeur. Cette opération permet d'obtenir une suspension épaisse homogène chargée de débris insolubles. Pour avoir du jus clair, il est nécessaire d'effectuer une série de traitements appelés clarification ou débouillage. Ces traitements visent à éliminer les éléments plus fins tels que les matières insolubles en suspension (débris cellulosiques). Cette élimination peut se faire par :

-voie naturelle : consiste à soutirer le jus après la formation d'une masse, suite à une fermentation pectique ; mais cette opération met en jeu également de la fermentation alcoolique qui altère les qualités organoleptiques du jus ;

-enzymation : par addition d'enzymes de clarification produits à partir d'une moisissure comme *Aspergillus niger* ;

-collage : addition d'une matière colloïdale comme la gélatine, celle-ci se combine aux protéines et tanins du moût qui précipitent en entraînant les impuretés du jus.(15)

Mais des problèmes liés à la réalisation de la clarification du jus nous ont contraint à abandonner cette méthode d'extraction par broyage. En effet :

-d'abord, le débouillage par voie naturelle s'avère inintéressant du fait de la production d'alcool ;

-et pour les autres méthodes de clarification, les intrants nécessaires (enzymes, solutions de tanin et de gélatine...) nous étaient indisponibles.

2.2.2.2.4 *Remarques*

Pour l'extraction par diffusion à la vapeur, les qualités nutritionnelles du jus sont excellentes, la plus grande partie des vitamines diffusant facilement dans l'eau (17), mais des pertes d'arômes sont constatées en raison de leur insolubilité dans l'eau. La couleur est également affectée.

Par contre, les arômes et la couleur du jus obtenu par macération sont retenus, du fait sûrement de l'absence de traitement thermique.

2.2.2.3 *Cuisson-concentration*

Le but est d'éliminer le maximum d'eau du jus de façon à obtenir un sirop concentré qui a gardé les qualités organoleptiques du jus d'origine.

Pour le jus obtenu à partir de la macération, la cuisson est effectuée juste après le tamisage. Quant à celui extrait par diffusion, la cuisson a lieu après adjonction de sucre dans la proportion de 100g de sucre pour 100g de jus de fraise.

La cuisson est arrêtée quand le sirop atteint la concentration en sucre désirée qui est de l'ordre de 65g de sucre pour 100g de sirop (65 à 70°Brix), ce qui assure la bonne conservation du produit. Cette concentration est obtenue au bout de 12 à 15 min de mise à feu (soit 2 à 5 min après l'ébullition). Toutefois, le temps de cuisson ne doit pas être trop long pour éviter tout phénomène de brunissement et goût de cuit.

Ainsi, la cuisson doit être surveillée avec soin et vérifiée à tout moment à l'aide d'un réfractomètre, l'appareil qui indique le degré *Brix* du sirop.

2.2.2.4 *Post-traitements*

2.2.2.4.1 *Conditionnement*

Pour pouvoir conserver les produits finis, il est nécessaire de les conditionner dans des emballages appropriés.

Après la stérilisation des récipients, on procède au remplissage à chaud (à une température de 65 à 70°C), en veillant à ne pas trop remplir, ainsi en laissant un vide de 1/10. En effet, un remplissage excessif peut comporter des risques dans certains cas.

Les produits sont ensuite renversés afin d'appertiser l'intérieur du couvercle, la surface

de ce dernier pouvant être souillée par du produit qui en se répandant, pourrait compromettre l'étanchéité de la fermeture.

Enfin, le récipient doit être hermétiquement fermé pour éviter la recontamination, et prolonger ainsi la longévité du produit.

Nous avons utilisé des bocaux en verre thermorésistant pour la conservation de nos produits.

2.2.2.4.2 Refroidissement

Le produit conditionné est refroidi pour éviter le brunissement et le goût de cuit. Pour cela, il est immergé à l'eau froide dans un plus grand récipient mis sous un robinet en marche (analogique au système de trop-plein, pour empêcher l'échauffement de l'eau).

2.2.3 Les rendements

Nous allons déterminer les rendements obtenus selon les conditions suivantes :

- les procédés d'extraction adoptés ;
- les variétés utilisées.

2.2.3.1 .Les rendements obtenus par la méthode d'extraction par diffusion

Seules les variétés Madeleine et Voaloboka ont été soumises à cet essai. La variété Favette n'a été disponible qu'après le choix du procédé d'extraction ; ainsi, les données concernant son rendement manquent.

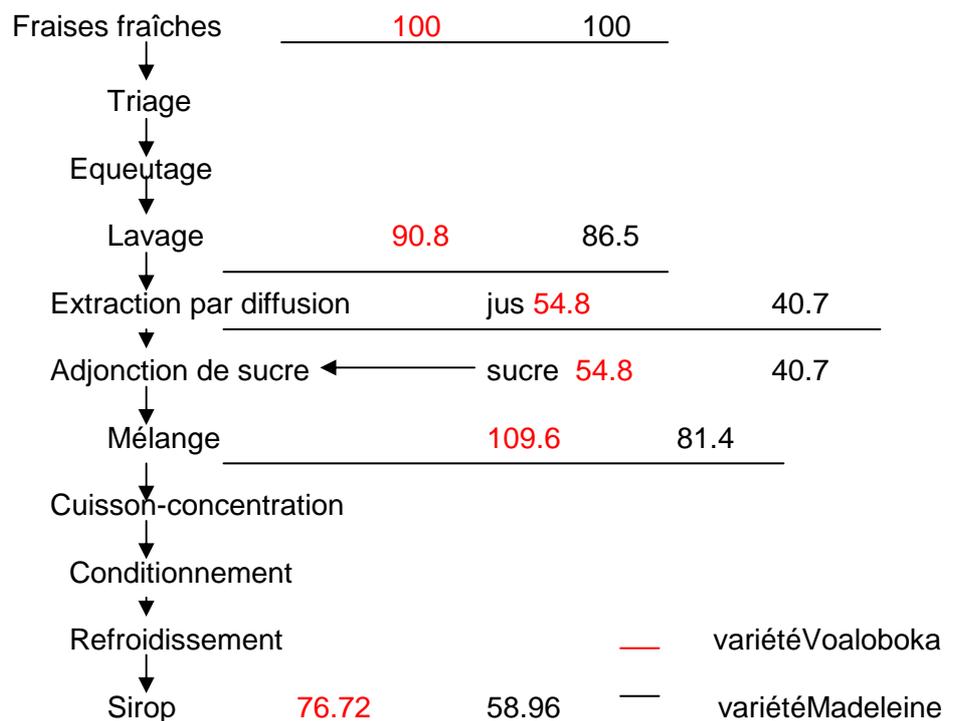


Figure 20 : Ligne de fabrication de sirop utilisant la méthode d'extraction par diffusion

2.2.3.2 Les rendements obtenus par la méthode d'extraction par macération

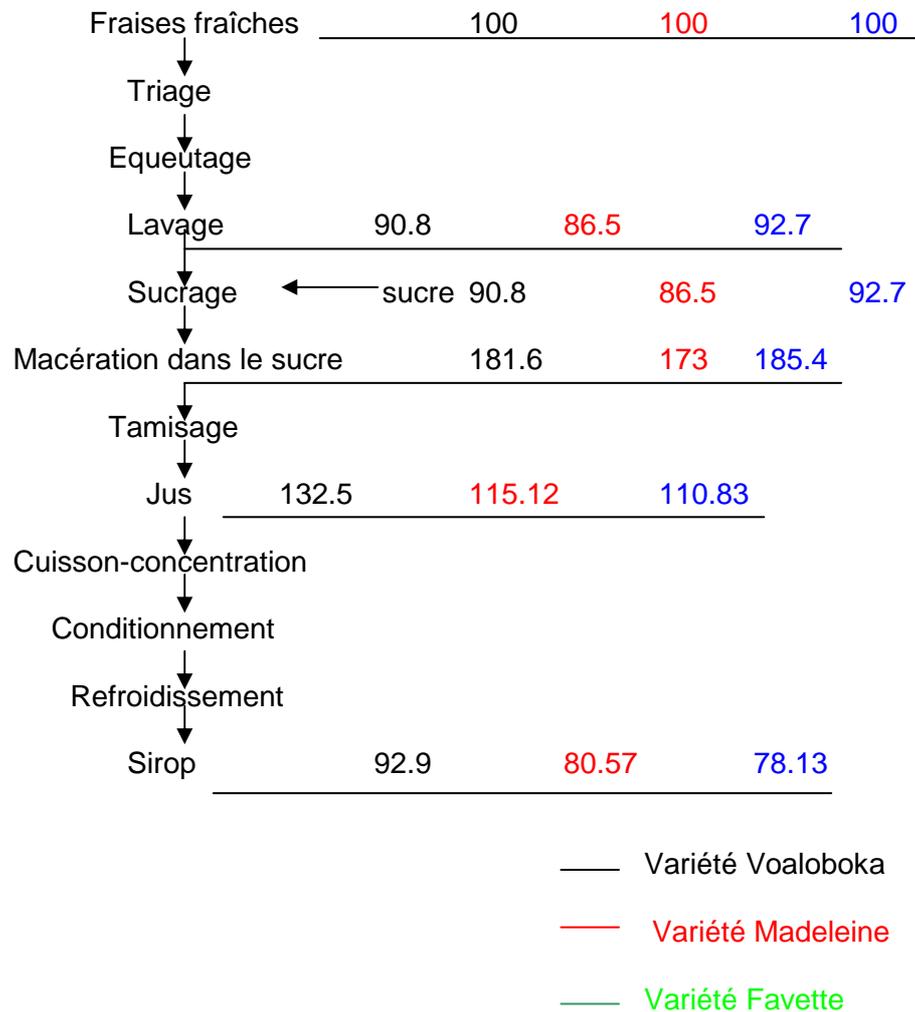


Figure 21: Ligne de fabrication de sirop utilisant la méthode d'extraction par macération

2.2.3.3 .Récapitulation sur les rendements

Nous allons récapituler sur le tableau 18 les rendements obtenus lors de la fabrication de sirop de fraise, selon les méthodes d'extraction utilisées et les variétés.

Tableau 18 : Rendements de fabrication de sirop de fraise

| Variété | Extraction par diffusion (%) | Extraction par macération (%) |
|-----------|------------------------------|-------------------------------|
| FAVETTE | | 78,13 |
| MADELEINE | 58,96 | 80,57 |
| VOALOBOKA | 76,72 | 92,9 |

2.2.3.4 Remarques

Les rendements obtenus à partir de la méthode d'extraction par diffusion sont nettement plus faibles, pour toutes les variétés :

- 58,96% pour Madeleine contre 80,57% lors de la méthode par macération ;

- 76,72% pour Voaloboka contre 92,90% par le procédé utilisant la macération.

Et on remarque que quel que soit le procédé employé, Voaloboka surpasse toujours les autres variétés en matière de rendement :

- par la méthode d'extraction par diffusion, son rendement est de l'ordre de 76,72% contre 58,96% seulement pour Madeleine ;
- par la méthode mettant en jeu la macération, le rendement de Voaloboka culmine à 92,90% contre 80,57% pour Madeleine et 78,13% pour Favette.

Après avoir comparé les résultats tant qualitatifs (cf.2.2.2.3.) que quantitatifs de ces deux méthodes d'extraction, nous avons choisi le procédé par macération pour la suite de nos expérimentations. Ainsi, les analyses physico-chimiques et organoleptiques sont réalisées sur les sirops obtenus à partir de cette méthode.

2.3 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE : COMPARAISON DES SIROPS DES 3 VARIETES DE FRAISE

Les caractères physico-chimiques des sirops renseignent sur l'aptitude de chaque variété à la transformation en sirop. Rappelons que ces produits ont été fabriqués dans les mêmes conditions (mêmes matériels, même procédé).

2.3.1 .Echantillonnage

Les analyses ont été effectuées sur les sirops obtenus à partir des 3 variétés de fraise recensées dans la région d'Ambatofotsy :Favette, Madeleine, Voaloboka. Ces sirops sont tous issus d'un même procédé : de la préparation des fruits jusqu'au conditionnement, la méthode d'extraction utilisée étant la macération des fruits.

Nous avons comme échantillons:

- le sirop de la variété Favette: SF
- le sirop de la variété Madeleine: SM
- le sirop de la variété Voaloboka: SV

2.3.2 .Les caractères physico-chimiques

2.3.2.1 .Matériels et méthodes

Les protocoles d'analyses sont rencontrées en parties expérimentales. Pour chaque détermination, nous avons effectué 3 prélèvements par échantillon.

2.3.2.1.1 .La teneur en eau

La teneur en eau est déterminée en pesant la prise d'essai avant et après avoir ôté l'humidité par séchage dans une étuve à 103 \pm .2 $^{\circ}$ C.



Figure 22 : Etuve

2.3.2.1.2 .La teneur en cendres brutes

Les cendres brutes sont les résidus d'un traitement de l'échantillon à $525 \pm 25^\circ\text{C}$ pendant 3 heures et 30 minutes dans un four à mouffles. Les substances organiques subissent une combustion complète et sont transformées en CO_2 (gaz carbonique)et H_2O (eau).

Il suffit alors de peser les restes de la combustion pour avoir la quantité totale des cendres brutes.

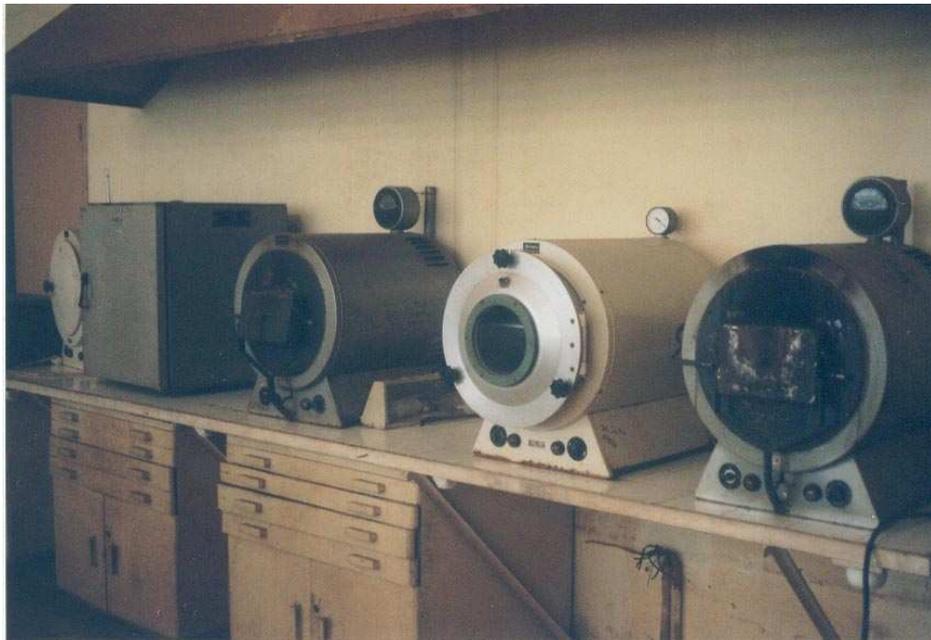


Figure 23 : Four à mouffles

2.3.2.1.3 .Teneur en sucres réducteurs

L'expression "sucres réducteurs" est attribué au glucose et au fructose à cause de leur propriété de réduction des métaux. Leur détermination peut être effectuée par dosage du sirop avec la liqueur de Fehling. En effet, cette dernière est également réduite par les sucres réducteurs. Avant le dosage, le sirop est déféqué, et afin d'obtenir une défécation suffisamment complète, on utilise une solution de sous-acétate de plomb: il s'agit d'une défécation plombique.

2.3.2.1.4 .Teneur en sucres totaux

La détermination de la teneur en sucres totaux s'effectue de la même manière que celle de la teneur en sucres réducteurs. Mais avant le dosage avec la liqueur de Fehling, la solution sucrée est neutralisée à l'aide de NaOH (soude caustique) et de HCl (acide chlorhydrique).

2.3.2.1.5 .Acidité titrable

L'acidité titrable est déterminé par la titration à la soude 0.1N d'une prise d'essai diluée dans l'éthanol à 96°, en présence de phénolphtaléine.

2.3.2.2 Résultats et discussions

2.3.2.2.1 .Teneur en eau

Tableau 19 : Teneur en eau et teneur en matières sèches des sirops de fraise

| Echantillons | N° analyse | Teneur en eau (%) | Teneur en matières sèches (%) |
|-------------------------|------------|-------------------|-------------------------------|
| SF | 1 | 24.73 | 75.27 |
| | 2 | 26.27 | 73.73 |
| | 3 | 24.66 | 75.34 |
| | Moyenne | 25.22 | 74.78 |
| SM | 1 | 28.35 | 71.65 |
| | 2 | 28.71 | 71.29 |
| | 3 | 28.29 | 71.71 |
| | Moyenne | 28.45 | 71.55 |
| SV | 1 | 26.18 | 73.82 |
| | 2 | 25.44 | 74.56 |
| | 3 | 23.5 | 76.5 |
| | Moyenne | 25.04 | 74.96 |
| <i>Moyenne générale</i> | | 26.23 | 73.77 |

Le principe de fabrication du sirop repose sur la diminution de la teneur en eau par l'adjonction de sucre. Par conséquent, le meilleur sirop est celui qui présente la teneur en eau la plus faible, donc le plus pourvu en matières sèches. D'après le tableau 19, l'échantillon SV répond à ce critère, avec une teneur en eau de 25.04% contre 28.45% pour SM, la teneur moyenne étant 26.23%.

La richesse en eau de SM corrompt sa conservabilité. En effet, des moisissures sont observées sur les sirops de la variété Madeleine au bout de 5 mois de conservation, alors que

des SF et des SV fabriqués au même moment, dans les mêmes conditions, et conservés dans des récipients identiques sont restés inaltérés.

Nous pouvons en conclure que le sirop obtenu à partir de la variété Voaloboka possède un caractère exemplaire en matière d'humidité et de teneur en matières sèches.

2.3.2.2.2 .Teneur en cendres brutes

Tableau 20: Teneur en cendres brutes des sirops de fraise

| Echantillons | N°analyse | Teneur en cendres brutes (%) |
|-------------------------|-----------|------------------------------|
| SF | 1 | 1.395 |
| | 2 | 1.104 |
| | 3 | 1.407 |
| | Moyenne | 1.302 |
| SM | 1 | 1.078 |
| | 2 | 1.116 |
| | 3 | 1.061 |
| | Moyenne | 1.085 |
| SV | 1 | 1.83 |
| | 2 | 1.879 |
| | 3 | 1.997 |
| | Moyenne | 1.938 |
| <i>Moyenne générale</i> | | 1.441 |

Le tableau 20 montre que la moyenne des valeurs trouvées est égale à 1.441. Mais on assiste à un écart considérable entre les valeurs extrêmes: 1.061% pour SM3 contre 1.997 pour SV3.

Le sirop issu de la variété Voaloboka présente la teneur la plus élevée en cendres brutes avec une valeur de 1.938%, il est alors le plus riche en matières minérales.

SM représente l'échantillon le plus dépourvu en substances minérales.

2.3.2.2.3 Teneur en sucres réducteurs

Tableau 21: Teneur en sucres réducteurs des sirops de fraise

| Echantillons | N°analyse | Teneur en sucres réducteurs (%) |
|-------------------------|-----------|---------------------------------|
| SF | 1 | 20.28 |
| | 2 | 19.14 |
| | 3 | 20.52 |
| | Moyenne | 19.98 |
| SM | 1 | 22.51 |
| | 2 | 23.81 |
| | 3 | 24.66 |
| | Moyenne | 23.66 |
| SV | 1 | 28.81 |
| | 2 | 27.86 |
| | 3 | 27.39 |
| | Moyenne | 28.02 |
| <i>Moyenne générale</i> | | 23.88 |

Nous pouvons voir sur le tableau 21 que le sirop de la variété Voaloboka possède la teneur la plus élevée en sucres réducteurs, avec une valeur de 28.02%.

Celui de la variété Favette en est la plus dépourvu, où ces sucres ne représentent que 19.98%.

Concernant le sirop de Madeleine, sa teneur en sucres (23.66%) est très proche de la moyenne égale à 23.88%

2.3.2.2.4 .Teneur en sucres totaux

Tableau 22 : Teneur en sucres totaux des sirops de fraise

| Echantillons | N° analyse | Teneur en sucres totaux (%) |
|-------------------------|------------|-----------------------------|
| SF | 1 | 71.84 |
| | 2 | 71.02 |
| | 3 | 69.87 |
| | Moyenne | 70.91 |
| SM | 1 | 64.21 |
| | 2 | 65.18 |
| | 3 | 64.89 |
| | Moyenne | 64.76 |
| SV | 1 | 67.92 |
| | 2 | 65.13 |
| | 3 | 66.81 |
| | Moyenne | 66.62 |
| <i>Moyenne générale</i> | | 67.43 |

Une teneur en sucre comprise entre 65 à 70% est exigée pour le sirop d'après sa définition. Comme nous le montre le tableau 22, malgré un léger dépassement pour quelques échantillons, la plupart se trouvent dans cet écart. La moyenne des valeurs trouvées étant 67.43%.

Le sirop Favette possède la teneur en sucres totaux la plus élevée avec un taux de 70.91%, ceci est dû à la teneur en sucres totaux originelle de cette variété (13,73 contre 10,26 pour Voaloboka, et 9,33 pour Madeleine). On peut en déduire que la proportion 100g sucre-100g fruits pour la fabrication de sirop paraît trop élevée pour la variété Favette. Il convient alors d'apporter une quantité de sucre inférieure à 100g pour 100g de fruits.

Pour le sirop Voaloboka, toutes les valeurs se trouvent dans l'intervalle exigé de 65% à 70% (67,92% ; 65,13% ; 66,81%).

Concernant le sirop de la variété Madeleine, la moyenne des 3 prélèvements effectués manque de 0.24% pour atteindre le minimum (65%) des valeurs préconisées. Cette insuffisance est expliquée par la quantité minimale originelle en sucres des fruits Madeleine. Contrairement à Favette, l'apport en sucre lors de la fabrication du sirop Madeleine devra être augmenté afin de combler ce manque.

2.3.2.2.5 Acidité titrable

Tableau 23: Acidité titrable des sirops de fraise

| Echantillons | N°analyse | Acidité titrable (g/l) |
|-------------------------|-----------|------------------------|
| SF | 1 | 0.284 |
| | 2 | 0.185 |
| | 3 | 0.206 |
| | Moyenne | 0.215 |
| SM | 1 | 0.298 |
| | 2 | 0.281 |
| | 3 | 0.306 |
| | Moyenne | 0.295 |
| SV | 1 | 0.277 |
| | 2 | 0.253 |
| | 3. | 0.31 |
| | Moyenne | 0.28 |
| <i>Moyenne générale</i> | | 0.265 |

Le sirop de la variété Favette possède la teneur la moins élevée en acide avec une valeur de 0.215 g/l. Celui de Madeleine dont l'acidité oscille entre 0.281 et 0.306 surpasse les autres. La moyenne générale étant 0.265.

2.4 ANALYSE SENSORIELLE : COMPARAISON ENTRE LES SIROPS DES 3 VARIETES DE FRAISE ET UN SIROP SUR LE MARCHE ACTUEL

Nous nous trouvons aujourd'hui en face d'une imposante gamme de produits parfumés, colorés et remarquablement présentés. Ces aliments artificiels occupent la quasi-totalité du rayonnement des supermarchés et des épiceries, et attirent le regard par leur présentation.

Nous avons choisi un de ces produits pour servir d'élément de référence dans cette étude. En fait, cette dernière a pour objet d'évaluer puis de comparer les qualités organoleptiques des sirops obtenus à partir des 3 variétés de fraise d'une part, et d'un sirop vendu sur le marché actuel d'autre part. Et tout ceci afin de trouver la situation du « 100% naturel » face aux produits synthétiques.

2.4.1 .But

Pour contrôler la qualité des aliments, il est nécessaire d'évaluer leurs propriétés organoleptiques par des techniques moins subjectives utilisées en parallèle aux méthodes d'analyses physiques et chimiques. A cet effet, nous avons recours à l'analyse sensorielle, faisant intervenir les organes de sens de l'être humain pour caractériser les propriétés d'un produit alimentaire.(23)

2.4.2 Organisation de l'analyse sensorielle

L'expérience prouve que les conditions dans lesquelles sont organisés et se déroulent les essais ont une importance capitale sur les résultats.

2.4.2.1 Conditions du test

2.4.2.1.1 Les échantillons

Nous avons quatre différents sirops dont:

- trois obtenus à partir des variétés: Favette, Madeleine, Voaloboka que nous allons coder respectivement par I, II, III ;
- et le quatrième: celui de fabrication locale, codé IV.

Les divers échantillons sont présentés de façon identique:

- . à la même température ;
- . à la même quantité: assez suffisante pour que le sujet puisse l'évaluer autant de fois qu'il le désire ;
- . à la même concentration : 6 volumes d'eau pour 1 volume de sirop ;
- . et dans des récipients identiques: impérativement transparents pour permettre une évaluation correcte des qualités visuelles du produit.

2.4.2.1.2 Les sujets

Le jury d'analyse sensorielle constitue un réel appareil de mesure, et par suite, de ses membres dépendront les résultats des analyses réalisées.

Les analyses discriminatives et descriptives nécessitent des sujets entraînés qui, dans notre cas, sont représentés par les élèves en cinquième année au Département IAA.. Les premières (discriminatives) ont été effectuées par 14 sujets tandis que les secondes ont vu la participation de 16 effectifs.

Concernant les épreuves hédoniques, elles peuvent être effectuées par des sujets non entraînés, mais en nombre plus élevé : au moins 30 sujets. Pour atteindre ce nombre, nous avons fait appel à deux catégories de jury :

- d'une part, les élèves susmentionnés
- et de l'autre, quelques membres du personnel de FOFIFA

Ainsi, le jury pour le test hédonique a été composé de 31 sujets.

2.4.2.1.3 Le local d'essai

Les conditions suivantes sont à respecter:

- .le niveau de bruit est à réduire au minimum
- .le local doit être exempt d'odeurs
- .et l'éclairage doit être homogène (sans ombre)

Dans notre cas, les analyses sensorielles ont été effectuées :

- d'une part, dans la salle de classe de la cinquième année au sein du Département IAA ;
- et d'autre part, dans la salle de réunion au sein du Département des Recherches Technologiques de FOFIFA..

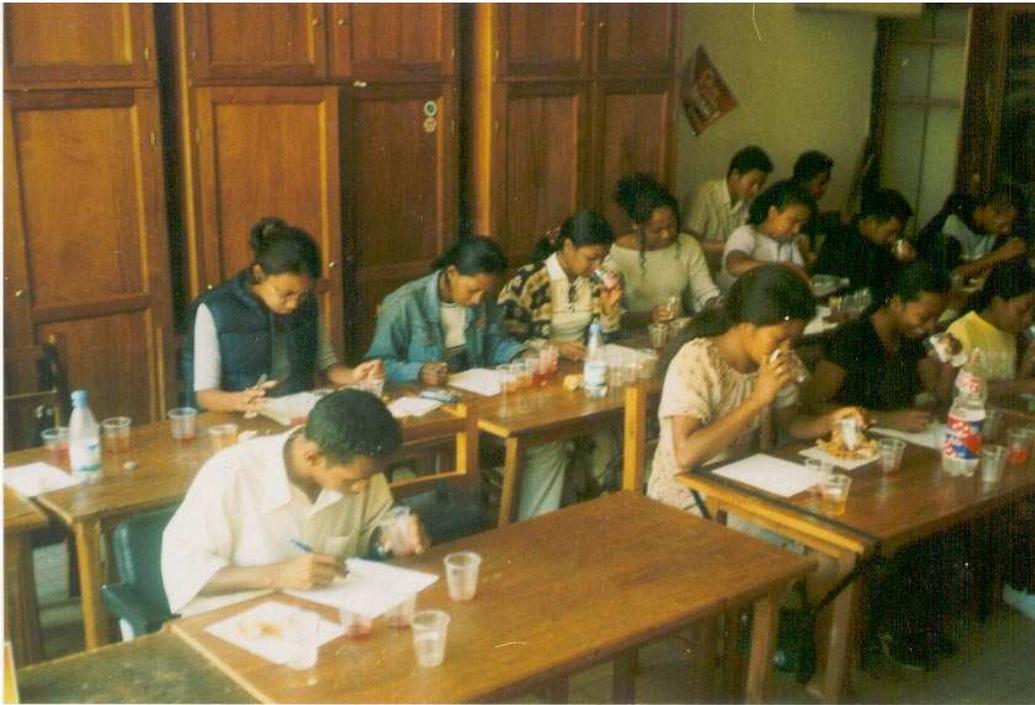


Figure 24 :Déroulement des épreuves sensorielles

2.4.2.2 .Le choix des épreuves

Les essais sont choisis suivant les types de problèmes posés:

.d'abord détecter la présence éventuelle d'échantillons qui se ressemblent parmi les quatre, par une épreuve préliminaire ;

.puis déterminer s'il y a ou non une différence sensorielle entre les produits qui se ressemblent visuellement, et si celle-ci est perçue par le jury, cette hypothèse nécessite une épreuve discriminative ;

.pour fournir des données sensorielles à mettre en corrélation avec les données instrumentales, il faut évaluer les caractères des sirops, en faisant appel à l'épreuve descriptive ;

.connaître l'appréciation des consommateurs sur les produits, par une épreuve hédonique ;

.enfin, on cherche à savoir l'échantillon préféré par les consommateurs parmi les sirops proposés, à l'aide d'un test de préférence.

2.4.3 .Les épreuves

2.4.3.1 Epreuve préliminaire

2.4.3.1.1 .Principe

Cette épreuve consiste à déterminer la nature des différences entre les échantillons. En effet, ces différences peuvent être nettement ou au contraire faiblement perceptibles. Tout ceci afin de choisir les épreuves ultérieures.

2.4.3.1.2 .Résultat

Elle a permis de constater que les échantillons II et III présentent une ressemblance. A cet effet, une épreuve discriminative s'avère indispensable.

2.4.3.2 .Epreuve discriminative

2.4.3.2.1 .Principe

Elle vise à détecter la présence ou l'absence de différence sensorielle entre II et III. Nous avons opté pour l'essai triangulaire pour réaliser cette tâche.

Il s'agit de présenter simultanément aux sujets un jeu de trois échantillons dont deux sont identiques, et ils sont priés de désigner l'échantillon différent.

Les échantillons sont codés à l'aide de nombres à trois chiffres pris au hasard. 48 échantillons sont préparés dont 24 à partir de II et 24 à partir de III de façon à avoir:

- 8 jeux II III II

- 8 jeux III II III

Le questionnaire utilisé pour cette épreuve discriminative est présenté en annexe.

2.4.3.2.2 Nombre de sujets

Le projet de norme ISO/DIS 8586 prévoit des fourchettes en effectif compris entre 12 et 20 sujets pour les épreuves discriminatives. Dans notre cas, le jury a été composé de 14 sujets.

2.4.3.2.3 Expression et interprétation des résultats

Sur 14 observations effectuées, 5 réponses sont correctes. Nous pouvons en conclure que la différence entre le sirop de la variété Madeleine et celui de la variété Voaloboka est tellement faible qu'elle n'est pas perçue par la majorité du jury.

2.4.3.3 .Epreuve descriptive

2.4.3.3.1 Principe

C'est une épreuve permettant de décrire les propriétés sensorielles du produit, en déterminant l'intensité de perception de chacun des descripteurs.

Il s'agit de présenter au jury la liste des propriétés contribuant à l'impression sensorielle globale du produit, et il est prié de donner une note (de 0 à 5) à chaque caractère selon l'intensité perçue.

0 quand l'intensité perçue est nulle

5 quand l'intensité perçue est forte

Le questionnaire concernant cette épreuve descriptive est rencontré en annexe.

2.4.3.3.2 Expression et interprétation des résultats

Les chiffres sur le tableau 24 indiquent la moyenne des notes de perception.

Tableau 24: Résultats de l'analyse descriptive des sirops

| | | Favette | Madeleine | Voaloboka | Sirop local |
|--------|--------------|---------|-----------|-----------|-------------|
| Aspect | Sirupeux | 3.0625 | 3.0625 | 3.4375 | 1.3750 |
| | Rouge | 3.1250 | 1.3750 | 1.0000 | 4.1250 |
| Arôme | Fraise | 1.6875 | 1.4375 | 2.0000 | 3.3750 |
| | Caramel | 1.5000 | 1.5625 | 0.6250 | 0.7500 |
| Saveur | Sucré | 3.2500 | 2.8750 | 3.2500 | 3.1250 |
| | Acide | 0.3750 | 1.8125 | 0.6875 | 0.7500 |
| | Goût de cuit | 1.1875 | 1.3750 | 0.6875 | 0.7500 |
| | Arrière-goût | 0.1875 | 0.3125 | 0.2500 | 0.9375 |

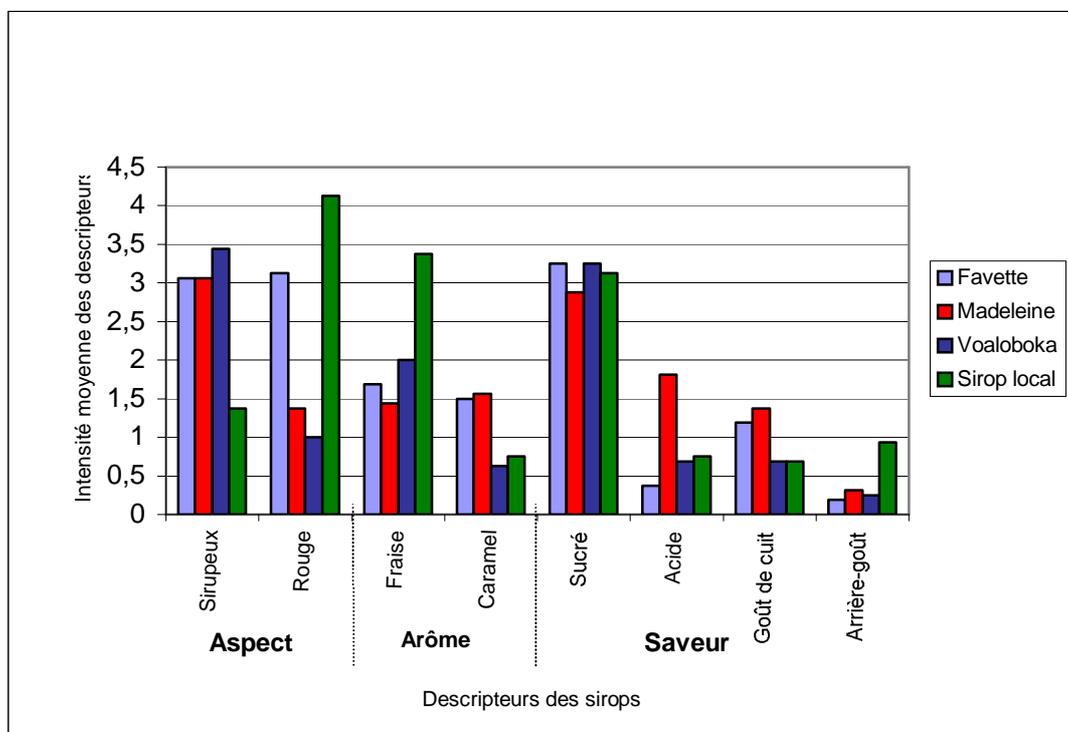


Figure 25 : Histogramme des intensités de descripteurs sur les sirops

Sirop Favette

Le sirop de la variété Favette possède un aspect sirupeux satisfaisant avec une note de 3,0625. Parmi les sirops fabriqués, il détient la coloration la plus prononcée, à raison de 3,125 contre 1,375 pour Madeleine et 1 pour Voaloboka. Côté saveur, son caractère sucré est favorablement perçu par les dégustateurs. Les caractères négatifs : goût acide, goût de cuit, arrière-goût sont peu ressentis chez ce sirop de la variété Favette. Toutefois, il présente des inconvénients : un arôme fraise peu perceptible et un arôme caramel assez persistant.

Sirop Madeleine

La variété Madeleine offre un produit ayant un aspect sirupeux suffisant, mais dont la coloration est très mal perçue par le jury. Au niveau de l'arôme, les dégustateurs ont ressenti beaucoup plus de caramel que de la fraise (respectivement 1,5625 et 1,4375).

Le sirop de la variété Madeleine est moins sucré par rapport aux autres, à raison de 2,875 contre 3,25 pour Favette et Voaloboka, et 3,125 pour le sirop pris comme référence. En outre, il est marqué par un goût acide assez prononcé, un goût de cuit non négligeable et un arrière-goût légèrement perceptible.

Sirop Voaloboka

Concernant l'aspect sirupeux, le sirop de Voaloboka a obtenu la note la plus élevée, de l'ordre de 3,4375 contre 3,0625 pour Favette et Madeleine, et 1,375 pour le sirop de référence. Parmi les sirops des 3 variétés, il possède l'arôme fraise le plus perçu avec une note de 2 contre 1,6875 pour Favette et 1,4375 pour Madeleine ; cependant il est largement devancé par le sirop de référence lequel culmine à 3,375.

Chez ce sirop Voaloboka, l'arôme caramel est peu ressenti. Au niveau des saveurs, le caractère sucré paraît satisfaire les dégustateurs ; le goût acide, le goût de cuit et l'arrière-goût sont peu perceptibles.

Mais l'insuffisance de la coloration est très remarquable, avec une note représentant moins du quart de celle du sirop pris comme référence (respectivement à raison de 1 et 4,125), ce qui constitue un grand inconvénient pour ce sirop de Voaloboka.

Sirop de référence

Ce sirop possède une couleur rouge très attrayante (obtenant la note de 4,125 contre 3,125 pour Favette, 1,375 pour Madeleine et 1 pour Voaloboka) et un arôme fraise remarquable (3,375 contre 1,6875 pour Favette, 1,4375 pour Madeleine et 2 pour Voaloboka). Mais son aspect sirupeux est très faible, avec une note représentant moins de la moitié de celle du sirop Voaloboka (1,375 contre 3,4375).

Côté saveur, il est suffisamment sucré et présente moins de goût acide et de goût de cuit, mais possède par contre un arrière-goût persistant, de l'ordre de 0,9375 contre 0,1875 pour Favette, 0,3125 pour Madeleine et 0,25 pour Voaloboka.

Les résultats prouvent que le sirop de la variété Voaloboka a été le mieux évalué. En effet, ses caractères positifs (aspect sirupeux, arôme fraise, saveur sucrée) sont suffisamment perçus, alors que les caractères pouvant le dévaloriser (arrière-goût, goût de cuit, arôme caramel, saveur acide) sont légèrement ressentis. Son unique mais non moins important inconvénient demeure sa coloration insuffisante. Il est sur ce plan largement dépassé par le sirop Favette et surtout par le sirop pris comme référence. Ce dernier possède une coloration intense et dégage un arôme prononcé du fait respectivement de l'ajout excessif de colorants et d'extraits aromatiques artificiels. Ce qui lui confère un arrière-goût plus perçu que chez les autres. Sa viscosité très faible lui donne un aspect plutôt proche du jus.

Concernant le sirop Madeleine, à part son aspect sirupeux satisfaisant, l'ensemble de ses caractères évoque une qualité moins bonne: pauvre en arôme, saveur sucrée faible, une acidité dominante, et enfin un goût de cuit et un arôme caramel assez perçus

2.4.3.4 .Epreuve hédonique

2.4.3.4.1 Principe

Cette épreuve permet de connaître l'avis des sujets concernant le caractère agréable ou désagréable des produits qui leur sont présentés. Le sujet est proposé d'évaluer le degré d'appréciation sur une échelle de cotation à 7 points :

- 1 très désagréable
- 7 très agréable

2.4.3.4.2 Nombre de sujets

L'épreuve hédonique peut être effectuée par des sujets non entraînés, mais elle exige un nombre de sujets supérieur à 30. Ainsi, elle a été effectuée par 31 sujets. (voir 4.2.1.2.)

2.4.3.4.3 Expression et interprétation des résultats

| Echantillons | Favette | Madeleine | Voaloboka | Sirop local |
|-------------------|---------|-----------|-----------|-------------|
| Moyenne des notes | 4,95 | 5,03 | 5,03 | 4,7 |

Malgré ses caractères assez mal perçus, le sirop Madeleine parvient à égaler le sirop Voaloboka dans cette épreuve hédonique. Ils sont suivis par la Favette, avec une note de 4,95. Et apparemment, le « 100% naturel » remporte la victoire sur la course avec les produits synthétiques. En effet, le sirop composé d'eau, de sucre, de colorants et d'extraits aromatiques artificiels n'a obtenu qu'une moyenne de 4,7.

Sirop Favette

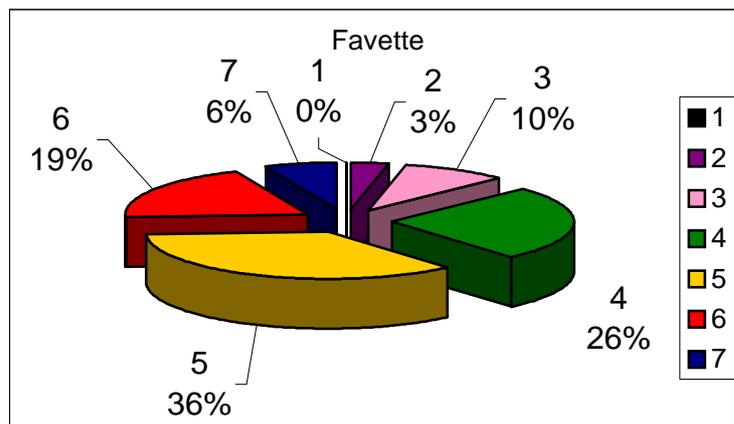


Figure 26 : Evaluation hédonique du sirop de la variété Favette

Le sirop de la variété Favette est perçu comme « assez agréable », avec une note 5, pour la grande majorité des sujets (35,48%). Et 25,80% trouvent que ce sirop n'est ni désagréable ni agréable (note 4) . Nous pouvons en conclure que le sirop Favette est moyennement agréable, en considérant en même temps la moyenne des notes qu'il a obtenue, à raison de 4,95.

Sirop Madeleine

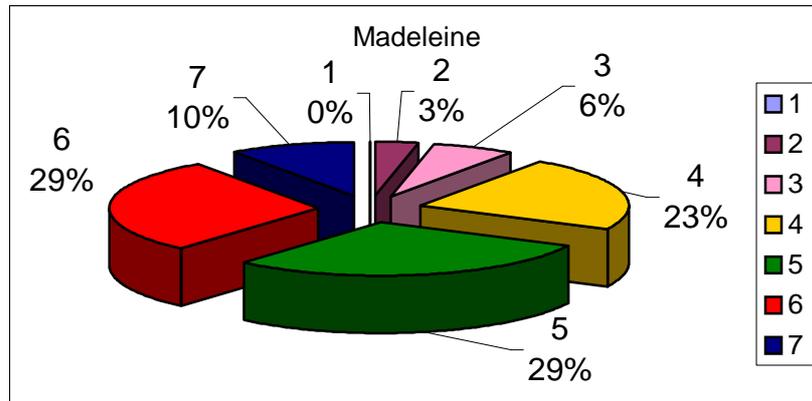


Figure 27 : Evaluation hédonique du sirop de la variété Madeleine

Pour le sirop Madeleine, le choix des 58,06% des sujets est exactement partagé entre les notes 5 et 6. Nous pouvons dire que ce sirop possède un caractère assez agréable à agréable. Cependant, une partie non négligeable du jury (22,58%) trouve le sirop Madeleine « ni désagréable ni agréable ». Ces proportions des avis des dégustateurs nous amènent à conclure que ce sirop est assez agréable.

Sirop Voaloboka

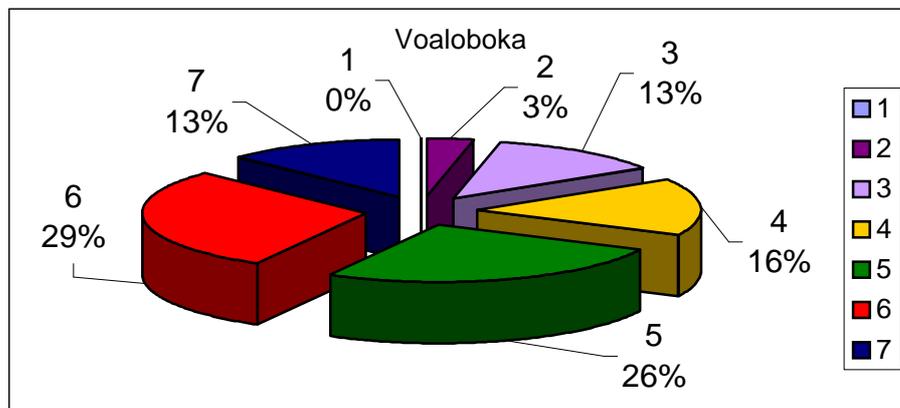


Figure 28 : Evaluation hédonique du sirop de la variété Voaloboka

Pour 29,03% (la majorité) des sujets, le sirop de la variété Voaloboka est agréable ; et 25,80% ont constaté que ce sirop est assez agréable. L'avis des 25,80% du jury est exactement partagé entre les notes 3 et 7. Toutefois, nous avons remarqué que le caractère « très agréable » (note 7) est trouvé chez ce sirop Voaloboka par 12,90% des sujets ; alors que chez les autres, respectivement chez Favette, Madeleine et le sirop de référence, ce caractère n'a été perçu que par 6,45%, 9,67% et 6,45% des sujets. Nous pouvons en conclure que le sirop obtenu à partir de la variété Voaloboka est agréable.

Sirop de référence

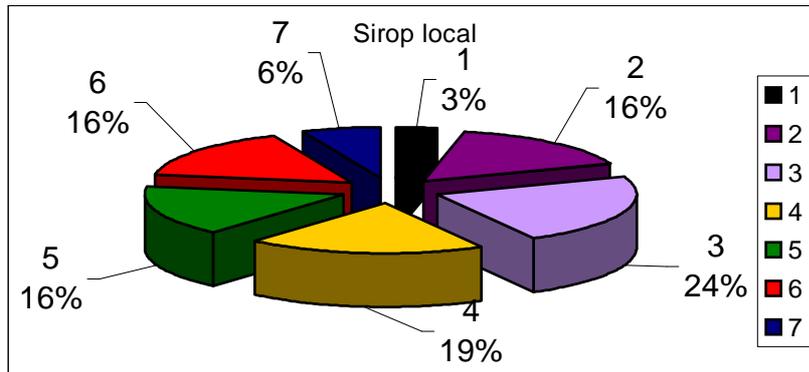


Figure 29: Evaluation hédonique du sirop pris comme référence

L'évaluation de ce sirop synthétique diffère largement d'un sujet à l'autre : l'avis des 48,39% des dégustateurs est exactement partagé entre les notes 2, 5 et 6. Toutefois, la majorité du jury (22,58%) trouvent ce sirop assez désagréable. Et pour 19,35%, il est perçu comme « ni désagréable ni agréable ». Nous pouvons dire que ce sirop est mal apprécié par les dégustateurs.

2.4.3.5 .Test de préférence

2.4.3.5.1 Principe

Ces épreuves antérieures, à travers lesquelles nous avons pu constater que les sirops Madeleine et Voaloboka sont perçus comme identiques (malgré une nette différence au niveau des caractères descripteurs), nous ont conduit à établir la préférence des consommateurs sur ces deux produits.

2.4.3.5.2 .Nombre de sujets

Le test de préférence ne nécessite pas des sujets entraînés, mais exige par contre un nombre plus élevé en effectifs. Il a été effectué par 31 sujets.

2.4.3.5.3 Expression et interprétation des résultats

Au sein du jury formé par 31 sujets, les avis sont partagés concernant la préférence sur les sirops de fraise. Toutefois, nous avons constaté que le sirop de la variété Voaloboka est plus apprécié. En effet :

- 64.5% des sujets préfèrent le sirop Voaloboka
- 35.5% portent leur choix sur le sirop Madeleine

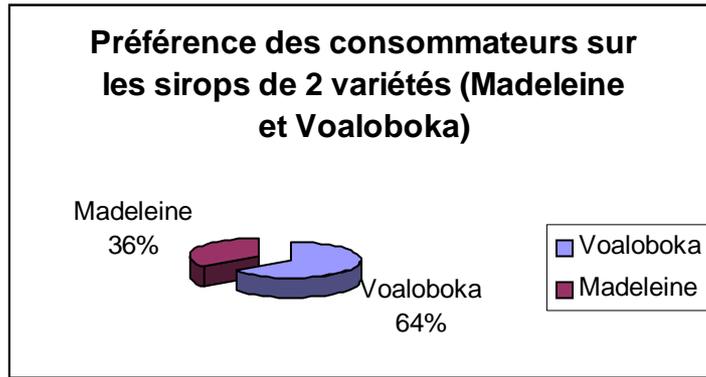


Figure 30 : Résultat du test de préférence

2.5 CONCLUSION PARTIELLE

Le choix des variétés à transformer est primordial dans la fabrication de sirop. En effet, les caractères tant physico-chimiques qu'organoleptiques des sirops diffèrent largement selon les variétés utilisées, les procédés de fabrication adoptés étant identiques pour toutes les variétés.

Le sucrage 100g de sucre – 100g de fraises semble bien adapté pour la variété Voaloboka. En effet, la teneur en sucre du sirop obtenu à partir de cette variété est de 66,62%, contre 70,91% pour le sirop Favette, et 64,76% pour le sirop Madeleine ; la teneur en sucre exigée pour les sirops étant de 65 à 70%.

Concernant la qualité nutritionnelle, le sirop Voaloboka est le plus pourvu en substances minérales, à raison de 1,938 contre 1,302 (Favette) et 1,085 (Madeleine).

En outre, les tests d'évaluation sensorielle ont révélé que les propriétés requises pour un sirop, notamment l'aspect sirupeux et la sucrosité sont suffisamment remarqués chez le sirop Voaloboka.

Quant à la variété Madeleine, sa pauvre teneur en matières glucidiques entraîne une saveur acide assez perçue chez le sirop qui en provient. La variété résiste mal aux traitements thermiques lesquels constituent l'origine des atteintes aux qualités organoleptiques du sirop, en conférant à ce dernier un arôme caramel et un goût de cuit.

Concernant la variété Favette, sa texture ferme traduisant un manque de jus amoindrit son aptitude à la transformation en sirop. En outre, sa qualité aromatique paraît insatisfaisante. Néanmoins, elle possède l'un des caractères les plus recherchés en sirupage: la couleur. En effet, la coloration du sirop de Favette se rapproche de celle des sirops vendus sur le marché.

Ces derniers, constitués d'eau, de sucre, de colorants et d'extraits aromatiques artificiels, sont mis sur le marché sous le nom de sirop, ce qui n'est pas conforme à la législation générale des sirops. L'arôme et la couleur du sirop synthétique séduisent au premier abord, mais l'appréciation générale des consommateurs montre qu'il est largement dépassé par nos produits en matière de goût.

A travers ces lignes, nous pouvons conclure que la variété Voaloboka est la plus appropriée à la transformation en sirop, et cela ne se limite pas à l'aspect qualitatif, mais également sur le plan quantitatif. En effet, quelle que soit la méthode d'extraction mise en œuvre, la variété Voaloboka offre toujours un rendement beaucoup plus élevé par rapport aux deux autres : 92,9% contre 80,57% (Madeleine) et 78,13% (Favette).

Mais on constate que la coloration de nos sirops reste insuffisante, la qualité des fruits ne permettant pas encore l'obtention de couleur et d'arôme satisfaisants. Et pour pallier à l'usage d'additifs artificiels, il convient d'envisager la mise en œuvre d'amélioration variétale.

PARTIE 3:

INGENIERIE D'UNE UNITE DE TRANSFORMATION DE FRAISES

3.1 Objectifs

Les fruits constituent des aliments très appréciés et à forte valeur nutritionnelle, cependant, leur conservation à l'état frais n'excède pas quelques jours. D'où la nécessité de trouver des moyens de conservation pouvant les valoriser en produits plus stables et plus disponibles dans le temps et dans l'espace.

Cette étude a pour objectif d'élaborer un projet de mise en place d'une unité de transformation de fraise à l'échelle artisanale, pouvant traiter des fraises en confitures, sirops, pâtes de fruits, fruits confits et en chutney. La portée d'un projet d'investissement dépend en premier lieu des objectifs et des stratégies du projet ou de l'entreprise, compte tenu du cadre général dans lequel opèrent les entreprises, et en second lieu de la politique de marketing ainsi que les facteurs de production disponibles.

3.2 Etude de marché

3.2.1 Produits étudiés

Les produits sont définis comme suit : des fraises transformées en produits stables par différents moyens de conservation mettant en œuvre la cuisson, la stabilisation par addition et le séchage.

Les produits finis envisagés sont décrits sur le tableau suivant :

Tableau 25 : Description des produits de l'unité de transformation

| Produit | Conditionnement | Capacité |
|----------------|--------------------------------------|----------|
| Confiture | Bocal en verre | 430 g |
| Sirop | Bouteille en verre | 750 ml |
| Fruits confits | Barquettes, film plastique et carton | 200 g |
| Pâte de fruits | Barquettes, film plastique et carton | 200 g |
| Chutney | Bouteille en verre | 750 ml |

Le choix de la capacité se fait en fonction :

- de la gamme de contenants normalisés disponibles
- de la contenance des produits du même type sur le marché
- de l'étude de la consommation des ménages, évolutive, qui restera à approfondir au moment de la mise en place de l'unité.

Par ailleurs, l'option pour les contenants en verre permet une collecte préalable des bouteilles et bocaux usagés afin de les réutiliser avec de nouveaux couvercles. Un système de collecte sera ainsi mis en place.

Par la suite, les produits sont emballés dans des cartons :

- confitures: 12 bocaux de confiture par carton
- confits et pâtes de fruits : 12 unités par carton
- sirops et chutneys : 10 bouteilles par carton

3.2.2 Part visée sur le marché

Le premier objectif est le marché d'Antananarivo, principalement la grande distribution et les commerces de proximité (épiceries,...). Notons que le marché des fruits transformés est encore déficient en raison de la faiblesse du pouvoir d'achat des consommateurs. Toutefois, les transformateurs locaux n'arrivent pas encore à honorer leurs commandes : d'où la tendance des distributeurs à recourir à l'importation. Ainsi, ce marché d'importation pourra être relevé car les fraises transformées sont appréciées par les consommateurs aussi bien malgaches qu'étrangers. La prochaine étape consistera en la conquête des marchés existante grâce à une stratégie marketing bien structurée, comprenant la mise à disposition d'une large gamme, dont le lancement de nouveaux produits tels le chutney.

Compte tenu des moyens financiers et techniques, l'unité amorcera par une quantité de matières premières d'environ 300 kg de fraises pendant période de production.

3.2.3 Analyse des prix

Le prix est calculé à partir des coûts de production. Pour faire face à la concurrence, la compétitivité des prix est un atout majeur. Par ailleurs, offrant des produits de qualité grâce à l'établissement d'un système de contrôle d'une régularité stricte, l'unité pourra prétendre à une meilleure estimation de la part de la clientèle. Les prix de chacun des produits sont présentés sur le tableau suivant :

Tableau 26 : Prix plancher à l'unité des produits

| Produit | Prix minimum livrés (Fmg) | Prix minimum de produits similaires sur le marché (Fmg) |
|------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------|
| Confiture (430 g) | 9 500 | 10 000 |
| Sirop (750 ml) | 11 000 | 12 500 |
| Fruits confits (200 g) | 12 000 | 18 000 (cerises) |
| Pâte de fruits (200 g) | 7 500 | 9 000 (assortis) |
| Chutney (750 ml) | 8 500 | 13 000 (tomates) |

Le calcul du prix de vente comprend :

- les charges d'encadrement des intervenants de la filière en amont (normalisation des matières premières, appuis techniques,...)
- le coût de transformation (matières premières, amortissements, personnel,...)
- les charges externes affectées au produit
- le coût de commercialisation (distribution, marketing, publicité,...)
- la marge bénéficiaire de l'unité de transformation

Globalement, la ventilation des charges se fait de la manière suivante :

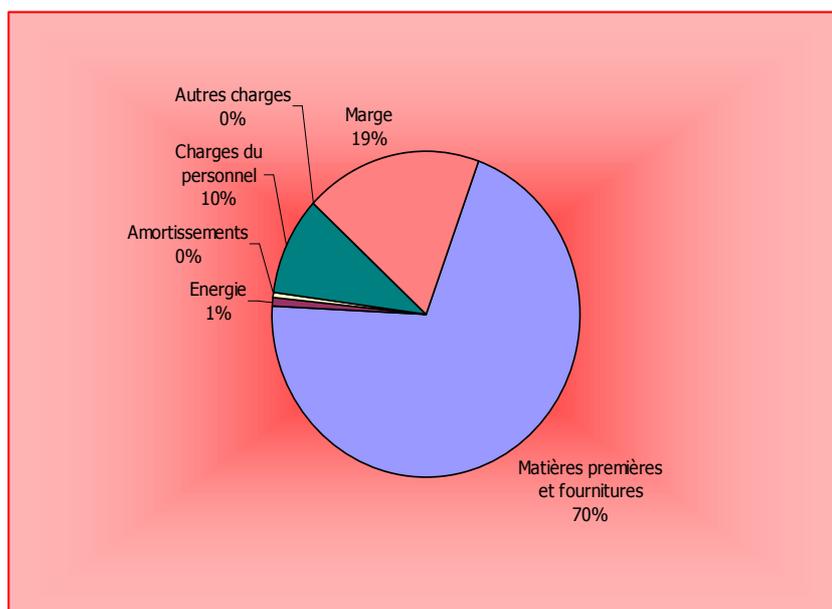


Figure 19 : Ventilation des éléments du prix de vente

3.2.4 Mode de commercialisation et marketing

Notre mode de commercialisation correspond à celui des autres unités artisanales de transformation de fruits, c'est à dire vente sur commande. Nous prenons en charge la livraison des produits. Mais au début de l'activité, le mode de paiement à crédit en fonction des produits vendus est de mise, afin que les produits soient présents dans tous les points de vente et accoutument les consommateurs.

La stratégie marketing constitue un instrument efficace contribuant à la planification rationnelle :

- des facteurs et éléments nécessaires permettant d'obtenir un produit de qualité qui correspondent aux besoins et exigences des clients.
- du prix fixé sur le marché contribuant à une satisfaction réciproque, c'est à dire la fixation d'un prix jugé abordable par la clientèle et rapportant des profits pour l'entreprise.

Le principal objectif de cette stratégie est la rentabilité, c'est à dire l'accroissement ou la maximisation des profits. Cette rentabilité est normalement mesurée par rapport aux capitaux investis.

* Choix du cible

Les cibles de cette entreprise sont globalement:

- ✘ les clients de ses concurrents,
- ✘ les clients qui veulent acheter ce genre de produit mais pour lesquels les prix actuels ne conviennent pas,

- ✘ les non clients c'est à dire ceux qui n'achètent pas habituellement les produits de cette classe.

* Stratégie

Elle consiste à faire varier certains éléments du marketing mix :

- ✘ prix : les produits se trouvent en quantité abondante sur le marché mais elle reste un produit de luxe à cause de leur prix qui n'est pas à la portée de tous ; donc, nous procédons après l'étude de rentabilité à la diminution du prix pour permettre à certains clients de se procurer le produit.
- ✘ produits : on peut améliorer la qualité du produit par rapport aux produits vendus sur le marché.
- ✘ promotion : pour le lancement du type de produit tel que sirop, on peut procéder à une promotion qui a pour objectif de familiariser les consommateurs à ce type de produit.

3.3 Localisation et environnement

Etant donné que les fraises sont des denrées hautement périssables, il est préférable que l'usine s'installe près du lieu de production. Nous avons choisi d'installer l'unité dans la commune d'Ambatofotsy suite aux raisons suivantes :

- existence des infrastructures nécessaires (ville en pleine évolution)
- vastes terrains inoccupés
- accès facile pour l'approvisionnement en consommables (carburant, matières premières et fournitures,...)
- centre du lieu de collecte des fraises

3.4 Matières premières et fournitures

3.4.1 Besoins en matières premières

Nous exposons ci-dessus les besoins en matières premières, en fournitures et en énergie ; liés à la production proprement dite. Leur montant se chiffre à 319 429 000 Fmg pour une saison.

Tableau 27 : Matières premières et fournitures

| matières | P.U.en milliers Fmg | unité | confiture | | sirop | | pâte de fruits | | confits | | chutney | | Total |
|-----------------------------------------------------|------------------------|-------|-----------|------|-------|-----|-------------------|------|---------|------|---------|-------|------------------|
| | | | Q | M | Q | M | Q | M | Q | M | Q | M | M |
| fraises | 2 | kg | 150 | 300 | 100 | 200 | 40 | 80 | 5 | 10 | 5 | 10 | 600 F |
| sucres | 4,25 | kg | 84 | 357 | 90,8 | 386 | 36 | 153 | 19,5 | 82,9 | 0,1 | 0,425 | 979 F |
| acide citrique | 25 | kg | 0,64 | 16 | | | | | | | | | 16 F |
| citron frais | 7,5 | kg | | | | | 3,5 | 26,3 | | | 0,4 | 3 | 29 F |
| pectine | 75 | kg | 1,3 | 97,5 | | | 0,1 | 7,5 | | | | | 105 F |
| sel | 1,2 | kg | | | | | | | | | 0,1 | 0,12 | 0 F |
| épices | 30 | kg | | | | | | | | | 0,08 | 2,4 | 2 F |
| bocal 430 g | 2,7 | ut | 338 | 913 | | | | | | | | | 913 F |
| bouteilles 750 ml | 2 | ut | | | 100 | 200 | | | | | 8 | 16 | 216 F |
| barquette 200g+film | 2,5 | ut | | | | | 200 | 500 | 24 | 60 | | | 560 F |
| carton barquette | 1 | ut | | | | | 200 | 200 | 24 | 24 | | | 224 F |
| carton d'emballage | 1,5 | ut | 28 | 42 | 10 | 15 | 16 | 24 | 2 | 3 | 0,67 | 1,005 | 85 F |
| étiquettes | 0,5 | ut | 338 | 169 | 100 | 50 | | | | | 8 | 4 | 223 F |
| | | | 940 | 1894 | 401 | 851 | 496 | 991 | 75 | 180 | 22 | 37 | 3 953 F |
| Soit le montant total pour la saison de production: | | | | | | | | | | | | | 316 206 F |
| Energie: | P.U | ut | Q | | | | | | | | | | M |
| eau | 0,975 | m3 | 608 | | | | | | | | | | 593 F |
| électricité | 0,46 | kWh | 1805 | | | | | | | | | | 830 F |
| bois | 17,5 | stère | 80 | | | | | | | | | | 1 400 F |
| nettoyage et désinfection | 5 | jours | 80 | | | | | | | | | | 400 F |
| Soit le montant total pour la saison de production: | | | | | | | | | | | | | 3 223 F |
| TOTAL GENERAL (en milliers de Fmg) | | | | | | | | | | | | | 319 429 F |

P.U : prix unitaire, ut : unité, Q : quantité, M : montant

3.4.2 Système d'approvisionnement

L'unité de transformation constitue la propriété d'une association de producteurs de fraises, le manque de matières premières est alors peu probable. Toutefois, leurs récoltes ne parviennent pas à couvrir tous les besoins de la période de production (estimée à 4 mois); ainsi pour prévenir la rupture des stocks, ils établissent un contrat d'approvisionnement avec d'autres fraiseiculteurs de la région.

Le système d'approvisionnement consiste à mettre en œuvre un point de collecte contrôlé par un agent, lequel a pour mission d'établir ledit contrat avec les paysans fournisseurs. Ce contrat contient :

- l'heure de la livraison
- la quantité et la qualité exigées (variété, calibre, degré de maturité)
- le prix lié aux qualités.

3.5 Besoins en facteurs de production

Les charges liées à la production ont été précédemment exposées. Ce rapport révélera les besoins pour compenser les :

- charges matérielles annexes à la production : approvisionnement, distribution, administration,...
- charges imputées au personnel.

3.5.1 Autres charges matérielles

Tableau 28 : Autres charges de fonctionnement

| Désignation | unité | Prix unitaire en milliers Fmg | Quantité | Montant en milliers Fmg |
|-------------------------------------------|-------|-------------------------------|----------|-------------------------|
| Transport: | | | | |
| Livraison | ut | 165 | 16 | 2 640 F |
| Approvisionnement | ut | 165 | 16 | 2 640 F |
| Télécommunication: | | | | |
| Téléphone | fft | 25 | 8 | 200 F |
| Courrier | fft | 1,5 | 20 | 30 F |
| Consommables de bureau: | fft | | | 25 F |
| Entretien: | fft | | | 500 F |
| Soit un total net de: | | | | 6 035 F |
| Taxes | | | | 1 207 F |
| TOTAL GENERAL (en milliers de Fmg) | | | | 6 335 F |

Les autres charges se rapportant aux déplacements et au service administratif se chiffrent à 6 335 000 Fmg pour une saison.

3.5.2 Charges du personnel

Le personnel de l'entreprise se compose d'administrateurs, dont les tâches comprennent tous les aspects de gestion ; et d'un service de production dynamique guidé par un responsable technique constituant le pilier de l'unité. Notons que la majorité du personnel sera composé de membres de l'association, ayant bénéficié de formations assidues.

Tableau 29 : Charges du personnel

| Service | Fonction | Nombre | Rémunération mensuelle en milliers Fmg | Montant mensuel en milliers Fmg |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------|---------------------------------|
| Administration | Responsable administratif/ Gestion des Ressources Humaines | 1 | 1 200 F | 1 200 F |
| | Responsable approvisionnement, gestion des stocks, distribution | 1 | 1 500 F | 1 500 F |
| | Aide | 1 | 275 F | 275 F |
| Technique | Directeur et responsable technique | 1 | 2 000 F | 2 000 F |
| | Contrôleur de fabrication | 2 | 1 500 F | 3 000 F |
| | Ouvriers | 5 | 400 F | 2 000 F |
| | Manutentionnaires et aides | 2 | 300 F | 600 F |
| | Gardien | 1 | 300 F | 300 F |
| Soit un total mensuel de: | | | | 10 875 F |
| TOTAL GENERAL (en milliers de Fmg) | | | | 43 500 F |

3.6 Présentation de l'unité de transformation

3.6.1 Diagrammes fonctionnels

Le processus général de fabrication de chaque produit sera présenté, avec les conditions techniques de travail et les moyens matériels employés.

3.6.1.1 Confitures

Tableau 30 : Diagramme fonctionnel de production de confiture de fraises

| Opération | Conditions techniques | Moyens |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Réception | | Bacs propres |
| Triage | Couleur rouge | Table de triage |
| Parage – équeutage | | Table de parage |
| Lavage – égouttage | | Bac de lavage, Passoire |
| Découpage | | Couteaux inox, manuel |
| Addition de sucre | Sucre blanc | Balance, manuelle |
| Cuisson – concentration | Bassine ouverte, agitation, degré Brix final= 63 à 65° | Bassine en acier inoxydable |
| Addition de pectine | Solution de pectine 150°Sag à 215% | Balance, manuelle |
| Addition d'acide citrique | Acide citrique, pH final = 2,9 à 3,3 | Balance, manuel |
| Conditionnement | Bocaux stérilisés, 430 g net | Louche en acier inox, manuel, balance |
| Refroidissement | Eau froide | |
| Ressuyage | | |
| Emballage | Carton | Manuel |
| Entreposage | Température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité | Magasin de stockage |

L'élaboration de ce produit a fait l'objet d'études menées par RATOVOARIVELO, A. (24)

3.6.1.2 Sirop

Tableau 31 : Diagramme fonctionnel de production de sirop de fraises

| Opération | Conditions techniques | Moyens |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Réception | | Bacs propres |
| Triage | Couleur rouge | Table de triage |
| Parage – équeutage | | Table de parage |
| Lavage – égouttage | | Bac de lavage |
| Macération | Sucre blanc 50% de sucre, 50% de fruits | Bac de macération |
| Tamisage | | Egouttoir |
| Cuisson – concentration | Bassine ouverte, degré Brix final = 65 à 70 | Bassine en acier inox |
| Conditionnement | Bouteilles stérilisées 750 ml | Louche en acier inox, bouteilles |
| Refroidissement | Eau froide | |
| Ressuyage | | Egouttoir |
| Emballage | Carton | |
| Entreposage | Température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité | Magasin de stockage |

3.6.1.3 Pâte de fruits

Tableau 32 : Diagramme fonctionnel de production de pâte de fraises

| Opération | Conditions techniques | Moyens |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Réception | | Bacs propres |
| Triage | Couleur rouge | Table de triage |
| Parage – équeutage | | Table de parage |
| Lavage – égouttage | | Bac de lavage |
| Pré-cuisson | Bassine ouverte, 5 min | Bassine en acier inoxydable |
| Addition de sucre | Sucre blanc $\geq 99,9\%$ de saccharose (3/4 du sucre total) | Balance, manuel |
| Cuisson – concentration | Bassine ouverte, 15 min | Bassine en acier inoxydable |
| Addition de sucre | Sucre blanc $\geq 99,9\%$ de saccharose (1/4 du sucre total), sirop de glucose | Balance, manuel |
| Ajout d'acide (jus de citron) | Jus de citron filtré, pH _{final} = 3 | Manuel |
| Cuisson – concentration | Bassine ouverte, 5 min | Bassine en acier inoxydable |
| Addition de pectine | Solution de pectine | Balance, manuel |
| Moulage | Température $> 80^{\circ}\text{C}$, couche de 2 cm | Moule glycérimé |
| Séchage | % matières sèches final= 75 | Séchoir solaire, 4 jours |
| Découpage | Cube de 2 x 2 x 2 cm | Couteau inox, manuel |
| Enrobage | Sucre blanc cristallisé | Manuel |
| Conditionnement | Barquette et film en plastique alimentaire étanche, 200 g | Thermoencolleuse, balance |
| Emballage | Cartons | Manuel |
| Entreposage | Température fraîche, à l'abri de la lumière et de l'humidité | Magasin de stockage |

ANDRIANIRINA, N.(25) propose les paramètres technologiques adaptés à l'élaboration de pâtes de fraises d'Ambatofotsy.

3.6.1.4 Fruits confits

Tableau 33 : Diagramme fonctionnel de production de fraises confites (25)

| Opération | Conditions techniques | Moyens |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Réception | Fraises fraîches | Bacs propres |
| Triage | Couleur rouge, intactes, fermes | Table de triage, manuel |
| Parage – équeutage | | Table de parage, manuel |
| Lavage – égouttage | | Bac de lavage |
| Cycle de confisage | Cuves, 65°C , 24heures x 4, puis 72 heures x 1 (dernier sirop) | Cuves en acier inox avec système de chauffage par bain-marie |
| Séchage | Degré Brix _{final} ≥ 75 | Claies, séchoir solaire, 3 jours |
| Glaçage | Sirop de sucre inverti, Température= 120°C | Manuel, égouttoir |
| Conditionnement | Barquette et film en plastique alimentaire étanche, 200 g | Thermoscelleuse, balance |
| Emballage | Cartons | Manuel |
| Entreposage | Température fraîche, à l'abri de la lumière et de l'humidité | Magasin de stockage |

3.6.1.5 Chutney

Tableau 34 : Diagramme fonctionnel de production de chutney (25)

| Opération | Conditions techniques | Moyens |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Réception | | Bacs propres |
| Triage | Couleur rouge orangé | Table de triage, manuel |
| Lavage – Egouttage | | Bac de lavage |
| Parage – Equeutage | | Table de parage, manuel |
| Découpage | | Hachoir mécanique |
| Assaisonnement | Sucre : 2%, sel : 2%, piment < 0,03%, agitation | Manuel, ustensiles inoxydables |
| Cuisson – concentration | Bassine ouverte, 10 min, agitation | Bassine en acier inoxydable, agitation manuelle |
| Ajout d'acide (jus de citron) | PH _{final} = 3 | Balance, pH-mètre, manuel |
| Conditionnement à chaud | Bocaux stérilisés, Température > 95°C, 750 ml | Louche en acier inoxydable, bocaux en verre, balance |
| Refroidissement – Ressuyage | | |
| Mise au froid | Température fraîche | Magasin de stockage |

On retrouve l'étude des paramètres technologiques d'élaboration de la pâte de fraises, des fraises confites et du chutney de fraises à la Deuxième et la Troisième Partie de ce document.

3.6.2 Organisation des ressources humaines

3.6.2.1 Organisation des tâches

Les ouvriers, aides et manutentionnaires travaillent en équipe de jour uniquement, sous la direction du responsable de production, et sous la surveillance directe des contrôleurs de fabrication. Le gardiennage est essentiellement un service de nuit.

3.6.2.2 Les postes de production

Globalement, le nombre de postes est fixé à cinq:

1. La réception des matières premières :

- inspection
- pesage
- pointage
- délivrance du reçu et de l'estimation qualitative du chargement
- gestion des stocks de matières premières
- réglage du débit horaire des matières premières vers l'usine

2. Le poste de prétraitements

- triage
- lavage

- équeutage
- parage

3. Le poste de préparation

- cuisson
- macération
- stérilisation
- refroidissement
- séchage
- glaçage

4. Le poste de finition et de conditionnement

- découpage
- pesage
- finition
- saupoudrage
- conditionnement
- emballage
- enregistrement

5. le poste de contrôle de fabrication

Le poste de contrôle interagit continûment avec tous ceux précédemment cités. Les deux contrôleurs de fabrication se relayent dans la salle de fabrication-même, et dans le laboratoire de contrôle.

Tableau 35 : Description des interventions de contrôle de la qualité

| Poste | Contrôles |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Réception | Contrôle de l'hygiène du local Enregistrement des fournisseurs et des quantités livrées Inspection de visu : matières étrangères, calibre, maturité, hygiène, fraîcheur Mesures : degré Brix, intervalle de pH Révisions du cahier de charges |
| Prétraitements | Contrôle de l'hygiène du personnel, des matériels et du local Contrôle de la température de travail et de la cadence des prétraitements Supervision du respect des valeurs de calibrage Contrôle de l'efficacité des opérations |
| Préparation | Gestion des stocks de matières premières et combustibles Contrôle de conformité des ingrédients de fabrication Contrôle de l'hygiène du personnel, des matériels et du local Contrôle de l'extrait sec soluble et du pH à chaque opération critique (cahier des charges) Contrôle de la maîtrise technique de la cuisson, stérilisation, pasteurisation, macération, séchage (ingrédients, durées, agitation,...) Contrôle du respect des critères de fin de séchage (mesures) Contrôle de la cadence de remplissage des bocaux et bouteilles Contrôle de la température et de la durée du refroidissement |
| Finition et conditionnement | Gestion des stocks de fournitures Contrôle de conformité des contenants Contrôle de l'hygiène du personnel, des matériels et du local Pesage et estimation de la qualité de visu Mesures de pH, degré Brix, teneur en matières sèches Contrôle du marquage et de l'étiquetage Enregistrement de la quantité des produits finis Echantillonnages pour analyses complètes |

Cette liste devra être étendue et révisée selon les réalités de manœuvre sur place. Ainsi, un système de contrôle de la qualité est déployé à toutes les phases du process, selon un cahier des charges bien déterminé.

3.6.3 Plan de l'usine

Pour assurer la qualité des produits finis, inhérente à celle de l'organisation du travail, des règles sont à respecter lors de la conception de l'usine.

- Séparer les divers ateliers (réception et stockage des produits frais, atelier de production, stockage des récipients vides, stockage des produits finis, bureaux administratifs, vestiaires et sanitaires).
- A l'intérieur de l'atelier de fabrication, adopter le système de la marche en avant, empêchant tout contact entre les produits à différents stades de la fabrication ; ce système consiste à établir suivant les mêmes sens la succession des opérations telles qu'elle reflète dans l'espace les schémas de fabrication.
- Prévoir des systèmes d'évacuation des eaux usées, ainsi qu'une aire de stockage des déchets hors de l'usine.

Le schéma suivant représente la structure de l'unité de transformation envisagée, comprenant :

- 1) La salle de réception des matières premières fraîches
- 2) Les vestiaires et installations sanitaires
- 3) La grande salle de transformation
- 4) Les salles annexes de stockage et de séchage
- 5) Les bureaux.

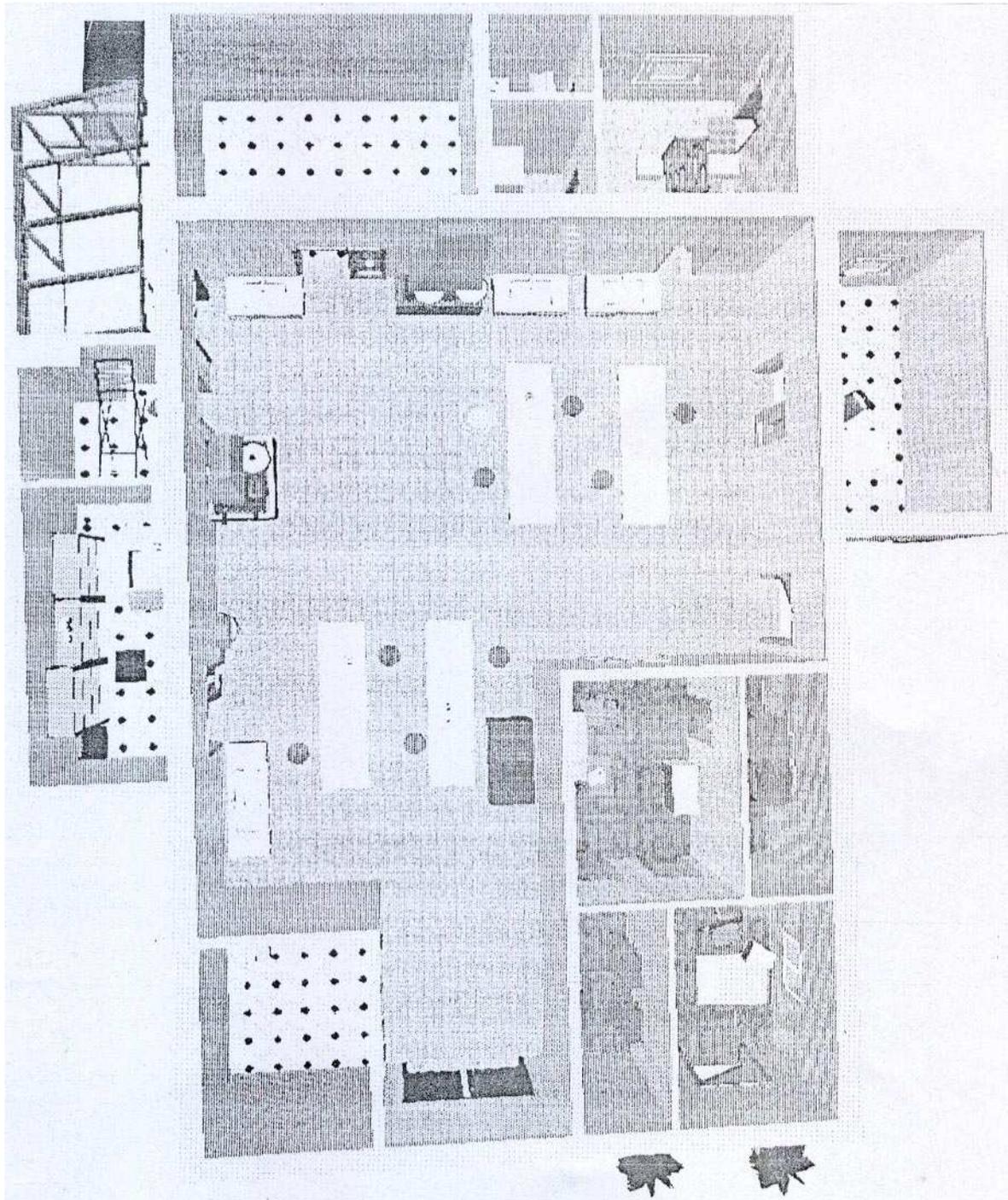


Figure 20 : Plan d'usine

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 | Aire de triage, parage, préparations |
| 2 | Aire de lavage |
| 3 | Macération et confisage |
| 4 | Fours |
| 5 | Aire de préparation |
| 6 | Séchoir |
| 7 | Stockage des autres matières |

3.7 Calculs économiques

3.7.1 Immobilisations

Tableau 36 : Immobilisations

| Désignation | P. U en milliers Fmg | Quantité | Montant en milliers Fmg | Durée de vie en années | Amortissement en milliers Fmg |
|-------------------------------------------|----------------------|----------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Frais d'établissement | 3000 | 1 | 3000 | 99 | 30,303 F |
| Terrain et bâtiment (m²) | 500 | 150 | 75000 | 99 | 757,576 F |
| Matériels de production: | | | | | |
| bascule | 900 | 1 | 900 | 20 | 45,000 F |
| balance | 60 | 3 | 180 | 10 | 18,000 F |
| congélateur | 2500 | 1 | 2500 | 10 | 250,000 F |
| matériel de lavage 20 kg | 150 | 2 | 300 | 25 | 12,000 F |
| tables carrelées | 100 | 4 | 400 | 99 | 4,040 F |
| tabourets | 7,5 | 7 | 52,5 | 15 | 3,500 F |
| cuves de macération inox et accessoires | 8 | 5 | 40 | 20 | 2,000 F |
| bain-marie | 35 | 1 | 35 | 5 | 7,000 F |
| foyer | 20 | 5 | 100 | 10 | 10,000 F |
| cuiseur | 160 | 5 | 800 | 15 | 53,333 F |
| séchoir solaire et accessoires | 150 | 1 | 150 | 15 | 10,000 F |
| stérilisateur | 100 | 1 | 100 | 20 | 5,000 F |
| thermocolluse | 350 | 1 | 350 | 10 | 35,000 F |
| Energie: | | | | | |
| installation eau | 3000 | 1 | 3000 | 99 | 30,303 F |
| installation électricité | 1000 | 1 | 1000 | 99 | 10,101 F |
| éclairage | 40 | 6 | 240 | 3 | 80,000 F |
| Matériel de manutention: | | | | | |
| caissettes perforées 10 kg | 5,5 | 60 | 330 | 2 | 165,000 F |
| bacs à roulettes 15 kg | 35 | 2 | 70 | 5 | 14,000 F |
| bassines | 9 | 4 | 36 | 5 | 7,200 F |
| petit matériel: couteaux, ... | 1,5 | 20 | 30 | 5 | 6,000 F |
| brouette | 100 | 1 | 100 | 99 | 1,010 F |
| matériel de nettoyage | 25 | 1 | 25 | 1 | 25,000 F |
| Matériel de bureau: | | | | | |
| télécommunication | 700 | 2 | 1400 | 5 | 280,000 F |
| tables | 30 | 3 | 90 | 50 | 1,800 F |
| chaises | 20 | 9 | 180 | 50 | 3,600 F |
| étagères | 25 | 3 | 75 | 50 | 1,500 F |
| fournitures (calculatrice, ...) | 100 | 1 | 100 | 2 | 50,000 F |
| Matériel de contrôle: | | | | | |
| réfractomètre | 1352 | 1 | 1352 | 50 | 27,040 F |
| pH-mètre | 1250 | 1 | 1250 | 10 | 125,000 F |
| verrerie courante | 250 | 1 | 250 | 2 | 125,000 F |
| TOTAL GENERAL (en milliers de Fmg) | | | 93 436 F | Amortissement | 2 195 F |

3.7.2 Fonds de roulement

Le calcul du fonds de roulement initial permettra d'évaluer les liquidités nécessaires au démarrage de l'activité.

Le fonds de roulement initial est de :

Tableau 37 : Fonds de roulement initial

| Désignation | Montant en milliers Fmg |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Charges du personnel | 10 875 F |
| Charges de production | 39 929 F |
| Autres charges | 6 335 F |
| Total | 57 139 F |
| Imprévus | 5 714 F |
| Fonds de roulement initial | 62 852 F |

3.7.3 Evaluation de la rentabilité

3.7.3.1 Cash-flow

Tableau 38 : Cash-flow

| Année d'exercice | | I | II | III | IV | V |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Recettes | | | | | | |
| | Recettes | 450 000 F | 562 500 F | 675 000 F | 787 500 F | 900 000 F |
| Dépenses décaissées | | | | | | |
| | Achats | 319 429,008 F | 399 286,240 F | 479 143,512 F | 559 000,764 F | 638 858,016 F |
| | Autres charges | 1 207 F | 1 508,750 F | 1 810,500 F | 2 112,250 F | 2 414 F |
| | Charges du personnel | 43 500 F | 54 375 F | 65 250 F | 76 125 F | 87 000 F |
| | Charges décaissées | 364 136 F | 455 170 F | 546 204 F | 637 238 F | 728 272 F |
| Résultats imposables | | | | | | |
| | Chiffre d'affaires | 450 000 F | 562 500 F | 675 000 F | 787 500 F | 900 000 F |
| | Dépenses décaissées | 364 136,008 F | 455 170,010 F | 546 204,012 F | 637 238,014 F | 728 272,016 F |
| | Amortissements | 2 195,307 F |
| | Résultat imposable | 83 669 F | 105 135 F | 126 601 F | 148 067 F | 169 533 F |
| Résultats nets | | | | | | |
| | Résultat imposable | 83 668,685 F | 105 134,683 F | 126 600,681 F | 148 066,679 F | 169 532,677 F |
| | Impôts sur bénéfices (25%) | 20 917,171 F | 26 283,671 F | 31 650,170 F | 37 016,670 F | 42 383,169 F |
| | Résultat net | 62 752 F | 78 851 F | 94 951 F | 111 050 F | 127 150 F |
| Cash-flow | | | | | | |
| | Résultat net | 62 751,514 F | 78 851,013 F | 94 950,511 F | 111 050,010 F | 127 149,508 F |
| | Amortissements | 2 195,307 F |
| | Cash-flow | 64 947 F | 81 046 F | 97 146 F | 113 245 F | 129 345 F |

Tous les formats monétaires sont signifiés en milliers de Fmg.

3.7.3.2 Valeur nette actualisée

La valeur nette actualisée (VNA) est un indice de rentabilité d'un projet. Une VNA positive signifie que le projet est rentable. Pour pouvoir calculer cette valeur, il faut actualiser les valeurs des marges brutes d'auto-financement ou le cash-flow. Le taux d'actualisation est de 25% soit $i = 0,25$.

$$VNA = -I + \sum_{1}^{n} MBA (1+i)^{-n}$$

Avec :
 I : Investissement :
 MBA : Marge brute d'auto-financement ou Cash-flow
 VNA : Valeur nette actualisée
 i : Taux d'actualisation (25%, soit 0,25)

d'où :

$$VNA = -105\,517,5 + 64\,946,821 (1+0,25)^{-1} + 81\,046,319 (1+0,25)^{-2} + 97\,145,818 (1+0,25)^{-3} + 113\,245,316 (1+0,25)^{-4} + 129\,344,815 (1+0,25)^{-5}$$

VNA = 96 888 kF (milliers de Fmg)

Nous avons obtenu une VNA positive, ce qui signifie un capital remboursé, un intérêt rendu et du bénéfice acquis.

3.7.3.3 Taux de rentabilité interne

Le taux de rentabilité interne ou TRI correspond à la valeur actualisée nette égale à 0. Nous l'estimerons pour deux taux d'actualisation différents :

VNA pour taux de 50% :

VNA (50%) : 2 058 kF

TRI pour taux de 60%

VNA (60%) : -19 863 kF

L'interpolation des valeurs nous donne un taux de rentabilité interne voisin de 52%. Cette valeur, largement supérieure au taux de 25%, permet de conclure à la profitabilité du projet, suite à la réalisation de bénéfices et une commodité de remboursement des emprunts.

Le calcul de la date de retour du capital investi nous donne un laps de temps de **3 ans, 9 mois et 26 jours**.

3.8 Conclusion partielle

L'étude s'est proposée d'évaluer la faculté du projet à générer des revenus, dont dépendra par là-même sa viabilité. Nous avons établi une productivité du projet, vu le taux de rentabilité interne de 52%, qui excède largement le taux exigible. De même, la mise au point de la qualité tant au niveau technologique qu'organo-sensorielle renforce la compétitivité des produits.

Cependant, L'édification d'une unité de transformation constitue une vraie gageure pour des petits paysans, car cela implique, entre autres, une solide organisation. Une fois les objectifs cernés, et les paramètres technologiques établis ; la conception de l'atelier doit répondre à ces buts qui tiennent compte des résultats d'une ingénierie rigoureuse. Corrélativement, l'équipement et l'espace nécessaires sont définis en fonction des produits, leurs quantités déterminées et les perspectives d'extension de l'unité.

CONCLUSION GENERALE

La culture de fraise occupe une place importante dans la région d'Atsimondrano, avec plus de 1000 exploitants et une production saisonnière de 560 tonnes. Malgré les efforts consentis par les paysans pour le développement de la culture, la filière fraise connaît de sérieux problèmes notamment concernant l'écoulement des produits.

La transformation des fraises peut apporter une solution à ces problèmes.

Les résultats de la transformation en sirop des variétés de fraise cultivées à Ambatofotsy ont été concluants, dans la mesure où ces produits ont été perçus favorablement par les consommateurs, par rapport aux sirops synthétiques vendus sur le marché actuel. En outre, nos produits, surtout le sirop obtenu à partir de la variété Voaloboka, satisfont aux exigences de la législation générale des sirops, en matière de teneur en sucres et de teneur en fruits.

La production de sirops de fraise se révèle alors intéressante à condition qu'elle soit accompagnée d'un choix de variétés.

La technologie étudiée peut bien être appliquée à l'échelle artisanale voire semi-industrielle. L'étude de faisabilité économique d'une mise en place d'une unité de transformation de fraises artisanale utilisant cette technologie a abouti avec un taux de rentabilité de 52%, plus du double du taux exigé de 25%.

Mais pour mieux réussir dans ce domaine, des améliorations variétales méritent d'être poursuivies afin d'obtenir des matières premières de bonne qualité : calibre, arôme et couleur suffisants, qui s'apprêtent mieux aux transformations voulues.

Références bibliographiques

- 1) Historique de la fraise :
amicaledesaintgeniez.free.fr/amedeefrezier.htm
- 2) LEMAÎTRE,R.,LINDEN,R., 1996, Le fraisier à gros fruits, J.Duclot,Gembloux
- 3) BLAIS,R., 1978, Flore pratique, Presses Universitaires de France
- 4) KROLL,R., 1992, Les petits fruits, Maisonneuve et Larose
- 5) Saha
- 6) Données horticoles :
delbon.com/biblio/fiches_cult-fr.htm
- 7) GAGE, SAHA, 2002, Journée de réflexion sur la fraise
- 8) AGUILAR,I., GALBES,H., 1999, Guide de la vie familiale
- 9) Saveurs du Monde présente tout sur la fraise :
saveurs.sympatico.ca/ency_4/fraise/fraise.htm
- 10) Aliment Vedette : Fraise :
servicevie.com/01Alimentation/AlimentVedette/Avf_HTML/HTML_500C/570H.htm
- 11) Saha
- 12) U
- 13) nige.ch/sciences/biologie/public/pif/ofsp_mi/SEITEN36.pdf
- 14) Consom' action n°11: Les sirops:
<http://www.biocoop.fr/infosbiocoop/consomaction/consomaction11/consomaction11.htm>
- 15) BIT, ONUDI, 1990, Conservation des fruits à petite échelle, OIT, Genève
- 16) CECCHINI,T.,1994, Faites-vous même vos conserves de fruits et de légumes: conseils pour bien réussir conserves, gelées, sirops et liqueurs, Ed. de Vecchi, Paris
- 17) SCHNEIDER, E.,1976, La santé par les aliments, Editions SdT. 77190 Dammarie les Lys, France
- 18) France.Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Formation professionnelle, France, Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 1992, L'industrie de la conserve, La documentation française, Paris
- 19) APRIA (Association pour la promotion industrie agriculture), 1980, Les petits fruits et leur valorisation industrielle: cassis, fraise, framboise, groseille, myrtille, APRIA
- 20) Union nationale des producteurs et distributeurs de nectars et de boissons aux fruits de la Métropole et d'Outre-Mer, 1990, Le statut légal des jus de fruits et légumes, nectars et boissons aux fruits, Union nationale des producteurs et distributeurs de nectars et de boissons aux fruits de la Métropole et d'Outre-Mer, Paris
- 21) RAUX, J., 1991, Unité de jus de fruits, La documentation française, Paris
- 22) Emballage: <http://www.schwan.lu/schwan/matieres.html>
- 23) AFNOR, 1988, Contrôle de la qualité des produits alimentaires. Analyse sensorielle, AFNOR, Paris

MESURE DU DEGRE BRIX

Mesure du °Brix à l'aide d'un réfractomètre d'ABBE

Appareillage

- Matériel courant de laboratoire
- Réfractomètre.

Mode opératoire

- Homogénéiser l'échantillon pour l'essai
- Régler la température du réfractomètre à la température de mesure, soit $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5$
- Appliquer une petite prise d'essai sur le prisme inférieur du réfractomètre et effectuer la mesure conformément aux instructions opératoire de l'appareil utilisé.

Expression des résultats

La teneur en résidu sec soluble, exprimée en g de résidu sec pour cent g de produit est obtenu par simple lecture du chiffre indiqué par le réfractomètre.

PREPARATION DE LA LIQUEUR DE FEHLING POUR L'ANALYSE CHIMIQUE

Réactifs :

- sulfate de cuivre cristallisé
- tartrate neutre de potasse
- soude caustique

Préparation de la liqueur de Fehling

Composition : Formule de BOUSSINGAULT

- a) Solution A : 40 g de sulfate de cuivre cristallisé
 200 cc d'eau distillée
- b) Solution B : 160 g de tartrate neutre de potasse
 130 g de soude caustique
 600 cc d'eau distillée

Mode opératoire

- Introduire la solution de sulfate de cuivre dans la solution de tartrate alcalin.
- Porter le mélange à l'ébullition pendant 10 minutes
- Laisser refroidir, puis décanter le liquide dans une fiole jaugée de 1 l en évitant d'entraîner le dépôt d'oxyde de cuivre qui a pu se former pendant l'ébullition.
- Compléter le volume de 1 l et conserver la liqueur dans des flacons en verre jaune

Titration de la liqueur de Fehling

Par rapport au glucose :

Pour titrer la liqueur cuivro-potassique par rapport au glucose, on utilise du glucose pur anhydre dont on peut s'assurer de la pureté en le faisant cristalliser dans l'alcool et le desséchant dans le vide en présence d'acide sulfurique.

Le glucose ayant un pouvoir réducteur sensiblement analogue à celui du sucre interverti, on peut se contenter pour l'analyse des solutions de glucose, d'utiliser le titre de la liqueur de Fehling obtenu avec une solution de sucre interverti préparée en partant du saccharose à l'état pur.

Par rapport au sucre interverti :

- a) Préparation d'une liqueur à sucre interverti
- Peser 0,950 g de sucre raffiné du commerce, pulvérisé et desséché dans le vide. L'introduire dans un ballon jaugé de 100 cc avec 60 à 80 cc d'eau distillée.
- La dissolution effectuée, ajouter 1 cc d'HCl N, puis placer le ballon dans un bain-marie bouillant pendant 5 à 10 minutes. (Au bout de ce temps, tout le saccharose a été transformé en sucre interverti).

- La liqueur refroidie, ajouter quelques gouttes de lessive de soude pour neutraliser la solution, puis compléter au volume de 100 cc. (On obtient ainsi une liqueur contenant 1% de sucre interverti).
 - Notons que 100 parties de sucre interverti correspondent à 95 parties de saccharose.
- b) Titrage
- Introduire la solution de sucre interverti précédemment préparée dans une burette graduée.
 - Mettre dans un ballon de 250 cc, 10 cc de la liqueur de Fehling, puis 10 cc d'une solution de potasse à 10% et 10 à 15 cc d'eau.
 - Porter le liquide à ébullition.
 - Ecarter le ballon de la flamme pour y verser quelques gouttes de liqueur sucrée contenue dans la burette.
 - Chauffer à nouveau et quand le liquide bout, ajouter encore quelques gouttes de liqueur sucrée
 - Continuer ainsi en observant la coloration bleue du liquide après chaque addition de sucre (coloration qui devient de moins en moins intense jusqu'au moment où l'addition d'une goutte de la liqueur sucrée la fait disparaître complètement).

Expression des résultats

La solution sucrée renferme 1 g de sucre dans 100 cc.

Soit n la descente de burette.

Si une autre solution de même sucre mais de titre inconnu donne une descente de burette n', la quantité de sucre contenue dans 100 cc de solution est :

$$S = \frac{n}{n'}$$

le calcul étant le suivant :

$$n \cdot 1 = n' \cdot S$$

1 : gramme de sucre dans 100 cc de solution de titre connu

S : gramme de sucre dans 100 cc de solution de titre inconnu

DOSAGE DES SUCRES REDUCTEURS

Réactifs

- liqueur de Fehling de titre connu (n) dont la composition est donnée par la formule de BOUSSINGAULT

Appareillage

- fioles jaugées de 100 ml
- ballon de 250 ml
- bec Bunsen surmonté d'une plaque chauffante,
- pipettes graduées : 10 ml, 20 ml
- burette graduée de 0 à 20 ml

Mode opératoire

- Prendre 10 ml de solution à doser
- Ramener le volume à 100 ml dans la fiole jaugée
- Prendre 50 ml de cette solution dans un bécher, pour la détermination de la teneur en sucres réducteurs
- Prendre 10 ml de la liqueur de Fehling de titre connu et l'introduire dans un ballon de 250 ml
- Porter la liqueur à ébullition puis écarter le ballon de la flamme pour y verser quelques gouttes de la solution sucrée préalablement mise dans la burette, ensuite chauffer à nouveau
- Continuer ainsi en observant la coloration bleue de la liqueur après chaque addition de sucre
(Coloration qui devient de moins en moins intense puis disparaît complètement)

Expression des résultats

Soit n' la descente de burette

Soit n le titre de la liqueur de Fehling

La teneur en sucres réducteurs par litre de solution sucrée est :

$$S = \frac{n}{n'} \times \frac{100}{50} \times \frac{1\,000}{10} \quad \text{g/l}$$

DETERMINATION DE L'ACIDITE TOTALE : METHODE DE DETERMINATION PAR TITRATION

Réactifs

- solution de phénolphtaléine 0,1% comme indicateur coloré
- solution de soude 0,1 N servant à titrer l'acidité

Appareillage

- béchers
- burette graduée de 0 à 20 ml

Mode opératoire

- Introduire dans un bécher 20 ml de la solution à titrer
- Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine à 0,1%
- Titrer par la soude 0,1 N jusqu'à ce que la solution vire au rose pâle

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en gramme d'acide tartriques au litre ou en grammes d'acide citrique (C₆H₈O₇) au litre dont le poids moléculaire est de 192.

La méthode de calcul est la suivante :

- 1 ml de NaOH 0,1 N correspond à 0,0075 g d'acide tartrique (C₄H₆O₆)
donc a ml de NaOH 0,1 N (descente de burette) correspond à 0,0075a g d'acide tartrique
comme 0,0075a g d'acide tartrique est l'équivalent de l'acidité totale dans 20 ml de solution, alors l'acidité totale exprimée en acide tartrique contenue dans 1 000 ml de solution est donc :

$$\frac{0,0075 \cdot a \cdot 1\,000}{20} = a \cdot 0,375 \text{ g/l}$$

- 1 ml de NaOH 0,1 N correspond à 0,007 g d'acide citrique
- l'acidité totale exprimée en acide citrique contenue dans 1 000 ml de solution est donc :

$$\frac{a \cdot 0,007 \cdot 1\,000}{20} = a \cdot 0,350 \text{ g/l}$$

MESURE DU pH

Réactifs

- Solution tampon pH 4,0
 - Phtalate acide de potassium anhydre 10,21 g
 - Eau distillée qsp 1 000 ml
- Solution tampon pH 7,0
 - Phosphate monopotassique cristallisée 3,35 g
 - Phosphate disodique cristallisée à 12 moles d'eau 15,03 g
 - Eau distillée qsp 1 000 ml

Appareillage

pH mètre à électrodes combinées et à affichage numérique

Mode opératoire

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis la nettoyer.
- Etalonner avec des solutions tampons pH 4 et pH 7
- Régler le bouton de température à celle de la salle d'expérience, puis le bouton de calibrage jusqu'à ce que l'indicateur affiche le pH de la solution tampon connue
- Puis nettoyer l'électrode et sécher.
- Mesurer ensuite le pH du produit et attendre que l'affichage numérique se stabilise
- Recommencer 2 fois la prise du pH sur un même produit.

DOSAGE DE LA TENEUR EN EAU

Principe :

La teneur en eau d'un produit correspond à la perte de poids observée après sa dessiccation dans l'étuve jusqu'à poids constant.

Matériels :

- Echantillons .
- Des boîtes de pétri.
- Une étuve thermostatée.
- Balance de précision SARTORIUS de sensibilité 0,1mg.
- Un dessiccateur.

Mode opératoire :

- Les échantillons sont introduits dans des boîtes de pétri sèches et tarées .(P1) (g).
- Le poids total de la boîte et de l'échantillon constituent le P2(g). La boîte ouverte est mise à l'étuve à $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant une durée où le poids reste constant (6H). Sorties de l'étuve, les boîtes sont immédiatement placées dans un dessiccateurs puis pesées. Lorsque le poids observé est constant, P3 (g) est obtenu. L'humidité se calcule par la formule :

$$\% \text{ en eau} = \frac{P2 - P3}{P2 - P1} \times 100$$

P2 : Poids de la boîte et la prise d'essai avant la dessiccation

P3 : Poids de la boîte de pétri et de la prise d'essai après la dessiccation

P1 : Poids de la boîte de pétri vide séché

DETERMINATION DE LA TENEUR EN CENDRES BRUTES

Les cendres brutes sont obtenues par calcination de 10g à 20g de produit dans un four à moufle à $525 \pm 25^{\circ}$ jusqu'à l'obtention d'un résidu exempt de particules charbonneuses.

Appareillage

- capsules en platine
- dispositif de pré-incinération
- four électrique à moufle
- dessiccateur

Mode opératoire

- pré-incinérer la capsule contenant la matière sèche sur une plaque chauffante réglée à 100°C
- introduire cette capsule dans le four à moufle réglé à 550°C
- attendre 3h
- sortir la capsule munie de son échantillon
- laisser refroidir dans un dessiccateur
- peser la capsule ; soit d= poids de la capsule contenant des cendres

Mode de calcul

$$\% \text{ cendres} = \frac{d - a}{b - a} \times 100$$

Avec : a : tare de la capsule

b : poids brut avant l'incinération

c: poids de la capsule contenant les cendres après incinération.

A N N E X E S

Annexe n°1 : Questionnaire pour l'épreuve triangulaire

Echantillon

Date :

Nom :

Trois échantillons vous sont proposés : _____

Entourez le numéro de l'échantillon que vous trouvez différent.

Annexe n°2 : Questionnaire pour l'épreuve descriptive quantitative

Date :

Nom :

Vous recevez les échantillons I, II, III, IV

Nous vous proposons d'évaluer chacun des descripteurs pour ces échantillons à l'aide de l'échelle de l'intensité allant de 0 à 5

0 quand l'intensité perçue est nulle

5 quand l'intensité perçue est forte

| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|
| Aspect | Sirupeux | | | | | | |
| | Rouge | | | | | | |
| Arôme | Fraise | | | | | | |
| | Caramel | | | | | | |
| | Autre (à préciser) | | | | | | |
| Saveur | Sucré | | | | | | |
| | Acide | | | | | | |
| | Goût de cuit | | | | | | |
| | Arrière-goût | | | | | | |

Annexe n°3 : Questionnaire pour l'épreuve hédonique

Vous recevez les échantillons I, II, III, IV
goûtez les et cochez la case correspondant à votre impression

| | Echantillon I | Echantillon II | Echantillon III | Echantillon IV |
|----------------------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| Très désagréable | | | | |
| Désagréable | | | | |
| Assez désagréable | | | | |
| Ni désagréable ni agréable | | | | |
| Assez agréable | | | | |
| Agréable | | | | |
| Très agréable | | | | |

Annexe n°4 : Questionnaire pour le test de préférence

Echantillons :

Date :

Nom :

De ces deux échantillons, lequel préférez-vous ?

Annexe n°5 : Recette de sirop de fraise

Pour 1,5l de sirop : 1kg de fraises, 1kg de sucre de canne.

Laver, sécher les fraises, les équeuter. Ecraser les fruits au moulin à légumes ou à mixer et laisser reposer 24h au frais dans une terrine couverte. Ajouter le sucre. Bien remuer pour mélanger, puis filtrer à travers un tamis fin. Verser le jus obtenu dans un récipient et faire chauffer pour dissoudre le sucre et donner quelques bouillons. Laisser refroidir avant de mettre en bouteille. Servir comme un sirop ordinaire avec une eau gazeuse ou non, et glaçons.