



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT INDUSTRIES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome
Option Industries Agricoles et Alimentaires

Contribution à la valorisation de l'ananas d'Arivonimamo : Cas du vin et des liqueurs d'ananas



Soutenu le :

23 Juin 2004

Par

RANDRIANARISON Andriamiharisoa

Roberto Christophe

Promotion RAITRA

1999-2004

REMERCIEMENTS

Nous n'aurions pas pu mener à bien ce travail sans l'aide et le soutien précieux de nombreuses personnes.

Nous tenons à remercier en particulier :

- * Monsieur Jean RASOARAHONA, Chef du Département IAA de l'ESSA qui nous a fait l'honneur de présider la soutenance de ce mémoire ;
- * Monsieur Roger RANAIVOSON, Chef du Département Recherches Technologiques au FOFIFA, qui nous a accueilli au sein de son équipe ;
- * Madame Béatrice RAONIZAFINIMANANA, Enseignant-Chercheur au Département IAA, qui, malgré ses nombreuses occupations, a bien voulu examiner ce travail ;
- * Notre tuteur, Monsieur Richard RANDRIATIANA, Enseignant-Chercheur au Département IAA, qui n'a ménagé ni son temps ni ses conseils tout au long de l'élaboration de ce mémoire ;

Nos sincères remerciements vont également à l'endroit :

- * de Monsieur Roger RANDRIANARIVELO, Chercheur au DRT-FOFIFA, pour son dévouement et sa compréhension ;
- * de tous les enseignants à l'ESSA, et en particulier à ceux du Département IAA ;
- * de tous le personnel de l'ESSA, et en particulier à ceux de la Bibliothèque de l'ESSA et du Laboratoire du Département IAA ;
- * du personnel de la Bibliothèque Universitaire, du CITE, du CIDST ;

Ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

<i>INTRODUCTION</i>	1
PREMIERE PARTIE : L'ANANAS	
CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'ANANAS	2
I.1. HISTORIQUE	2
I.2. BOTANIQUE	2
I.3. ECOLOGIE	9
I.4. TECHNIQUES CULTURALES	14
I.5. IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE	19
CHAPITRE II : LA PRODUCTION D'ANANAS A ARIVONIMAMO	20
II.1. HISTORIQUE	20
II.2. PRESENTATION DE LA REGION	20
II.3. LA PRODUCTION D'ANANAS	23
II.4. LA COMMERCIALISATION	26
CHAPITRE III : CARACTERISATION DE LA VARIETE CAYENNE LISSE	28
III.1. DESCRIPTION	28
III.2. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET NUTRITIONNELLES	30
III.3. DESCRIPTION SENSORIELLE	30
III.4. DEGRADATION POST-RECOLTE DES FRUITS	31
III.5. PANORAMA DE TRANSFORMATION DE L'ANANAS	33
CONCLUSION PARTIELLE	39
DEUXIEME PARTIE: ETUDE TECHNOLOGIQUE - CAS DU VIN ET DES LIQUEURS D'ANANAS	
CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES	40
I.1. OBJECTIFS	40
I.2. MATERIELS	40
I.3. METHODES	41
CHAPITRE II : LES OPERATIONS PRELIMINAIRES	46
II.1. CONTROLE DE LA QUALITE DES MATIERES PREMIERES	46
II.2. LAVAGE	47
II.3. ETETAGE /EQUEUTAGE / EPLUCHAGE	48
II.4. DECOUPAGE EN MORCEAUX	48
II.5. BROYAGE	48
II.6. FILTRATION	48
CHAPITRE III : LE VIN D'ANANAS	49
III.1. GENERALITES	49
III.2. ESSAIS PRELIMINAIRES	51

III.3. OPTIMISATION	60
III.4. TRAITEMENTS AVANT CONDITIONNEMENT	62
III.5. PRODUCTION A PETITE ECHELLE	63
III.6. ANALYSE SENSORIELLE	65
CHAPITRE IV : LIQUEURS D'ANANAS	67
IV.1. GENERALITES	67
IV.2. PREPARATION DE LIQUEURS D'ANANAS	67
IV.3. CLARIFICATION	72
IV.4. MATURATION	72
IV.5. ANALYSE SENSORIELLE PRELIMINAIRE	72
IV.6. ADDITION DE SUCRE	75
IV.7. RENDEMENT DE FABRICATION	75
IV.8. ANALYSE SENSORIELLE FINALE	76
CONCLUSION PARTIELLE	80
TROISIEME PARTIE : ETUDE ECONOMIQUE	
CHAPITRE I : LA QUALITE DANS UNE INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE	81
I.1. DEFINITIONS	81
I.2. LES ENJEUX DE LA QUALITE DANS UNE INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE	83
CHAPITRE II : ETUDE DE LA FILIERE	84
II.1. CONTEXTE	84
II.2. ETUDE DE MARCHE	85
CHAPITRE III : IMPLANTATION DE L'USINE	89
III.1. OBJECTIFS	89
III.2. OBJECTIFS DE VENTE	89
III.3. LOCALISATION	89
III.4. ASPECTS TECHNIQUES	90
III.5. ASPECTS ORGANISATIONNELS	101
CHAPITRE IV : ETUDE FINANCIERE	105
IV.1. BESOINS EN INVESTISSEMENTS	105
IV.2. CHARGES PREVISIONNELLES	105
IV.3. RECETTES PREVISIONNELLES	108
IV.4. ANALYSE FINANCIERE	109
CONCLUSION PARTIELLE	112
CONCLUSION GENERALE	113
<i>PARTIE EXPERIMENTALE</i>	<i>114</i>
<i>ANNEXES</i>	<i>117</i>
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	<i>141</i>

Liste des tableaux

Tableau 1. : Critères de classification des principales variétés	4
Tableau 2. : Les différents types de feuilles	5
Tableau 3. : Les différents types de racines	6
Tableau 4. : Les différents types de rejets selon leur origine	7
Tableau 5. : Poids frais et sec en grammes des différents organes à la récolte du fruit	7
Tableau 6. : Aspect du phénotype de la plante suivant la température moyenne du lieu considéré	10
Tableau 7. : Caractéristiques de l'ananas en fonction de la lumière reçue	11
Tableau 8. : Composition physico-chimique de la chair de Cayenne lisse	30
Tableau 9. : Panorama de transformation de l'ananas	37
Tableau 10. : Panorama des sous produits de l'ananas	38
Tableau 11. : Objectifs de l'étude pour chaque produit.....	40
Tableau 12. : Matériels.....	40
Tableau 13. : Les différents types d'essai et leurs objectifs	45
Tableau 14. : Caractères à contrôler, motifs et mesures à prendre	47
Tableau 15. : Conditions d'expérimentation	52
Tableau 16. : Conditions d'expérimentation	54
Tableau 17. : Conditions expérimentales	56
Tableau 18. : Résumé des résultats.....	60
Tableau 19. : Conditions d'expérimentations	61
Tableau 20. : Rendement de transformation du jus	65
Tableau 21. : Normes sur les liqueurs.....	67
Tableau 22. : Avantages et inconvénients des différents procédés de fabrication	68
Tableau 23. : Rendement par rapport au mélange jus + alcool	76
Tableau 24. : Importations de produits à base de fruits et de légumes de France	85
Tableau 25. : Liste des concurrents	86
Tableau 26. : Caractéristiques des produits.....	88
Tableau 27. : Objectifs de ventes des 5 premières années (en unité de conditionnement)...	89
Tableau 28. : Capacité de production	90
Tableau 29. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de prétraitements.....	91
Tableau 30. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de confiture d'ananas.....	92
Tableau 31. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de chutney d'ananas.....	93
Tableau 32. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de jus d'ananas	94
Tableau 33. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de sirop d'ananas	95
Tableau 34. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production d'ananas au sirop	95
Tableau 35. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de vin d'ananas	96
Tableau 36. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de liqueur d'ananas.....	97
Tableau 37. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production d'ananas confits	97
Tableau 38. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de pâtes d'ananas.....	98
Tableau 39. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production d'ananas séchés	99
Tableau 40. : Caractéristiques fonctionnelles des autres opérations unitaires	99
Tableau 41. : Identification des CCP et des mesures correspondantes	100
Tableau 42. : Répartition des tâches et qualifications requises	103
Tableau 43. : Résumé des besoins en investissements	105
Tableau 44. : Résumé des besoins en approvisionnement par intrants et par année	106

Tableau 45. : Besoins en énergie	107
Tableau 46. : Besoins en consommables	107
Tableau 47. : Charges du personnel	107
Tableau 48. : Autres charges de production	108
Tableau 49. : Recettes prévisionnelles par produit et pour les 5 premières années	108
Tableau 50. : Résultats d'exploitation par année	109
Tableau 51. : Résultats d'exploitation par année	109
Tableau 52. : Comparatif des indicateurs de rentabilité	111

Liste des figures

Figure 1 : Cycle de la plante.....	8
Figure 2 : Manifestation de la maladie du Wilt sur le fruit.....	14
Figure 3 : Maladie des taches noires	14
Figure 4 : La température moyenne de la région d'Arivonimamo	21
Figure 5 : La précipitation moyenne mensuelle	21
Figure 6 : L'humidité relative mensuelle	22
Figure 7 : Estimation de la production d'ananas à Madagascar	25
Figure 8 : Destination de la production d'ananas (commune d'Ambohitrambo).....	26
Figure 9 : Plant d'ananas	28
Figure 10 : Le fruit	28
Figure 11 : Principales voies de dégradation du glucose par les levures	42
Figure 12 : Catabolisme du glucose par les levures suivant la voie EMBDEN-MEYERHOFF	43
Figure 13 : Principales étapes de fabrication du vin d'ananas	51
Figure 14 : Fermentation spontanée : évolution du degré brix.....	53
Figure 15 : Evolution de la teneur en sucres réducteurs pour la fermentation spontanée	57
Figure 16 : Evolution de l'acidité lors de la fermentation spontanée	57
Figure 17 : Evolution de la teneur en sucres réducteurs pour la fermentation mixte	58
Figure 18 : Evolution de l'acidité lors de la fermentation mixte	58
Figure 19 : Evolution de la teneur en sucres réducteurs pour la fermentation pure.....	59
Figure 20 : Evolution de l'acidité lors de la fermentation pure.....	59
Figure 21 : Evolution du degré Brix et de la teneur en sucres réducteurs pour FP.....	61
Figure 22 : Evolution du degré Brix et de la teneur en sucres réducteurs pour FP'	62
Figure 23 : Procédé de fabrication détaillé.....	64
Figure 24 : Rendement de transformation de l'ananas en jus	65
Figure 25 : Evaluation hédonique du vin d'ananas	66
Figure 26 : Processus de fabrication des liqueurs d'ananas.....	71
Figure 27 : Nombre de bonnes et de mauvaises réponses pour chaque test.....	73
Figure 28 : Caractéristiques les plus influencées par le paramètre « forme de l'ananas »	74
Figure 29 : Caractéristiques les plus influencées par le paramètre « mode de stockage »	74
Figure 30 : Evaluation des caractères couleur et reflet.....	77
Figure 31 : Evaluation des caractères odeur piquante et odeur d'alcool	78
Figure 32 : Evaluation des caractères goût d'ananas, force, amertume, sucré, acidité	78
Figure 33 : Evaluation hédonique des échantillons de liqueurs d'ananas.....	79
Figure 34 : Circuit de distribution envisagé	102
Figure 35 : Organigramme de l'usine	102
Figure 36 : Circuit de production	104

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. : Quelques carences minérales et leurs symptômes	117
Annexe 2. : Les principales maladies et ravageurs de l'ananas	118
Annexe 3. : Densités les plus couramment utilisées avec Cayenne lisse	122
Annexe 4. : Caractéristiques des différents traitements d'ITF	122
Annexe 5.: Calendrier de récolte de l'ananas à Madagascar.....	123
Annexe 6.: Calendrier cultural de l'ananas.....	124
Annexe 7. : Circuit de distribution.....	124
Annexe 8. : Evolution des prix d'ananas selon la taille	124
Annexe 9. : Composition de la pulpe pour 100g de poids frais	125
Annexe 10. : Les différents types de rejets	126
Annexe 11. : a_w minimum de croissance de quelques microorganismes.....	127
Annexe 12. : pH limites de croissance de quelques microorganismes	127
Annexe 13. : Limite du développement de quelques microorganismes en fonction de la concentration en sel	128
Annexe 14. : Facteurs d'inhibition des dégradations.....	128
Annexe 15. : Carte de la région d'Arivonimamo	129
Annexe 16. : Caractéristiques physico-chimiques de l'ananas cultivar <i>Cayenne lisse</i>	130
Annexe 17. : Exemple de composition d'un vin d'ananas	130
Annexe 18. : Questionnaire.....	131
Annexes 19.: Etude économique	133

LISTE DES ABREVIATIONS

m/cm/mm : mètre/centimètre/millimètre

g/kg/t : gramme/kilogramme/tonne

ml/l/hl : millilitre/litre/hectolitre

ha : hectare

ADN : acide désoxyribonucléique

UV : ultraviolet

a_w : activité de l'eau

pH : potentiel hydrogène

°C : degré Celsius

°GL : degré Gay Lussac

Fmg : franc malgache

% : pourcent

még : milliéquivalent

CCP : « critical control point » ou point critique de contrôle

ACIA : Agence Canadienne d'Inspection des Aliments

Première Partie

L'ananas

INTRODUCTION

Madagascar est un pays à vocation agricole. La diversité des reliefs et des climats autorise l'exploitation d'une grande variété de cultures. Chaque région possède ainsi ses spécificités et est plus ou moins favorables à un certain nombre de cultures.

La région d'Arivonimamo, par exemple, est propice, entre autres, à la culture de l'ananas. La production annuelle y atteint les 18000 tonnes soit près de 30% de la production nationale. La quasi-totalité de cette production n'est pas transformée alors que l'ananas est un produit très périssable et que le cultivar *Cayenne lisse*, qui est le plus courant, présente d'excellentes aptitudes à la transformation.

Afin de pouvoir proposer des solutions concrètes permettant de mieux exploiter cette richesse, nous avons réalisé une étude concernant le vin et les liqueurs d'ananas qui sont, tous les deux, des produits à haute valeur ajoutée, susceptibles de s'exporter.

Cette étude se subdivise en trois parties :

- la première partie comprend une présentation de l'ananas en général et de la situation de l'ananas à Arivonimamo ainsi qu'une caractérisation du cultivar *Cayenne lisse*
- la deuxième partie présente les différentes technologies considérées pour la production de vin et de liqueurs d'ananas
- la troisième et dernière partie compare les études économiques relatives à la mise en place d'une unité industrielle intégrée traitant l'ensemble du panorama de transformation et d'une unité industrielle de base ne produisant que du vin et des liqueurs.

Chapitre I : Généralités sur l'ananas

I.1. Historique [1,2,3,4]

Pour l'ancien monde, l'histoire de l'ananas débute le 4 novembre 1493, lors du second voyage de Christophe Colomb et de ses compagnons ; ils découvrirent, sur une île des Caraïbes baptisée « Guadeloupe », un fruit qui constituait pour les autochtones un des aliments de base.

L'ananas, signifiant littéralement : « fruit (a) excellent ou savoureux ou parfumé (nana) », en langage des indiens *Guaranis*, serait originaire des bassins du Paraguay et de la haute vallée de l'Orénoque.

Très vite, la dissémination de l'ananas par les Portugais et les Espagnols suivit l'ouverture des grandes voies maritimes. La première description de la plante fut réalisée par un envoyé du roi Ferdinand d'Espagne en 1535.

Dès le XVII^{ème} siècle, on trouvait l'ananas dans la majorité des pays tropicaux, où sa culture se développait progressivement, dans le but de satisfaire d'abord les besoins des populations locales et d'approvisionner les marchés des zones tempérées par la suite.

Plus tard, vers 1700, la culture sous serre, lancée par les Hollandais, prit de l'envergure. L'ananas fut ensuite cultivé à grande échelle en Amérique du sud, et s'est développé aux îles Hawaï en 1790, à Formose, aux Philippines, puis en Australie et en Afrique à la fin du XIX^{ème} siècle.

Quant à sa présence à Madagascar, elle remonte à 1548, avec l'arrivée des Portugais dans le nord et le nord-est. Les premières plantations furent installées par les colons sur la côte est. Ensuite, les ouvriers de ces plantations, qui avaient eu du surplus de rejets d'ananas, ont contribué à l'expansion de cette plante dans toute l'île.

I.2. Botanique

I.2.1. Taxonomie [5,7]

Classe : Angiospermes

Sous-classe : Monocotylédones

Famille : Broméliacées

Genre : *Ananas* (avec genre voisin : *Pseudoananas*)

Espèces : *A. monstrosus*, *A. ananassoïdes*, *A. fritzmuelleri*, *A. nanus*, *A. parguazensis*, *A. lucidus*, *A. bracteatus*

L'espèce *A. comosus* comprend les 5 variétés comestibles ci-après et qui sont actuellement les plus cultivées : *Cayenne*, *Queen*, *Spanish*, *Abacaxi*, *Perolera*.

Notons qu'il en existe d'autres mais beaucoup moins connues comme :

- * Le Pain de sucre : en provenance des Antilles et dont le poids peut atteindre 4 kg
- * Le Sugarloaf : à chair blanchâtre ou jaune très sucrée
- * La variété Victoria : très petite à feuilles dentelées, trouvée à La Réunion
- * La variété Baby-pineapple:de très petite taille, dont le poids est de l'ordre de 400-700g

Tableau 1. : Critères de classification des principales variétés [6]

Groupes	Feuilles	Fleurs	Fruit	Couronne	Rejets	Maladies	Exportation
Cayenne	Inermes, sauf quelques épines à l'extrémité, larges de 6,5 cm, longues de 80-100 cm Nombre : 60 à 80	Nombre : 150 Pétales bleu-pâle	Cylindrique, orangé-rouge à maturité Chair jaune pâle Sucre et acidité très élevés Poids moyen : 2 kg	Importante, habituellement unique	Bulbilles : 0 à 10 Cayeux : 1 à 3	Sensibilité aux maladies dont le « <i>Wilt</i> »	Très bon pour exportation en frais et conserve
Queen	Plus courtes, épineuses	Couleur lilas	Poids moyen : 1,3 kg Jaune or à maturité Arôme plus prononcé, saveur douce	Moins développée	Bulbilles et cayeux plus nombreux	Moins sensible	Exportation en frais
Spanish (Red spanish)	Longues de 1,20 m Étroites	Couleur lilas	Presque aussi large que haut Poids moyen : 1,5 kg Peau épaisse, rouge-orangé à maturité et chair jaune pâle, fibreuse, acidulée	Couronne centrale, avec d'autres de petites dimensions	Bulbilles nombreuses Cayeux : 1 à 3	Peu sensible	Exportation en frais
Abacaxi	Feuilles longues bordées d'épines	Couleur lilas	Pyramidal, yeux petits Poids moyen : 1,5 kg Chair blanchâtre	Souvent plusieurs couronnes	Nombreuses bulbilles	Peu sensible	Mauvais pour conserve Peu exporté
Perolera	Inermes à liseré argenté épais	Couleur lilas	Cylindrique Chair ferme, orangée à maturité	Souvent plusieurs couronnes	Bulbilles souvent nombreuses	Peu sensible	Bon pour exportation

I.2.2. Morphologie [8,9,10]

L'ananas est une plante herbacée qui, adulte, peut mesurer 1,20 m de haut.

C'est une plante terrestre, succulente, assimilée à une plante pérenne du fait de sa grande aptitude à la reproduction végétative. En réalité, c'est une plante annuelle, étant donné qu'un plant lui-même ne fleurit qu'une seule fois.

Globalement, l'ananas a une forme cylindrique. Il est composé de 100 à 200 yeux, constituant des baies grappées sur un axe central. De forme renflée, il est terminé à l'extrémité par un plumet de longues feuilles vertes et rigides, finement hérissées sur les bords. Son diamètre varie de 10 à 16 cm environ.

I.2.2.1 Au stade végétatif

La plante est formée par :

a) Une tige

Elle constitue l'axe de la plante. Elle est courte, fibreuse, trapue, complètement cachée par l'ensemble du feuillage. La distance entre 2 nœuds ne dépasse pas 10 cm.

b) Des feuilles

Longues, disposées en rosette sur la tige, elles sont effilées et munies d'aiguillons aux extrémités. Leur nombre varie en fonction du niveau de croissance de la plante, mais généralement, il est de 70 à 80.

La forme d'une feuille est variable suivant sa position sur la plante, donc de son âge.

Le tableau suivant montre les différents types de feuilles :

Tableau 2. : Les différents types de feuilles [8]

Types	Caractérisation
Premier groupe de feuilles	Feuilles entièrement développées Limbe lancéolé et rétrécissement (« cou ») juste au-dessus de la base pour les plus vieilles « Divergence » nette sur les bords du limbe
Second groupe de feuilles	Formé par les feuilles les plus jeunes Largeur de base excédant de très peu la plus grande largeur de la feuille « Divergence » très légère des bords du limbe chez les plus âgées « Convergence » nette chez les plus jeunes

Les feuilles sont en forme de gouttière typique, accroissant la rigidité de la plante. En collectant toutes les précipitations à leurs bases, elles permettent également à la plante de tirer profit de la plus faible d'entre elles et même d'une simple rosée.

c) Des racines

Elles assurent la nutrition de la plante, en prélevant dans le sol les éléments nécessaires à son développement. Elles peuvent être souterraines ou aériennes.

Voici un tableau qui résume les différentes sortes de racines :

Tableau 3. : Les différents types de racines [8]

Types	Origines
Primaire	Embryon de la graine
Adventive	Tissu vasculaire
Secondaire	Branches latérales des précédentes racines

1.2.2.2 Au stade reproduction

La plante présente :

a) Un pédoncule floral

Constituant la hampe fructifère, il s'élève du milieu des feuilles et porte des bractées en épi globuleux écaillé. Il prolonge ainsi la tige.

b) Un fruit

Il est formé par le développement parthénocarpique de l'ovaire, de la bractée et des sépales de nombreuses fleurs, normalement stériles, portées par l'axe de l'inflorescence. Il s'agit d'un fruit composé, car chaque baie ou œil constitue un fruit. Il comporte au centre le long cœur fibreux.

c) Une ou des couronnes

C'est une formation foliacée qui surmonte le fruit.

d) Des rejets

Plusieurs types de rejets émergent à différents niveaux de la plante. Leur nombre et leur stade de développement à l'époque de la maturité du fruit peuvent être influencés par les conditions écologiques.

Ces différents types de rejets sont cités dans le tableau ci-après.

Tableau 4. : Les différents types de rejets selon leur origine [1]

Rejet	Particularités	Origine
Cayeu	Rejet de tige	Partie souterraine de la tige ou du collet Se développant à partir d'un bourgeon axillaire de la tige
Cayeu de base	Emettant des racines pénétrant sous terre Portant des feuilles longues	Partie souterraine de la tige ou du collet
Bulbille	Rejet de base	Se développant à partir d'un bourgeon axillaire du pédoncule
Hapa	Rejet intermédiaire entre cayeu et bulbille	Se développant à partir de bourgeon au point de jonction entre pédoncule et tige

Voici un autre tableau qui montre la répartition en poids des différentes parties de l'ananas :

Tableau 5. : Poids frais et sec en grammes des différents organes à la récolte du fruit [1]

Parties	Poids frais	Poids sec
Racines	350	30
Feuilles	2000	260
Tige et pédoncule	530	105
Fruit	1850	370
Couronne	300	35
Cayeux	120	15

1.2.3. Physiologie - Cycle végétatif - Mode de reproduction [7,8]

1.2.3.1 Biologie florale

a) L'inflorescence

L'ananas est constitué d'un ensemble de fleurs hermaphrodites présentant chacune 3 sépales, 3 pétales, 6 étamines et 1 pistil.

b) L'ovule et le pollen

Les ovules et le pollen sont souvent fonctionnels mais il y a quelquefois un système d'auto-incompatibilité limitant les possibilités d'autofécondation.

En l'absence de fécondation, l'ovule dépérirait 7 jours après l'anthèse.

c) Autostérilité

L'autostérilité de l'ananas est surtout évoquée au niveau d'une espèce cultivée mais la levée de cette auto-incompatibilité peut, dans certaines conditions, s'établir naturellement.

1.2.3.2 Cycle de la plante

Le méristème, situé au centre de la rosette de feuilles rigides, donne naissance aux nouvelles feuilles portées par une tige très courte.

A un moment donné, il ne va plus former de nouvelles feuilles mais une inflorescence. Du centre de la rosette émerge alors une longue tige verticale sur laquelle sont insérées des dizaines de petites fleurs, chacune située à l'aisselle d'une bractée.

a) Le développement du fruit

Le développement du fruit de l'ananas n'est pas lié à la fécondation. Après la floraison, qui s'étale en moyenne sur 26 jours, les étamines et les pétales se dessèchent et restent en place.

Chacune des fleurs donne naissance à un fruit individuel se formant principalement, comme il a été dit plus haut, à partir de la prolifération parthénocarpique des tissus de l'ovaire. La fusion de ces fruits individuels ou « yeux » correspondant également aux « écailles », donne le fruit composé que l'on consomme.

La peau rigide se forme avec l'évolution post-floraison des tissus des sépales et des bractées, ainsi que de l'extrémité des ovaires.

L'axe de l'inflorescence, dont l'apex redifférencie des structures végétatives (la couronne) après la phase florale, forme le cœur du fruit.

De la fin de la floraison à l'obtention du fruit mûr, on compte environ 109 jours.

Les rejets peuvent par la suite donner de nouvelles plantes.

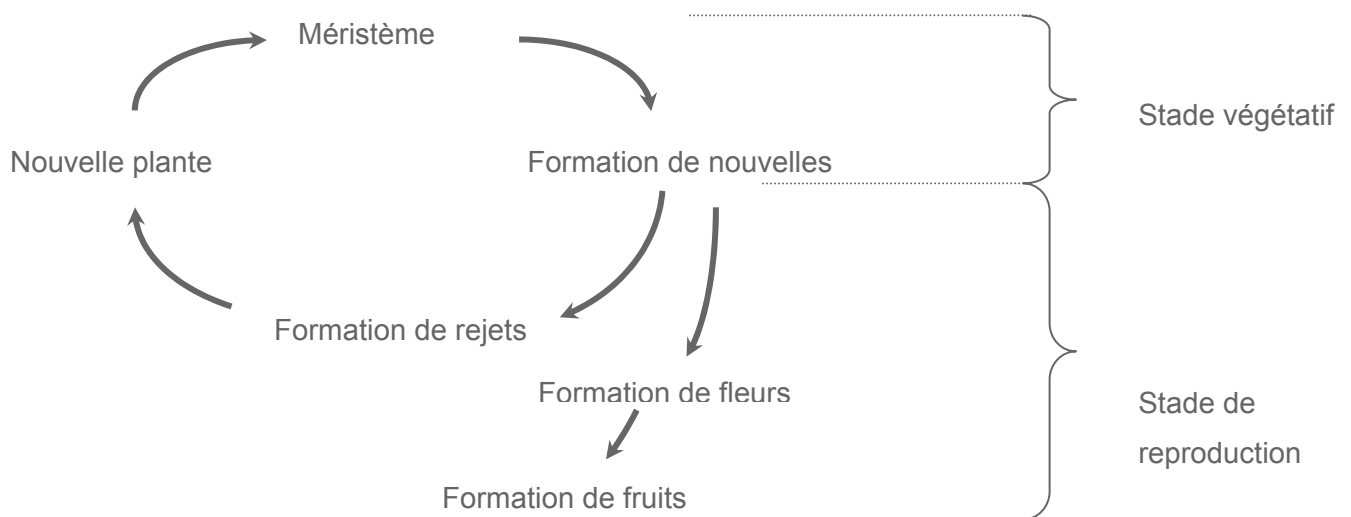


Figure 1 : Cycle de la plante

1.2.3.3 Mode de reproduction

a) Multiplication végétative

C'est le mode de reproduction le plus favorable dans les conditions naturelles. Les rejets, qui assurent cette multiplication après dépérissement du plant-mère, sont capables de conserver leur aptitude à produire un nouveau plant après plusieurs mois dans des conditions difficiles, sécheresse notamment. Ils peuvent assurer la production d'une descendance végétative :

- * Soit en restant liés au plant-mère dont ils sont issus ;
- * Soit en étant détachés de ce plant-mère.

La couronne peut également être utilisée pour la multiplication au même titre que les autres types de rejets.

b) Reproduction sexuée

Ce mode de reproduction est très rare, mais dans certaines conditions naturelles il peut y avoir un intercroisement réalisé par la plante. Les agents probables de cette pollinisation croisée sont les insectes, les oiseaux tels que les colibris... Les hybrides issus de ce croisement sont généralement fertiles.

Ce mode de reproduction est valable pour les espèces telles que *Ananas ananassoïdes* et *Ananas bracteatus* qui donnent des fruits renfermant des graines.

c) Dormance et conservation de la graine

L'ananas possède des graines qui ne présentent pas de phase de dormance. C'est la conservation de ces graines qui est difficile. En effet, leur durée de vie est réduite alors que la germination est relativement longue et délicate et que les plantules sont très vulnérables.

I.3. Ecologie

I.3.1. La plante et le milieu physique [1,6,11,12]

1.3.1.1 Facteurs climatiques

a) La température

La température est le principal facteur qui contribue au développement de l'ananas. La plante ne peut survivre à des gelées et sa croissance se ralentit d'autant plus que la température moyenne est basse.

Les températures optimales de croissance se situent entre 20 et 30°C. Mais, la température de 25°C avec des amplitudes journalières moyennes de 12°C, constitue l'idéal.

Pour des températures trop faibles, inférieures à 20°C, on assiste à un faible développement de la plante et à un brunissement interne du fruit, lui communiquant un goût amer. De ce fait, pour avoir un fruit de qualité, il faut une température moyenne de 23 à 25°C.

Si la température est trop élevée (supérieure à 27°C), on constate une baisse de l'acidité et une diminution progressive de la coloration de l'épiderme du fruit .

Les températures trop élevées entraînent également un coup de soleil.

D'un autre côté, suivant la température moyenne du lieu considéré, le phénotype de la plante prend des aspects très divers qui laissent penser parfois que l'on a affaire à des cultivars différents.

Cette diversification des aspects du phénotype de la plante suivant la température moyenne du lieu considéré est représentée dans le tableau suivant.

Tableau 6. :Aspect du phénotype de la plante suivant la température moyenne du lieu considéré [1]

Partie de la plante	Zones continuellement chaudes et humides	Zones à températures relativement basses (exemple en altitude en région tropicale)
Feuilles	Développement foliaire important, voire exubérant Feuilles larges, molles	Plantes adultes beaucoup moins développées Feuilles étroites, rigides, plus courtes
Couronnes	Très volumineuses, molles, très sensibles aux pourritures	Fermes, de petites dimensions
Nombre de bulbilles	Faible	Plus grand
Cayeux	Disposés relativement sur la plante	
Fruits	Volumineux, à yeux bien plats Chair colorée devenant translucide à complète maturité et très sucrée mais peu acide Epiderme relativement peu coloré	Plus petits, à yeux proéminents Chair plus opaque, moins colorée Teneur en sucres faible, forte acidité Fruit moins parfumé Epiderme plus coloré

Il est à noter que l'ananas peut s'adapter particulièrement bien à la sécheresse.

Toutefois, la température, au moment de la formation et de la maturité du fruit, joue un rôle capital quant à sa qualité et sa présentation.

b) La pluviométrie

A la différence de la plupart des autres plantes, l'ananas est peu exigeant en eau. L'agencement de ses feuilles et leur forme en gouttière permettent de collecter à la base les moindres précipitations reçues.

La culture de l'ananas peut-être effectuée dans une large fourchette de pluviométrie allant de 600 à 3500 mm/an et même à 4000 mm/an. L'optimum de précipitations se situe entre 1200 à 1500 mm d'eau, bien réparties tout au long de l'année (besoins théoriques environ 2 à 4mm/jour).

Les besoins en eau étant très réduits, l'excès peut entraîner des accidents ou anomalies pour la plante elle-même ou le fruit, notamment une sensibilité accrue aux maladies cryptogamiques, ainsi qu'une coloration anormale du fruit. Ceci contribue sûrement à son caractère xérophytique.

Cependant, si la pluviométrie est insuffisante, les feuilles atteignent le stade «ficelle ». C'est à dire que les bords du limbe s'enroulent sur la face inférieure. Et cela peut avoir de graves conséquences sur le rendement.

Par contre, au point de vue qualité et état sanitaire des fruits, on a intérêt à ce que les dernières semaines de formation du fruit se placent en période sèche, à condition toutefois que la température ne soit pas trop élevée.

Une diminution brutale de l'approvisionnement en eau accompagnée d'une baisse trop importante du degré hygrométrique de l'atmosphère entraîne une « craquelure » de la *Cayenne lisse*.

c) Eclairage

Ce facteur a une action marquée sur le rendement. Une diminution de 20% de l'éclairage diminue le rendement de 10%. 1 500 heures d'insolation sont considérées comme un minimum.

L'ensoleillement constitue un facteur essentiel dans la recherche d'une bonne nutrition de la plante ainsi que sur la qualité des fruits. Ainsi, dans les régions à faible éclairage, le fruit reste « terne », mais soumis à un éclairage normal, il présente un aspect « brillant », très recherché quand le fruit est destiné à la vente en frais. Les fruits se colorent beaucoup mieux en période chaude et humide.

Par ailleurs, la synthèse des sucres du fruit est une fonction étroite de la satisfaction des besoins en lumière de la plante.

Voici un tableau indiquant l'intervention du facteur ensoleillement au niveau du fruit :

Tableau 7. : Caractéristiques de l'ananas en fonction de la lumière reçue [1]

Caractéristique observée	Témoin	Ombrage léger	Ombrage intense
Poids du fruit (g)	1 520	1 430	1 230
Brix (%)	16,9	16,0	14,1
Sucres (%)	15,0	13,7	10,9
Acidité titrable (méq/ml)	9,9	12,0	16,7

d) Vents

Avec un sol suffisamment couvert, l'action du vent sur l'évapotranspiration est faible. Toutefois, un vent très sec peut conduire au dessèchement de la pointe des feuilles.

C'est le principal facteur de régulation thermique. Mais il peut présenter des actions néfastes sur l'efficacité des traitements pesticides. Il peut aussi conduire à des blessures par frottement des feuilles.

e) Autres facteurs

Il semble que la latitude du lieu peut avoir des incidences sur la culture de l'ananas.

L'ananas pousse naturellement, sans beaucoup d'exigences dans les régions proches des tropiques du cancer et du capricorne.

Mais, près de l'équateur, l'ananas exige une plantation en altitude.

1.3.1.2 Facteurs édaphiques

a) Caractéristiques physiques du sol

L'ananas a un système racinaire superficiel et fragile. Les racines n'explorent aisément une masse de terre que si elle est meuble, fraîche, bien aérée, à particules solides arrondies. Elles évitent systématiquement les zones où l'eau stagne. Il faut donc que le sol ait une excellente perméabilité (faculté d'éliminer rapidement l'eau) ainsi qu'une haute capacité à renouveler leur atmosphère.

En d'autres termes, la plante demande un substrat léger, bien drainant pour se développer normalement. Les sols les plus favorables devraient avoir une texture assez sableuse. Les sols meubles aérés sans humidité excessive favorisent l'élongation des racines.

b) Besoins en sels minéraux

Un sol riche en potassium et pauvre en azote favorise une bonne coloration de la peau. En revanche, si la proportion est inversée la coloration se détériore.

Pour sa croissance et son développement, l'ananas exige beaucoup d'azote. Parmi les cations, il faut une quantité encore plus importante de potassium et une quantité moindre en magnésium.

Préférant les sols acides, l'ananas voit ses besoins en calcium et en phosphore limités.

Pour l'équilibre des cations du sol, le rapport entre potassium et magnésium ne doit pas dépasser l'unité.

c) Acidité

L'ananas supporte un sol acide, ayant un pH allant de 4,5 à 6. Il peut même se développer et produire un fruit sur des sols ferrallitiques très acides. L'optimum se situe entre 4,5 et 5. Le rendement diminue beaucoup plus rapidement avec l'acidification des sols qu'avec leur alcalinisation.

1.3.1.3 Carences nutritionnelles et anomalies non-parasitaires

a) Carences minérales

Comme tous les êtres vivants, l'ananas est sensible à l'absence ou à l'insuffisance de certains éléments qui sont normalement nécessaires à son développement. Les effets de ces carences sont variables suivant leur intensité et l'importance de l'élément considéré dans la nutrition de la plante.

Les principaux éléments minéraux dont la carence est susceptible de provoquer des troubles sont : l'azote, le phosphore, le soufre, le potassium, le calcium, le magnésium, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre, le bore, ... Les détails relatifs à ces carences sont donnés en annexe 1.

b) Anomalies et accidents non-parasitaires

Un certain nombre d'anomalies et d'accidents sont rencontrés sur champ à l'exclusion des carences précédentes. On peut citer entre autres :

- * Coups de soleil : entraînant la décoloration de l'épiderme et de la pulpe sous-jacente devenant plus fragile. En excès, ils peuvent même conduire à la déformation du fruit.
- * Craquelures : elles apparaissent surtout lors d'une variation brutale de l'hygrométrie atmosphérique au moment de la floraison
- * Jaunes : l'épiderme reste vert alors que le fruit est intérieurement mûr. Ceci entraîne la grande fragilité du fruit.
- * Brunissement interne (« endogenous brown spot ») : c'est une anomalie induite par les basses températures mais dont les symptômes se développent d'autant plus vite que la température est élevée. Elle est donc favorisée par une alternance thermique.
- * Anomalies sur couronnes : c'est un phénomène qui est sous la dépendance de facteurs génétiques et des conditions du milieu.

1.3.2. La plante et le milieu biologique [1]

Un certain nombre de maladies (« Wilt », « Yellow spot », ...) et de ravageurs (nématodes, rats, ...) peuvent affecter l'ananas. Ces fléaux, suite aux dégâts qu'ils

occasionnent, peuvent influencer grandement sur la quantité et la qualité de la production.

L'annexe 2 résume les principales maladies et les principaux ravageurs susceptibles de nuire à l'ananas.

Les clichés suivants représentent les symptômes de quelques maladies susceptibles de toucher de l'ananas.



Figure 2 : Manifestation de la maladie du Wilt sur le fruit [1]



Figure 3 : Maladie des taches noires [1]

I.4. Techniques culturales [1]

I.4.1. Opérations préliminaires

I.4.1.1 Choix du site et aménagement du terrain

De nombreux facteurs interviennent dans le choix d'un site en vue de la plantation d'ananas. On peut citer :

- * les facteurs liés aux exigences édaphiques et climatiques de la plante
- * les facteurs liés au milieu physique tels que la disponibilité en eau, la topographie des lieux, ...
- * les facteurs économiques et sociaux : distance des points de vente, qualité des infrastructures (routes, ports, ...), disponibilité en main d'œuvre, ...
- * les facteurs législatifs et financiers : statut foncier, avantages fiscaux, ...

La croissance de l'ananas est relativement lente et ne couvre que faiblement le terrain, surtout en début de végétation, le sol est alors particulièrement exposé à l'érosion et nécessite souvent d'importants aménagements.

I.4.1.2 Choix du dispositif de plantation

Afin de faciliter les différentes opérations culturales, qu'elles soient réalisées manuellement ou mécaniquement, on plante le plus souvent en lignes avec un écartement régulier sur la ligne.

La plantation en rangées composées de deux lignes jumelées est la plus répandue. En effet, elle seule permet, pour des densités élevées, d'assurer un espace identique à chacun des plants, ce qui se traduit par une meilleure homogénéité à la récolte.

Les plantations à trois lignes sont également fréquentes tandis que celles à quatre lignes et plus sont exceptionnelles.

1.4.1.3 Choix de la densité de plantation (annexe 3)

La détermination de la densité optimale sera faite en fonction :

- ✱ Des objectifs économiques (dimension et poids des fruits recherchés, recherche ou non d'une ou plusieurs récoltes ultérieures),
- ✱ Du cultivar utilisé,
- ✱ De l'itinéraire technique que l'on se propose de suivre

L'objectif est d'utiliser de manière optimale les aptitudes des plantes tout en limitant au maximum les effets négatifs de la concurrence.

Cette concurrence porte essentiellement sur les éléments suivants : l'eau, les éléments minéraux, et la lumière. En ce qui concerne l'eau et les éléments minéraux, les effets de la concurrence peuvent être assez aisément atténués par des apports appropriés. Par contre, on ne peut pratiquement rien faire pour les radiations reçues qui constituent le principal facteur limitant la densité.

Au-delà d'un certain seuil, la concurrence a les effets suivants sur les fruits:

- ✱ Diminution du poids moyen
- ✱ Augmentation de l'acidité
- ✱ Diminution de la densité

1.4.1.4 Préparation du terrain

Cette opération revêt une importance toute particulière du fait des caractéristiques du système racinaire de l'ananas. Il est ainsi indispensable :

- ✱ que le sol soit très meuble à la mise en terre du matériel végétal sur une profondeur de 35 à 40cm et qu'il le reste le plus longtemps possible ;
- ✱ que les racines ne soient pas exposées à l'asphyxie ;
- ✱ que la matière organique issue de la précédente culture soit bien décomposée ;
- ✱ que les éléments nutritifs dont la plante a besoin pour lancer sa croissance soient présents en quantité suffisante et à l'état assimilable ;
- ✱ que les niveaux d'*inoculum* des principaux parasites soient les plus bas possible ;
- ✱ que le terrain soit correctement nettoyé et qu'il soit en particulier débarrassé des adventices qui seront difficiles à détruire par la suite .

L'itinéraire technique classique est marqué par les étapes suivantes :

- * un sous-solage,
- * des nivellements éventuels,
- * des labours croisés à 35-40cm,
- * des finitions à base de pulvérisateurs à disques ou à base de « rotary » à lames horizontales,
- * une mise en billon éventuelle,
- * un éventuel ameublissement superficiel complémentaire au sommet du billon

1.4.1.5 Choix du matériel végétal

Tous les types de rejet (couronne, bulbille, cayeu, ...) peuvent être utilisés comme matériel végétal de plantation. Chacun d'eux possède ses caractéristiques propres en matière de rapidité de croissance, d'exigences, de sensibilité aux maladies,...

De plus, leur disponibilité dans le temps et dans l'espace est très variable. Il n'est donc pas possible de déterminer un type de rejet à utiliser dans tous les cas. On est souvent obligé, en particulier pendant le démarrage d'une plantation, d'utiliser plusieurs types de rejets.

1.4.1.6 Préparation du matériel végétal

Quel que soit le type de rejet choisi, un tri rigoureux des rejets est indispensable. Ce tri est généralement basé sur le poids, l'état sanitaire et la vigueur du rejet. Ce tri a pour objet de disposer de rejet de qualité homogène permettant ainsi d'avoir une production homogène.

La durée et les conditions de stockage conditionnent de manière importante les aptitudes futures du rejet.

Tout doit-être mis en œuvre pour n'avoir à planter que du matériel sain. Il faut donc éviter toute blessure au niveau des rejets et procéder si nécessaire à des expositions de la base des rejets au soleil et/ou le trempage dans des solutions de fongicides.

1.4.1.7 Mise en terre du matériel végétal

La technique de mise en terre dépend du type de rejet utilisé. Par exemple, les cayeux sont plantés obliquement alors que les couronnes sont plantées le plus souvent verticalement.

Dans tous les cas, la profondeur de plantation doit être calculée afin de placer le méristème terminal de la tige au niveau du sol.

I.4.2. Conduite de culture

I.4.2.1 Fertilisation

Les engrais constituent un des éléments essentiels dans la production d'ananas. Ils représentent d'ailleurs une part importante des coûts de production et doivent donc être utilisés de manière optimale.

La fertilisation doit avoir deux objectifs :

- ✱ à court terme : assurer l'efficacité optimale des apports fertilisants,
- ✱ à moyen terme : contrôler l'évolution de la fertilité du sol.

a) Fumure organique

Lors de la plantation, le fumier est à proscrire car il risque de faire pourrir les rejets. On pourra utiliser comme matière organique soit des vieux pieds d'ananas soit de la paille. Cette matière organique est soit enfouie à 20 cm de profondeur dans le cas d'une plantation à plat soit mise au fond des tranchées dans le cas d'une plantation sur une pente lors de la préparation du sol.

b) Fumure minérale

On distingue :

- ✱ La fumure de fond : on ne l'utilise que pour les plantations en sol acide. On enfouit lors de la préparation du sol 1 t/ha de dolomie et 0,5 t/ha de scories de déphosphoration.
- ✱ La fumure d'entretien : les deux principaux éléments dont l'ananas a besoin sont l'azote, apporté par du sulfate d'ammoniaque, et la potasse, apporté par du sulfate de potasse, avec des doses respectives de 30g/pied et 40g /pied.

L'apport de fertilisants peut se faire sous forme liquide ou sous forme solide.

Il est de plus recommandé de mettre à profit la morphologie particulière de l'ananas (feuilles en gouttières, port en rosette formant une sorte d'entonnoir) afin d'amener directement la fumure à la disposition de la plante sans passer par le sol en évitant ainsi des modifications parfois indésirables des propriétés chimiques du sol.

I.4.2.2 Gestion de l'eau

L'humidité optimale pour le développement du plant se situe dans une fourchette relativement étroite et est assez difficile à maintenir.

L'irrigation est relativement peu utilisée dans la culture d'ananas parce qu'elle est coûteuse et qu'une mauvaise conduite peut avoir des conséquences néfastes sur la croissance et le rendement quantitatif et qualitatif.

Sauf dans certains cas, où l'irrigation est nécessaire, il est préférable d'améliorer l'économie de l'eau par certaines pratiques culturales qui consistent à :

- * augmenter la capacité de la plante à profiter de l'eau du sol
- * conserver le stock d'eau du sol par la lutte contre les mauvaises herbes et par une meilleure couverture du sol (augmentation de la densité, culture associée, utilisation de film polyéthylène,...)

Quand elle est pratiquée, l'irrigation peut se faire par aspersion ou par goutte à goutte. Cette dernière méthode est particulièrement coûteuse mais c'est celle qui est la mieux adaptée aux besoins de l'ananas et donne d'excellents résultats. **Son utilisation ne peut toutefois être rentable que si on maîtrise tous les autres facteurs limitants et que l'on réalise au moins deux récoltes successives.**

I.4.2.3 Traitement d'induction florale

Le traitement d'induction florale (ITF) permet d'échapper aux cycles naturels de fructification et ses avantages sont multiples :

- * choix de la période de récolte (meilleur ajustement aux besoins du marché)
- * choix du poids du fruit qui est fonction de la taille du plant au moment de l'ITF
- * regroupement de la récolte (diminution du coût de revient)
- * raccourcissement du cycle

Dans une culture de type industrielle, il n'est pratiquement pas envisageable de ne pas recourir à cette technique. Seules les exploitations de type cueillette telles qu'elles existent à Madagascar n'y ont pas recours.

De nombreux produits peuvent-être utilisés pour le traitement d'induction florale tels que : l'éthylène gazeux, l'acétylène gazeux, ... (annexe 4).

I.4.3. Récolte

Le fruit doit-être cueilli à un stade d'évolution pour lequel il présentera le meilleur équilibre entre les différents constituants de sa qualité, étant donné sa destination. Pour cela, il faut réaliser la récolte au plus près de la maturité réelle sur pied tout en tenant compte des impératifs de transport pour la commercialisation en frais et des impératifs technologiques pour la transformation industrielle.

Le point de coupe ne peut donc être défini que dans un contexte précis en considérant à la fois le devenir du fruit et le coût de l'opération de récolte.

La récolte proprement dite se fait toujours manuellement. Les fruits sont soit détachés de leur pédoncule soit récoltés avec une partie du pédoncule.

Les soins apportés à la manipulation des fruits doivent être particulièrement rigoureux, en particulier pour les ananas commercialisés frais car la moindre blessure peut

entraîner la perte totale du fruit. Pour les ananas destinés à la transformation, un transport rapide jusqu'à l'usine permet de traiter des fruits ayant subi de légers chocs.

I.5. Importance socio-économique [1,13,14]

I.5.1. Importance économique

En 1993, la production mondiale est estimée à 11,740 millions de tonnes.

C'est l'Asie qui fournit les 60% de cette production dont 20% aux Philippines et 16% en Thaïlande. L'Afrique ne produit qu'environ 11% du total.

La production est destinée :

- ✱ A l'autoconsommation
- ✱ A la vente locale
- ✱ A la transformation
- ✱ A l'exportation en frais

I.5.2. Importance nutritionnelle

L'ananas possède une très grande diversité minérale et vitaminique. Ses apports sont équilibrés et permettent une bonne recharge en « substances de sécurité ».

L'apport appréciable en fibres (1,4%) permet d'élever le total des « substances de lest » et cela sous une forme particulièrement supportée.

I.5.3. Vertus

L'ananas possède un certain nombre de vertus qui sont principalement dues à une enzyme protéolytique spécifique : la broméline. Entre autres :

- ✱ L'ananas facilite la digestion de la viande. En effet, la broméline a une action similaire à la papaïne ou à la ficine, à la différence qu'elle ne présente pas d'inconvénients en cas d'ulcère de l'estomac ou de début de cancer de l'intestin.
- ✱ L'ananas a un pouvoir diurétique et une action importante dans l'élimination des toxines et substances trop concentrées
- ✱ L'ananas possède des propriétés anti-infectieuses et anti-inflammatoires.

Chapitre II : *La production d'ananas à Arivonimamo*

II.1. Historique

L'ananas s'est facilement adapté aux différentes conditions que lui offre la région.

Au tout début, un natif de la région aurait rapporté d'Alaoatra des plants. Ensuite, l'expansion de la culture s'est réalisée en 3 étapes, du nord au sud :

- ✱ Une première zone d'extension s'est faite depuis la commune d'Ambohiborimanga et ses voisins jusqu'au sud de la région, c'est à dire dans la commune d'Ambohibe. Pour cette zone, les plantations les plus anciennes ont débuté il y a une trentaine d'années.
- ✱ Une seconde zone est aussi apparue d'ouest en est vers la fin des années 1970
- ✱ Une troisième zone de diffusion touche la partie méridionale de la commune à partir du chef lieu d'Arivonimamo. Cette zone englobe donc des exploitations récentes et les cultures ont commencé vers la deuxième moitié des années 1980 jusque dans les années 1990.

C'est ainsi que la région est en passe de devenir la première région productrice d'ananas à Madagascar.

II.2. Présentation de la région

II.2.1. Localisation

Arivonimamo se trouve dans le Moyen-Ouest. On y accède par la route nationale n°1, point kilométrique 45.

La production d'ananas y est principalement concentrée dans 2 communes situées au nord : Ambatomanga et Ambohitrambo.

L'ananas vendu au marché d'Arivonimamo-ville provient essentiellement de cette dernière. En effet, les routes menant vers la commune d'Ambatomanga ne sont pas accessibles, surtout en période pluvieuse, alors qu'il faut effectuer une marche d'environ 5 heures à pied et un trajet de 12 heures en charrette pour y parvenir.

II.2.2. Agro-écologie

II.2.2.1 Caractéristiques climatiques

a) Température

Il n'y a pas de variation importante de la température. La moyenne annuelle est de 17,6°C. A noter que le minimum se situe au mois de Juillet avec une valeur moyenne de

15,2°C et le maximum au mois de Février avec une valeur moyenne de 21,4°C comme l'indique la figure qui suit.

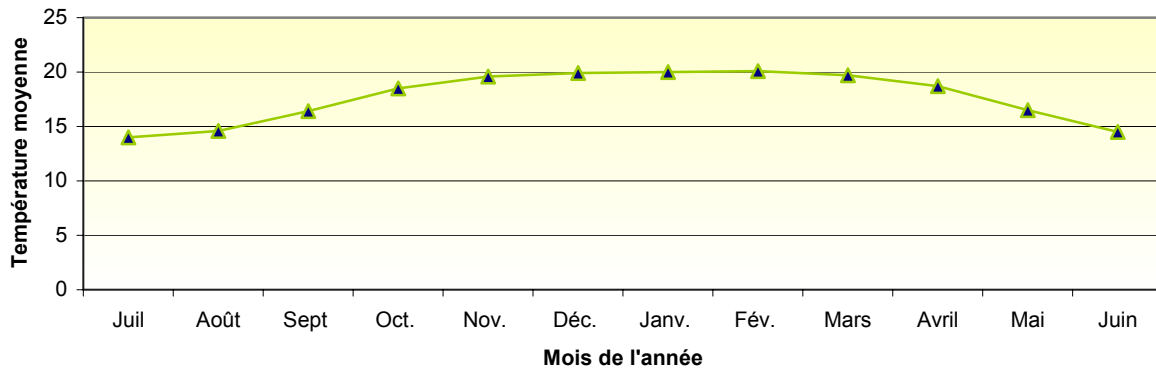


Figure 4 : La température moyenne de la région d'Arivonimamo (en °C et 1/10) [Source : Service de la météorologie (1980)]

b) Pluviométrie

La pluviométrie de 1482 mm/an et se répartit de manière assez irrégulière tout au long de l'année comme représentée sur la figure 3 ci-dessous.

Les mois de décembre, janvier et février sont les plus pluvieux, et à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre, la pluviométrie reste inférieure à 30 mm. L'insuffisance des pluies est aggravée par le nombre de jours de pluies très faible en mois de mai, juin, jusqu'au mois de septembre.

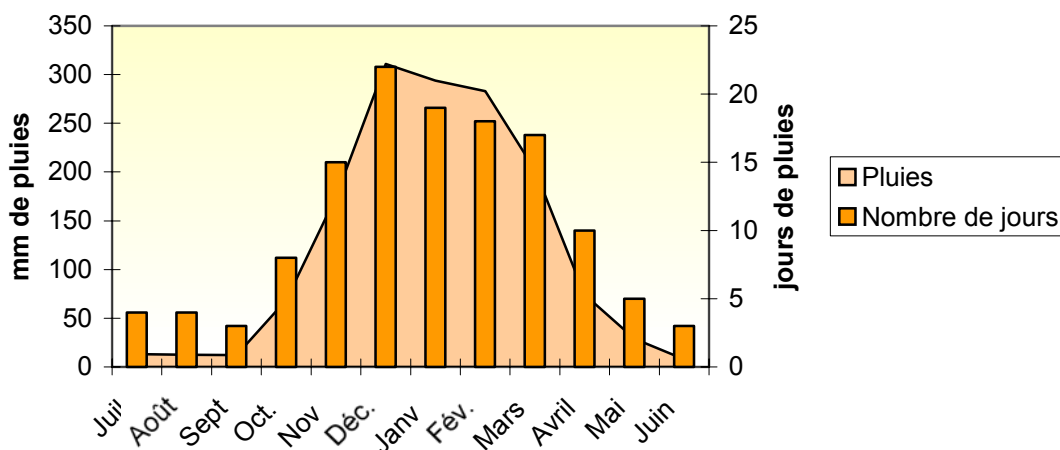


Figure 5 : La précipitation moyenne mensuelle (en mm et 1/10) [Source : Service de la météorologie (1990)]

Le déficit hydrique se situe à partir du mois de juin (la période la plus critique) jusqu'au mois de septembre.

c) Humidité relative

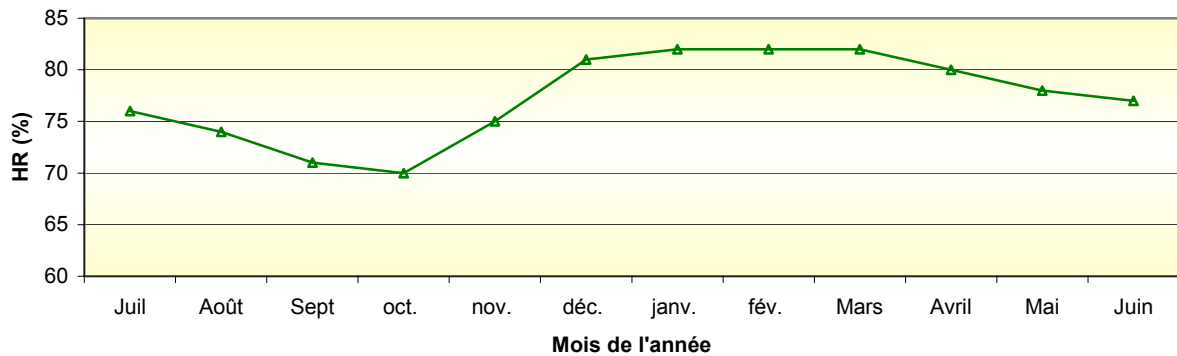


Figure 6 : L'humidité relative mensuelle (en %) [Source : Service de la météorologie (1980)]

On y remarque que l'humidité relative est toujours supérieure à 70%. On peut en déduire alors que la valeur de l'évapotranspiration de la région est très faible.

d) Vent

La région d'Arivonimamo se situe sur une latitude de 19°02 Sud et sur une longitude 47°10 Est. La direction dominante du vent se dirige vers l'Est. Le vent, calme, varie peu en temps normal. La vitesse moyenne annuelle est comprise entre 3 m/s et 4,6 m/s ; on a l'intensité maximale au mois d'août et minimale au mois de novembre.

e) Saisons

La région présente 2 saisons distinctes :

- * Une saison froide et sèche : de mai à septembre (10% du total des précipitations)
- * Une saison chaude et pluvieuse : du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril (90% de la pluviométrie dont 75% entre décembre et mars)

Le climat du Fivondronana d'Arivonimamo est du type tropical par une alternance de saison chaude et humide, pendant le mois d'octobre à avril et de saison plus fraîche, relativement sèche, du mois de mai à septembre. La saison chaude, à son tour, est caractérisée par la conjugaison de la chaleur et des pluies, tandis que la saison fraîche, l'est par des crachins en début de matinée, suivis par un froid constant durant la journée

II.2.2.2 Le sol et son occupation [15]

Cette région se caractérise par l'existence de sols ferralitiques typiques des hautes terres malgaches. Ainsi, les sols sont dégradés et rajeunis sur les pentes. La fertilité des sols y est globalement faible.

La texture de ce sol est du type limoneuse- argileuse. Un tel sol doit :

- * être frais, meuble, de structure particulière, à bon enracinement
- * avoir une proportion élevée en limons et en argiles assurant une bonne capacité de rétention en eau.
- * présenter une bonne porosité

Les populations se sont adaptées aux profits que peuvent leur offrir les sols disponibles :

- * Les terres ayant les meilleures caractéristiques physico-chimiques, donc les plus fertiles, sont destinées aux cultures vivrières telles que le riz et le manioc.
- * Le terroir est mis en valeur selon les besoins alimentaires de l'exploitant. En effet, la récolte est principalement destinée à l'autoconsommation de la famille.
- * L'adoption des cultures de rente se fait en fonction de la disponibilité des terres cultivables. La principale culture de rente est celle de l'ananas. Cette culture s'étend depuis le replat sommital, en passant par les pentes, jusqu'au bas de pente. Les paysans ont même eu recours à la déforestation au profit des cultures d'ananas.

L'élevage constitue une activité complémentaire pour l'agriculture et est donc indissociable à l'exploitation.

II.2.2.3 Le relief

L'altitude varie de 1250m à 1600m. Les sommets les plus élevés de la commune culminent à 1510m (Ambohraidimy) et à 1560m (massif d'Ambohitrambo).

Le relief se présente sous une forme accidentée, constitué d'un ensemble de collines à sommets plats et de reliefs résiduels granitiques.

II.3. La production d'ananas

II.3.1. Variétés cultivées

Pour ses gros fruits, sa culture facile, la variété Cayenne lisse est la plus répandue dans la région. Toutefois, un certain nombre de variétés sont également encore cultivées en faible quantité. Entre autres, il y a la variété dénommée : « mananasy vazaha » qui présente les caractéristiques de Queen Victoria, « petamaso » ou à yeux plats, « motomaso » ou à yeux enflés, ...

II.3.2. Techniques culturales / maladies, ennemis [15]

II.3.2.1 Conduite de culture

Pour toutes les cultures, les paysans ont recours, pour augmenter leur rendement,

aux associations et rotations culturales, à une main d'œuvre salariée, à la mécanisation généralisée du travail, à l'achat de divers intrants.

a) Calendrier cultural

Les opérations culturales nécessaires à son exploitation sont résumées en annexe 6.

La préparation du sol s'effectue afin d'obtenir un milieu meuble, homogène, contenant de la matière organique bien décomposée, propre, indemne de parasites et contenant les premiers éléments minéraux nécessaires à la croissance de la plante.

b) Gestion de la fertilité

Outre les associations et rotations culturales, les paysans pratiquent également :

- ✱ Le contrôle du ruissellement et de l'érosion
- ✱ La pratique de la jachère
- ✱ Le buttage
- ✱ L'amendement organique sous 3 formes :
 - Fumier
 - Mulching aux pailles de riz et résidus de sarclage
 - Apports minéraux (NPK ou urée mais sur une petite parcelle et surtout pour essai).

Récemment, un essai de traitement de l'induction florale (ITF) au carbure de calcium ou à l'acétylène a été réalisé.

c) La récolte

La récolte principale qui va de décembre à mars représente 64% de la totalité de la production annuelle. 11% sont collectés entre juin et août et le reste est formé par de petites pointes de production : entre mars et juin d'une part et entre septembre et décembre d'autre part.

d) Maladies-ennemis

Les principaux ennemis rencontrés sur le champ sont constitués par les rongeurs, les chiens ainsi que divers acariens.

Concernant les maladies, elles ne sont pas encore très fréquentes, mais il y a quelques fois des symptômes de la maladie du « Wilt », brunissement, et développement de microorganismes à l'intérieur du fruit.

II.3.3. Données statistiques [15,16]

II.3.3.1 Production totale

En raison de l'insuffisance de données relatives à la production agricole en général et à la production d'ananas en particulier, les données dont nous disposons sont des estimations et ne sont pas toujours très récentes.

Par exemple, la production nationale d'ananas en 1997 a été estimée à 50 000 tonnes contre 60 000 tonnes en 2000. La production d'ananas à Arivonimamo constitue 30% de cette production nationale et pour la seule commune d'Ambohitrambo, elle est estimée à 8 000 t en 2000. Depuis les années 1980, on estime que cette quantité triple tous les 10 ans.

Les deux principales régions de production à Madagascar sont :

- * Les hautes terres : Talatanivolonondry, Fihaonana, Arivonimamo, Ambatofotsy, Mandoto
- * La côte Est : Sambirano, Maroantsetra, Soanierana, Mananara, Fénérive Est, Vatomaniry, Brickaville, Mahanoro, Mananjary, Ifanadiana, Farafangana, Vangaindrano

La répartition de la production nationale d'ananas entre ces différentes régions est donnée par la figure suivante :

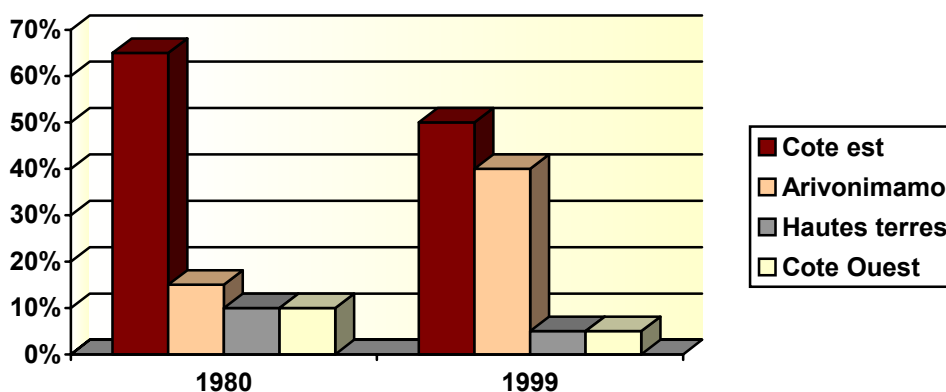


Figure 7 : Estimation de la production d'ananas à Madagascar (en %)

Les variétés cultivées, les périodes de récoltes ainsi que les destinations de productions varient selon les régions (annexe 5).

II.3.3.2 Surfaces cultivées

Pour la seule commune d'Ambohitrambo, la surface cultivée d'ananas est de 1 135 ha. Pour cette commune, le rendement est estimé à 9 t/ha contre plus de 50 t/ha pour les exploitations industrielles dans d'autres pays.

II.3.3.3 Destination de la production

Les ananas produits à Arivonimamo sont soit destinés à l'autoconsommation soit à la vente en frais à travers toute l'île.

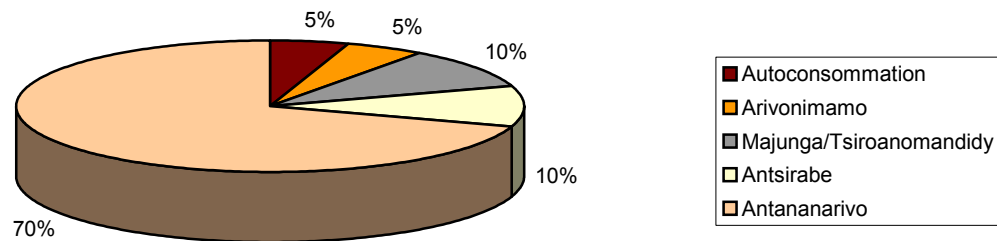


Figure 8 : Destination de la production d'ananas (commune d'Ambohitrambo)

L'autoconsommation ne représente que 5% de la production. Le reste est écoulé sur le marché et en particulier à Antananarivo qui en absorbe 70%.

II.4. La commercialisation

II.4.1. Le circuit de distribution

Depuis le début de la production d'ananas, les ananas récoltés suivent un circuit plus ou moins lourd selon l'existence ou non des intermédiaires.

Les différents circuits existants sont résumés en annexe 7.

II.4.2. Les problèmes rencontrés

II.4.2.1 Problèmes liés au transport

Les paysans ont recours à trois moyens de déplacement pour parcourir la distance séparant les zones de production de la ville d'Arivonimamo :

- * A pied,
- * A bicyclette,
- * En charrette avec une quantité plus importante.

En effet, les routes sont difficiles, peu praticables surtout en période de pluies.

II.4.2.2 Problèmes liés à la fluctuation des prix

Selon la saison, le prix de vente d'une pièce varie considérablement. Pour un ananas de taille moyenne et de maturité convenable, le prix varie entre 500 fmg (en décembre, janvier, février) jusqu'à plus de 3500 fmg (en mai, juin).

De plus, il faut remarquer que plus le circuit de distribution est long, plus l'écart entre le prix de départ au niveau des paysans et le prix de vente au niveau des consommateurs est élevé.

L'évolution du prix en fonction des différentes catégories de poids est donnée en annexe 8.

II.4.2.3 Problèmes liés à la surproduction

Le fivondronana d'Arivonimamo est en passe de devenir la première région productrice d'ananas de Madagascar. Durant la période de la récolte principale, la quantité d'ananas sur le marché est très importante. La demande est inférieure à l'offre et les paysans sont dans l'obligation de vendre leur récolte à un prix très bas pour diminuer les pertes sur champ et pour pouvoir écouler la plus grande partie de cette récolte.

II.4.2.4 Problèmes liés à la conservation

La première préoccupation des paysans étant la production et ensuite la vente, une fois que leurs produits ne sont pas écoulés au moment propice, le problème de la conservation apparaît. Or l'ananas est une denrée très périssable si elle est conservée à la température ambiante.

Chapitre III : *Caractérisation de la variété Cayenne lisse*

III.1. Description [17,18]

Cayenne lisse est le pilier de l'industrie de l'ananas, en raison de son potentiel de rendement et de ses qualités, tant pour l'exportation en frais que pour la conserverie.

III.1.1. Description morphologique et physiologique

La variété *Cayenne lisse* se distingue par un certain nombre de caractéristiques.

- * C'est une plante de taille moyenne (80 à 100 cm) ;
- * On compte de 60 à 80 feuilles. Ces dernières sont beaucoup plus longues que larges (100 cm sur 6 cm) et ne portent que quelques épines à leur base et près de leur pointe ;
- * Le pédoncule est court ;
- * Le fruit, presque cylindrique, de couleur verte jaunissant depuis sa base à maturité, a un poids moyen compris entre 1,5 et 2,5Kg ;
- * La chair est jaune claire, juteuse, savoureuse, plus sucrée (13 à 19° brix) et plus acide que celle de la plupart des autres variétés ;
- * La plante rejette peu et tardivement ;
- * Elle est sensible à un certain nombre de maladies et de ravageurs (voir paragraphe I-3-2).

Ces descriptions sont illustrées par les clichés qui suivent :



Figure 9 : Plant d'ananas [1]



Figure 10 : Le fruit [1]

III.1.2. Caractéristiques qualitatives minimales

Le plumet des feuilles doit être d'un beau vert luisant, ni froissées ni noircies.

Le fruit doit être :

- * Lourd dans la main et ferme au toucher ;
- * Normalement développé, sain et sans déformation ;
- * De maturité et de colorations satisfaisantes ;
- * Sans saveur ni odeur anormale ;
- * Exempt de parasites, de maladies cryptogamiques ou physiologiques ;
- * Sans trous, écorchure, meurtrissures ou traces de chocs dus à de mauvaises manipulations ;
- * Sans craquelure profonde cicatrisée ou non ;
- * Sans symptôme de coup de soleil ;
- * Coiffé d'une couronne symétrique et sans cicatrice visible si elle a été réduite ;
- * Pourvu d'un pédoncule à section nette et de 15 à 20 mm de longueur.

III.1.3. Coloration

Il y a cinq (5) niveaux de coloration naturelle de *Cayenne lisse* :

- * Coloration C0 : fruit totalement vert extérieurement
- * Coloration C1 : début de coloration dans le quart inférieur du fruit
- * Coloration C2 : moitié inférieure du fruit colorée
- * Coloration C3 : les 2/3 inférieurs sont colorés
- * Coloration C4 : la totalité du fruit est colorée

En d'autres termes, la coloration naturelle de la peau du fruit se fait de bas vers le haut, de même que la maturation de la chair.

III.1.4. Critères de maturation

La maturité réelle du fruit ne peut pas être jugée uniquement d'après la coloration externe. C'est l'état de la chair elle-même qui permet de la déterminer.

Ainsi :

- * Pour un fruit immature, la chair est blanche, opaque, fibreuse, sans parfum et à yeux creux
- * Pour un fruit mûr, la chair est d'une couleur jaune plus ou moins intense, parfumée et sucrée ;
- * Pour un fruit surmûr, plus de 50% de la surface de la section, cœur non compris, sont translucides ; les yeux sont noirs.

En outre, un fruit est mûr s'il :

- * rend un bruit sourd lorsqu'on tape sur le fruit
- * dégage un parfum identifiable qui s'accroît durant les quinze jours précédant sa complète maturation.

De plus, les feuilles centrales s'arrachent facilement

III.2. Caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles

Les résultats expérimentaux relatifs à la détermination de la composition physico-chimique de l'ananas sont résumés dans le tableau suivant avec les données bibliographiques correspondantes.

Tableau 8. : Composition physico-chimique de la chair de Cayenne lisse

Constituants	Données bibliographiques (en %)	Résultats expérimentaux (en %)
Eau	80 à 86,20	84,44 à 86,48
Sucres	10 à 18	13,60
Acides organiques ¹	0,50 à 1,60	
Cendres	0,30 à 0,60	0,20

III.3. Description sensorielle [1,19]

III.3.1. Texture

La chair de l'ananas présente une texture fibreuse.

III.3.2. Saveur

III.3.2.1 Arôme

L'ananas est un fruit très caractéristique par l'existence d'une essence particulière. D'après HAAGER et SMITH, cette essence est constituée de (en mg/hg)

* Acétate d'éthyle	:	119,6
* Alcool méthylique	:	60,5
* Ethanol	:	1,35
* Isovalérate d'éthyle	:	0,39
* Caproate d'éthyle	:	0,77
* Actylate d'éthyle	:	0,77

¹ (En équivalent d'acide citrique, constitué d'environ 60% d'acide citrique, 36% d'acide malique, traces d'acide succinique, oxalique et non identifiés)

D'autres auteurs ont décelé la présence :

- * De composés sulfurés
- * De butyrates d'éthyle et d'amyle
- * D'acétate d'amyle

III.3.2.2 Goût

A la maturité absolue, le fruit a un goût très sucré et est très juteux. Après son ingestion, le fruit laisse un arrière goût agréable.

III.3.3. Couleur

Sa couleur varie du jaune translucide au jaune orangé

III.4. Dégradation post-récolte des fruits

III.4.1. Métabolisme après récolte des fruits [1,20,21]

Après récolte des fruits, les réactions de photosynthèse ne vont plus avoir lieu au profit d'autres réactions :

- * la respiration qui consiste en l'oxydation des glucides simples surtout le glucose. Cette réaction s'intensifie avec le degré de maturation du fruit,
- * la synthèse des pigments et des enzymes

La maturation continue à avoir lieu et elle sera suivie par une désorganisation des tissus, c'est la sénescence.

III.4.2. Dégradation post récolte des fruits

Généralement, cette dégradation des fruits après la récolte peut être liée à deux principaux facteurs :

- * facteurs internes liés aux fruits eux-mêmes (enzymes, diverses réactions, etc),
- * facteurs externes constitués essentiellement par les microorganismes.

Ces facteurs sont aussi influencés par d'autres conditions externes telles que la température, l'humidité du milieu où le fruit est stocké, la présence ou non d'oxygène dans le milieu, etc

Pour l'ananas, les causes de cette altération sont nombreuses.

III.4.2.1 Facteurs physiques

Principalement, la dégradation de l'ananas est due :

- * à sa fragilité et à sa sensibilité aux divers chocs,

- * aux températures élevées qu'il a à subir pendant et après la récolte. Notons qu'à chaque augmentation de la température de 10°C, la vitesse des réactions enzymatiques sera doublée,
- * aux transports nécessaires à son acheminement du lieu de production vers le lieu de vente. Il est à remarquer que la température favorable pour le transport des ananas frais varie entre 7°C et 8°C.

III.4.2.2 Facteurs chimiques

Du point de vue chimique, divers phénomènes peuvent être observés. Entre autres, suite à la respiration, on constate une perte de poids du fruit et une perte de la saveur sucrée. En cas d'absence d'oxygène, il peut se produire une fermentation aboutissant à la production d'éthanol qui est toxique pour les tissus végétaux. Et la vapeur d'eau émise sans ventilation, accompagnée de la chaleur favorise d'autres réactions.

Il peut aussi y avoir :

- * la transformation des constituants du fruit. Il y a par exemple la synthèse des composés organiques responsables de l'arôme du fruit, augmentation de l'acidité du fruit, la réaction de brunissement non enzymatique au niveau de la chair étant donné que les principaux substrats de cette réaction, les sucres réducteurs, sont présents en quantité non négligeable et que l'ananas renferme une certaine teneur en groupement amine, etc ;
- * la disparition de la chlorophylle de la peau laissant apparaître les caroténoïdes ;
- * le changement de texture dû aux substances pectiques intéressant les parois cellulaires et provoquant un ramollissement du fruit.

III.4.2.3 Facteurs enzymatiques

Plusieurs types d'enzymes participent à la dégradation post récolte des fruits. Il s'agit :

- * des enzymes responsables de l'oxydation ;
- * des enzymes qui provoquent la formation d'odeur et de saveur indésirables ainsi que la déformation de la texture ;
- * des enzymes qui provoquent des changements de couleur suite à des réactions telles que le brunissement enzymatique.

Ces enzymes peuvent être endogènes (apportées par le fruit lui-même) ou exogènes (synthétisées par les microorganismes tapissant l'épiderme ou à l'intérieur du fruit)

L'ananas contient une enzyme protéolytique qui est la broméline.

III.4.2.4 Facteurs biologiques

En plus des ennemis tels que les rats et les chiens, les fruits sont très sujets à des altérations d'origine microbiologique.

La plupart des fruits sont naturellement acides avec un pH avoisinant la valeur de 4,5. Sans traitement préalable et étant donné ses divers constituants, ils constituent un milieu idéal pour les microorganismes surtout pour les levures et les moisissures. C'est ainsi que des réactions de fermentation peuvent se produire ainsi que des modifications de la qualité gustative.

Les microorganismes les plus rencontrés induisant l'altération post récolte de l'ananas sont résumés en annexe 2.

III.5. Panorama de transformation de l'ananas

III.5.1. Principes généraux de conservation des fruits :

Ces principes ont pour but de :

- ✱ empêcher la prolifération des microorganismes initialement présents dans le produit ;
- ✱ détruire ces microorganismes ;
- ✱ désactiver les enzymes.

Pour cela, on peut avoir recours à différentes techniques de conservation qui sont maîtrisables dans le temps et dans l'espace. Notons déjà que dans certains cas, la combinaison de deux ou plusieurs modes de conservation est nécessaire.

III.5.1.1 Conservation par le froid

Le froid ralentit non seulement le développement des microorganismes nuisibles à la qualité des aliments mais aussi l'action des enzymes endogènes propres à la denrée à l'exclusion des lipases. Il freine également les réactions métaboliques et respiratoires.

Ainsi, on distingue :

- ✱ la réfrigération utilisant le froid positif. En général, la température varie entre 4°C à 0°C ou même à -1°C. Pour l'ananas, la température de réfrigération trouve son optimum à 7.5°C. En dessous de cette température, le brunissement du cœur d'origine non parasitaire survient quelques jours après l'arrêt de la réfrigération. Entre 12°C et 13°C, les réactions de maturation s'effectuent très rapidement ;
- ✱ la congélation et la surgélation où l'on utilise le froid négatif. Dans le cas de l'ananas, on diminue la température jusqu'à -35°C pendant quelques minutes puis on la remonte jusqu'à -23°C pour le stockage et le transport.

Pour une réussite de ce procédé, il faut veiller à ce que :

- * le produit soit sain,
- * le froid soit précoce,
- * le froid soit continu.

Il faut noter aussi qu'en transport réfrigéré, l'ananas voit sa teneur en acide citrique augmenter alors que la teneur en sucre reste la même. Puis, il se produit une réaction de déshydratation entraînant une perte de poids du fruit. Cette perte de poids est proportionnelle à la température et inversement proportionnelle à l'humidité du milieu.

III.5.1.2 Conservation par diminution de l'activité de l'eau a_w

Pour se développer, les microorganismes exigent une certaine activité de l'eau. Cette a_w minimale est variable selon les microorganismes. Les a_w minimales propres à quelques microorganismes sont données en annexe 11.

Le principe de ce mode de conservation est donc basé sur l'élimination de l'eau susceptible d'être utilisé par ces microorganismes. L'abaissement peut être partiel ou non selon les objectifs technologiques.

a) Séchage

Pendant le séchage, il se produit un transfert de chaleur ainsi qu'un transfert de masse. En général, une humidité de l'ordre de 20-24% stabilise les produits tels que les fruits secs..

Il est impératif de conserver le produit séché à l'abri de l'humidité pour éviter que les activités néfastes des microorganismes ne reprennent à nouveau.

Le mode de séchage convenant le mieux pour les fruits est principalement le séchage par rayonnement et convection.

b) Par addition

(i) Sucre :

La teneur en sucre finale du produit varie selon le procédé et selon le produit fini que l'on veut obtenir. Cette addition de sucre s'accompagne souvent d'un traitement thermique adéquat.

(ii) Sel et vinaigre :

Il y a trois choix sur lesquels on peut opérer. Soit :

- * une forte concentration en sels (au moins 15%) pour inhiber tout développement des microorganismes pathogènes ;

- * une solution saline de concentration d'environ 8% à 10% qui permet la prolifération de quelques bactéries seulement : bactéries lactiques assurant une fermentation et une acidification du milieu ;
- * une adjonction de vinaigre combinée à une opération de cuisson ou avec ajout de sel et de sucre.

III.5.1.3 Conservation par traitement thermique

On distingue :

a) Pasteurisation

Cette opération vise à éliminer les microbes pathogènes initialement présents dans le produit, donc de réduire le nombre de microorganismes contenus dans ce produit. Le barème de pasteurisation varie suivant différents facteurs liés à l'aliment tels que le pH, la flore initiale, etc.

On peut citer :

- * le procédé de pasteurisation classique : de 75°C à 80°C à cœur pendant 15minutes ;
- * le procédé de flash pasteurisation : très haute température pendant quelques secondes.

b) Stérilisation

En principe, cette opération vise à détruire tous les microorganismes vivant dans le produit même les formes sporulées. En pratique, il n'existe pas de stérilité absolue et il faut se contenter de la stérilité commerciale. Le barème de stérilisation (couple température/temps) à utiliser varie considérablement selon les produits et la durée de conservation recherchée.

Théoriquement, cette durée de conservation du produit stérilisé est importante tant qu'il n'y a pas de contamination externe.

c) La cuisson

En plus de la destruction de la plupart des microbes, elle a pour but de conférer des critères organoleptiques spécifiques aux aliments.

III.5.1.4 Conservation par fermentation

Elle consiste à transformer les matières fermentescibles du fruit en alcool ou en acide grâce à l'utilisation des ferments et tout en respectant certaines conditions telles que la température, la présence ou non d'oxygène, etc.

Principalement, il faut aboutir, soit :

- * à une fermentation alcoolique ou fermentation submergée avec la levure *Saccharomyces cerevisiae* ou *Saccharomyces ellipsoïdeus*. L'alcool recherché est l'éthanol ;
- * à une fermentation acétique ou fermentation aérobie avec l'action de la bactérie *Acetobacter* ou *Mycoderma aceti*, transformant l'alcool de la fermentation alcoolique en acide acétique.

La présence d'alcool et/ou l'acidité issue de la fermentation garantit la conservation du produit.

Un tableau concernant la relation entre la croissance des microorganismes et l'acidité du milieu est donné en annexe 12.

III.5.1.5 Autres

Suivant le but technologique à atteindre et d'après les contraintes techniques et économiques, l'application ou non des modes de conservation énumérée ci-dessous est envisageable :

a) Conservation par irradiation [23]

Ce procédé est coûteux. Il peut remplacer le rôle de la stérilisation surtout au niveau expérimental.

Le principe est assez simple. La lumière ultraviolet (UV) , plus précisément les rayons UV-C, provoquent des perturbations au niveau de la structure chimique de l'ADN des microorganismes les empêchant ainsi de se multiplier.

b) Conservation sous atmosphère contrôlée [24]

Normalement, l'atmosphère contient environ 21% d'oxygène (O₂), 0.3% de gaz carbonique (CO₂) et le reste est formé de dioxyde d'azote (NO₂). A ces conditions, la dégradation des fruits s'établit dans un temps très court. Or, même avec l'action du froid, nous avons vu qu'il subsiste encore certains inconvénients. C'est ainsi que cette technique a été mise en oeuvre afin de compléter l'action du froid.

Elle a pour principe de diminuer la teneur en oxygène du milieu dans le but de ralentir l'intensité respiratoire ainsi que la maturation du fruit.

En général ; il ne faut pas descendre au dessous de 3 à 4% d'oxygène sinon il y a risque d'anaérobiose.

Un excès de gaz carbonique diminue l'intensité respiratoire et retarde le développement de certaines moisissures même si l'humidité est élevée. Toutefois, la

ventilation joue un rôle primordial. La proportion de CO₂ et de O₂ est définie selon le fruit à traiter.

On l'applique surtout pour le transport et la conservation des fruits tropicaux. Pour l'ananas, la proportion utilisée est de 19% de CO₂ et 2% de O₂.

c) Conservation par d'autres agents [22]

Cette technique est employée seulement si la conservation par les procédés classiques n'offrent pas les conditions techniques et économiques favorables à la spéculation. Elle est utilisée en appliquant, sur la paroi des fruits, des produits inhibant ou détruisant les microorganismes externes susceptibles de nuire à leur conservation. Mais il y a un risque non négligeable étant donné la perméabilité de l'épiderme des fruits. C'est ainsi que, pour l'ananas, le lavage à l'eau chlorée ne sert qu'à la désinfection juste avant la transformation. Parfois, pour le transport en frais de l'ananas, les exportateurs ont recours à l'utilisation d'une cire pour garder le produit à une température inférieure à 21°C.

L'utilisation des agents chimiques est ainsi effectuée pour la conservation en frais des produits et aussi dans des buts organoleptiques (conservation de la coloration naturelle, ...)

III.5.2. Panorama de transformation

III.5.2.1 Panorama de l'ananas

Pratiquement, la chair de l'ananas peut être consommée sous deux grandes formes :

- * soit en frais, simplement découpée en tranches ou en macédoine ou en salade de fruits, consommée en tant que dessert,
- * soit sous forme de produits transformés. Il existe une très vaste gamme de produits selon le type et le mode de conservation choisi.

Nous allons synthétiser dans le tableau ci-après les différents types de produits issus de la chair d'ananas.

Tableau 9.: Panorama de transformation de l'ananas

Mode de conservation	Produits obtenus
Conservation par le froid	Ananas réfrigéré Ananas congelé Ananas givré
Conservation par diminution de l' <i>a_w</i> <ul style="list-style-type: none"> • Par convection • Par addition <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sucre ➤ Sel / vinaigre 	Ananas séché Confitures, gelées, marmelades, sirop, ananas au sirop, ananas confits, pâtes d'ananas Pickles d'ananas, chutney

➤ Alcool	d'ananas, conserves d'ananas, ananas salé Liqueur d'ananas
Conservation par traitement thermique	Jus d'ananas, nectar d'ananas, ananas au sirop, chutney, pickles, conserves, sirop, confitures, gelées marmelades
Conservation par irradiation	Jus d'ananas, ananas au sirop
Conservation par fermentation	Vin d'ananas, liqueur d'ananas, chutney d'ananas, pickles

III.5.2.2 Panorama des sous produits

Concernant l'ananas, tout est valorisable. En partant de la plante elle même jusqu'aux déchets des industries de transformation du fruit (qui représentent jusqu'à la moitié du poids des fruits traités), une multitude de produits peuvent être obtenus. Le tableau ci-après procure quelques exemples.

Tableau 10.: Panorama des sous produits de l'ananas

Partie concernée	Produits obtenus	Destination
Feuilles	Fibres	Fabrication de tissus pour chemisette et fabrication de papier
	Feuilles hachées déshydratées	Alimentation des bovins
Deuxième jus	Amidon, acide organique, sucres, acide citrique, cire, stérols	Diverses industries
	Boissons	Consommation et vente
Résidu de presse du premier jus	Deuxième jus	Consommation et vente
Tige	Broméline	Remplacer la papaine Pharmacie, cosmétique
Résidu de presse de la tige	Farine	Alimentation animale Plus riche en protéine
Ensemble de la plante		
Couronnes	Farine	Alimentation du bétail

Conclusion partielle

L'ananas appartient à la famille des Broméliacées et les principales variétés cultivées font partie du groupe *A. comosus*. Le fruit possède une forme cylindrique renflée composée de 100 à 200 yeux, terminée par un plumet de feuilles rigides.

La plante requiert pour sa croissance et son développement une température optimale comprise entre 20 et 30°C, un optimum de précipitation allant de 1200 à 1500mm de pluies/an, un sol perméable, meuble, acide (pH entre 4,5 et 6) et contenant une proportion adéquate en certains minéraux.

La région d'Arivonimamo satisfait à la plupart de ces conditions. La production y a atteint les 18000 tonnes en 2000 soit environ 30 % de la production nationale qui est estimée à 60000 tonnes. Les ananas vendus sur le marché proviennent essentiellement de 2 communes : Ambohitrambo et Ambohimanga. La quasi-totalité de la production est constituée d'ananas du type *Cayenne lisse*. Celle-ci se distingue par son potentiel de rendement et ses qualités technologiques et organoleptiques.

Cependant, la filière connaît un certain nombre de problèmes tels que la fluctuation des prix, les difficultés de transport, la surproduction et la conservabilité réduite des fruits. L'existence de ces différents problèmes met en évidence la nécessité de mettre au point des technologies de transformation afin d'absorber la surproduction, d'assurer un revenu plus stable aux producteurs et d'améliorer la conservabilité de l'ananas.

Deuxième Partie

Etude technologique : Vin et liqueurs d'ananas

Chapitre I : *Matériels et méthodes*

I.1. Objectifs

Le présent travail a pour objectif de contribuer à la mise en valeur de la production d'ananas d'Arivonimamo grâce à la fabrication de boissons alcooliques.

Deux types de produits en particulier ont ainsi fait l'objet de recherche :

- * le vin d'ananas,
- * les liqueurs d'ananas.

Tableau 11. : Objectifs de l'étude pour chaque produit

Produits	Objectifs de l'étude
Vin d'ananas	Démontrer l'aptitude de la variété <i>Cayenne lisse</i> cultivée à Arivonimamo à donner du vin d'ananas ; Evaluer les qualités, organoleptiques en particulier, du vin ainsi obtenu en vue d'applications industrielles et commerciales.
Liqueurs d'ananas	Démontrer l'aptitude de la variété <i>Cayenne lisse</i> cultivée à Arivonimamo à donner des liqueurs d'ananas ; Evaluer l'influence de certains paramètres sur les qualités finales des liqueurs.

I.2. Matériels

Les travaux de recherche ont été réalisés au laboratoire du DRT-FOFIFA à Ambatobe. Les différents matériels utilisés pour la réalisation de ces travaux ainsi que leurs principales caractéristiques et utilisations sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12. : Matériels

Catégorie de matériels	Principaux matériels	Principales utilisations
Gros équipement	Bain giratoire thermostaté	Fermentation expérimentale
	Fermenteur	Production à petite échelle de vin
	Étuve	Séchage du matériel Mesure de l'humidité
	Centrifugeuse	Clarification
	Bain-marie	Pasteurisation

	Chromatographe en phase gazeuse	Détermination des différents constituants du vin
	Colonne à distiller, chauffe ballon	Préparation d'eau distillée Distillation du vin ou des liqueurs en vue de la détermination du degré alcoolique et/ou de l'analyse chromatographique
	Plaque chauffante	Chauffage des réactifs
Matériels de contrôle et de mesure	Balance de précision	Pesage des différents réactifs ou ingrédients nécessaires
	Balance	Pesage de la matière première
	Thermomètre	Contrôle de la température
	Alcoomètre	Mesure du degré alcoolique d'un distillat
Matériel courant de laboratoire	Verrerie (erlen, burette, bêcher, pipette, tube à essai, ...)	Utilisations diverses
	Filtre	Clarification des produits ou des réactifs
	Capsule	Mesure de l'humidité

Notons qu'en dehors de ces matériels, un certain nombre de réactifs ont été utilisés afin d'effectuer les différentes analyses nécessaires à la réalisation de cette étude.

I.3. Méthodes

I.3.1. La fermentation

I.3.1.1 Généralités

La fermentation est un phénomène biologique de première importance. C'est la transformation de la matière organique sous l'action d'enzymes secrétées par des microorganismes. Elle se produit dans la nature sous diverses formes, là où la vie prolifère, en absence d'oxygène libre (fermentation anaérobie) ou à l'air libre (fermentation aérobie). Nous pouvons également classer les différentes fermentations selon le produit obtenu (fermentation alcoolique, lactique, acétique, ...).

Les différentes applications possibles de la fermentation sont nombreuses. Dans certains domaines, elle a été utilisée par l'homme bien avant qu'il n'en comprenne le mécanisme (fabrication du vin, du fromage, du pain, ...). Dans d'autres domaines par contre, son utilisation est récente et n'a été permise que grâce aux progrès considérables de la science (production de métabolites, de biomasse, traitements des déchets, ...).

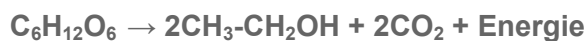
Les avancées actuelles permettent de se passer de l'utilisation de l'utilisation

de microorganismes et d'utiliser directement les enzymes responsables de la réaction désirée. Cela présente de multiples avantages car les enzymes sont réutilisables et les produits obtenus sont plus purs.

1.3.1.2 La fermentation alcoolique

C'est l'une des plus anciennes fermentations connues de l'homme. Elle fut mise à profit et maîtrisée bien avant que son mécanisme ne soit scientifiquement établi.

Elle consiste en une transformation du glucose en alcool éthylique suivant l'équation établie par GAY-LUSSAC en 1815 :



Les voies de dégradation du glucose sont multiples selon les conditions du milieu.

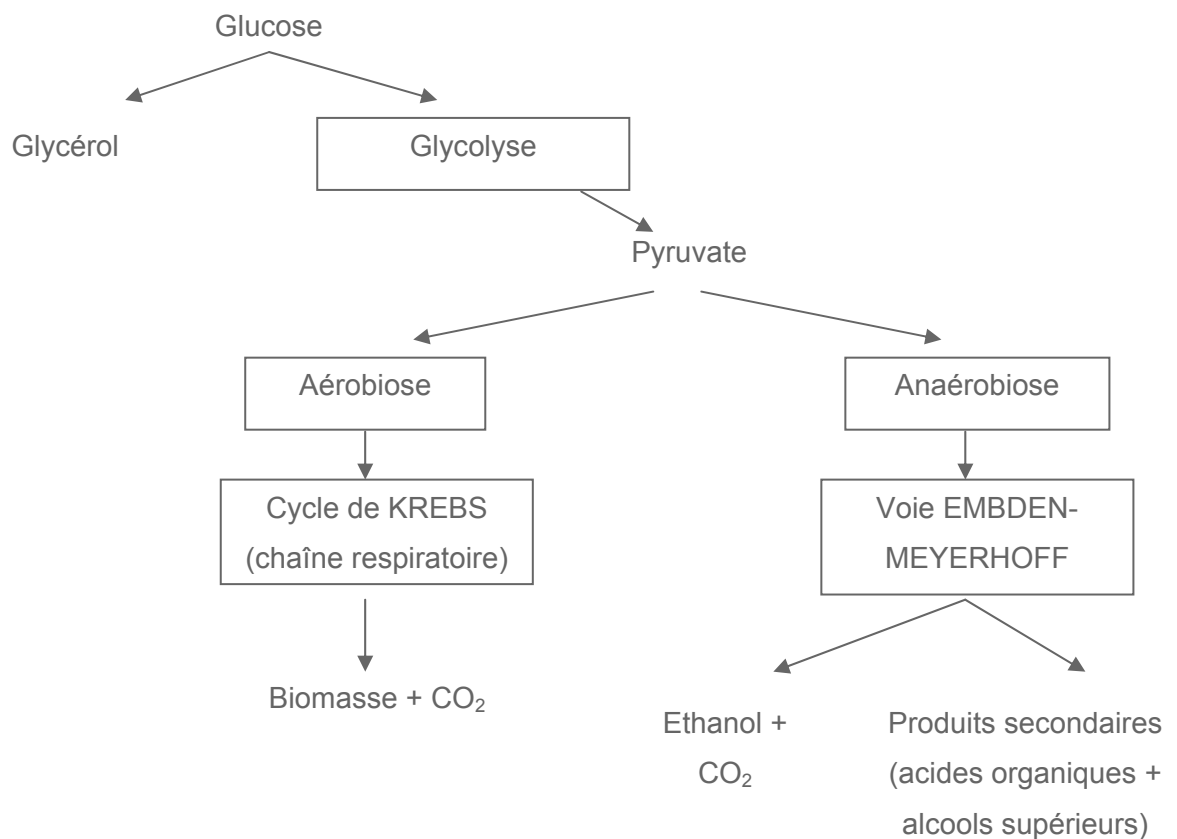


Figure 11 : Principales voies de dégradation du glucose par les levures
[in 25]

La fermentation alcoolique proprement dite se déroule en 3 étapes :

- * La glycolyse ou cassure des molécules de sucres en acide pyruvique,
- * La décarboxylation de l'acide pyruvique,
- * La réduction de l'éthanal.

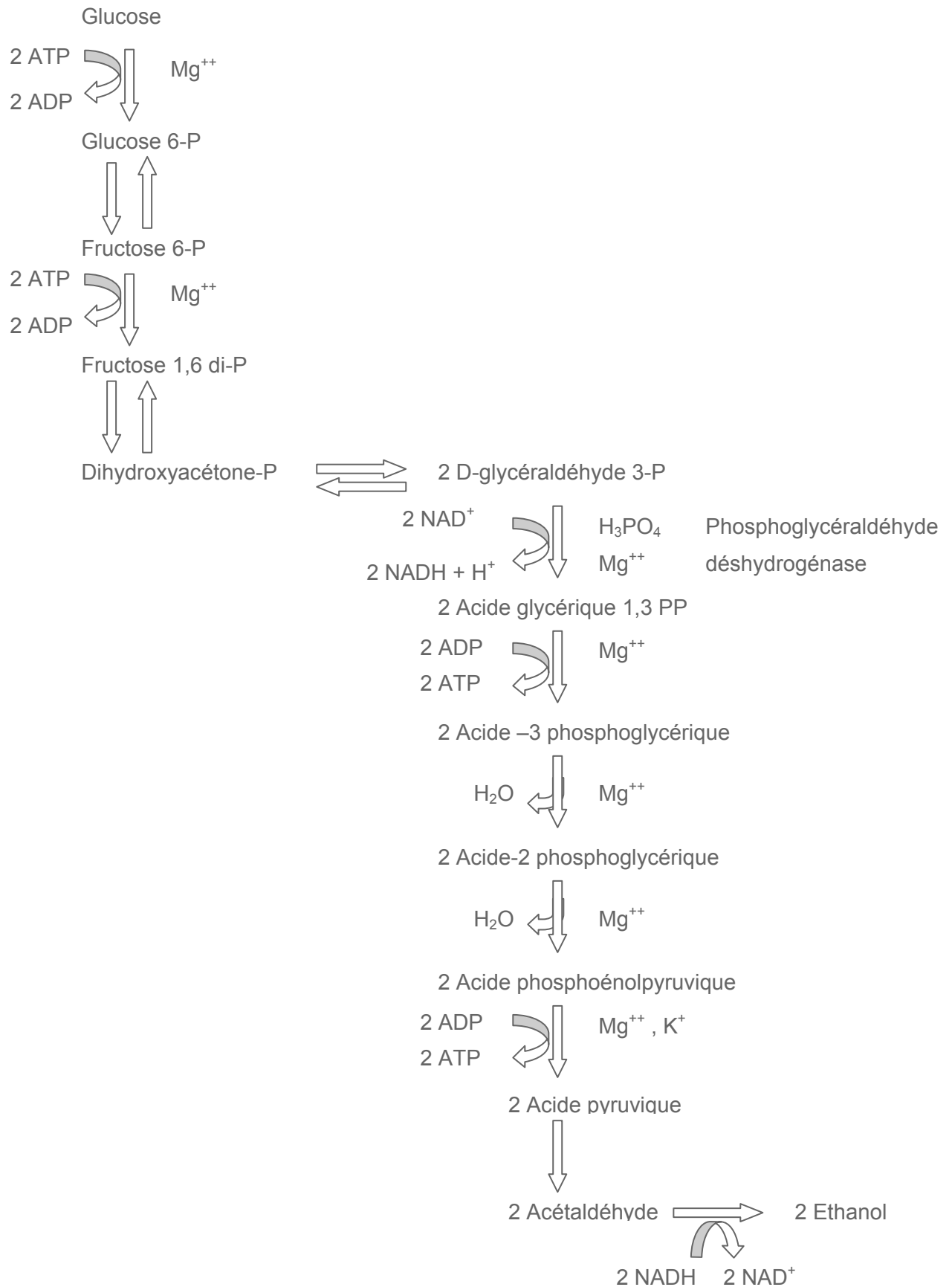


Figure 12 : Catabolisme du glucose par les levures suivant la voie *EMBDEN-MEYERHOFF* [in 25]

I.3.2. L'analyse sensorielle [26]

I.3.2.1 Généralités

a) Définition

L'analyse sensorielle est l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens. Elle a pour but de répondre à différentes questions que peuvent se poser les producteurs à propos de leur produit. Elle permet ainsi d'approfondir la connaissance du produit et d'évaluer les impacts de celui-ci sur les consommateurs.

Avant de procéder à une analyse sensorielle sur un produit donné, il est en conséquence nécessaire de bien définir la problématique qui se pose. En effet, les conditions de l'analyse, la nature des tests effectués, la constitution du jury et le mode de traitement des résultats dépendent directement du problème considéré.

D'autre part, il faut toujours tenir compte des principes suivants :

- ✱ La réponse humaine à un stimulus ne peut-être isolée des autres stimuli sensoriels provenant, par exemple, de l'environnement ou bien d'une expérience précédente. Néanmoins, l'influence de ces facteurs peut dans une certaine mesure être contrôlée ;
- ✱ La variation de la réponse sensorielle est inhérente à tout groupe de sujets utilisé pour les essais et est, le plus souvent, inévitable. Cependant, avec de l'entraînement, un même groupe de sujets peut donner des réponses individuelles fidèles. Il y a lieu de tenir compte de ce facteur au moment de l'interprétation des résultats ;
- ✱ La validité des conclusions tirées est dépendante du choix des questions, de la façon dont elles sont posées au jury, et de la conduite de l'analyse.

b) Éléments important d'une analyse sensorielle

Les éléments suivants sont à considérer avec beaucoup de soins : le choix de la ou des méthodes d'essai, le choix des sujets, les paramètres relatifs au produit (préparation, présentation, homogénéité, ...), les paramètres relatifs aux locaux (température, bruit, luminosité, ...), le matériel utilisé et la conduite de l'essai.

I.3.2.2 Les différentes méthodes d'essai

Les essais utilisés les plus couramment sont divisés en 3 groupes :

- ✱ Les essais de différenciation,
- ✱ Les essais utilisant les échelles et les catégories,

* Les essais analytiques ou descriptifs.

Chacun de ces groupes est constitué d'un certain nombre de types d'essai comme nous le montre le tableau suivant :

Tableau 13. : Les différents types d'essai et leurs objectifs

Catégories d'essai	Objectifs de l'essai	Différents types d'essai
Essais de différenciation	Déterminer s'il y a ou non une différence sensorielle entre 2 produits ou si celle-ci est perçue par le jury	Essai de comparaison par paires, essai triangulaire, essai duo-trio, essai deux sur cinq, essai « A » ou « différent de « A » »
Essais utilisant les échelles et les catégories	Evaluer l'ordre ou l'importance des différences, catégories ou classes auxquelles les échantillons doivent-être attribués	Essai de classement, Essai de catégorisation, Essai de cotation, Essai par notation, Essai de classement par rang
Essais analytiques ou descriptifs	Décrire à la fois quantitativement et qualitativement une ou plusieurs propriétés sensorielles	Essais descriptifs simples, Essais descriptifs quantitatifs

1.3.2.3 Interprétation des résultats

Les résultats obtenus par analyse sensorielle doivent toujours être manipulés avec le maximum de précautions. Ils fournissent bien souvent une aide très précieuse, mais il faudra toujours garder à l'esprit les limites de leur portée selon l'essai effectué, la nature et le nombre de sujets.

Les essais les plus simples sont les plus commodes à interpréter. Il est ainsi préférable de réaliser plusieurs essais plutôt que de chercher à répondre à plusieurs questions au cours d'un même essai.

Chapitre II : *Les opérations préliminaires*

II.1. Contrôle de la Qualité des Matières Premières

II.1.1. Objectifs

Dans le cadre d'une industrie agroalimentaire, le contrôle de la qualité des matières premières fait partie intégrante d'un processus global de gestion de la qualité, lequel a pour objectifs principaux :

- * De concevoir et de fabriquer un produit ayant les qualités nécessaires pour satisfaire la clientèle ciblée,
- * D'être capable de maintenir ce niveau de qualité afin de toujours fournir aux consommateurs des produits de qualité constante.

Cette étape a une importance particulière car elle se situe à l'interface entre l'environnement extérieur de l'usine, qui n'est pas sous son contrôle, et l'environnement interne de l'usine, qui peut être convenablement maîtrisé. Elle a ainsi pour but de sélectionner les matières premières qui correspondent aux exigences de qualité fixées par l'entreprise en fonction du processus de transformation, des prescriptions légales et surtout des exigences des consommateurs. Tous les éléments qui ne correspondent pas à ces critères de qualité doivent être refusés sans aucun état d'âme car de cela dépend la qualité du produit fini.

II.1.2. Modalités

Pour des raisons pratiques et économiques évidentes, le contrôle exhaustif (quantitatif et qualitatif) de toutes les matières premières reçues n'est généralement pas possible.

C'est pourquoi, pour chaque lot, le nombre et la nature des contrôles à effectuer doivent-être limités de même que la quantité de matières à contrôler.

Tout doit pourtant être fait pour que les résultats ainsi obtenus reflètent de la manière la plus fiable possible l'ensemble du lot (échantillonnage au hasard) et permettent donc de prendre des décisions appropriées.

II.1.2.1 Types de contrôle à effectuer

Les différents contrôles devront être réalisés par du personnel bien formé et expérimenté. Ils auront pour objet d'apprécier un certain nombre de caractères. Ces appréciations seront le plus souvent faites visuellement mais parfois à l'aide d'instrument de contrôle.

Tableau 14. : Caractères à contrôler, motifs et mesures à prendre

Caractères à contrôler	Motifs	Mesures	Observations
Etat sanitaire	Altération de la qualité de la matière première si l'infection est trop importante Possibilité d'altération du produit fini, et en particulier du vin, par les microorganismes responsables de l'infection	Elimination (destruction ou autre utilisation) des ananas présentant des symptômes de maladies de la chaîne de production de vin ou de liqueur	En cas de doute (suspicion d'infection mais sans symptômes extérieurs bien visibles), nous procéderons à l'ouverture de l'ananas
Intégrité physique	Les blessures sont des portes ouvertes aux microorganismes susceptibles d'altérer la qualité de la matière première et du produit fini	Elimination (destruction ou autre utilisation) des ananas présentant des blessures de la chaîne de production de vin ou de liqueur	
Degré de maturité	Le degré de maturité conditionne la quantité de sucre présent dans le fruit qui influe sur le degré alcoolique du vin et la teneur en sucre des liqueurs	Les ananas présentant une maturité insuffisante seront déviés sur une autre ligne de production	En cas de doute, nous procéderons à un contrôle du degré brix à l'aide d'un réfractomètre
Poids	Les ananas trop petits (<0,75kg) sont plus difficile à manipuler et ont un rendement en jus plus faible	Ils seront déviés sur une autre ligne de production	

II.1.2.2 Fréquence des contrôles

Les contrôles seront effectués pour chaque lot et en 2 fois.

Une première fois, au niveau de la réception des matières premières où nous procéderons à un contrôle global du chargement à partir d'un échantillonnage représentatif. En fonction des résultats obtenus lors de ce contrôle et des critères de qualité définis dans le contrat, on procédera :

- * au rejet du lot entier si sa qualité globale n'est pas satisfaisante,
- * à la réception du lot si sa qualité globale est satisfaisante.

La deuxième phase de contrôle sera réalisée juste avant l'entrée des ananas dans le circuit de distribution. Tous les fruits devront subir un contrôle relatif aux caractères précédemment cités dans le Tableau 14.

II.2. Lavage

La surface de l'ananas présente de nombreuses aspérités ou cavités susceptibles d'emmagasiner des éléments indésirables (terre, microorganismes, parasites, ...) que ce soit au niveau de la peau ou au niveau de la couronne.

Un nettoyage préalable du fruit est donc nécessaire avant toute autre opération afin d'éviter de contaminer la chair lors des opérations ultérieures.

Chaque fruit sera lavé individuellement à grande eau. Un léger brossage soit avec les mains munies de gants soit avec une brosse pas trop dure peut-être nécessaire pour des pièces particulièrement sales. Il faut toutefois éviter de blesser les fruits.

Une fois lavés, les fruits seront placés dans des récipients soigneusement nettoyés au préalable ou sur une table bien propre également.

Le nettoyage doit-être réalisé juste avant l'opération suivante afin d'éviter que l'humidité présente à la surface du fruit ne permette le développement d'une quelconque flore microbienne.

II.3. Etêtage /Equeutage / Epluchage

Etant donné que c'est la chair de l'ananas qui sera utilisée, il est nécessaire de séparer celle-ci des autres parties du fruit.

La première partie à enlever sera la couronne. Pour cela, il faut maintenir le fruit à l'horizontale. D'une main, on tient le corps du fruit et de l'autre la couronne. Puis, on arrache, celle-ci d'un coup sec par un mouvement de haut en bas. On procède de même avec le pédoncule si celui-ci est trop important.

Le fruit est posé horizontalement sur une surface propre. Les deux extrémités du fruit sont alors tranchées dans le sens de la largeur avec un couteau bien aiguisé et de dimensions adaptées.

Ensuite, le fruit est posé verticalement cette fois, toujours sur une surface bien propre, et la peau est épluchée dans le sens de la longueur. Cette opération doit être faite de manière soignée afin de diminuer les pertes de rendement.

II.4. Découpage en morceaux

Le découpage en morceaux est nécessaire afin d'augmenter l'efficacité du broyage ultérieur. Il sera réalisé sur une surface propre, à l'aide d'un couteau bien aiguisé.

II.5. Broyage

Le broyage permet d'extraire le jus. Il est réalisé dans un mixer.

II.6. Filtration

Elle permet de séparer le jus de la pulpe. Elle est réalisée à l'aide d'une passoire et de filtres.

Chapitre III : *Le vin d'ananas*

III.1. Généralités

III.1.1. Le vin

III.1.1.1 Définition [27]

Au sens strict, le vin est une « boisson alcoolisée élaborée par fermentation de jus de raisin frais ». En France et dans de nombreux pays, seuls les produits répondant à cette définition peuvent prétendre à l'appellation de vin.

Mais, au sens large et dans la pratique, le nom de vin peut-être donné à tous les jus de fruits dont une partie ou la totalité du sucre est transformée en alcool par fermentation.

III.1.1.2 Historique [28]

On suppose que la vinification existe depuis que les hommes vivent près de vignes sauvages. En effet, les fruits fermentent de façon spontanée. Sucré et juteux, le raisin est l'un de ceux qui fermentent le plus facilement. Ainsi, la vinification consiste à maîtriser et à affiner ce processus naturel.

Les premiers témoignages de la domestication et de la culture de la vigne remontent au IV^e millénaire av. J.-C., dans le Caucase, puis en Mésopotamie. La culture de la vigne et la production de vin se développent ensuite en Égypte, en Grèce et dans l'Empire romain, puis en Gaule. Il est significatif que le terme « vin » dérive du sanskrit *vēna* (liqueur sacrée de l'Inde védique) et se retrouve dans les différentes langues indo-européennes (*vinum*, *oinos*, *vino*, *vinho*, *wein*, *wine*, etc.).

Après la chute de l'Empire romain, les invasions germaniques entraînent une diminution de la production. Le vin, nécessaire aux sacrements de l'Église chrétienne, est cantonné aux monastères. C'est à partir de là qu'un nouvel essor se dessine entre le XII^e et le XVI^e siècle. Au siècle suivant apparaît l'utilisation de la bouteille de verre, et, vers la même époque, le bouchon de liège, oublié depuis la période romaine, est réhabilité.

Les propriétaires aristocratiques de la fin du XVII^e siècle et du début du XVIII^e siècle commencent à développer une grande partie des vignobles de Bordeaux. De leur côté, les Anglais mettent en valeur les vignobles de Jerez et de la vallée du Douro. La vinification hors d'Europe remonte au XVI^e siècle au Chili, au XVII^e siècle en Afrique du Sud, au XVIII^e siècle en Amérique du Nord, et au XIX^e siècle en Australie, partout où missionnaires et colons s'installent.

La fin du XIX^e siècle est marquée par la dévastation des vignes européennes par le

phylloxéra, un insecte qui s'attaque aux racines de la plante, importé accidentellement d'Amérique du Nord vers 1863. Seul le greffage des cépages européens sur des pieds « porte-greffes » américains (*Vitis riparia*, *Vitis rupestris*) résistant au parasite permet, dans la première moitié du XX^e siècle, le sauvetage et la restauration des vignobles d'Europe.

La seconde moitié du XX^e siècle est caractérisée par de nombreux progrès techniques et l'essor de l'œnologie moderne. Les moyens ainsi mis en place permettent à l'économie viticole, notamment en France, de surmonter la crise de la première moitié du siècle, née du durcissement de la concurrence, des fraudes et de la surproduction. Instauré dans les années trente, le système français d'appellation d'origine contrôlée (AOC) constitue une réponse satisfaisante et largement imitée. Reste que la surproduction continue d'être un problème économique majeur de l'Union européenne.

III.1.2. Le vin d'ananas

Par analogie au vin obtenu à partir du raisin, nous appellerons « vin d'ananas » le produit issu de la fermentation du jus d'ananas.

Son origine n'est pas connue avec précision. Mais, son existence est rapportée en Afrique, en Asie et en Amérique du Sud, là où la production d'ananas est la plus importante. Nous pouvons donc supposer que l'apparition et l'expansion du vin d'ananas sont probablement étroitement liées à celle-ci.

A Madagascar, le vin d'ananas n'est présent dans le commerce que depuis très peu de temps (2003) mais il est probable que des productions artisanales même très limitées auraient existé bien avant.

Le processus de fabrication du vin d'ananas est similaire à celui du vin traditionnel.

La figure suivante en résume les principales étapes.

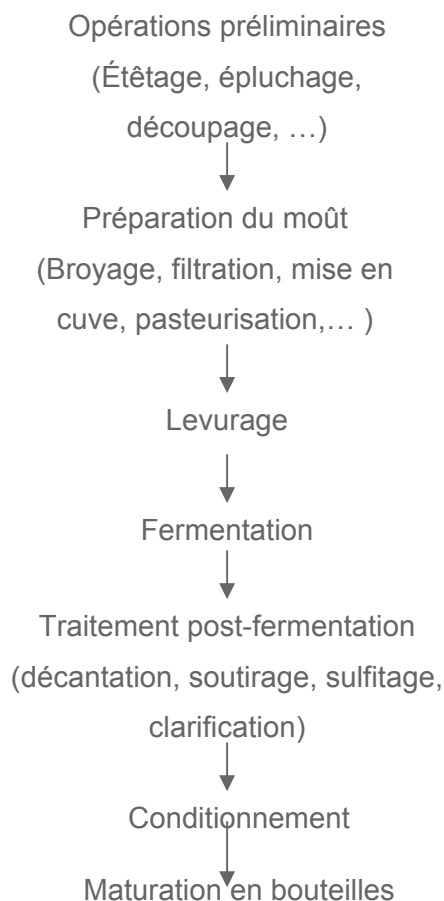


Figure 13 : Principales étapes de fabrication du vin d’ananas

III.2. Essais préliminaires

Bien que le processus général de fabrication soit connu, il est nécessaire de mettre au point un certain nombre de paramètres : l’aptitude à la fermentation du jus d’ananas, les caractéristiques du moût à utiliser, les ferments à utiliser.

III.2.1. Aptitude à la fermentation du jus d’ananas

L’aptitude à la fermentation d’un fruit est essentiellement liée à sa composition chimique. Certaines caractéristiques du jus sont ainsi particulièrement importantes.

III.2.1.1 Teneur en sucres

L’objet de la fermentation est la transformation du sucre en alcool éthylique.

Etant donné que la teneur en alcool du vin varie généralement entre 6°GL et 16°GL, il est donc nécessaire que le jus d’ananas contienne suffisamment de sucres afin d’atteindre un degré alcoolique suffisant.

Dans le cas du jus d’ananas, la teneur en sucres réducteurs directement fermentescibles est voisine de 100 g/l ce qui donne un degré alcoolique théorique supérieur à 6°GL.

III.2.1.2 Acidité

L'acidité du moût est très importante dans la conduite de la fermentation. Et cela pour deux raisons principales :

- ✱ Les levures qui réalisent la fermentation ont besoin d'un pH optimal généralement voisin de 4 ;
- ✱ Un pH suffisamment bas permet d'inhiber le développement de flore microbienne indésirable ;

Le jus d'ananas présente naturellement un pH compris entre 4 et 4,5.

III.2.1.3 Eléments nutritifs

Certains éléments nutritifs sont nécessaires à un bon déroulement de la fermentation tels que les cations Mg^{++} , Ca^{++} et P. Ils doivent généralement être ajoutés au moût, en particulier dans le cas de milieu synthétique ou semi-synthétique.

Il est difficile de déterminer si le jus d'ananas contient ces éléments et s'ils sont en quantité suffisante. Nous pouvons toutefois supposer qu'en tant que produit naturel, il possède tous les éléments nutritifs nécessaires. Mais, seules les expériences pourront confirmer ou non cette supposition.

III.2.1.4 Hypothèse et expérimentation

Compte tenu des données présentées ci-dessus, nous pouvons donc émettre l'hypothèse que le jus d'ananas constitue, *a priori*, un bon substrat de fermentation. Pour confirmer cette hypothèse, nous avons procédé à la mise en fermentation spontanée de jus d'ananas frais dans un bain giratoire à une température constante de 31°C.

Le tableau suivant résume les conditions de l'expérimentation :

Tableau 15. : Conditions d'expérimentation

Nature du substrat	Taux de dilution	Volume du substrat (l)	Type de fermentation	Température de fermentation	Nombre de répétition	Codification de l'échantillon
Jus non filtré (avec pulpe)	1/1	0,5	Spontanée	31°C	3	P/FS/SM

Afin de déterminer s'il y a fermentation, un certain nombre de mesures du degré brix ont été réalisé pour évaluer l'évolution de la concentration en sucres du moût.

III.2.1.5 Résultats et interprétations

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure ci-après :

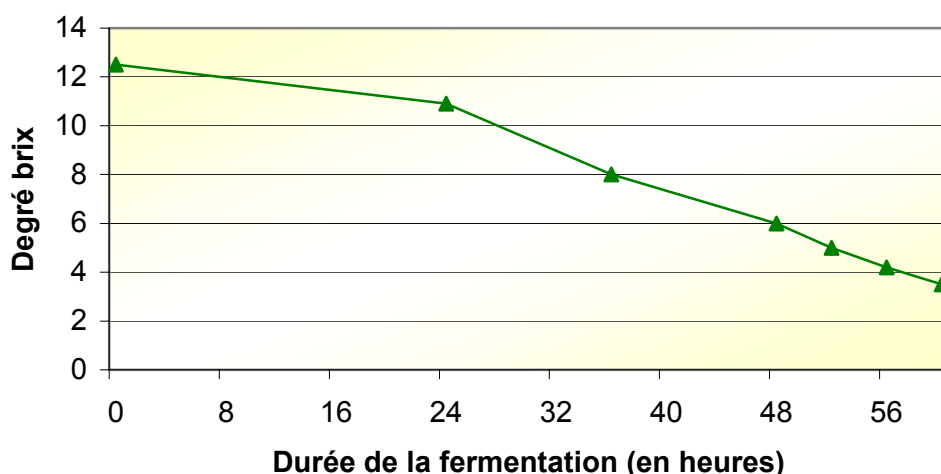


Figure 14 : Fermentation spontanée : évolution du degré brix

Nous constatons que le degré brix diminue de manière significative avant de se stabiliser après environ deux jours. De plus, l'échantillon considéré dégage une forte odeur d'alcool.

Nous pouvons ainsi déduire que :

- * Le jus d'ananas est favorable au déroulement d'une fermentation alcoolique ;
- * Cette fermentation alcoolique peut se déclencher spontanément même sans apport de levures spécifiques ce qui implique la présence de levures alcooligènes provenant du fruit même et/ou du milieu de préparation.

III.2.2. Détermination des caractéristiques du moût à utiliser

Maintenant que l'aptitude à la fermentation alcoolique du jus d'ananas a été établie, il s'agit de déterminer les caractéristiques du jus à utiliser.

Deux paramètres seront plus particulièrement étudiés :

- * la nature du jus (filtré ou non),
- * la teneur en sucre.

III.2.2.1 La nature du jus

Le jus non filtré venant directement du broyage est très chargé en pulpe. En laissant ce jus se décanter, nous constatons que la majorité de la pulpe, plus légère, se met à flotter au-dessus d'un jus plus ou moins clair.

Nous pouvons donc penser que lors de la fermentation, il sera nécessaire d'agiter convenablement ce jus non filtré afin de conserver une certaine homogénéité nécessaire à son bon déroulement.

Nous avons procédé à un essai afin de déterminer si le matériel dont nous disposons

permettait de réaliser une agitation suffisante.

Les conditions de l'expérimentation sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 16. : Conditions d'expérimentation

Nature du substrat	Taux de dilution	Volume du substrat (l)	Type de fermentation	Température de fermentation	Nombre de répétition	Codification de l'échantillon
Jus non filtré (avec pulpe)	1/1	0,25	Spontanée	31°C	3	P/FS/SM

L'appareil utilisé (un bain giratoire) dispose d'une plage de réglage assez importante de l'agitation. Pour les besoins de l'expérience, nous avons réglé cette agitation à son niveau maximum. L'eau dans le bain a dû être maintenu à un niveau suffisamment bas afin d'éviter qu'elle ne gicle en dehors de l'appareil.

Malgré cela, l'agitation était très insuffisante, même à son niveau maximum,. En effet, la séparation en deux phases, due à la différence de densité entre la pulpe et le jus, restait très marquée.

Pour éviter ce phénomène, nous avons décidé de filtrer le jus afin de n'utiliser que du jus clair. Ce choix présente un inconvénient majeur : une perte significative en sucres qui restent retenus par la pulpe. De plus, certains éléments présents dans la pulpe pourraient être susceptibles de contribuer de manière positive à l'arôme du vin.

Mais, étant donné les inconvénients que peut avoir l'utilisation d'un moût hétérogène (risque de fermentation irrégulière, incomplète ; formation de produits indésirables ; mauvaise répétabilité des expériences, ...), il est donc préférable d'éviter d'utiliser le jus non filtré, tout au moins dans les conditions de l'étude.

III.2.2.2 La teneur en sucre

De la teneur en sucre initiale dépend la teneur finale en alcool du produit et la durée de la fermentation. Ainsi, toute considération étant égale par ailleurs, une teneur en sucre élevée donnera un degré alcoolique élevé avec une fermentation plus lente tandis qu'une teneur en sucre plus faible donnera un degré alcoolique moins élevé et une fermentation plus rapide.

La teneur en sucres totaux du jus d'ananas est comprise entre 120 et 180g/l. Dans le cas présent, la teneur en sucres réducteurs est légèrement supérieure à 100g/l.

Étant donné que cette teneur est suffisante pour obtenir un vin ayant un degré alcoolique supérieur à 6°, aucune variation de ce paramètre n'a été réalisée.

III.2.3. Détermination des ferments à utiliser

III.2.3.1 Différents types de fermentation envisagés

a) Fermentation spontanée ou naturelle

A l'origine, la vinification se déroulait naturellement, les hommes ne connaissaient pas encore l'existence des ferments. Ils mettaient le moût dans des conditions appropriées (anaérobieuse en particulier) et ils laissaient faire, sans le savoir, les microorganismes naturellement présents dans le moût. On parle de fermentation spontanée.

Cette méthode présente de nombreux inconvénients :

- * variation de la qualité du produit fini pour chaque lot de matières premières et même pour chaque cuve de fermentation,
- * présence de produits parfois indésirables altérant l'arôme et la saveur du produit,
- * conservabilité réduite du produit .

Mais, elle permet d'obtenir facilement du vin sans avoir recours à des ferments parfois coûteux. Elle permet surtout dans des conditions particulièrement propices d'obtenir un produit d'une qualité remarquable.

b) Fermentation pure

Par opposition à la fermentation spontanée, la fermentation pure ne permet pas ou au moins limite très fortement le développement des ferments naturels. Elle est caractérisée par une pasteurisation du moût suivi de l'inoculation de levures présélectionnées en culture pure.

La pasteurisation du moût a pour objectif de diminuer autant que possible la flore indigène du moût (en particulier les bactéries susceptibles de provoquer des altérations) et d'inhiber pendant un certain temps l'autre partie (les levures naturelles) afin de permettre aux levures additionnées de se développer rapidement, tout en préservant au maximum les qualités nutritionnelles du produit.

Cette technique a pour objectif principal de diminuer fortement l'influence sur le produit de la flore naturelle qui est difficilement prévisible. On peut ainsi espérer obtenir un produit plus stable bien que moins riche en constituants.

c) Fermentation mixte

Le bouquet des grands vins serait composé de plus de 200 composés chimiques différents qui ne proviennent pas uniquement de la fermentation alcoolique. L'origine de la plupart de ces produits n'est d'ailleurs pas clairement connue. On suppose qu'ils proviennent du métabolisme de différents microorganismes naturels qui évoluent en parallèle avec ceux responsables de la fermentation alcoolique.

Afin d'évaluer l'influence réelle de la flore naturelle sur les qualités du produit fini, il est possible de procéder à une fermentation dite « mixte ». Cette fermentation consiste à inoculer des levures sélectionnées sans réaliser aucune action inhibitrice vis-à-vis de la flore indigène.

On espère ainsi aboutir à un produit plus riche en qualités organoleptiques sans que les qualités technologiques (la conservabilité en particulier) n'en souffrent trop.

III.2.3.2 Protocole expérimental

Afin de déterminer la voie la plus avantageuse à suivre dans le cadre de cette étude, nous allons procéder à une série de trois expérimentations.

Chacune de ces expérimentations concernera l'un des types de fermentation, tous les autres paramètres seront identiques.

Tableau 17. : Conditions expérimentales

Type de fermentation	Taux d'ensemencement (%)	Température de fermentation	Nombre de répétition	Codification
Fermentation spontanée	-	31°C	3	FS
Fermentation pure	10			FP
Fermentation mixte				FM

Notons que le barème de pasteurisation pour la fermentation pure a été fixé à 80°C/15mn afin de préserver au moins partiellement la valeur nutritionnelle tout en diminuant de manière significative la flore indigène.

L'*inoculum* est issu d'une préculture de 48h de *Saccharomyces cerevisiae*. La préculture est constituée à l'origine d'une solution de glucose (30g/l) à laquelle nous avons ajouté 0,2 g/l de levures de boulangerie lyophilisées.

La teneur en sucres réducteurs ainsi que l'acidité titrable seront mesurés toutes les 2 heures pour chaque lot.

III.2.3.3 Résultats et interprétations

a) Fermentation spontanée

Les résultats relatifs à la fermentation spontanée sont donnés par les figures ci-après :

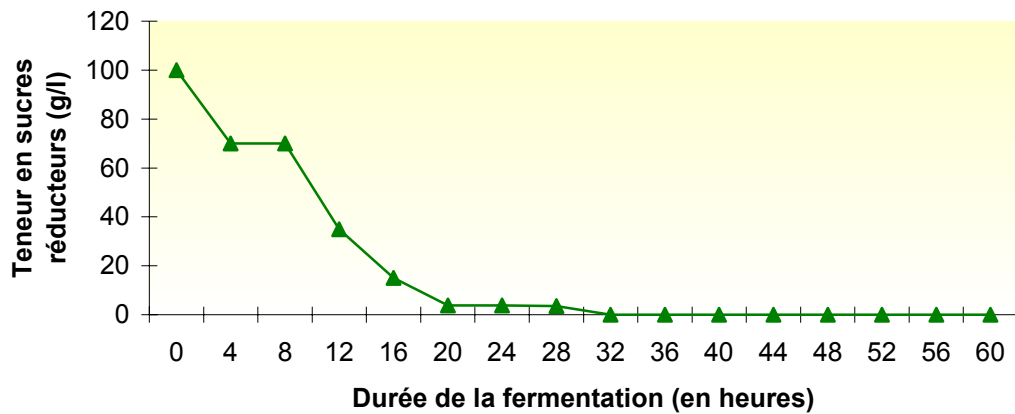


Figure 15 : Evolution de la teneur en sucres réducteurs pour la fermentation spontanée

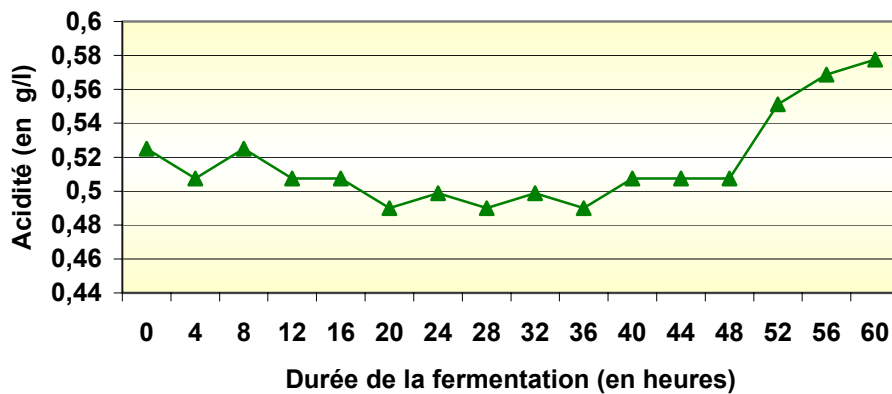


Figure 16 : Evolution de l'acidité lors de la fermentation spontanée

La fermentation s'arrête après 32h environ. C'est à ce moment là en effet que la teneur en sucres réducteurs tend à devenir nulle.

Après une chute rapide de la teneur en sucres réducteurs entre le début de la fermentation et la 4^{ème} heure, nous constatons l'existence d'un palier entre la 4^{ème} et la 8^{ème} heure de fermentation, puis à une reprise très rapide de la chute par la suite. Cette légère interruption pourrait correspondre à un blocage de la fermentation dû à une (des) raison(s) encore inconnue(s).

L'acidité est relativement stable pendant la fermentation, puis augmente assez rapidement dès la fin de celle-ci (36^{ème} heure). Le produit final obtenu dégage d'ailleurs une odeur aigre caractéristique.

b) Fermentation mixte

Les résultats relatifs à la fermentation mixte sont donnés par les figures suivantes :

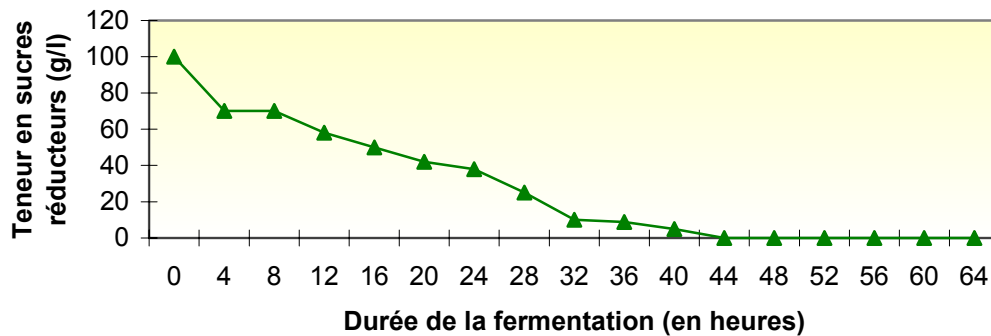


Figure 17 : Evolution de la teneur en sucres réducteurs pour la fermentation mixte

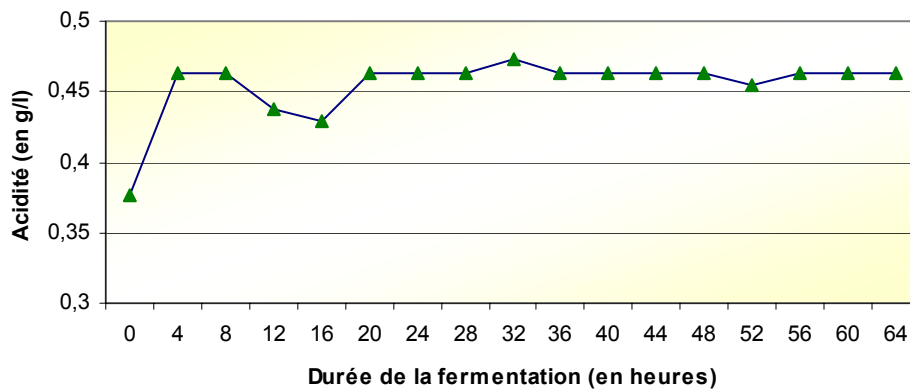


Figure 18 : Evolution de l'acidité lors de la fermentation mixte

Ici, la fermentation dure un peu plus longtemps (44 heures).

Nous notons la présence du même palier entre la 4^{ème} et la 8^{ème} heure. Après ce palier, la pente de la courbe bien qu'importante est moins abrupte que pour la fermentation spontanée.

L'acidité est plus stable. Le produit final ne semble pas altéré comme le précédent à l'issue de la fermentation mais commence à s'altérer après environ une semaine au réfrigérateur.

c) Fermentation pure

Les résultats relatifs à la fermentation pure sont donnés par les figures ci-après :

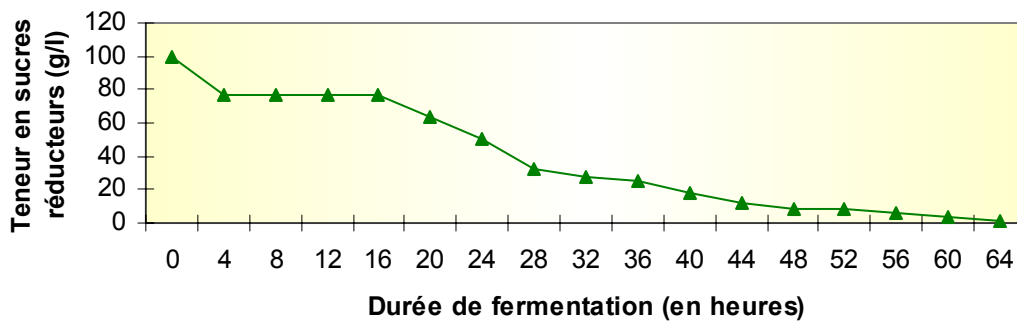


Figure 19 : Evolution de la teneur en sucres réducteurs pour la fermentation pure

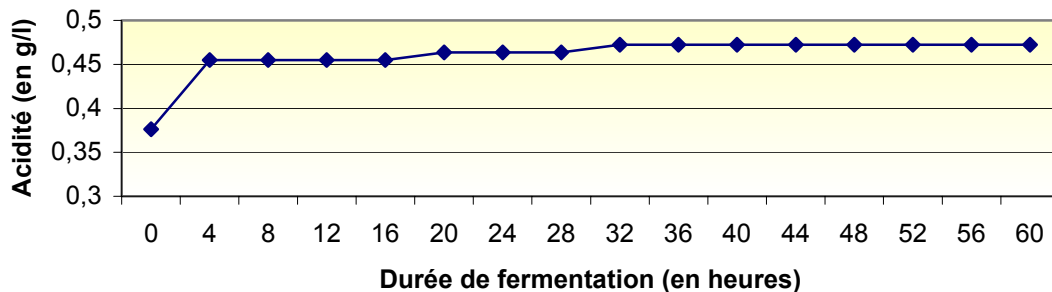


Figure 20 : Evolution de l'acidité lors de la fermentation pure

La durée de la fermentation est beaucoup plus longue (64 heures).

Le blocage déjà remarqué précédemment est nettement plus prolongé (de la 4^{ème} à la 16^{ème} heure). La pente qui suit est encore moins importante que la précédente.

L'acidité est encore plus stable. Le produit ne présente aucun signe d'altération et ce même après une durée de conservation relativement longue (plus d'un mois au réfrigérateur).

d) Choix de la fermentation

Les principales informations que nous pouvons retenir des expérimentations précédentes sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 18. : Résumé des résultats

	Fermentation spontanée	Fermentation mixte	Fermentation pure
Durée de la fermentation (en heures)	32	44	64
Durée de la période de blocage (en heures)	4	4	12
Teneur en sucres réducteurs finales (g/l)	<2	<2	<2
Stabilité du produit (une semaine après la fin de la fermentation)*	--	-	+

* -- : très mauvaise ; - : mauvaise ; + : bonne

Etant donné que le vin ne peut pas être stérilisé, sa conservation prolongée dépend de sa composition (degré alcoolique en particulier) et de la quantité de conservateur qui lui sera ajoutée (en général du SO₂). Cette quantité ne peut toutefois pas dépasser un certain seuil sous peine d'altérer les qualités organoleptiques du produit. Afin de limiter cet apport en conservateur, il est donc nécessaire que le produit issu de la fermentation possède de bonnes aptitudes naturelles à la conservation.

La fermentation pure est la seule à donner un produit qui reste stable au delà d'une semaine sans ajout de conservateur. Cela est probablement dû à la présence pour les 2 autres de microorganismes d'altération.

Pour cette raison, la fermentation pure s'avère être le meilleur choix à faire pour la suite de l'étude. Avant de procéder à une production en plus grande quantité pour l'analyse sensorielle, il est d'abord nécessaire de procéder à une optimisation afin de lever le blocage et de réduire ainsi le temps de fermentation.

III.3. Optimisation

III.3.1. Hypothèses

Lors d'une fermentation, l'apparition d'un tel blocage temporaire est assez courante. Il est généralement dû à une insuffisance d'éléments nutritifs. Ainsi, après un certain temps, la fermentation s'arrête car le substrat ne dispose plus d'assez d'éléments nutritifs. Puis, après un arrêt plus ou moins prolongé, la fermentation reprend. Cette reprise serait due à une lyse partielle des cellules de levures qui libéreraient dans le milieu les éléments nécessaires à la poursuite de la fermentation.

Etant donné que le blocage a été constaté sur les 3 types de fermentations mais qu'il est particulièrement poussé pour la fermentation pure, nous pouvons supposer que les levures naturelles présentes dans la fermentation spontanée et la fermentation mixte sont mieux adaptées au substrat.

Ce blocage peut également être dû à une insuffisance de l'*inoculum*. Ainsi, la période

de blocage constatée correspondrait à une phase de multiplication cellulaire.

III.3.2. Expérimentations

Afin de déterminer la ou les causes de ce blocage et ainsi de pouvoir le lever, nous avons réalisé une nouvelle expérience.

Nous avons ainsi procédé à la mise en fermentation de 2 lots de jus d'ananas.

La préculture utilisée pour les 2 a été modifiée comme suit : au lieu de 0,2g/l, nous avons mis 4,2g/l de levures lyophilisées.

Puis, pour l'un des 2 lots, nous avons ajouté les éléments nutritifs suivants :

- * KH_2PO_4 (5g/l)
- * $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2g/l)
- * $\text{MgSO}_4,7\text{H}_2\text{O}$ (1g/l)

L'autre lot n'a reçu aucun apport nutritif.

Les conditions de l'expérience sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 19. :Conditions d'expérimentations

Ajout d'éléments nutritifs	Augmentation de la dose d'ensemencement	Codification
Oui	Oui	FP
Non	Oui	FP'

Cette opération nous permettra de déterminer lequel des 2 paramètres (dose d'ensemencement ou ajout d'éléments nutritifs) est responsable du blocage.

III.3.3. Résultats et interprétations

Les résultats sont donnés par les figures suivantes :

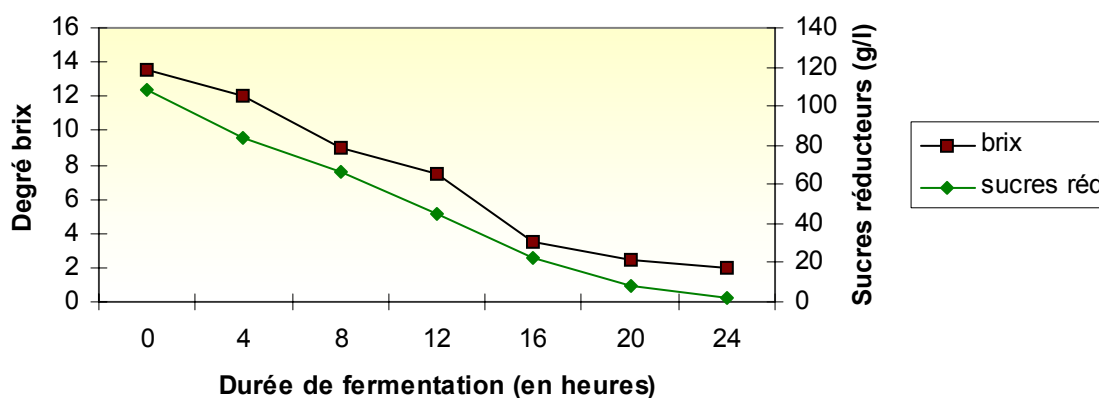


Figure 21 : Evolution du degré Brix et de la teneur en sucres réducteurs pour FP

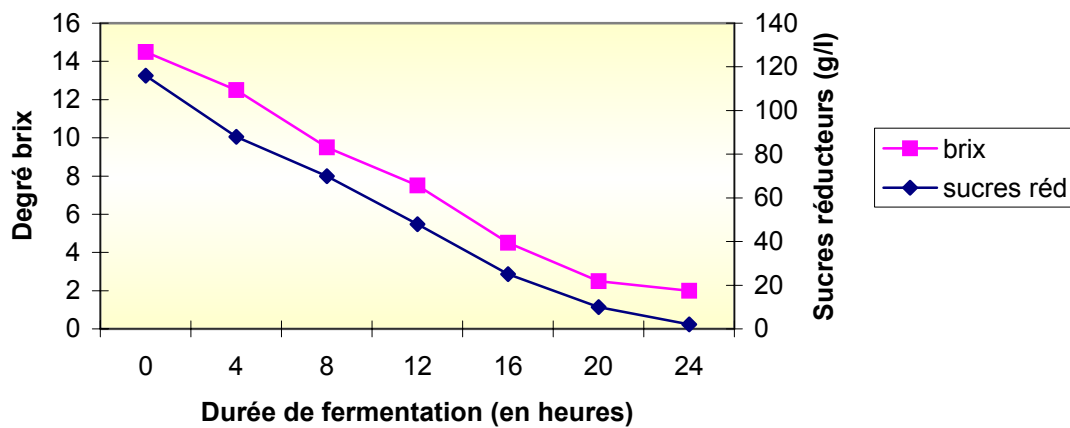


Figure 22 : Evolution du degré Brix et de la teneur en sucres réducteurs pour FP'

Nous constatons que les 2 figures sont quasiment identiques et qu'il n'y a aucun blocage, et que de plus la durée de fermentation a été ramenée à 24h.

Nous pouvons donc en conclure que le facteur limitant responsable du blocage est la dose d'ensemencement.

III.4. Traitements avant conditionnement

Les traitements suivants sont nécessaires afin d'assurer une bonne conservabilité et une bonne présentation du produit.

III.4.1. Sulfitage

L'addition de SO_2 ou anhydride sulfureux permet de diminuer les phénomènes d'oxydation nuisibles à la qualité du produit. Elle permet également d'inhiber la croissance et le développement des bactéries responsables de l'altération du vin. A trop forte dose, le SO_2 peut toutefois altérer la saveur du vin.

Il peut-être additionné sous différentes formes. Nous avons choisi d'utiliser le métabisulfite de potassium. La dose utilisée a été de 10 g/hl de métabisulfite de potassium ce qui correspond à 5 g/hl de SO_2 . La détermination de la dose optimale permettant une bonne conservation du produit sans altération trop importante des qualités organoleptiques nécessite une étude plus approfondie. Il faut remarquer que la limite légale est de 10g/hl de SO_2 .

Le sulfitage doit-être réalisé dès la fin de la fermentation.

III.4.2. Clarification

L'utilisation de produit tel que la gélatine a été envisagée pour clarifier le vin d'ananas par collage. Mais les essais ont tous échoué. Cela serait du à la présence de la bromeline,

une enzyme spécifique de l'ananas, qui inhibe l'action de la gélatine.

Nous avons donc du recourir à la centrifugation pour réaliser la clarification du vin.

Le barème de centrifugation a été établi à 5500 tr/mn soit une force centrifuge de 3860 g pendant 10mn.

III.5. Production à petite échelle

Etant donné que la production expérimentale est trop faible (jusqu'à 2l maximum) et que les besoins en produit pour réaliser les différentes analyses (physico-chimiques et sensorielle) sont assez élevés, il a été nécessaire de procéder à une production en plus grande quantité.

Ceci a également permis de tester à une échelle plus grande le processus de fabrication mise au point lors des essais préliminaires.

III.5.1. Description du matériel

Pour réaliser cette opération, nous avons utilisé un fermenteur d'une capacité maximale de 20l. La cuve de fermentation est en verre et elle peut être fermée hermétiquement.

L'agitation est assurée par des pales actionnées par un moteur électrique. L'agitation peut-être réglée sur « lente » ou sur « rapide » selon les besoins.

La régulation de la température est assurée par un courant d'eau circulant dans un serpentin immergé dans la cuve. Cette eau est amenée à la température requise par une résistance dans une cuve située à proximité. La circulation de l'eau entre la cuve de chauffage et la cuve de fermentation est assurée par une pompe immergée.

III.5.2. Mise en œuvre

III.5.2.1 Processus de fabrication et paramètres adoptés

Voici le processus de fabrication détaillé ainsi que les valeurs des différents paramètres de fabrication qui seront utilisés lors de cette production à petite échelle.

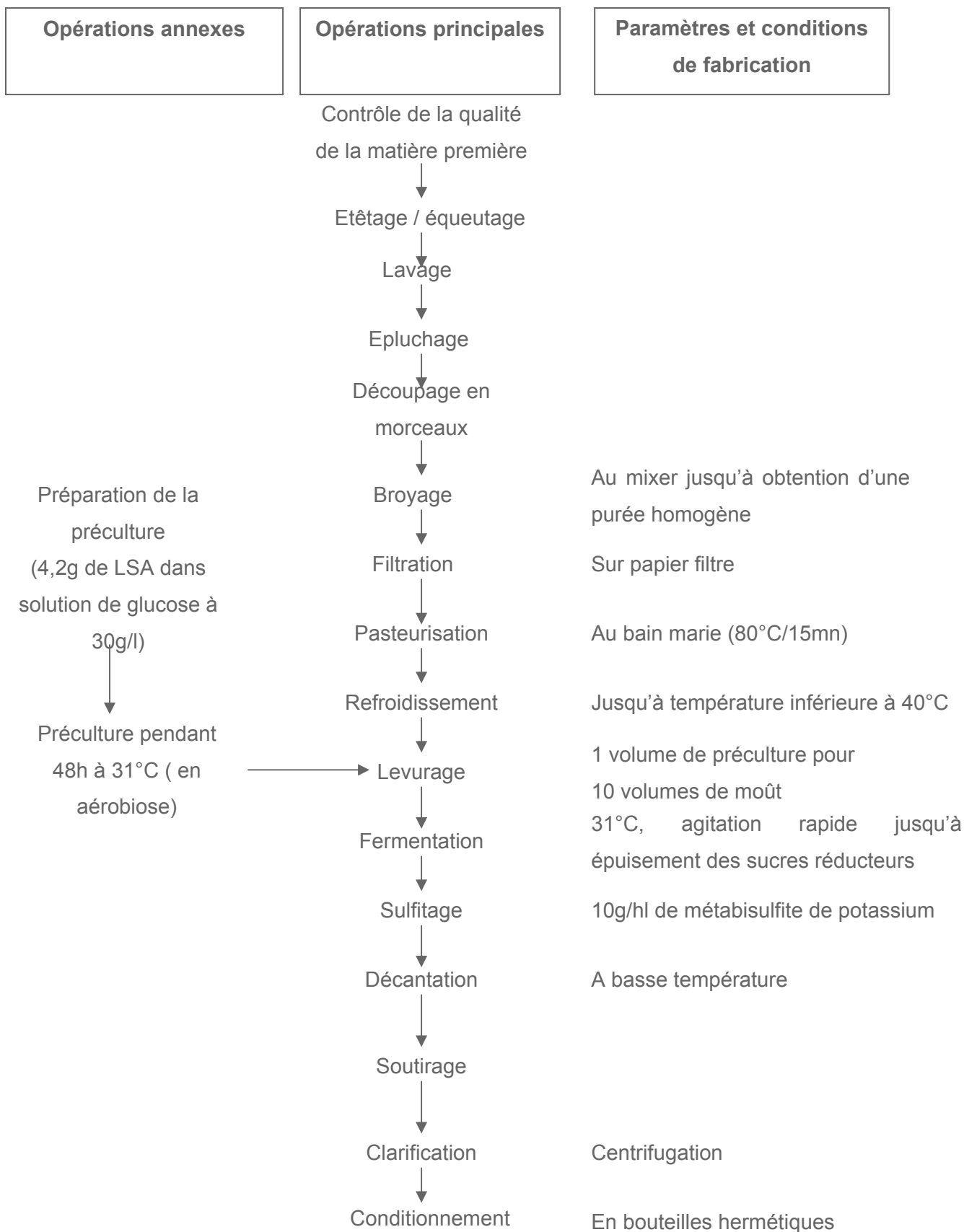


Figure 23 : Procédé de fabrication détaillé

III.5.2.2 Rendement

La figure suivante donne le rendement des opérations préliminaires (étêtage jusqu'à filtration) c'est-à-dire jusqu'à l'obtention du jus à fermenter.

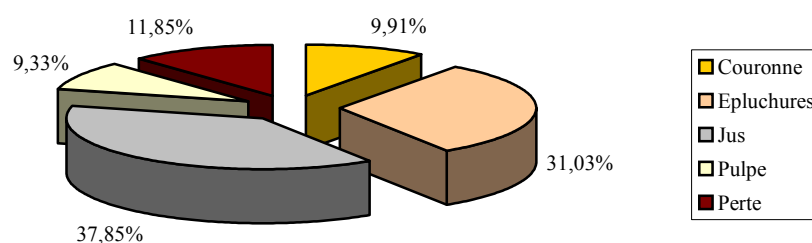


Figure 24 : Rendement de transformation de l'ananas en jus (en poids par rapport à la matière première)

Le tableau suivant donne le rendement en produit fini à partir du jus utilisé.

Tableau 20. : Rendement de transformation du jus

Opérations	Volume du produit après l'opération (l)	Pourcentage par rapport au volume initial (%)
Filtration	10	100
Pasteurisation	10	100
Refroidissement	10	100
Levurage	11	110
Fermentation	11	110
Sulfitage	11	110
Décantation	11	110
Soutirage	10	100
Clarification	9,5	95
Conditionnement	9,5	95

La correspondance suivante peut ainsi être établie :

1kg d'ananas \Rightarrow 0,378kg de jus \Rightarrow 360ml de jus \Rightarrow 342ml de vin

III.6. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle du vin d'ananas aura pour objectif d'évaluer l'appréciation du produit par les consommateurs potentiels.

III.6.1. Mise en œuvre

III.6.1.1 Questionnaire

Le questionnaire utilisé pour cette analyse sensorielle (annexe 18) ne portera que sur

l'évaluation hédonique du vin d'ananas.

III.6.1.2 Jury

Le jury est composé de 15 membres dont 6 entraînés et 9 naïfs.

III.6.1.3 Les échantillons

Ils ont été présentés dans des verres transparents.

III.6.2. Résultats et interprétations

Les résultats de l'évaluation hédonique sont synthétisés par la figure suivante.

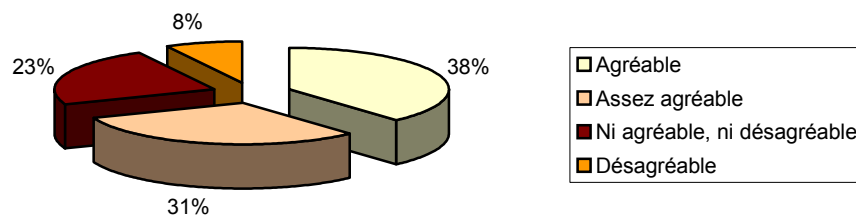


Figure 25 : Evaluation hédonique du vin d'ananas

Ainsi, 69% des personnes interrogées apprécient le vin d'ananas tandis que 23% sont indifférents et 8% le trouvent désagréable.

Chapitre IV : *Liqueurs d'ananas*

IV.1. Généralités

IV.1.1. Définition

IV.1.1.1 Liqueur

Une liqueur est une « boisson alcoolisée (au moins 15°), composée d'une eau-de-vie ou d'un alcool, aromatisée par des substances végétales (au cours d'une macération, d'une distillation, ...) et souvent additionnée de sucre ».

D'après les règlements en vigueur au Canada, une liqueur est le produit obtenu par « le mélange ou la distillation d'alcool dérivé de matières premières alimentaires avec ou sur des fruits, des fleurs, des feuilles ou d'autres substances végétales ou leurs jus, ou avec des extraits obtenus par infusion, percolation ou macération de ces substances végétales ».

IV.1.1.2 Liqueur d'ananas

Une liqueur d'ananas est donc une boisson alcoolisée constituée d'une eau-de-vie ou d'un alcool aromatisé avec tout ou partie de l'ananas (et en particulier du fruit) sous quelque forme que ce soit (entier, morceaux, extraits, arômes, ...) et par un procédé quelconque (extraction à la température ambiante ou à chaud, ...).

IV.1.2. Normes sur les liqueurs

Les normes relatives aux liqueurs varient considérablement selon les pays. Les principales caractéristiques qui sont réglementées par les normes sont : les constituants essentiels, la teneur en édulcorant et le degré alcoolique minimum.

Tableau 21. : Normes sur les liqueurs

Caractéristiques	Normes
Constituants essentiels	Alcool, arômes naturels, édulcorant
Teneur minimale en édulcorant (%)	2,5 (ACIA) à 10 (AFNOR)
Teneur minimale en alcool	15° (AFNOR) à 23°(ACIA)

IV.2. Préparation de liqueurs d'ananas

IV.2.1. Choix du procédé de fabrication

Il existe un certain nombre de procédés permettant la fabrication de liqueurs.

Chacun d'entre eux possède ses avantages et ses inconvénients, lesquels sont

résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 22. : Avantages et inconvénients des différents procédés de fabrication

Procédé	Principe	Avantages	Inconvénients
Extraction à température ambiante (macération)	Extraction à température ambiante par l'alcool des différents constituants (volatils ou non) de la chair d'ananas (en morceaux ou sous forme de jus)	Obtention d'un arôme et d'une couleur naturelle caractéristique Procédé respectueux de la valeur nutritionnelle du fruit Ne nécessite pas forcément un ajout de sucre	Long Coûteux Nécessite une clarification
Extraction à chaud	Extraction à chaud par l'alcool des différents constituants (volatils exclusivement) de la chair d'ananas (en morceaux ou sous forme de jus)	Rapide	Obtention d'un liquide incolore sauf si ajout de colorants Destruction totale de la valeur nutritionnelle Nécessite un ajout de sucre Coûteux
Aromatisation	Ajout d'arôme et de colorants (naturels ou synthétiques) et de sucre à un alcool quelconque	Très rapide Peu coûteux	Qualités organoleptiques faibles Aucune valeur nutritionnelle

En vue de l'obtention de produits de qualité (respect de la valeur nutritionnelle, obtention de qualités organoleptiques caractéristiques, ...), la macération s'est imposée comme étant le procédé à utiliser dans le cadre de cette étude malgré ces quelques inconvénients, et en particulier la longueur du processus de fabrication.

IV.2.2. Paramètres de fabrication

Les principaux paramètres susceptibles d'influer sur la qualité du produit fini ont été identifiés : les durées de macération et de maturation, la nature de l'alcool, la forme de l'ananas, les proportions du mélange alcool/ananas, le mode de stockage, la quantité de sucre ajoutée.

Certains d'entre eux ont été fixés pour l'ensemble des échantillons tandis que d'autres vont être variés afin de déterminer leur influence réelle sur le produit.

IV.2.2.1 Les paramètres à varier

a) La forme de l'ananas

Pour la réalisation d'une macération en vue de l'obtention de liqueur, nous pouvons

utiliser soit des morceaux de fruits de tailles diverses soit de la chair de fruit mixée. La purée ainsi obtenue pouvant être filtré ou non.

L'utilisation de morceaux de fruits pose des problèmes pratiques en particulier au niveau du type de récipients à utiliser. De plus, *a priori*, il semble que la réduction de la chair en purée est plus avantageuse que l'utilisation de morceaux. En effet, la surface de contact entre l'alcool et la chair d'ananas est plus grande et devrait permettre une meilleure extraction. La seule contrainte étant de devoir agiter les récipients régulièrement afin d'assurer une bonne homogénéisation.

Ainsi, vu la quantité d'échantillons qui doivent être fabriqués simultanément, l'utilisation de chair mixée a été préférée à l'utilisation de morceaux d'ananas.

La chair mixée étant composée de jus et de pulpe et afin de déterminer l'influence de ces 2 éléments sur les qualités organoleptiques des liqueurs, nous avons utilisé du jus avec pulpe et du jus sans pulpe obtenu par filtration.

b) La nature de l'alcool

Les alcools utilisés dans la fabrication de liqueurs doivent avoir un degré alcoolique suffisant afin que le produit final soit à 15° au minimum. Ils doivent de plus avoir des qualités organoleptiques susceptibles de se marier harmonieusement avec le fruit utilisé.

Les plus utilisés sont le rhum et la vodka. Ces deux types d'alcools, en plus d'avoir les qualités indispensables sus-cités, sont en effet relativement peu coûteux.

c) Le mode de stockage

La plupart des auteurs conseillent de conserver les liqueurs à l'abri de la lumière que ce soit pendant la phase de macération ou celle de maturation. Et cela afin d'éviter les phénomènes d'oxydation qui pourraient entraîner un brunissement et même une altération de l'arôme et de la saveur.

Afin de déterminer l'influence réelle de ce paramètre, une partie des échantillons sera conservée à la lumière tandis que l'autre partie sera conservée à l'abri de la lumière soit dans des bouteilles opaques soit dans des abris appropriés.

d) Addition de sucre

Le caractère sucré est indissociable d'une liqueur. Le sucre peut provenir soit de la matière première utilisée soit d'une addition de sucre.

Cette addition peut se faire à tout moment si elle s'avère nécessaire.

Afin d'éviter la multiplication des échantillons, la variation du paramètre « sucre » sera faite après la réalisation d'une analyse sensorielle préliminaire destinée à analyser l'influence des autres paramètres et à sélectionner les 2 meilleurs produits.

Les différentes variantes envisagées seront déterminées à l'issue de cette analyse (en fonction de l'avis du jury) et ne seront appliquées qu'aux deux produits ainsi sélectionnés.

IV.2.2.2 Les paramètres constants

a) La durée de la macération

La qualité de l'extraction par l'alcool des différents constituants de l'ananas dépend en grande partie de la durée de l'opération de macération.

Celle-ci peut-être très variable (entre 1 semaine et 3 mois) selon les auteurs.

Nous avons décidé de la fixer à 2 semaines pour tous les échantillons. Une étude ultérieure plus poussée sur ce point pourra permettre d'évaluer l'influence réelle de ce paramètre sur le produit fini et ainsi de déterminer la durée optimale.

b) La durée de la maturation

Une fois l'opération d'extraction terminée, la liqueur est laissée au repos pendant une période assez longue (de 2 semaines à 6 mois) afin d'affiner les qualités organoleptiques, et en particulier l'arôme et la saveur.

De même que pour la durée de la macération, la durée de la maturation a été fixée pour l'ensemble des échantillons. Nous avons choisi de la fixer à 4 semaines.

c) Les proportions du mélange alcool/jus

De ce paramètre dépendent l'intensité des qualités organoleptiques finales du produit ainsi que son degré alcoolique.

Etant donné que le produit final recherché devrait avoir un degré alcoolique final voisin de 20°GL et que les alcools choisis pour le fabriquer ont un degré alcoolique d'environ 40°GL, nous avons décidé de fixer les proportions du mélange comme suit : 0,5 volume d'alcool pour 0,5 volume de jus (avec ou sans pulpe).

IV.2.3. Processus de fabrication

Le processus de fabrication qui a été suivi pour la fabrication des différents échantillons de liqueurs d'ananas est donné par la figure suivante. Certains paramètres ont déjà été définis précédemment tandis que d'autres ne le seront qu'à l'issue de l'analyse sensorielle préliminaire.

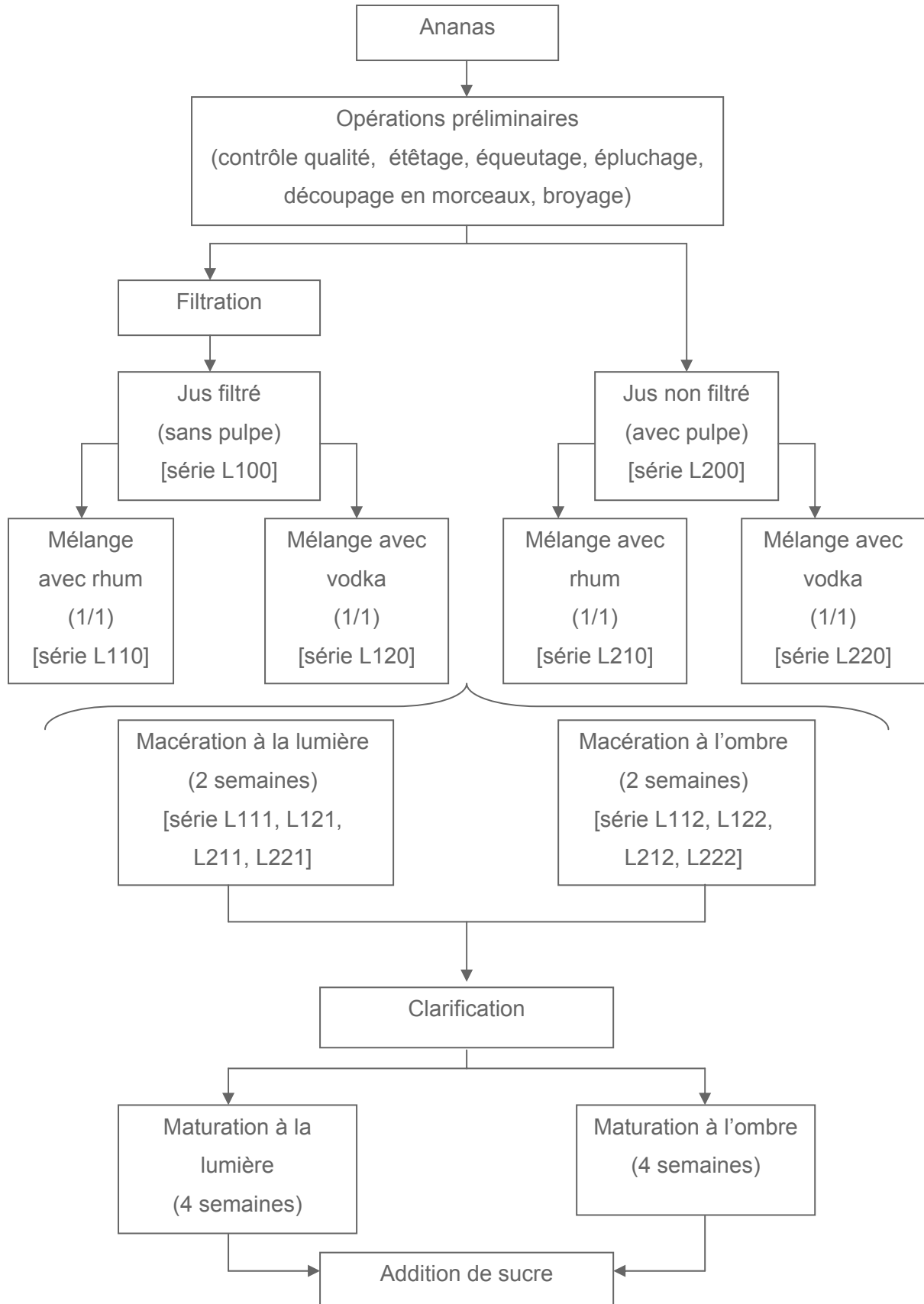


Figure 26 : Processus de fabrication des liqueurs d'ananas

IV.3. Clarification

La clarification est une étape essentielle de la fabrication de liqueurs. En effet, par définition, les liqueurs sont des produits limpides et clairs.

De même que pour le vin, elle est réalisée par centrifugation à une vitesse de 5500 tours/mn ce qui correspond pour la centrifugeuse employée à une accélération de 3860g et cela pendant 10mn.

IV.4. Maturation

Après l'opération de clarification, les échantillons sont laissés au repos pendant une période minimale de 4 semaines. C'est l'opération de maturation.

Elle a pour but d'améliorer les qualités organoleptiques du produit.

Au fur et à mesure de l'évolution de cette opération, nous constatons des modifications sensibles de la couleur qui tend à brunir, de l'arôme qui se développe, de la saveur qui s'adoucit.

IV.5. Analyse sensorielle préliminaire

Cette analyse a pour objectifs :

- ✱ d'évaluer l'influence des paramètres suivants : la forme de l'ananas, la nature de l'alcool et le mode de stockage, sur les qualités organoleptiques du produit
- ✱ de sélectionner les 2 meilleurs produits en vue de l'analyse sensorielle finale

IV.5.1. Mise en oeuvre

IV.5.1.1 Le questionnaire

Le questionnaire utilisé pour cette analyse (annexe 18) est basé sur l'utilisation de tests triangulaires.

Nous avons comparé des échantillons ayant suivi exactement le même processus de fabrication sauf pour un des paramètres considéré. Si aucune différence n'est constaté entre ces échantillons ont peu conclure que ce paramètre a une influence négligeable et que les échantillons qui ne diffèrent que par ce paramètre peuvent être considéré comme identique. Par contre, si une différence est notée, le jury est prié de définir la nature et l'importance de cette différence suivant une série de propositions.

Etant donné que 3 paramètres sont étudiés, chaque individu a répondu à 3 tests triangulaires différents.

Le premier test vise à déterminer l'existence ou non d'une différence notable entre l'utilisation de jus avec pulpe et de jus sans pulpe. Le deuxième test porte sur le paramètre

« mode de stockage » tandis que le troisième test porte sur le paramètre « nature de l'alcool ».

IV.5.1.2 Le jury

Le jury est composé de 15 membres entraînés.

IV.5.1.3 Les échantillons

Les échantillons ont été codifiés au hasard et présentés dans des verres transparents.

IV.5.2. Résultats et interprétations

La figure suivante donne le nombre de bonnes et de mauvaises réponses pour chacun des tests triangulaires.

Les tests pour lesquels le nombre de bonnes réponses est supérieur au nombre de mauvaises réponses seront considérés comme positifs.

Un test positif signifie que le paramètre considéré a une influence non négligeable sur les qualités organoleptiques du produit.

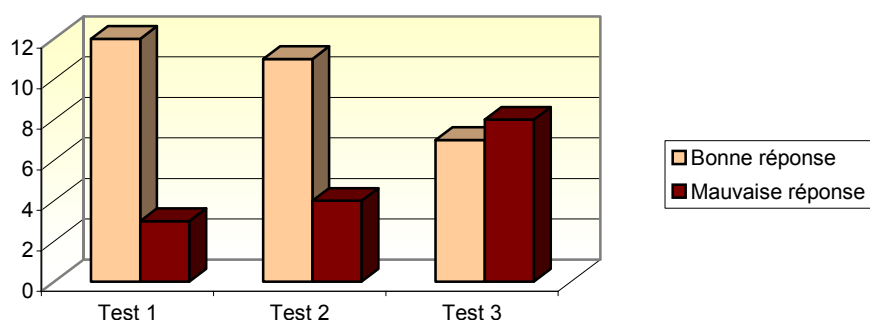


Figure 27 : Nombre de bonnes et de mauvaises réponses pour chaque test

Nous pouvons déduire à partir de cette figure que les tests 1 et 2 sont positifs et que le test 3 est négatif.

Les paramètres « forme de l'ananas » et « mode stockage » ont donc une influence non négligeable.

Nous allons maintenant montrer sur quels aspects du produit intervient chacun de ces paramètres.

IV.5.2.1 Influence du paramètre « forme de l'ananas »

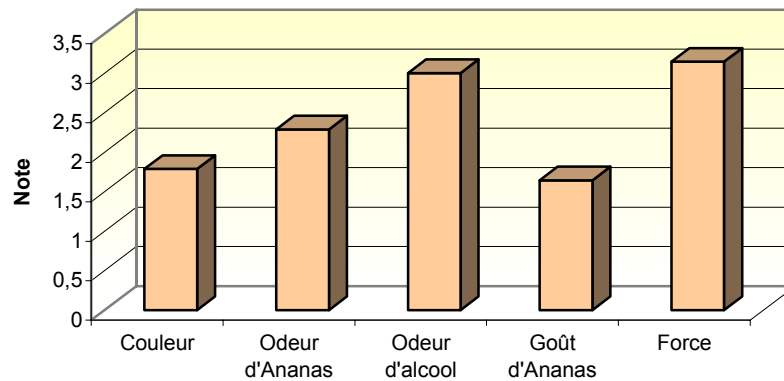


Figure 28: Caractéristiques les plus influencées par le paramètre « forme de l'ananas »

Nous constatons que les caractéristiques du produit fini les plus influencées sont :

- * Le degré alcoolique
- * Et l'odeur d'alcool

Cela s'explique par le fait que les proportions du mélange sont les mêmes que ce soit pour le jus avec pulpe ou pour le jus sans pulpe. Ainsi, le mélange « alcool + jus avec pulpe » a un degré alcoolique plus élevé étant donné que le degré de dilution de l'alcool est plus faible car la pulpe ne dilue pas l'alcool et sera éliminée par clarification.

Il faut également remarquer qu'un goût de cuit a été observé par certains membres du jury avec les échantillons de la série 212.

IV.5.2.2 Influence du paramètre « mode de stockage »

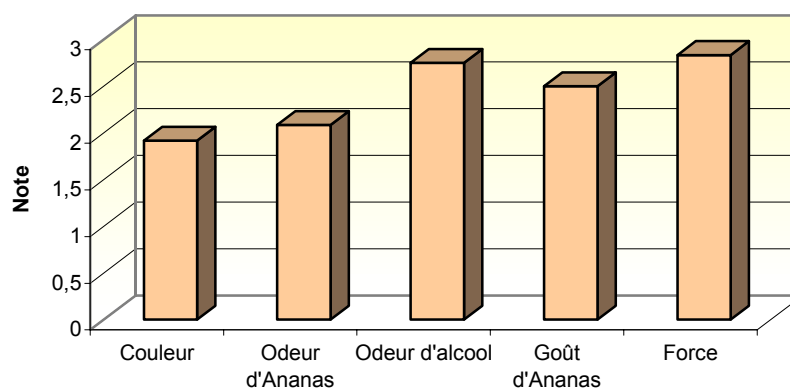


Figure 29 : Caractéristiques les plus influencées par le paramètre « mode de stockage »

Comme précédemment, ce sont les paramètres odeur d'alcool et degré alcoolique qui sont les plus influencés par le paramètre considéré.

Il est possible que cela soit dû aux phénomènes d'oxydation qui seraient à l'origine

de la formation de substances qui masqueraient ou au contraire amplifieraient la perception olfactive et gustative de l'alcool.

IV.5.3. Sélection des produits destinés à l'analyse sensorielle finale

Pour sélectionner les deux échantillons destinés à l'analyse sensorielle finale, nous avons procédé par élimination.

Ainsi, les échantillons élaborés à partir de jus sans pulpe (série L100) ont été écartés car bien qu'étant, par définition, des liqueurs à part entière, leur mode de fabrication se rapproche plus du simple coupage que de la macération. Nous ne retiendrons donc que les échantillons de la série L200.

Étant donné que le paramètre nature de l'alcool n'a pas d'influence significative, les échantillons qui ne diffèrent que par ce paramètre peuvent être considérés comme identiques (L211=L221 ; L212=L222).

Nous avons donc choisi les échantillons des séries L211 et L212 pour l'analyse sensorielle finale.

IV.6. Addition de sucre

Comme il a été mentionné précédemment, la saveur sucrée est une caractéristique primordiale des liqueurs.

Les appréciations du jury par rapport à la douceur des échantillons de liqueurs sont partagées. Certains pensent que la quantité de sucre naturellement présente est suffisante tandis que d'autres conseillent d'augmenter cette teneur en sucre.

Devant cette situation, nous avons décidé de proposer deux variantes de chacun des échantillons sélectionnés plus haut.

La première variante sera constituée d'échantillons auxquels nous n'avons pas ajouté de sucre. Nous les noterons L211a et L212a.

La deuxième variante comprendra les échantillons auxquels nous avons ajouté 50g/l de sucre. Nous les noterons L211b et L212b.

IV.7. Rendement de fabrication

Le rendement des opérations préliminaires est le même que pour le vin d'ananas. (cf. paragraphe III.5.2.2.)

Lors de la filtration réalisée pour les séries L211, L212, L221, L222, nous enregistrons une perte d'environ 30% en volume.

Tableau 23. : Rendement par rapport au mélange jus + alcool

Opérations	Séries L111, L121, L112, L122		Séries L211, L212, L221, L222	
	Volume du produit après l'opération (l)	Rendement (%)	Volume du produit après l'opération (l)	Rendement (%)
Mélange jus + alcool	20	100	14	100
Macération	20	100	14	100
Clarification	17	85	13,5	96,5
Maturation	17	85	13,5	96,5
Addition de sucre	17	85	13,5	96,5

Nous pouvons établir les correspondances suivantes :

* Pour les séries L111, L121, L112, L122 :

1kg d'ananas \Rightarrow 0,378kg de jus \Rightarrow 360ml de jus \Rightarrow 612ml de liqueur

* Pour les séries L211, L212, L221, L222 :

1kg d'ananas \Rightarrow 0,378kg de jus \Rightarrow 360ml de jus \Rightarrow 486ml de liqueur

IV.8. Analyse sensorielle finale

Cette analyse sensorielle a pour objectifs :

- * de décrire les différentes caractéristiques sensorielles des échantillons présentés et d'évaluer l'influence du paramètre « addition de sucre » sur celles-ci
- * d'évaluer l'appréciation du jury pour chaque échantillon et leur préférence entre les échantillons avec et sans addition de sucre

IV.8.1. Mise en œuvre

IV.8.1.1 Questionnaire

Le questionnaire employé est donné en annexes. Il sera constitué d'une analyse descriptive suivi d'une analyse hédonique.

IV.8.1.2 Jury

Le jury est composé de 15 sujets entraînés.

IV.8.1.3 Les échantillons

Ils sont présentés de manière aléatoire à chaque membre du jury dans des verres en plastiques. Chacun des échantillons a été codifié de manière aléatoire avec un nombre à 3 chiffres.

IV.8.2. Résultats et interprétations

IV.8.2.1 Analyse descriptive

Elle portera sur l'aspect, l'odeur et la saveur des produits.

a) Aspect

L'appréciation du jury vis-à-vis de l'aspect du produit et en particulier des caractères « couleur » et « reflet » est donnée sur la figure suivante.

Notons que le caractère « couleur » a été représenté sur une échelle graduée de 0 à 5 avec à l'extrémité inférieure la limite « jaune pâle » et à l'extrémité supérieure la limite « jaune brun ». Il en va de même pour le caractère « reflet » avec pour limite inférieure et supérieure, respectivement « mat » et « brillant ».

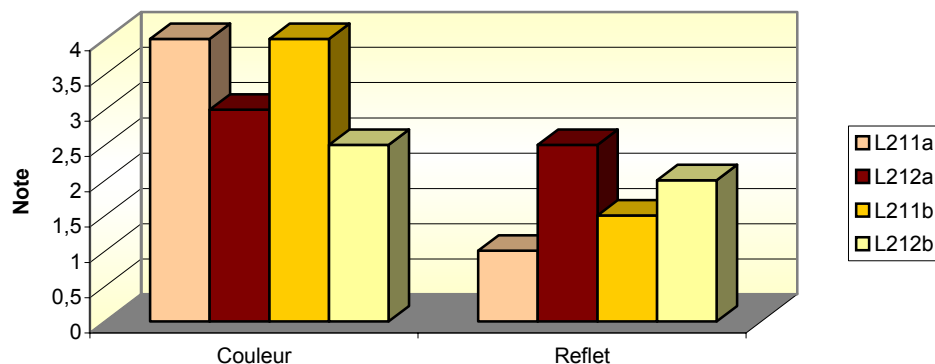


Figure 30 : Evaluation des caractères couleur et reflet

Les échantillons L211 ont une couleur plus sombre que les échantillons L212. Cela est probablement dû aux phénomènes d'oxydations subis par L211 lors de la macération et lors de la maturation.

Les échantillons L212 sont par contre un peu plus brillant.

b) Odeur

Les différents constituants de l'arôme qui ont fait l'objet d'une évaluation par le jury sont les caractères « odeur piquante » et « odeur d'alcool ». Ces deux caractères ont été représenté sur une échelle graduée de 0 à 5 avec pour limite inférieure et supérieure,

respectivement, « imperceptible » et « très forte ».

Les appréciations du jury relatives à ces caractères sont données par la figure suivante.

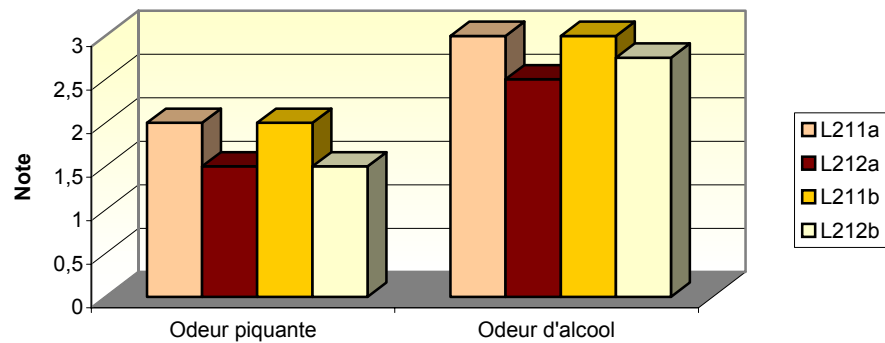


Figure 31 : Evaluation des caractères odeur piquante et odeur d'alcool

La perception de ces 2 paramètres est sensiblement la même pour tous les échantillons. Nous pouvons remarquer en particulier que l'ajout de sucre ne semble pas avoir une influence significative sur la perception olfactive de l'alcool.

c) Saveur

Les caractères suivants : goût d'ananas, force (degré alcoolique), amertume, sucrés et acidité ont été notés par le jury sur une échelle de 0 à 5.

Les résultats sont consignés sur la figure suivante.

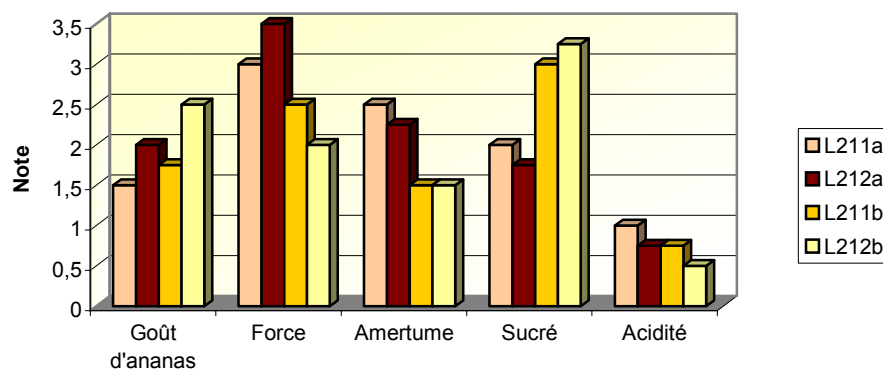


Figure 32 : Evaluation des caractères goût d'ananas, force, amertume, sucré, acidité

Les échantillons L211a et L212a sont considérés comme plus alcoolisés que L211b et L212b par le jury. Or L211a et L212a ont respectivement le même degré alcoolique que L211b et L212b. Ceci s'explique sans doute parce que le sucre ajouté à ces derniers atténue la perception gustative de l'alcool.

La perception du goût d'ananas est moyenne pour tous les échantillons. L'acidité est faible.

IV.8.2.2 Analyse hédonique

Elle a été réalisée après l'analyse descriptive. Chaque membre du jury a ainsi donné son appréciation concernant chacun des produits.

Les résultats relatifs à cette analyse hédonique sont synthétisés par la figure suivante.

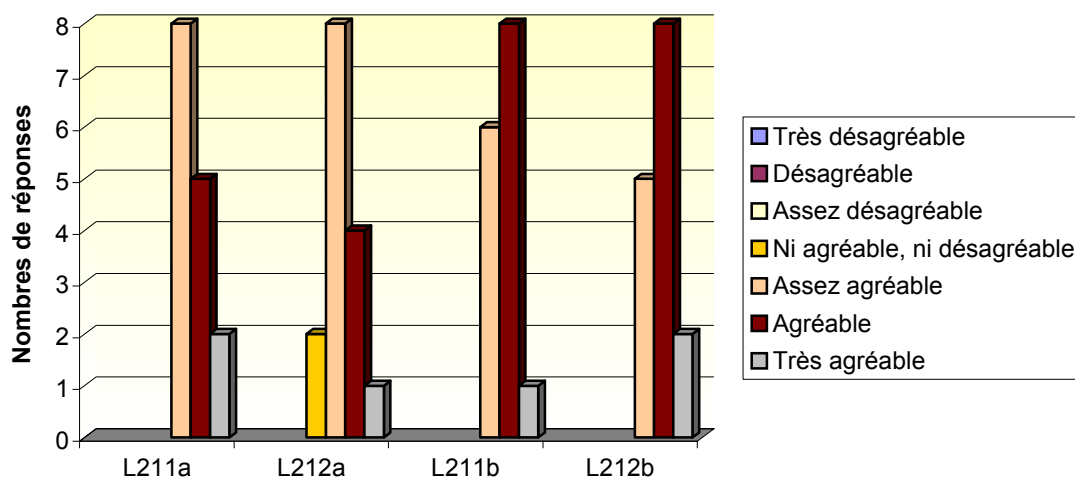


Figure 33 : Evaluation hédonique des échantillons de liqueurs d'ananas

Tous les échantillons sont appréciés par le jury. Ceux ayant fait l'objet d'une addition de sucre (L211b et L212b) sont préférés aux autres échantillons.

Conclusion partielle

La mise au point d'un processus de fabrication est complexe. De nombreux facteurs, parfois contradictoires, sont à prendre en compte. L'étude technique, relative au vin d'ananas et aux liqueurs d'ananas, qui vient d'être réalisée a permis de mettre en évidence les points suivants :

- ✱ Pour le vin d'ananas, le procédé retenu est celui utilisant la fermentation pure utilisant *Saccharomyces cerevisiae*. Ce choix est dû au fait qu'elle permet un meilleur contrôle de tous les paramètres. Les problèmes de blocage ont été levés grâce à une augmentation de l'*inoculum* initial. Le rendement obtenu est de 342ml de vin par kg d'ananas frais. 60% des consommateurs potentiels interrogés trouvent que le produit obtenu est agréable.
- ✱ Pour les liqueurs, les caractéristiques organoleptiques des produits finis ne semblent pas être influencées par le type d'alcool employé. Le rendement varie selon le processus de fabrication choisi. Pour les séries L100, nous obtenons 612 ml de liqueur par kg d'ananas transformé contre 486 ml pour les séries L200.

Un certain nombre de points méritent d'être approfondis par des études ultérieures. Nous pouvons citer entre autres : la stabilité des produits (qui est limitée à environ un mois pour le vin avec la dose de SO₂ employée), les conditions de fermentation (température, acidité, ...) qui peuvent être optimisées, les durées de macération et de maturation, ...

Troisième Partie

Etude économique

Chapitre V : *La Qualité dans une Industrie Agroalimentaire*

V.1. Définitions

V.1.1. La Qualité

La qualité est définie comme « l'ensemble des caractéristiques d'une entité (produit, activité, processus, organisme ou personne) qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites » (norme ISO 8402).

Bien qu'il ne soit pas cité dans cette définition, c'est le client qui apprécie en dernier ressort la qualité d'un produit ou d'un service. C'est donc en fonction de ses besoins explicites ou implicites que l'on doit concevoir le produit ou le service qui lui est destiné.

Quand on parle plus particulièrement de produits alimentaires, on peut distinguer 3 aspects de la qualité :

- ✱ La qualité hygiénique : assurant la sécurité et la salubrité du produit
- ✱ La qualité organoleptique : faisant partie des exigences explicites de la part du consommateur
- ✱ La qualité commerciale : qui regroupe la présentation et la forme du produit, son prix, sa disponibilité, ...

V.1.2. Les Normes

V.1.2.1 Définitions

Il existe de nombreuses définitions des normes dont voici quelques unes :

- ✱ Règle fixant les conditions de réalisation d'une opération, de l'exécution d'un objet ou de l'élaboration d'un produit dont on veut unifier l'emploi ou assurer l'interchangeabilité.
- ✱ Documents établis suivant les procédures et par les organismes définis par les lois et décrets sur la normalisation, où se trouvent condensées des prescriptions techniques de toute nature relatives à un produit ou à une activité déterminés.
- ✱ Document consensuel visant à unifier et à harmoniser en vue de résoudre les problèmes répétitifs découlant des transactions

V.1.2.2 Les différents types de normes

On distingue :

- ✱ Normes « produits » : ce sont des normes visant à définir de la façon la plus complète et la plus univoque possible la nature et les caractéristiques du produit

- * Normes de métrologie : définissant les procédures pour obtenir des résultats fiables à partir de l'analyse ou de la mesure d'une caractéristique
- * Normes de système qualité : conduisant à la formalisation d'un certain nombre de procédures et exigences touchant le système de qualité de l'entreprise

V.1.2.3 Les différents organismes de normalisation

Au niveau international, il y a l'ISO ou International Standard Organization.

Au niveau régional, on peut citer la CEN ou Commission Européenne de Normalisation.

Au niveau national, on a : AFNOR (Association Française de Normalisation), DIN (Deutsch Industry Norm), BNM (Bureau des Normes de Madagascar), MBS (Mauritius Bureau Standard), SABS (South Africa Bureau of Standard), ...

V.1.3. Le système HACCP

V.1.3.1 Définition

HACCP ou *Hazard Analysis for Critical Control Points* ou Analyse des Dangers, Maîtrise des Points Critiques est un système qui identifie les dangers spécifiques potentiels et les mesures préventives correspondantes en certains points considérés comme critiques.

C'est un système permettant une maîtrise optimale des dangers pouvant nuire à la qualité des aliments.

V.1.3.2 Principes

Le système HACCP est basé sur 7 principes :

- * Analyse des dangers pour chaque étape ou procédure,
- * Détermination des points où la maîtrise des dangers est indispensable (détermination des points critiques ou CCP),
- * Etablissement des limites critiques indiquant les valeurs admises,
- * Système de surveillance pour surveiller ces limites,
- * Les mesures correctives lors des pertes de maîtrise à un CCP,
- * Les procédures de vérification,
- * Le système documentaire pour l'enregistrement de tous les flux de données.

V.1.4. Le principe de la marche en avant

L'application du principe de la « marche en avant » est indispensable dans une industrie agroalimentaire digne de ce nom. Sa mise en place permet d'éviter que des produits se trouvant à des étapes différentes de leur processus de fabrication, et donc à des

niveaux de contamination différents, n'interfèrent entre eux. L'objectif est d'éviter les contaminations croisées ou « cross-contamination », c'est à dire contamination d'un produit donné par un produit plus souillé.

V.2. Les enjeux de la qualité dans une industrie agroalimentaire [31]

L'instauration d'un système de gestion de la qualité n'est plus un luxe. Bien au contraire, face à une mondialisation galopante et à une concurrence de plus en plus accrue, la maîtrise de la qualité est une nécessité et cela pour plusieurs raisons.

V.2.1. La diminution des coûts

La recherche de la compétitivité a amené et amène encore de nombreuses entreprises à négliger la maîtrise de la qualité. Or, au contraire, toute amélioration de la qualité, que ce soit au niveau du produit, au niveau du process, au niveau de la distribution, ou autre, est susceptible de permettre des économies parfois spectaculaires.

En effet, par exemple, l'amélioration de la qualité du process permet une meilleure utilisation des ressources, diminue ainsi le gaspillage, et évite donc des dépenses inutiles.

Contrairement aux idées reçues, la qualité est bel et bien un outil pour améliorer la compétitivité de l'entreprise.

V.2.2. La fidélisation de la clientèle

Un client satisfait deviendra probablement un client fidèle alors qu'un client non-satisfait, non seulement ne reviendra plus mais en plus véhiculera une mauvaise image du produit. Or, pour satisfaire un client, il faut mettre à sa disposition un produit qui répond à ses attentes, avec un prix et des délais de livraisons raisonnables. La qualité de ce produit doit de plus rester constante. Tout cela nécessite une bonne maîtrise de la qualité.

La qualité est donc également un outil indispensable pour se constituer une clientèle et la garder.

V.2.3. L'accès au marché extérieur

Les marchés les plus convoités, tels le marché européen ou le marché américain, sont soumis à des normes de qualité strictes. De plus, les consommateurs de ces marchés sont beaucoup plus exigeants que les consommateurs des pays en voie de développement.

Il est donc impératif que les produits que l'on envisage d'envoyer vers ces marchés soient conformes aux normes requises et capables de satisfaire les exigences des consommateurs. Et cela ne peut se faire sans la maîtrise de la qualité.

La qualité est un passeport indispensable pour conquérir les marchés extérieurs.

Chapitre VI : *Etude de la filière*

VI.1. Contexte

VI.1.1. Contexte général de l'industrie agroalimentaire

Le secteur agroalimentaire constitue avec le tourisme, l'artisanat et le textile, le secteur d'intervention prioritaire de l'Etat malgache au niveau de l'appui au secteur privé. En effet, au mois de novembre 1993, le ministère de la promotion industrielle a élaboré un document intitulé : « Politique et stratégie et ses principaux objectifs et stratégies ». Ce document vise principalement l'accroissement de la valeur ajoutée du secteur secondaire en proportion des produits intérieurs bruts (PIB). Cet accroissement concerne différents volets tels que le développement du tissu industriel, l'expansion des investissements, le développement régional. Et depuis, beaucoup d'investisseurs ont été très sollicités pour participer au développement de l'industrie.

Jusqu'à ce jour, cette stratégie est appuyée, avec l'encouragement de nombreux investisseurs et opérateurs économiques. De surcroît, des arguments politico-économiques et régionaux ont contribué à l'élargissement du parc agro-industriel. Ainsi, en matière de chiffre d'affaires, ce dernier se trouve en première position suivie de l'agroalimentaire proprement dit.

En 1992, l'Etat a fait ressortir un total de 3670 unités agroalimentaires et ce chiffre est passé à plus de 4500 actuellement. Ces entreprises constituaient, en 1996, 14,6 % des agro-industries, qui recensaient 6857 unités en activité.

Il y a cependant une forte disproportion géographique au niveau de l'implantation des entreprises, le « faritany » d'Antananarivo, hébergeant à lui seul 68 % des unités formelles.

VI.1.2. Position occupée par l'industrie des fruits

Les industries de transformation de fruits participent activement à la mise en valeur des ressources locales et au développement régional. Sans elles, le potentiel de production régionale serait sous-exploité.

Malgré leur contribution, ces unités sont souvent soumises à des contraintes telles que l'insuffisance de la production agricole d'où une diminution de leur capacité de production. Il y a également la précarité de l'exploitation qui constitue un frein à l'intensification de la production. Mais un des obstacles les plus importants est le faible pouvoir d'achat des Malgaches, peu habitués d'une part à la consommation de produits transformés, et préférant d'autre part les produits frais.

Les étrangers et les Malgaches aisés constituent alors la majeure partie des consommateurs de fruits transformés, surtout des confitures, gelées, fruits au sirop, jus de fruits. Le pays aurait importé, en 1997, 520.000 kg de conserves de fruits et légumes.

Les importations de fruits et légumes transformés, en provenance de France sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 24.: Importations de produits à base de fruits et de légumes de France [32]

Produits	Quantité en tonnes	Valeur (en milliers de fmg)
Conserves de légumes	228	1.700.000
Conserves de fruits	5	336.000
Confitures	14	144.000
Jus de fruits	64	51.000

La performance des activités de la filière et les données dictées par INSTAT nous montrent que la demande est fortement présente mais que l'offre nationale accuse un déficit. Depuis quelques années, on constate une régression dans le secteur agroalimentaire, l'industrie de transformation des fruits et légumes étant plus ou moins touchée par ce phénomène.

VI.2. Etude de marché

L'étude de marché qui suit concerne les produits suivants : confiture d'ananas, chutney d'ananas, jus d'ananas, sirop d'ananas, ananas au sirop, vin d'ananas, liqueur d'ananas, confits d'ananas, pâtes d'ananas, ananas séchés.

VI.2.1. Structure et caractéristiques du marché

Le marché des fruits transformés est encore très faible à Madagascar.

La plupart de la production est écoulee sur le marché intérieur et pourtant, les responsables de certains points de vente dénoncent une rupture de stocks et une insuffisance de l'approvisionnement. En d'autres termes, la demande est largement supérieure à l'offre des industries locales. Ce qui contraint donc les distributeurs à recourir à l'importation.

Les principaux concurrents pour chacun des produits sont présentés sur le tableau suivant :

Tableau 25.: Liste des concurrents

Produits	Concurrents	Type de conditionnement	Prix (Fmg)	Lieu de vente
Confiture d'ananas	CODAL	Boîte métallique de 500g	12.500-14.000	Grandes surfaces, épiceries, à l'usine
		Coupelle de 100g	5.000	
	GAM	Bocal en verre de 430g	12.500	
	Importation	Bocal en plastique de 300g	10.500	
		Boite métallique de 400g	17.000	
Production artisanale	Bocal en verre de 375g	11.000		
Chutney d'ananas	CODAL	Bocal en verre de 200g	10.800	Grandes surfaces, épiceries
	Importation	Bouteille en plastique de 750ml	14.000	
Jus d'ananas	TIKO	Brick de 200 ml	1 900-2 100	Grandes surfaces, épiceries, stations-Services
		Brick de 1L	7 500-8 000	
	CODAL	Canette de 210ml	4 800-5 100	Grandes surfaces
	Production artisanale	Bouteille en plastique de 250ml	2 500-3 500	Epiceries
	Importation	Brick de 1L	10.000-15.000	Grandes surfaces
Sirop d'ananas	SODEAM	Bouteille en plastique de 1L	9.750	Grandes surfaces et épiceries
		Bouteille en verre de 1L	14.500	
	STAR	Bouteille en verre, 1L	11.500	Grandes surfaces
	Importation	Bouteille en plastique, 1L	7.500	
Ananas au sirop	CODAL	Boîte métallique de 500 g	25.500	Grandes hôtels, pâtisseries
	Importation	Boîte métallique de 420g	13.900	Grande surface
Vin d'ananas	Clos Malaza	Bouteilles en verre de 70cl	20 000	Grande surface, Magasin spécialisé, restaurant.
Liqueur d'ananas	Clos Malaza	Bouteilles en verre de 70cl	37.500	Grands hôtels et restaurants, grande surface, magasins spécialisés
	Importation	Bouteilles en verre de 75cl	99.900	
Ananas confits	Arche de Noé	Marqueteries sous forme de cadeaux	-	Grandes hôtels et restaurants Salons, vente expositions, manifestations
	SOREDIM	Barquette en plastique de 125g	12.500	Grandes surfaces
	Importation	Barquette en plastique de 100g	14.900	
Pâtes d'ananas	GAM	Sachet polyéthylène : <ul style="list-style-type: none"> • 200g • 150g 	9 000-10.000 5000-8 000	Grandes surfaces, A l'usine

	Arche de Noé	Marqueteries sous forme de cadeaux	-	Maurice
Ananas Séchés	Arche de Noé	Film plastique polypropylène	-	Points de vente de la ville, La Landaise
		Barquette en bois	-	
	Importation	Barquette en bois	-	Grandes Surfaces, distributeurs : RAVI, SOREDIM

VI.2.2. Marché à conquérir – Politique marketing

La commercialisation de produits transformés et la fidélisation de la clientèle exigent une stratégie bien définie tout au long de la chaîne (de la production à la vente). Ceci dépend de nombreux facteurs, entre autres les habitudes alimentaires et le pouvoir d'achat de la couche de population visée.

Sachant que jusqu'ici, les produits transformés à base de fruits sont principalement destinés aux Malgaches aisés et aux étrangers, ceux-ci constitueront nos principaux clients. Mais on recherchera également à intégrer la couche moyenne de la population en adoptant une stratégie appropriée.

Nous agissons alors sur 4 points différents :

VI.2.2.1 Les produits

On s'efforcera de standardiser les produits en qualité et en quantité, en fonction de la demande. A cet effet, il faudra établir une démarche qualité bien adaptée à la structure de l'unité ainsi qu'aux produits eux-mêmes. Ainsi, le produit pourra plus facilement répondre aux besoins et attentes des consommateurs.

VI.2.2.2 Le prix

Vu l'abondance de denrées similaires sur le marché, le prix des produits devra être compétitif afin d'inciter les consommateurs potentiels à les acheter. Ce sera, par la même occasion une opportunité de rapprocher le pouvoir d'achat des Malgaches et le marché d'ananas transformés. Offrir un meilleur prix pour nos produits fait donc partie des alternatives à prendre tout en tenant compte cependant des charges de production.

VI.2.2.3 La promotion – publicité

Comme notre unité est en début de fonctionnement, il est indispensable de procéder à une campagne de lancement. La promotion des produits constitue l'un des meilleurs moyens pour les faire accéder au marché et les mettre à la hauteur des produits concurrents. Ceci est valable aussi bien en début de phase que tout au long des cycles de

production ultérieurs. La stratégie de promotion et de publicité sera alors réalisée de la manière suivante :

- * Donner des informations sur les produits et éduquer les consommateurs sur leur utilisation (par exemple en mentionnant sur l'étiquette des produits et sur l'emballage des renseignements concernant le nom et les caractéristiques du dit produit ainsi que la date limite de consommation)
- * Avoir recours aux différents supports de publicité pour la promotion des produits : banderoles, affiches, média...

VI.2.2.4 La place des produits

On parle ici de la disponibilité des produits dans les lieux où les clients sont habitués à trouver les produits.

VI.2.2.5 Caractéristiques des produits

Compte tenu de l'étude de marché, voici les principales caractéristiques commerciales envisagées pour ces produits :

Tableau 26. : Caractéristiques des produits

Produits	Conditionnement / contenance	Prix de vente prévisionnel (fmg)	Circuit de distribution
Confiture d'ananas	Bocal en verre / 375g (poids net)	10 000	Grandes surfaces, épicerie, pâtisserie, restaurants
Chutney d'ananas	Bocal en verre / 375g (poids net)	6 000	Grandes surfaces, épicerie, restaurants et snacks
Jus d'ananas	Bouteilles en verre / 250ml	4 000	Grandes surfaces, épicerie, restaurants
Sirop d'ananas	Bouteilles en verre / 1000ml	14 000	Grandes surfaces, épicerie, restaurants
Ananas au sirop	Bocal en verre / 375g (poids net)	10 000	Grandes surfaces, épicerie, pâtisserie, restaurants
Vin d'ananas	Bouteilles en verre de 70cl avec bouchon en liège	17 500	Grandes surfaces, magasins spécialisés, restaurant
Liqueur d'ananas	Bouteilles en verre de 70cl avec bouchon métallique vissé	30 000	Grandes surfaces, magasins spécialisés, restaurant
Ananas confits	Barquette en plastique / 100g	12 000	Grandes surfaces, épicerie, pâtisserie, restaurants
Pâtes d'ananas	Sachet polyéthylène / 200g	6 000	Grandes surfaces, épicerie, pâtisserie
Ananas séchés	Sachet polyéthylène / 250g	5 000	Grandes surfaces, épicerie, pâtisserie

Chapitre VII : *Implantation de l'usine*

VII.1. Objectifs

VII.1.1. Objectifs généraux

L'usine à implanter aura comme principale mission :

- * La valorisation de l'ananas par sa transformation en différents produits alimentaires
- * La commercialisation de ces produits

VII.2. Objectifs de vente

Ils sont définis en fonction de la demande. Ainsi, les objectifs de vente cités ci-après ont été estimés à partir de l'étude de marché.

Tableau 27. : Objectifs de ventes des 5 premières années (en unité de conditionnement)

Produit	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Confiture d'ananas	24 000	36 000	48 000	48 000	48 000
Chutney d'ananas	15 000	22 500	30 000	30 000	30 000
Jus d'ananas	100 000	150 000	200 000	200 000	200 000
Sirop d'ananas	17 000	25 500	34 000	34 000	34 000
Ananas au sirop	35 500	53 250	71 000	71 000	71 000
Vin d'ananas	10000	15000	20000	20000	20000
Liqueur d'ananas	7500	11250	15000	15000	15000
Ananas confits	17 500	26 250	35 000	35 000	35 000
Pâtes d'ananas	10 000	15 000	20 000	20 000	20 000
Ananas séchés	29 000	43 500	58 000	58 000	58 000

L'année 1 correspond à la phase de lancement et les objectifs de vente représentent 50% de la capacité de production.

L'année 2 coïncide avec la phase de maîtrise avec une production à 75% de ses capacités.

A partir de l'année 3, l'usine atteint son régime de croisière et utilise sa capacité de production maximale.

VII.3. Localisation

La production d'ananas étant particulièrement importante à Arivonimamo et étant donné que les produits considérés se conservent bien, il paraît judicieux d'envisager l'installation de l'unité de production dans la commune urbaine d'Arivonimamo

Cela permettra en effet :

- * de réduire les coûts de transports de la matière première ,
- * de disposer de la matière première de la meilleure qualité possible (fraîcheur, état sanitaire, intégrité physique, ...),
- * de disposer d'une main d'œuvre peu coûteuse.

Il faut également considérer que cette commune dispose de toutes les facilités indispensables au bon fonctionnement d'une usine : disponibilité d'espace, électricité, adduction d'eau, téléphone, route d'évacuation des produits praticable toute l'année, ...

VII.4. Aspects techniques

VII.4.1. Capacité de production

Elle est établie en fonction des objectifs de vente.

On peut donc dresser le tableau suivant donnant la capacité de production requise.

Tableau 28. : Capacité de production

Produit	Durée d' un cycle de production (j)	Nombre de cycles de production par an	Capacité de production requise par cycle
Confiture d'ananas	½	160	120kg
Chutney d'ananas	½	100	45kg
Jus d'ananas	1	100	500l
Sirop d'ananas	2	100	340l
Ananas au sirop	1	150	180kg
Vin d'ananas	32	36	800l
Liqueur d'ananas	100	12	1800l
Confits d'ananas	6	50	70kg
Pâtes d'ananas	7	80	50kg
Ananas séchés	3	50	290kg

VII.4.2. Choix technologique

Les conditions optimales, les différents matériels et équipements, ainsi que les ressources humaines nécessaires à la réalisation des opérations unitaires sont résumés dans les tableaux suivants.

VII.4.2.1 Prétraitements

Tableau 29. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de prétraitements

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Réception	Manipulation soignée	Balance de 200kg (\pm 1kg)	Manutentionnaire Magasinier	2 1	M ₁ , M ₂ Ma ₁
Triage	Maturité adéquate Etat sanitaire et intégrité physique convenable	Calibre / tables en inox / caissettes	Trieurs	3	T ₁ , T ₂ , T ₃
Etêtage-équeutage	Manipulation soignée	Tables en inox, bacs	Ouvriers	2	O ₁ , O ₂
Lavage-égouttage	Lavage sous pression à l'eau chlorée	Tuyaux, pompe, compresseur, égouttoir	Ouvriers	2	O ₃ , O ₄
Epluchage	Minimum de perte Port de gants Hygiène de manipulation	Couteaux en inox, table en inox, bacs	Ouvriers	6	O ₅ , O ₆ , O ₇ , O ₈ , M ₁ , M ₂
Découpage- écœuration	Découpe selon la destination Ports de gants Hygiène de manipulation	Couteaux en inox, tables, bacs	Ouvriers	10	O ₁ , O ₂ , O ₉ , O ₁₀ , O ₁₁ , O ₁₂ , O ₁₃ , T ₁ , T ₂ , T ₃

VII.4.2.2 Opérations spécifiques

a) Confiture d'ananas

Tableau 30. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de confiture d'ananas

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Addition de sucre	Ajout de 82% de saccharose	Bacs	Ouvrier	1	O ₁₄
Macération	Repos pendant 2h	Bacs	Ouvrier	1	O ₁₄
Cuisson-concentration	Cuisson sans couvercle (12mn) Agitation à la louche	Bassine de cuisson, louche en bois, thermomètre	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₁ O ₁₄
Ajout pectine et acide	Ajout de 0,85% d'acide et de pectine en solution Agitation pH : 2,9 à 3,3	Louche, récipient en bois, pH-mètre	Ouvrier	1	O ₁₄
Conditionnement	Conditionnement à chaud Autopasteurisation du couvercle Bocal en verre de contenance égale à 375g	Louche, bocal en bois, balance	Ouvriers	5	O ₁ , O ₂ , O ₃ , O ₄ , O ₅
Refroidissement	Atteindre une température <40°C (durée : 2 à 3mn)	Bacs remplis d'eau froide	Ouvriers	5	O ₁ , O ₂ , O ₃ , O ₄ , O ₅

b) Chutney d'ananas

Tableau 31. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de chutney d'ananas

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Broyage	Réduction en purée	Broyeurs à lames, bacs, louches	Ouvrier	1	O ₁₄
Ajout sucre, sel, épices, vinaigre	Sucre : 1,5%, sel : 1,5%, épices : 1%, vinaigre : 2% Agitation pH : 2,9 à 3,3	Louche en bois, pH-mètre	Ouvrier	1	O ₁₄
Cuisson-concentration	Cuisson sans couvercle (10mn) Agitation à la louche	Bassine de cuisson, louche en bois, thermomètre	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₁ O ₁₄
Conditionnement	Conditionnement à chaud Autopasteurisation du couvercle Bocal en verre de contenance égale à 375g	Louche, bocal en bois, balance	Ouvriers	3	O ₁ , O ₂ , O ₃
Refroidissement	Atteindre une température <40°C (durée : 2 à 3mn)	Bacs remplis d'eau froide	Ouvriers	3	O ₁ , O ₄ , O ₅

c) Jus d'ananas

Tableau 32. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de jus d'ananas

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Broyage	Réduction en purée	Broyeurs à lames	Ouvrier	1	O ₆
Filtration	Filtration sous vide	Filtre à pression	Ouvrier	1	O ₇
Préchauffage	80°C/15mn	Bassine de cuisson	Superviseur	1	S ₂
			Ouvrier	1	O ₈
Refroidissement	Jusqu'à température ambiante	Bassine	Ouvriers	1	O ₉
Centrifugation	5000tr/min pendant 15mn	Centrifugeuse-essoreuse	Ouvriers	1	O ₆
Flash-pasteurisation	85°C pendant quelques secondes	Echangeur de chaleur à plaques	Superviseur	1	S ₂
			Ouvrier	1	O ₇
Conditionnement aseptique	Enceinte aseptisée Bouteille en verre de 250ml	Doseuse-remplisseuse Embouteilleuse	Superviseur	1	S ₂
			Ouvriers	4	O ₆ , O ₇ , O ₈ , O ₉
Refroidissement	Jusqu'à la température ambiante	Bac	Ouvriers	4	O ₆ , O ₇ , O ₈ , O ₉

d) Sirop d'ananas

Tableau 33. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de sirop d'ananas

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Macération	Proportion fruit/sucre : 100/150 Durée : 24h	Bac de macération en inox	Ouvrier	1	M ₁
Tamissage		Tamis (égouttoir)	Ouvrier	1	M ₁
Cuisson-concentration	Sans couvercle Durée : 2-5mn (à partir de l'ébullition) Degré brix final : 65-70	Bassine de cuisson en inox, louche en bois, réfractomètre	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₄ M ₁
Conditionnement	Conditionnement à chaud Autopasteurisation du couvercle Bouteilles stérilisées de 100ml	Doseuse-remplisseuse Embouteilleuse	Superviseur Ouvriers	1 4	S ₄ M ₁ , M ₂ , T ₁ , T ₂
Refroidissement	Par immersion avec système de renouvellement d'eau	Bac de refroidissement	Ouvrier	1	M ₁

e) Ananas au sirop

Tableau 34. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production d'ananas au sirop

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Remplissage	Bocaux stérilisés de contenance égale à 375g	Louche en bois, balance	Ouvriers	5	M ₁ , M ₂ , T ₁ , T ₂ , T ₃
Jutage	Jutage à chaud Sirop de sucre blanc à 30°Brix	Louche en bois, balance, réfractomètre	Ouvriers	5	M ₁ , M ₂ , T ₁ , T ₂ , T ₃
Préchauffage	70 à 80°C pendant 5-6mn	Bain-marie, thermomètre	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₄ M ₁
Traitement thermique	100°C/15mn	Bain-marie, thermomètre	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₄ M ₁
Refroidissement	Par immersion avec système de renouvellement d'eau	Bac de refroidissement	Ouvrier	1	M ₁

f) Vin d'ananas

Tableau 35. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de vin d'ananas

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Broyage/filtration	Réduction en purée Obtention d'un jus suffisamment clair	Broyeur, pompe à vide, filtre	Ouvrier	1	O ₆
Pasteurisation	80°C pendant 5mn	Echangeur de chaleur	Superviseur	1	S ₂
Fermentation	Refroidissement jusqu'à t°<40°C Ajout de levures issues d'une préculture de 48h Réglage du thermostat à 31°C Surveillance du pH, de la teneur en sucres réducteurs et de l'agitation	Cuve thermostatée avec agitateur mécanique Réfractomètre pH-mètre Thermomètre	Superviseur	1	S ₂
			Ouvrier	1	O ₆
Sulfitage	10g/hl de métabisulfite de potassium	Récipient	Superviseur	1	S ₂
			Ouvrier	1	O ₆
Clarification	5000tr/mn pendant 5mn	Centrifugeuse	Superviseur	1	S ₂
			Ouvrier	1	O ₆
Décantation	Pendant une nuit à 0°C	Cuve réfrigérée, pompe	Superviseur	1	O ₆
Soutirage		Pompe	Ouvrier	1	O ₆
Conditionnement	En bouteilles de 70cl	Doseuse-remplisseuse Embouteilleuse	Ouvriers	4	O ₆ , O ₇ , O ₈ , O ₉

g) Liqueur d'ananas

Tableau 36. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de liqueur d'ananas

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Broyage/filtration	Réduction en purée Obtention d'un jus suffisamment clair	Broyeur, pompe à vide, filtre	Ouvrier	1	O ₆
Macération	Mélange jus + alcool (50%/50%) Durée : 2 semaines	Cuve avec agitateur, pompe	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₂ O ₆
Clarification	5000tr/mn pendant 5mn	Centrifugeuse	Superviseur	1	S ₂
Maturation	Pendant 3 mois	Cuve de stockage, pompe	Superviseur	1	S ₂
Conditionnement	En bouteilles de 70cl	Doseuse-remplisseuse Embouteilleuse	Ouvriers	4	O ₆ , O ₇ , O ₈ , O ₉

h) Ananas confits

Tableau 37. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production d'ananas confits

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Confisage	A l'étuve à 75°C pendant 4h (4 fois) Sirop de sucre blanc	Etuve, cuve de confisage en inox	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₃ O ₁₀
Lavage-égouttage	Eau du robinet	Egouttoir	Ouvrier	1	O ₁₀
Séchage	Sucre blanc cristallisé		Ouvrier	1	O ₁₀
Conditionnement	Barquettes de 100g	Balance	Ouvriers	5	O ₁₀ , O ₁₁ , O ₁₂ , O ₁₃ , T ₃

i) Pâtes d'ananas

Tableau 38. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production de pâtes d'ananas

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Broyage	Réduction en purée	Broyeurs à lames, bacs, louche	Ouvrier	1	O ₁₀
Ajout sucre, pectine et acide	Sucre : 77,6%, pectine et acide : 2,9% pH : 2,9 à 3,3 Forte agitation	Récipients, louche en bois	Ouvrier	1	O ₁₀
Cuisson-concentration	105°C jusqu'à obtention de la consistance recherchée sans couvercle	Bassine, louche	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₃ O ₁₀
Moulage	Forme des pâtes	Moule glycinée	Ouvriers	2	O ₁₂ , O ₁₃
Séchage	Air libre pendant 6 jours Jusqu'à obtention °Brix > 75	Claies de séchage	Ouvrier	1	T ₃
Découpage	Rectangle 2cmx4cm Manuel	Couteaux en acier oxydable	Ouvriers	2	O ₁₀ , O ₁₁
Saupoudrage	Sucre blanc cristallisé	Louche, récipients	Ouvriers	2	O ₁₀ , O ₁₁
Conditionnement	Sachet polyéthylène de 200g	Sachet, thermosoudeuse, balance	Ouvrier	2	O ₁₂ , O ₁₃

j) Ananas séchés

Tableau 39. : Caractéristiques fonctionnelles des opérations de production d'ananas séchés

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Saupoudrage avec du sucre	Sucre blanc cristallisé	Bac	Ouvrier	1	O ₁₀
Séchage	Température du séchoir : 60°C Durée : 2 jours	Séchoir à combustible type étuve, thermomètre	Superviseur Ouvriers	1 2	S ₃ O ₁₁ , O ₁₂
Ressuage	Disposition sur claies à température ambiante pendant une ½ journée	Claies de séchage	Ouvrier	1	O ₁₃
Conditionnement	Sachet de 250g	Thermosoudeuse, balance	Ouvriers	5	O ₁₀ , O ₁₁ , O ₁₂ , O ₁₃ , T ₃

VII.4.2.3 Autres opérations

Tableau 40. : Caractéristiques fonctionnelles des autres opérations unitaires

Opérations unitaires	Conditions optimales	Matériels / équipements	Ressources humaines		
			Fonction	Nombre	Code
Etiquetage, emballage	Bouteilles et bocaux bien secs Etiquetage soigné	Etiqueteuse	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₅ O*
Stockage	A température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité	Cartons	Magasinier Manutentionnaires	1 2	Ma ₁ M ₁ , M ₂
Nettoyage et désinfection	Nettoyage du matériel après chaque utilisation Nettoyage périodique des locaux Utilisation des produits désinfectants adéquats	Balais, brosses, chiffon, serpillières, ...	Superviseur Ouvrier	1 1	S ₅ O*
Maintenance	Entretien et révisions périodiques du matériel Réparation en cas de panne ou avaries	Matériels adéquats	Sous-traitance		

* : rotation entre les différents ouvriers

VII.4.3. Système de promotion de la qualité

Nous allons énumérer dans le tableau suivant les différents points critiques identifiés pour chaque procédé de fabrication ainsi que les mesures à prendre pour la maîtrise des dangers.

Tableau 41. : Identification des CCP et des mesures correspondantes

Désignation	CCP ₁	CCP ₂	Mesures
Prétraitements		Réception, triage, lavage, épluchage, découpage	Formation du personnel concerné Respect du cahier des charges Hygiène du matériel et des locaux
Production de confiture d'ananas	Cuisson-concentration	Macération, conditionnement, ajout d'ingrédients	Respect des barèmes de cuisson Hygiène des matériels Qualité optimale des matières premières Conditionnement hermétique
Production de chutney d'ananas	Cuisson-concentration	Ajout d'ingrédients, conditionnement	Respect des barèmes de cuisson Hygiène des matériels Qualité optimale des matières premières Conditionnement hermétique
Production de jus d'ananas	Flash-pasteurisation	Préchauffage, centrifugation, conditionnement	Respect des barèmes de centrifugation, de préchauffage et de pasteurisation Hygiène du matériel Respect du conditionnement aseptique ²
Production de sirop d'ananas	Cuisson-concentration	Macération, conditionnement	Respect des barèmes de cuisson Hygiène des matériels Qualité optimale des matières premières Conditionnement hermétique
Production d'ananas au sirop	Traitement thermique	Préchauffage, remplissage	Respect des barèmes de traitement thermique et de préchauffage Hygiène du matériel Conditionnement hermétique
Production de vin d'ananas		Pasteurisation, clarification, fermentation, sulfitage, conditionnement	Respect des barèmes de pasteurisation et de centrifugation Contrôle de la qualité des levures et des paramètres de fermentation

			Respect des doses de sulfitage Conditionnement hermétique
Production de liqueur		Clarification, conditionnement	Respect des barèmes de centrifugation Conditionnement hermétique
Production d'ananas confits		Confisage, lavage-égouttage, séchage, conditionnement	Respect des barèmes de confisage et de séchage Conditionnement hermétique
Production de pâtes d'ananas	Cuisson	Ajout d'ingrédients, séchage, conditionnement	Contrôle de la qualité des ingrédients Respect des barèmes de séchage Conditionnement hermétique
Production d'ananas séchés		Séchage, ressuage, conditionnement	Respect des barèmes de séchage et de ressuage Conditionnement hermétique
Autres opérations		Stockage	Respect des conditions optimales de conservation
		Nettoyage et désinfection	Respect du mode d'emploi des produits et de la périodicité des interventions
		Maintenance	Étalonnage régulier des divers appareils de mesure Respect du cahier des charges

CCP₁ : point où l'on peut maîtriser totalement le danger

CCP₂ : point où l'on ne peut maîtriser le danger que partiellement

Notons que pour tous ces CCP, le respect de l'hygiène par le personnel est primordial. Il est ainsi nécessaire de procéder à des séances de formation et de mettre en place des mesures de contrôles et de sanctions.

VII.5. Aspects organisationnels

VII.5.1. Système d'approvisionnement

Notre approvisionnement en ananas sera assuré par les paysans ou les groupements de paysans locaux. La livraison à l'usine sera faite journalièrement par ces derniers.

Le prix et la qualité requise pour les ananas seront définis de manière contractuelle.

Afin d'améliorer la qualité et d'augmenter la production d'ananas, on envisage de mettre en place une stratégie d'encadrement et d'appui aux paysans.

VII.5.2. Circuit de distribution

La distribution des produits sera réalisée auprès des différents clients envisagés (grandes surfaces, hôtels-restaurants, magasins spécialisés, pâtisserie, ...) par une agence implantée dans la capitale.

Ce choix est dicté par le souci d'éviter autant que possible les intermédiaires tels que les grossistes afin de préserver la plus grande marge bénéficiaire possible.

A moyen terme, une stratégie de distribution pour l'exportation sera mise en place.

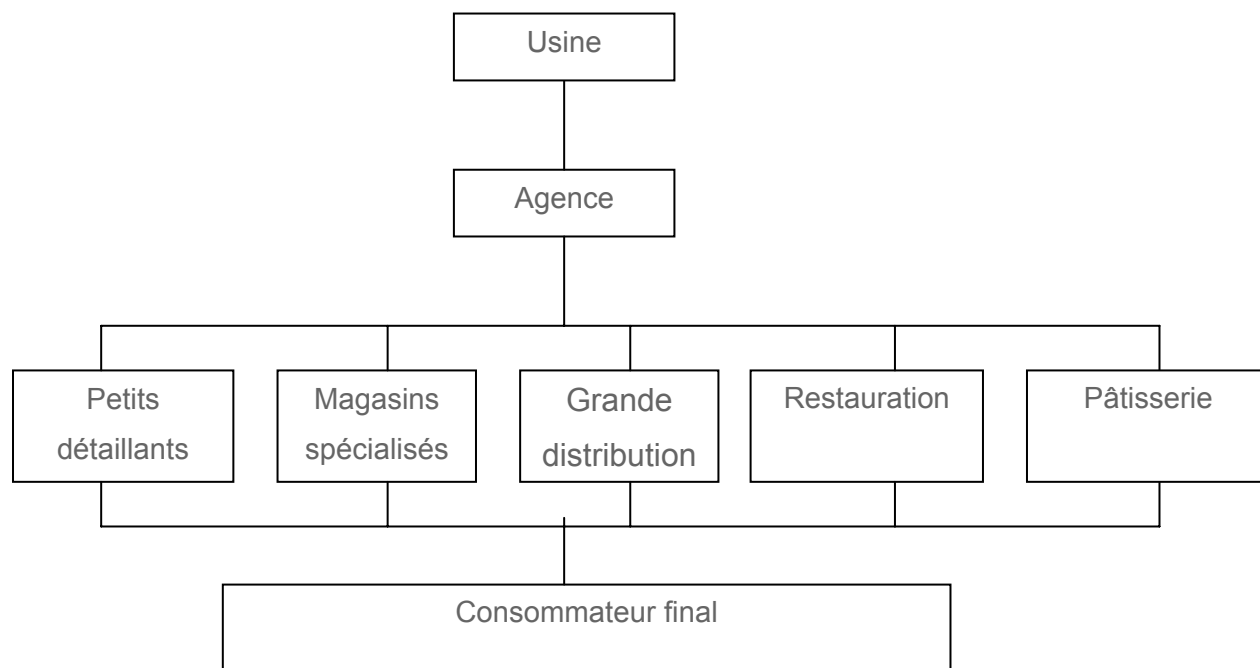


Figure 34 : Circuit de distribution envisagé

VII.5.3. Organisation interne

VII.5.3.1 Organigramme

L'organigramme de l'usine se présente comme suit :

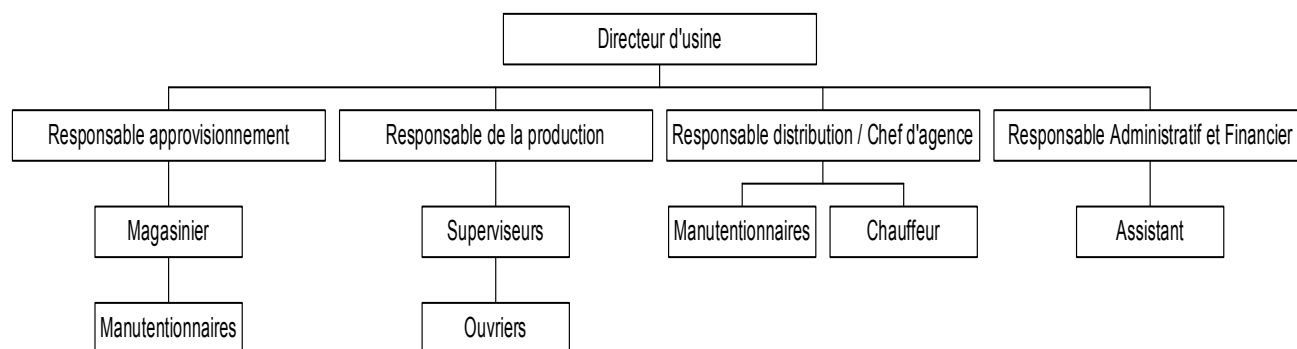


Figure 35 : Organigramme de l'usine

VII.5.3.2 Affectation des tâches

Le tableau suivant décrit les différents postes et les tâches y afférentes, ainsi que les qualifications requises.

Tableau 42. : Répartition des tâches et qualifications requises

Dénomination	Nombre	Nature des tâches	Qualifications requises
Directeur	1	Assure la gestion générale de l'usine	Bacc+5 ou plus
Responsable Administratif et Financier	1	Sous la supervision du Directeur, exécute toutes les tâches administratives et financières	Bacc+4 ou supérieur en gestion, économie, comptabilité, ...
Assistant du Responsable Administratif et Financier	1	Aide le Responsable Administratif et Financier	Bacc+3 en gestion, économie, comptabilité, ...
Responsable de l'approvisionnement	1	Assure la continuité de l'approvisionnement des fonctions de production en qualité et en quantité	Bacc+4 ou supérieur en gestion
Responsable de la production	1	Assure la bonne marche des différentes fonctions de production en fonction des objectifs fixés par le Directeur	Bacc+4 ou supérieur en agroalimentaire
Responsable de la distribution / chef d'agence	1	Détermine la demande sur le marché Gère les stocks de produits finis et assure leur distribution	Bacc+4 ou supérieur en marketing, commerce, ...
Superviseur	5	Effectue le contrôle et le suivi des différentes opérations suivant les instructions du responsable de production	Bacc+3
Magasiniers	1	Enregistre les entrées et sorties des stocks (matières premières et produits finis)	Bacc
Ouvriers	18	Exécute les tâches de production, de manutention et de nettoyage	

VII.5.3.3 Organisation de la production

Afin d'utiliser de manière optimale les ressources disponibles (matériels, temps, personnels), nous avons subdivisé la production en 4 lignes distinctes :

- * Ligne 1 : production de confiture et de chutney
- * Ligne 2 : production de jus, de vin et de liqueur
- * Ligne 3 : production de pâtes, de confits et d'ananas séchés
- * Ligne 4 : production de sirop et d'ananas au sirop

Etant donné que les opérations de prétraitements ainsi que celles d'étiquetage, d'emballage et de stockage sont communes à toutes les lignes, le circuit de production peut-être présenté selon le schéma ci-dessous :

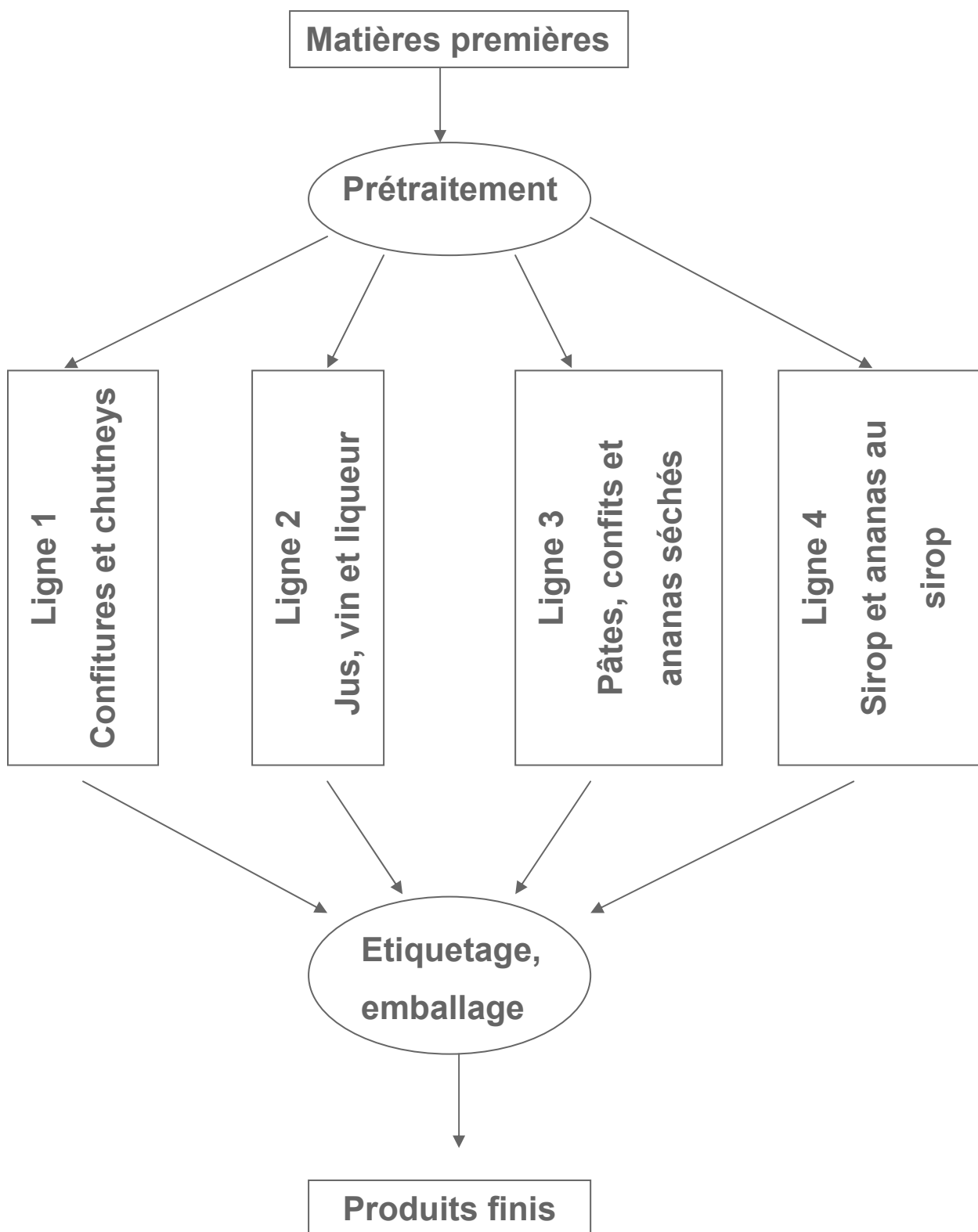


Figure 36 : Circuit de production

Chapitre VIII : *Etude financière*

L'étude financière qui suit porte sur la mise en place d'une unité industrielle intégrée capable de valoriser l'ananas d'Arivonimamo.

Les données relatives à l'étude financière concernant la mise en place d'une unité de production de vin et de liqueurs d'ananas sont données en annexes à l'exception du compte de résultats et des indicateurs de rentabilité. Ces derniers éléments sont mis en évidence afin de pouvoir apprécier concrètement les bénéfices apportés par le choix d'une unité industrielle intégrée.

VIII.1. Besoins en investissements

Tableau 43. : Résumé des besoins en investissements

Désignation		Montant	Amortissement
Frais d'établissement		10000	101,01
Terrain		10000	
Bâtiments		280000	5600
Production	Prétraitements	4955	486
	Transformation	401820	21465,5
	Conditionnement	57000	6300
Matériel de contrôle		2400	310
Matériel de nettoyage		2250	250
Matériel de bureau		32600	5880
Matériel de transport		150000	30000
Total		951025	70392,51

VIII.2. Charges prévisionnelles

VIII.2.1. Charges de production

VIII.2.1.1 Besoins en matières premières : ananas et autres intrants

Tableau 44. : Résumé des besoins en approvisionnement par intrants et par année

Produits	PU	Année 1		Année 2		Année 3		Année 4		Année 5	
		Quantité	Montant	Quantité	Montant	Quantité	Montant	Quantité	Montant	Quantité	Montant
Ananas (kg)	1000	260829,5	260829500	391244,25	391244250	521659	521659000	521659	521659000	521659	521659000
Sucre (kg)	7000	53092	265460000	79638	398190000	106184	530920000	106184	530920000	106184	530920000
Pectine (kg)	200000	90,5	18100000	135,75	27150000	181	36200000	181	36200000	181	36200000
Acide citrique (kg)	24000	21,58	517920	32,37	776880	43,16	1035840	43,16	1035840	43,16	1035840
Vinaigre (kg)	4000	57,5	230000	86,25	345000	115	460000	115	460000	115	460000
Sel (kg)	2000	43	86000	64,5	129000	86	172000	86	172000	86	172000
Epices (kg)	2500	29	72500	43,5	108750	58	145000	58	145000	58	145000
Levures (kg)	25000	6	150000	9	225000	12	300000	12	300000	12	300000
Métabisulfite de potassium (kg)	250000	3	750000	4,5	1125000	6	1500000	6	1500000	6	1500000
Alcool (l)	10000	11000	110000000	16500	165000000	22000	220000000	22000	220000000	22000	220000000
Glucose (kg)	24000	175	4200000	262,5	6300000	350	8400000	350	8400000	350	8400000
Bouteilles (pièce)	1500	17000	25500000	25500	38250000	34000	51000000	34000	51000000	34000	51000000
	2000	17500	35000000	26250	52500000	35000	70000000	35000	70000000	35000	70000000
Sachets aseptiques (pièce)	500	100000	50000000	150000	75000000	200000	100000000	200000	100000000	200000	100000000
Sachets (pièce)	200	5500	1100000	8250	1650000	11000	2200000	11000	2200000	11000	2200000
Barquettes (pièce)	1000	17500	17500000	26250	26250000	35000	35000000	35000	35000000	35000	35000000
Bocaux (pièce)	1500	75000	112500000	112500	168750000	150000	225000000	150000	225000000	150000	225000000
Total		1058179920		1587269880		2116359840		2116359840		2116359840	

VIII.2.1.2 Besoins en énergie

Tableau 45. : Besoins en énergie (en milliers de fmg)

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Electricité	22625	33937,5	45250	45250	45250
Eau	15000	22500	30000	30000	30000
Combustibles	18000	27000	36000	36000	36000
Gas-oil	273000	409500	546000	546000	546000
Total	328625	492937,5	657250	657250	657250

VIII.2.1.3 Besoins en consommables

Tableau 46. : Besoins en consommables (en milliers de fmg)

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Nettoyage et désinfection	1300	1300	1300	1300	1300
Consommable de bureau	500	500	500	500	500
Recharges téléphoniques	3000	3000	3000	3000	3000
Etiquettes	26700	40050	53400	53400	53400
Cartons	5673,5	8510,25	11347	11347	11347
Total	37173,5	53360,25	69547	69547	69547

VIII.2.2. Charges du personnel

Tableau 47. : Charges du personnel (en fmg)

Désignation	Nombre	Salaire brut/pers/mois	Salaire brut/pers/an	Total
Directeur	1	3000000	36000000	36000000
Responsable Approvisionnement	1	1500000	18000000	18000000
Responsable de Production	1	1500000	18000000	18000000
Responsable de Distribution	1	1500000	18000000	18000000
Responsable Administratif et Financier	1	1500000	18000000	18000000
Assistant	1	1000000	12000000	12000000
Superviseurs	5	750000	9000000	45000000
Magasinier	1	600000	7200000	7200000
Ouvriers	20	350000	4200000	84000000
Gardiens	3	500000	6000000	18000000
Total général				274200000

VIII.2.3. Autres charges

Tableau 48. : Autres charges de production (en fmg)

Désignation	Montant annuel
Maintenance	10000000
Frais d'analyses (laboratoires)	5000000
Publicité/promotion	25000000
Autres (divers)	5000000
Total	45000000

VIII.3. Recettes prévisionnelles

Tableau 49. : Recettes prévisionnelles par produit et pour les 5 premières années (en fmg)

Produit	Prix unitaire	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Confiture d'ananas	10 000	240000000	360000000	480000000	480000000	480000000
Chutney d'ananas	6 000	90000000	135000000	180000000	180000000	180000000
Jus d'ananas	4 000	400000000	600000000	800000000	800000000	800000000
Sirop d'ananas	14 000	238000000	357000000	476000000	476000000	476000000
Ananas au sirop	10 000	355000000	532500000	710000000	710000000	710000000
Vin d'ananas	17 500	175000000	262500000	350000000	350000000	350000000
Liqueur d'ananas	30 000	225000000	337500000	450000000	450000000	450000000
Ananas confits	12 000	210000000	315000000	420000000	420000000	420000000
Pâtes d'ananas	6 000	60000000	90000000	120000000	120000000	120000000
Ananas séchés	5 000	150000000	225000000	300000000	300000000	300000000
Total		2143000000	3214500000	4286000000	4286000000	4286000000

VIII.4. Analyse financière

VIII.4.1. Résultat d'exploitation

Le tableau suivant présente les résultats d'exploitation sur les 5 premières années pour l'unité industrielle ne produisant que du vin et des liqueurs d'ananas.

Tableau 50. : Résultats d'exploitation par année (en fmg)

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Recettes	390000000	585000000	780000000	780000000	780000000
Charges totales	275587500	343606250	411625000	411625000	411625000
Investissement	6500000				
Amortissement	41682782,8	41682782,8	41682782,8	41682782,8	41682782,8
Résultat imposable	66229717,2	199710967	326692217	326692217	326692217
Impôts sur les bénéfices (35%)	23180401	69898838,5	114342276	114342276	114342276
Résultat net	43049316,2	129812129	212349941	212349941	212349941
Cash-flow	84732099	171494911	254032724	254032724	254032724
(1+0,20) ⁻ⁿ	0,83333333	0,69444444	0,5787037	0,48225309	0,40187757
MBA actualisé	70610082,5	119093689	147009678	122508065	102090054
MBA cumulé	70610082,5	189703771	336713449	459221514	561311569

Voici les résultats d'exploitation sur les 5 premières années pour l'unité industrielle intégrée.

Tableau 51. : Résultats d'exploitation par année (en fmg)

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Recettes	2143000000	3214500000	4286000000	4286000000	4286000000
Charges totales	1734815920	2440223880	3145631840	3145631840	3145631840
Investissement	10000000				
Amortissement	70392510	70392510	70392510	70392510	70392510
Résultat imposable	327791570	703883610	1069975650	1069975650	1069975650
Impôts sur les bénéfices (35%)	114727050	246359264	374491478	374491478	374491478
Résultat net	213064521	457524347	695484173	695484173	695484173
Cash-flow	283457031	527916857	765876683	765876683	765876683
(1+0,20) ⁻ⁿ	0,83333333	0,69444444	0,5787037	0,48225309	0,40187757
MBA actualisé	236214192	366608928	443215673	369346394	307788662
MBA cumulé	236214192	602823120	1046038793	1415385187	1723173849

VIII.4.2. Indicateurs de rentabilité

VIII.4.2.1 Valeur nette actualisée (VNA)

a) Formule

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

I : investissement

I : taux d'actualisation

MBA : Marge Brute d'Autofinancement

b) Calcul

D'après le tableau précédent,

$$\sum_{i=1}^n MBA(1+i)^{-n} = 1697079214$$

On en déduit que :

$$VNA = 1723173849 - 951025000 \text{ fmg}$$

$VNA = 772.148.849 \text{ fmg}$

VIII.4.2.2 Taux de rentabilité interne (TRI)**a) Formule**

Il s'agit de déterminer i tel que

$$\sum_{i=1}^n MBA(1+i)^{-n} - I = 0$$

b) Calcul

On en déduit que :

$TRI = 47\%$

VIII.4.2.3 Indice de profitabilité (I_p) et taux de profitabilité**a) Formule**

$$I_p = \frac{\sum MBA(1+i)^{-n}}{I}$$

$$\text{Taux de profitabilité} = I_p - 1$$

b) Calcul

On a

$$I_p = 1,81$$

$$\text{Taux de profitabilité} = 81\%$$

VIII.4.2.4 Délai de récupération du capital investi (DRCI)

a) Principe

Il s'agit de déterminer, par extrapolation à partir des MBA cumulés, la durée nécessaire pour que l'investissement initial soit remboursé.

b) Calcul

On en déduit que :

$$DRCI = 2,78 \text{ années}$$

soit

$$DRCI = 2 \text{ ans } 9 \text{ mois } 11 \text{ jours}$$

VIII.4.2.5 Comparatif des indicateurs de rentabilité

Le tableau suivant résume les différents indicateurs de rentabilité relatifs à l'unité industrielle intégrée et à l'unité industrielle de base chargée de produire uniquement du vin et des liqueurs d'ananas.

Tableau 52. : Comparatif des indicateurs de rentabilité

	Investissement initial (en fmg)	VAN (en fmg)	TRI (en %)	I_p	DRCI (en année)
Unité industrielle intégrée	951.025.000	772.148.849	47	1,81	2,78
Unité industrielle de base	617.950.000	-56.836.432	16	0,87	4,91

Conclusion partielle

La création d'une valeur ajoutée est l'un des principaux objectifs d'une entreprise. A cet effet, il est nécessaire d'étudier, dans notre cas, la rentabilité d'une usine de transformation d'ananas.

Si on ne considère qu'une unité produisant du vin et des liqueurs, la spéculation fournit une rentabilité de 16% avec un capital de 617.950.000 Fmg. Le délai de récupération de cet investissement est de 4 ans, 10 mois et 28 jours.

Or pour une unité industrielle intégrée traitant l'ensemble du panorama de transformation de l'ananas, ce taux est de 47 % avec un investissement de 951.025.000 Fmg et ce capital est récupéré après 2 ans, 9 mois et 9 jours.

Il est à noter que les déchets représentent près de la moitié de la matière première. Ceux-ci sont susceptibles d'être valorisés de différentes manières (engrais, alimentation animale, ...).

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que la transformation de l'ananas est l'une des solutions pour faire face au problème de surproduction ainsi qu'à l'écoulement de cette denrée. Ainsi, différents points peuvent-être évoqués :

- Tout d'abord, le potentiel de transformation de l'ananas en vin et en liqueurs a été démontré. Les rendements obtenus ont été satisfaisants de même que la qualité sensorielle des produits. Certains aspects technologiques (stabilité, formulation, ...) méritent toutefois d'être optimisés par des études plus approfondies.
- Ensuite, l'étude économique a montré que le choix de la mise en place d'une unité industrielle intégrée est plus rentable qu'une unité industrielle de base. Ceci est dû à l'optimisation de l'utilisation de certaines ressources matérielles et humaines.

En ce qui concerne l'écoulement des produits, le principal objectif reste le marché extérieur bien que le marché intérieur soit encore relativement ouvert. La production de vin ou de liqueur ne nécessite pas forcément de gros investissement et peut se faire à une plus petite échelle.

- Enfin, il faut remarquer que l'unité industrielle intégrée envisagée n'est susceptible de traiter qu'entre 600 et 700 tonnes d'ananas par an. Etant donné que la production d'Arivonimamo est estimée à 18000 tonnes, les possibilités d'extension sont encore considérables. De plus, les déchets issus de la transformation de l'ananas représentent près de la moitié de la matière première. Ceux-ci sont susceptibles d'être valorisés de diverses manières (alimentation animale, engrais, ...)

*Partie
expérimentale*

I. Analyse de la matière sèche :**1. Matériels**

- balance de précision
- étuve
- capsules
- dessicateur

2. Mode opératoire

- Prendre 10g de produit à analyser et le mettre dans une capsule vide préalablement tarée sur une balance de précision
- Porter à l'étuve à une température égale à 103°C jusqu'à poids constant et refroidir le tout dans un dessicateur
- Peser.
- Faire 4 opérations et prendre la moyenne

3. Résultats

Le résultat se calcule de la manière suivante:

P₀ : poids de la capsule vide

P₁ : poids de la capsule avec l'échantillon initial

P₂ : poids de la capsule avec l'échantillon étuvé et refroidi

$$H\% = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100$$

II. Dosage des cendres**1. Matériels**

- Capsules
- Four à moufles
- Balance de précision
- Dessicateur
- Bec Bensen

2. Mode opératoire

- Prendre 10g du produit dans une capsule
- Etuver à 100°C jusqu'à poids constant
- Pré-incinérer le tout à l'aide d'un bec bensen ou une plaque chauffante
- Introduire dans un four à moufles à 625°C environ jusqu'à l'obtention d'une cendre blanche
- Prendre le poids après refroidissement

3. Résultats

La teneur en cendre brut sera donnée par l'expression suivante :

P₃ : poids de la capsule pourvue de la cendre blanche

$$CB\% = \frac{P_3 - P_0}{P_1 - P_0}$$

III. Dosage de l'acidité**1. Matériels :**

- Pipettes graduées
- Verreries
- Balance de précision
- Agitateur

2. Mode opératoire :

- Prendre mg (10g) de l'échantillon
- Broyer avec de l'eau distillée et ajouter phenolphtaleine à 1%
- Neutraliser avec du NaOH 0.1N jusqu'au virage au rose persistant
- Prendre la chute de burette correspondante

3. Résultats :

Soit N la chute de burette correspondante, et en tenant compte de la dilution effectuée, le résultat est :

$$A(g/l) = \frac{250 \times V_1 \times 100 \times 0,07}{m \times 10 \times V_0 \times 4}$$

avec V_1 = chute de burette

V_0 = prise d'essai

M = masse de l'échantillon

IV. Dosage des pectines

Pour l'appréciation de la concentration de pectines, on procède comme suit :

- Mélanger 5ml de jus d'ananas avec 10ml d'alcool 90°GL
- Agiter le mélange et laisser reposer 1 à 2 minutes
- Noter la formation d'un gel pour les fruits riches en pectines et la formation de flocons pour les fruits pauvres en pectines

V. Mesure du degré Brix**1. Matériels:**

- Pipettes
- Verreries
- Réfractomètre d'Abbe OPL gradué de 0 à 30°Brix et de 40 à 80°Brix

2. Mode opératoire :

- Nettoyer le prisme du réfractomètre avec de l'eau distiller, puis sécher
- Mettre une goutte de solution à doser, fermer et attendre pour atteindre la température de la salle
- Lire la valeur correspondante
- Tenir compte des mesures correctives nécessaires

VI. Préparation de la liqueur de Fehling**1. Réactifs :**

- Sulfate de cuivre cristallisé
- Acide sulfurique
- Sel de seignette
- Soude pastille
- Ferrocyanate de potassium
- Eau distillée

2. Mode opératoire :

Préparer des solutions A et B et C selon les compositions suivantes :

- Solution A : 35g de sulfate de cuivre pur
5g d'acide sulfurique
1000cc d'eau distillée
- Solution B : 150g de sel de seignette
300g de soude [36°Beaumé (densité=1.35)]
1000cc d'eau distillée
- Solution C : 50g de $\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_4$
1000cc d'eau distillée

3. Titration :

Introduire dans une fiole conique de 250cc :

- 10cc de la solution A
- 10cc de la solution B
- 5cc de la solution C
- quelques fragments de pierres ponce

Porter le mélange à ébullition et à l'aide d'une burette, verser goutte à goutte une solution de glucose à 1% en rétablissant l'ébullition de temps en temps. La teinte passe du bleu au vert puis au jaune. S'arrêter dès que le liquide brunit brusquement.

Supposons que la chute de burette N est de 5,1cc, 100cc de solution cuivrique correspond donc à 0,051 de glucose anhydre

VII. Dosage des sucres réducteurs :

1. Préparation de la solution mère :

Dans un petit verre d'environ 50cc, peser exactement un poids P du produit à analyser (5 à 10g), l'introduire dans un ballon de 100cc et remplir d'eau distillée jusqu'au trait de jauge

2. Défécation de la solution mère :

Dans un ballon portant deux traits de jauge 100-110cc, introduire 100cc de solution.

Ajouter une pincée de CO_3HN_2 et 1cc de sous acétate de plomb (15%). Compléter à 110cc avec de l'eau distillée et agiter

Laisser reposer et filtrer sur filtre à plis

3. Dosage :

Dans une fiole conique de 250cc, préparer de la liqueur de Fehling titré t.

Avec la solution déféquée, remplir une burette graduée jusqu'au trait 0. Placer la fiole sur un réchaud garni de toile métallique. Dès que l'ébullition commence, verser goutte à goutte la solution sucrée en rétablissant l'ébullition de temps en temps. La teinte rose passe du bleu au vert puis au jaune. S'arrêter lors du brunissement. Soit N cc de solution sucrée employée.

Les sucres réducteurs exprimés en glucose (%) :

$$SR\% = \frac{t \times 100 \times 110}{N \times P}$$

VIII. Dosage des sucres totaux :

Dans un ballon jaugé de 100cc, introduire 50cc de solution déféquée. Ajouter 2cc d'acide chlorhydrique concentré et chauffer au bain-marie bouillant.

Après 30minutes d'ébullition, introduire un morceau de papier tournesol et à l'aide d'une pipette, verser goutte à goutte de la soude concentrée jusqu'à neutralisation.

Laisser refroidir, compléter à 110cc, boucher et agiter.

Procéder ensuite au titrage comme il a été fait pour les sucres réducteurs.

Les sucres réducteurs exprimés en glucose (%) :

$$ST\% = \frac{t \times 100 \times 100}{N \times P}$$

Le taux des sucres non réducteurs s'exprime par la différence entre la teneur en sucres totaux et la teneur en sucres réducteurs :

$$\text{Saccharose (\%)} = (\text{sucres totaux en \%} - \text{sucres réducteurs en \%}) \times 0.95$$

IX. Détermination du degré alcoolique

1. Par alcoométrie

Procéder à la double distillation d'une quantité suffisante de l'échantillon.

Mesurer le degré alcoolique à l'aide d'un alcoomètre correctement étalonné.

2. Par densimétrie

Procéder à la double distillation d'une quantité suffisante de l'échantillon.

Mesurer le degré alcoolique par pycnométrie (nécessite l'utilisation des tables de correspondances entre la masse volumique et le degré alcoolique d'un distillat).

Annexes

Annexe 1 : Quelques carences minérales et leurs symptômes

Carences en éléments minéraux	Symptômes
Carence en N	Croissance ralentie, feuilles jaunes et chétives, fruit petit et très coloré, absence de bulbilles
Carence en potassium	Feuilles jaunes, courtes et chétives ; plant chétif ; fruit petit et sans parfum ; apparition de points décolorés sur les feuilles Rare
Carence en magnésium	Base des feuilles bleuâtres sur la face externe ; flétrissement rapide des feuilles Assez courante
Carence en calcium	Feuilles très petites, courtes, étroites, cassantes Rare
Carence en soufre	Feuillage jaune pâle à doré ; fruit assez petit Rare
Carence en fer	Chlorose ; feuilles molles, larges et jaunes ; fruit rouge avec couronne chlorotique Assez fréquente si sols basiques riches en manganèse
Carence en manganèse	Feuilles marbrées Rare, sur sols riches en calcium à pH élevé
Carence en zinc	Peu fréquente, sauf sol à pH élevé, chaulé en excès
Carence en cuivre	Feuilles vert clair, étroites avec bord ondulés ; plant rachitique Courante
Carence en bore	Décoloration jaune et orangé ; fruit à couronnes multiples

Annexe 2 : Les principales maladies et ravageurs de l'ananas

Maladies	Agent pathogène	Parties de la plante susceptibles d'être touchées	Principaux symptômes	Principaux facteurs favorables	Moyens de lutte	Observations
Pourriture des racines, du cœur et des fruits (« root heart rot », « top rot », « green fruit rot »)	Phytophthora sp.	Ensemble de la plante (en commençant par les racines et la tiges)	Symptômes variables selon la partie touchée. Ex : Changement de couleur de l'ensemble des feuilles (vert foncé à jaune plus ou moins teinté de rose ou de rouge) Destruction totale du système racinaire	Pluie : principal facteur de dispersion Un pH > 5,3 augmente les risques de pourriture du cœur	Approche génétique : sélection de souches résistantes Approche bio-écologique : amélioration du drainage des sols, diminution du pH,... Approche chimique : utilisation de fongicide (action préventive)	Très large répartition géographique Importance économique
	Pythium sp.	Racines	Altération lente du système racinaire Croissance ralentie : plante chétive, à feuilles étroites, érigées, faiblement colorées	Température optimale : 28°C Favorisé en sol lourd très humide à pH relativement élevé	Idem	
Pourriture noire des rejets ou des fruits, tâches blanches sur fruits	Ceratocystis paradoxa Thielaviopsis	Rejets, Feuilles, Fruits	Variables en fonction de la partie touchée : Pourriture molle de la tige Pourriture molle de la chair du fruit qui se liquéfie rapidement	Température optimale entre 25° et 28°C Les blessures non cicatrisées favorisent la pénétration	Approche bio-écologique : éviter la formation de porte d'entrée, réduire l'inoculum ambiant, ralentir le temps d'exposition, ... Approche chimique : utilisation de fongicide de contact	Importance économique considérable si non maîtrisé Susceptible d'apparaître pendant la culture et pendant le stockage et le transport (nécessité de mettre en place une chaîne anti-choc)
« Tâches noires » (« fruitlet core rot », « eye rot », « black spot »), « leathery pocket, interfruitlet corking »	Penicillium sp, Fusarium sp	Fruit	Tâches noires au niveau de la chair Formation liégeuse épidermique ou interne.	Certains éléments de la faune de l'Ananas (acariens en particulier) sont des vecteurs et facilitent la pénétration de ces agents	Approche génétique : existence de sensibilités différentes à ces maladies Approche bio-écologiques : introduction de prédateurs d'acariens, ... Approche chimique : lutte contre les acariens, ...	Importance économique peut-être considérable Difficulté de détection car en général, il y a absence de signes extérieurs.
Maladie rose (« pink disease ») Déliquescence du fruit (« fruit collapse ») Pourriture bactérienne du fruit (« bacterial fruit heart rot ») Maladie marbrée (« marbling disease »)	Différentes bactéries et levures	Fruit	Pas de symptômes extérieurs évidents			Apparition épisodique Importance économique généralement faible peut éventuellement être importante pendant un temps limité

Maladies	Agent pathogène	Parties de la plante susceptibles d'être touchées	Principaux symptômes	Principaux facteurs favorables	Moyens de lutte
Maladie du « Yellow Spot »	Virus identique à celui de la tomate responsable du « Tomato spotted Wilt » Vecteurs : Thrips	Peut toucher l'ensemble de la plante mais plus particulièrement les fruits	Présence de petites tâches rondes de couleur jaunâtre sur la face supérieure de la feuille Formation de bandes de même coloration qui se nécrosent vite Courbure caractéristique de la plante suivie en quelques semaines de sa mort Nécrose progressive à partir de la partie touchée du fruit Possibilité d'infections secondaires	Environnement humide et frais Utilisation de couronnes pour la plantation	Eviter l'utilisation de couronnes dans la plantation
Maladie du « WILT »	Virus latent Vecteur : <i>Dysmicoccus</i> spp.	Système racinaire Appareil foliaire Appareil de reproduction	Il existe 4 stades de développement de la maladie : <ul style="list-style-type: none"> Apparition d'une couleur rouge bronzée sur les feuilles du 3^{ème} ou 4^{ème} rang (à partir du cœur), les marges des feuilles tendent à s'incurver vers la face inférieure, mais leurs extrémités restent érigées La couleur des feuilles tend vers le rose vif et le jaune ; elles perdent leur turgescence, leurs extrémités prennent une teinte brunâtre avec apparition de tâches plus ou moins nécrotiques ; occasionnellement, les extrémités tendent à s'incruster vers le sol Les feuilles des rang 4 et 5 s'incurvent vers l'extérieur, leurs zones marginales prennent une teinte jaune tandis que les parties médianes deviennent rose vif avec une tendance des extrémités à s'enrouler Les feuilles les plus jaunes sont dressées mais manquent de turgescence. Les extrémités de la majorité des autres feuilles sont enroulées, plus ou moins flétries, et de couleur tendant vers le beige, celles qui sont restées vertes sont ternes avec des tâches éparses jaunâtres. 	Association symbiotique avec certaines espèces de fourmis	Approche génétique : utilisation de variétés plus ou moins tolérantes Approche bio-écologique : utilisation de coccinelles dévoreuses de cochenilles ; destruction des résidus de la précédente culture, ... Approches chimiques : il s'agit de maintenir la population de cochenille à un niveau aussi bas que possible en agissant à 3 niveaux : sur le matériel végétal de plantation, sur le sol contre les fourmis, sur la plante tout au long de son cycle.

Ravageurs principaux	Parties de la plante susceptibles d'être touchées	Principaux symptômes	Principaux facteurs favorables	Moyens de lutte	Observations
Nématodes : Meloïdogyne spp., Pratylenchus sp., Rotylenchus sp., Helicotylenchus sp.)	Affecte les racines avec impacts sur toute la plante	Pas de manifestations visuelles spécifiques Zones de moindre croissance dans les champs Feuilles étroites, érigées, de couleur jaune rosé à rouge Lésions du système racinaire généralement indécélable à l'œil nu		Approches bio-écologiques : utilisation de plantes pièges ou de plantes qui se révèlent de mauvais hôtes pour les nématodes (présence de substances nématocides) ; jachère cultivée et jachère nue ; utilisation de films de polyéthylène chauffants Approches chimiques : utilisation de fumigants de manière précoce avant toute explosion de population.	Ils constituent, pour les exploitations techniquement avancées, le principal facteur limitant de la production. De plus, il est particulièrement difficile de mettre en œuvre des méthodes de luttés pratiques et économiques
Symphyle scutigerella spp., Hanseniella spp.	Racines	Formation de plages plus ou moins homogènes de moindre croissance ou très grande hétérogénéité de développement d'un pied à l'autre		Approche bio-écologique : utilisation de prédateurs Approche chimique	
Cochenilles (Diaspis spp., pseudococcus longispinus, ...)	Appareil foliaire	Diminution de l'activité photosynthétique entraînant un ralentissement de croissance pouvant réduire à néant la récolte et même aller jusqu'à la mort du plant.	Ombrage	Approche bio-écologique : utilisation de prédateurs (en particulier coccinelle) Approche chimique : utilisation de fumigant (tel que bromure de méthyle)	
Acariens (Dolycotetranychus floridanus, Stereotarsonemus et tarsonemus sp.)	Appareil foliaire	Nécroses en dépression de couleur brune et altération du fonctionnement physiologique de la feuille	Croissance lente des plants quelque soit la cause	Utilisation d'acaricides soit biologique (à base de spores de champignons) soit chimiques	

Ravageurs secondaires	Parties de la plante susceptibles d'être touchées	Principaux symptômes	Principaux facteurs favorables	Moyens de lutte
Phyllophaga portoricensis Anomala orientalis, Adoretus sp., Trochalus politus, Macrophylla ciliata	Système racinaire	Ralentissement ou arrêt complet de la croissance de la plante		Approches bio-écologiques : utilisation de prédateurs et bonnes pratiques culturales Approche chimique : utilisation de fumigant à la demande
Paradiaphorus crenatus, Choluta seabrai, Castnia icarus, Lybindus dichrous, Metamasius ritchiei, augosoma centaurus	Partie aérienne de la plante	Déformations de l'inflorescence et du fruit		
Spodoptera sp., Parisoschoenus ananas	Appareil foliaire	Blessures au niveau des feuilles		Approche chimique
Batachedra sp., Pyroderces sp., Lagria villosa	Fruit	Gommose du fruit		Approche chimique si nécessaire

Annexe 3 : Densités les plus couramment utilisées avec Cayenne lisse (distance entre rangées : 90cm, plus rarement 80cm)

Nombre de lignes/rangées	Distance entre plants d'une même ligne (cm)	Distance entre lignes (cm)	Nombre de plants/ha
2	30	60	44400
2	30	45	49300
2	30	40	51300
2	30	30	55500
2	25	40	61000
2	20	40	77000
3	30	40	58700
3	30	30	66600
4	40	30	74000

Annexe 4 : Caractéristiques des différents traitements d'ITF (doses indicatives pour 50000pieds/ha)

	Ethylène gazeux	Acétylène gazeux	Ethephon	ANA (acide alpha naphthalène acétique)
Efficacité	Excellente	Excellente	Bonne mais moins fiable	Fonction du climat
Répétition	Préférable	Préférable	Inutile	Nécessaire
Mécanisation	Obligatoire	Difficile	Possible	Possible
Dose m.a. /ha /passage	800g	8kg carbure	500 à 1500g	200g
Quantité d'eau /ha / passage	6000l	2500l	2000l	2000l
Adjuvant	Charbon actif : 3kg ou Bentonite : 60kg		Urée :100kg et/ou Borax : 10kg	
Remarques	Difficile d'emploi en petites parcelles	Application solide possible	Le moins dépendant de l'heure de traitement	Coût le plus faible Application solide possible

Annexe 5: Calendrier de récolte de l'ananas à Madagascar

Régions	Variétés	Mois de récolte	Destination	Remarques
Zones des hautes terres				
Talata/volonondry	Ananas Cayenne	Avril	ANTANANARIVO	
Fihaonana	Ananas Cayenne	Février	MAHAJANGA	
Arivonimamo	Ananas Cayenne	Toute l'année, surtout de Janv à Mars	ANTANANARIVO , MAHAJANGA, ANTSIRABE	****
Ambatofotsy et Ambohimadana	Ananas Cayenne	Mars & Avril	ANTANANARIVO, ANTSIRABE	
Mandoto	Ananas Cayenne	Février à Avril	ANTSIRABE	
Zones de la côte Est				
Sambirano	Ananas Cayenne	Nov & Déc	ANTSIRANANA	**
Maroantsetra	Ananas Cayenne et Victoria	Nov & Déc	TOAMASINA, ANTANANARIVO, Transformation sur place	**
Soanierana & Mananara	Ananas Cayenne et Victoria	Déc	TOAMASINA	*
Fénérive Est	Ananas Cayenne et Victoria	Nov & Déc	TOAMASINA	****
Moramanga	Ananas Cayenne et victoria	Nov & Déc	TOAMASINA, ANTANANARIVO	**
Vatomandry & Brickaville	Ananas Cayenne	Nov & Déc	-	**
Malianoro	Ananas Cayenne	Nov & Déc	TOAMASINA, ANTANANARIVO	****
Mananjary & Ifanadiana	Ananas Cayenne	Nov & Déc	FIANARANTSOA, ANTANANARIVO	**** **
Farafangana & Vangaindrano	Ananas Cayenne	Déc	-	*

**** : principaux bassins d'influence nationale

*** : grands bassins d'influence régionale

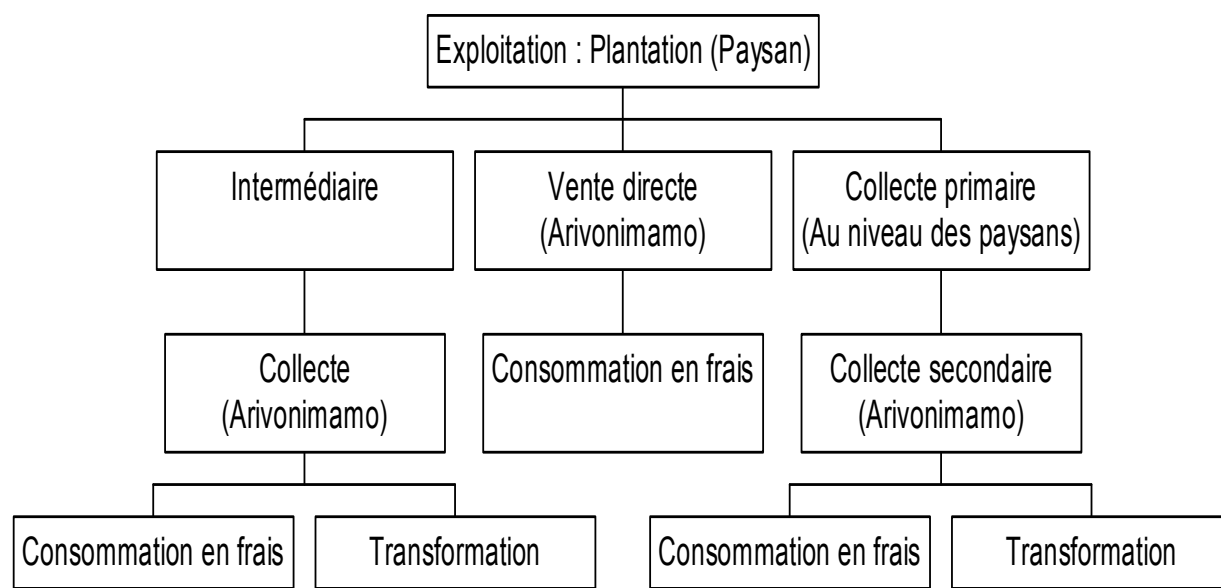
** : bassins moyens d'influence régionale

* : petits bassins d'influence locale

Annexe 6: Calendrier culturel de l'ananas

Opérations	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Défrichement (1 ^{er} labour)												
Préparation du sol												
Plantation												
Sarclage I												
Sarclage II												
Sarclage III												
Buttage												
Fertilisation												
Protection des fruits												
Récolte												

Annexe 7 : Circuit de distribution



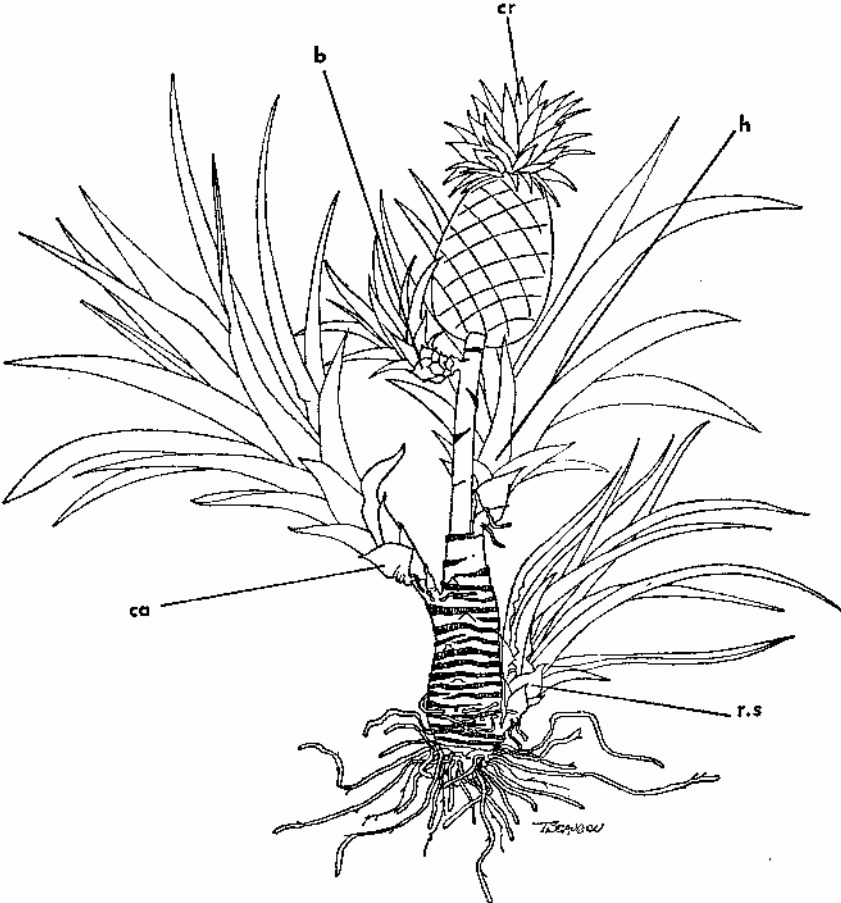
Annexe 8 : Evolution des prix d'ananas selon la taille

Catégories	Propriétés	Prix
1	Sup. 2kg	En cours
2	1.5à2kg	Demi
3	0.6à1kg	Tiers
4	Inf. 0.6kg	quart

Annexe 9 : Composition de la pulpe pour 100g de poids frais

Constituants	Teneur
Pigments	0,16 à 0,35g
Azote total	45 à 120mg
Protéines	180mg
Calcium	7 à 16mg
Chlore	46mg
Fer	0,3mg
Iode	0,006 à 0,107mg
Magnésium	11mg
Manganèse	0,03
Phosphore	6 à 21mg
Potassium	11 à 330mg
Silice	11 à 69mg
Sodium	14mg
Soufre	7mg
Vitamines	
Acide ascorbique	3 à 25 µg
Acide P. aminobenzoïque	17 à 22 µg
Acide folique	2,5 à 4,8 µg
Niacine	200 à 280 µg
Acide pantothénique	75 à 163 µg
Vitamine A (sous forme de rétinol)	0,02 à 0,04 µg
Thiamine	69 à 125 µg
Riboflavine	20 à 88 µg
Vitamine B6	10 à 140 µg

Annexe 10 : Les différents types de rejets



rs : rejet souterrain ; ca : cayeux ; h :happa ; b : bulbille ; cr :

Annexe 11 : a_w minimum de croissance de quelques microorganismes

Microorganismes concernés	a_w minimum
BACTERIES :	>0.910
<i>Acinetobacter</i>	0.990
<i>Clostridium botulinum E</i>	0.970
<i>Clostridium perfringens</i>	0.970
<i>Escherichia coli</i>	0.950
<i>Salmonella sp</i>	0.950
<i>Clostridium botulinum A, B</i>	0.950
<i>Bacillus subtilis</i>	0.900
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.860
Bactéries halophiles	0.750
LEVURES :	>0.870
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0.900 à 0.940
Levures osmophiles	0.620
MOISSURES :	>0.700
<i>Botrytis cinerea</i>	0.930
<i>Fusarium sp.</i>	0.900
<i>Mucor sp.</i>	0.800 à 0.900
Moissures xérophiles	0.700

Annexe 12 : pH limites de croissance de quelques microorganismes

Microorganismes concernés	Minimum	Optimum	Maximum
Moissures	1,5 à 3,5	4,5 à 6,8	8 à 11
Levures	1,5 à 3,5	4 à 6,5	8 à 8,5
Bactéries	4,5	6,5 à 7,5	11
Bactéries acétiques	4,0	5,4 à 6,3	9,2
<i>Escherichia coli</i>	4,3	6,0 à 8,0	9,0
<i>Staphylococcus</i>	4,2	6,8 à 7,5	9,3
<i>Clostridium sp.</i>	4,6 à 5,0	-	9,0
<i>Clostridium botulinum</i>	4,8	-	8,2
<i>Bacillus sp.</i>	5,0	6,8 à 7,5	9,4 à 10

Annexe 13 : Limite du développement de quelques microorganismes en fonction de la concentration en sel

Concentration en sel en%	0	5	6	9	10	17	18	20
Microorganismes concernés	<i>Clostridium</i> et la plupart des germes anaérobies		<i>Lactobacillus</i>		Gram – et <i>Pseudomonas</i> , enterobactéries, salmonelles		<i>Micrococci</i> et moisissure, staphylocoque	
			<i>C. perfringens</i>		<i>C. botulinum</i> A et E		<i>S. aureus</i>	

Annexe 14 : Facteurs d'inhibition des dégradations

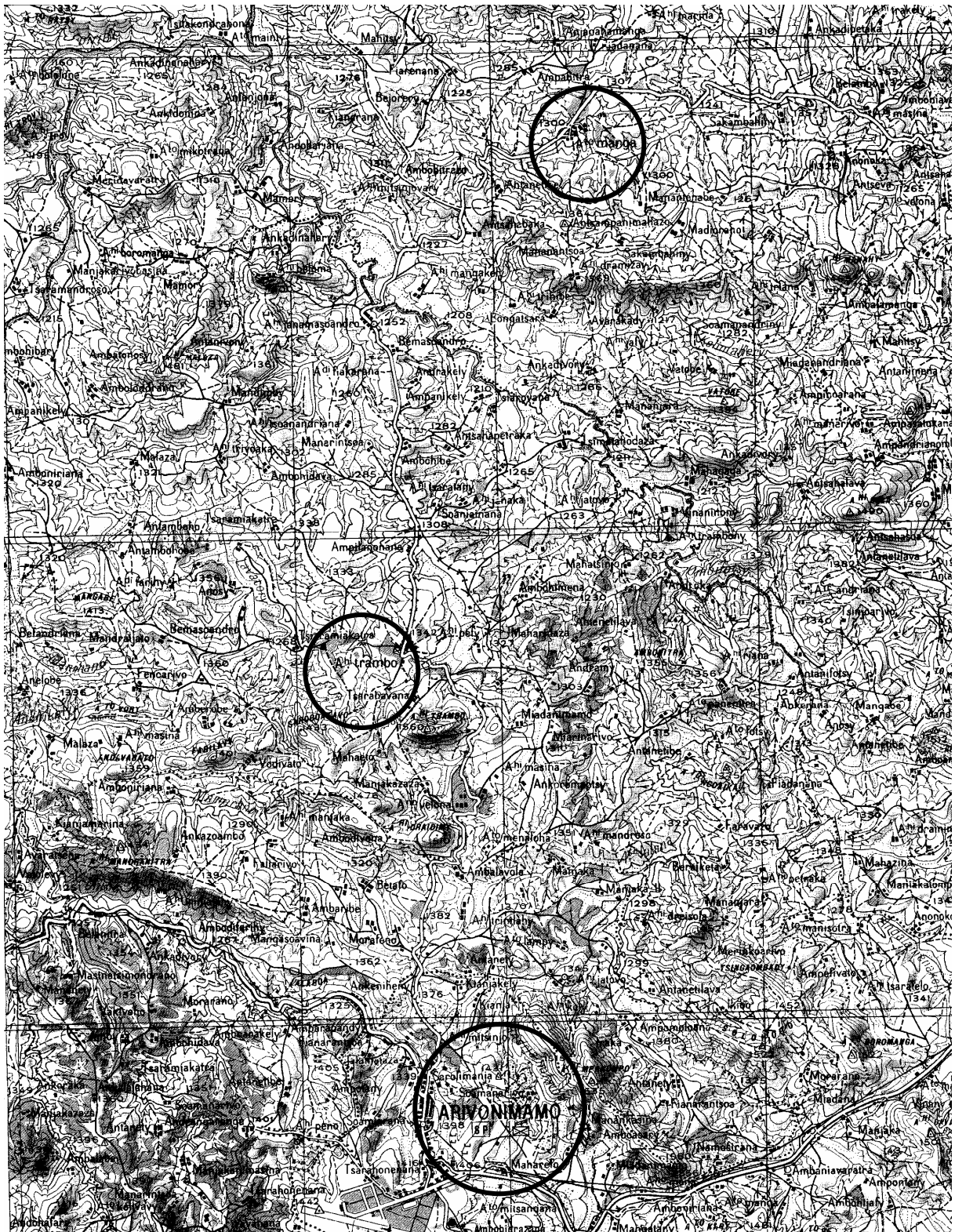
Désignation	T° élevée	T° basse	a_w	pH	Potentiel redox	Inhibiteurs	Flore Compétitive	Radiation
Réfrigération	++	+++	++	++	++	++	+	++
Congélation	++	+++	+++	+	+	-	-	-
Déshydratation	+	-	+++	-	-	-	-	-
Abaissement partiel a_w	++	++	+++	++	++	++	++/+	+
Sucre	++/+	-	+++	+	-	+	-	-
Sel	-	+	+++	-	++/+	++/+	++/+	-
Acidification	-	+	+	+++	-	++/+	++/+	-
Stérilisation	+++	-	++	++	-	++	-	-
Pasteurisation	+++	++	++	++	-	++	-	-
Irradiation	-	++	++	++	++	++	++	+++
Fermentation	-	+	++/+	++/+	++/+	+++	+++	-
Atmosphère Contrôlée	-	++/+	+	-	+++	++/+	++	-
Additifs	-	+	++/+	++/+	++/+	+++	-	+

+++ : Facteur principal sur lequel le procédé repose

++ : Facteur secondaire sur lequel le procédé repose

+ : Facteur éventuellement associé au procédé afin de faciliter sa mise en œuvre et d'améliorer la stabilité de l'aliment.

Annexe 15 : Carte de la région d'Arivonimamo (échelle 1 : 100000)



Annexe 16 : Caractéristiques physico-chimiques de l'ananas cultivar *Cayenne lisse*
(Laboratoire des Fraudes Alimentaires)

<u>CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DETERMINES :</u>	<u>M</u>	<u>V</u>
- Teneur en eau pour 100.....!	85,70	82,30
- Sucres réducteurs par rapport au jus concen- tré (g/l).....!	100	84
- Protéines en g/l.....!	1,20	1,15
- Lipides.....!	Traces	Traces
- Acidité en acide citrique pour 100.....!	0,41	0,52

Communiqué le : 28 JAN 2004



Annexe 17 : Exemple de composition d'un vin d'ananas

I

Éthanol	11,55 % en volume
Propanol	2,75 mg/100 ml
Isobutanol	5,05 mg/100 ml
Alcool d'iso-amyl	25,21 mg/100 ml
Total des alcools supérieurs	33,01 mg/100 ml
Acétaldéhyde	0,93 mg/100 ml
Acétate d'éthyle	15,08 mg/100 ml
Acidité volatile	5,0 mg/100 ml
Acidité fixe	35,0 mg/100 ml
Acidité totale	40,0 mg/100 ml

Annexe 18 : Questionnaire

Nom :

Date :

Trois échantillons vous sont présentés.

Inscrivez ci-dessous leurs numéros.

--	--	--

L'un d'entre eux est différent des deux autres.

Identifiez-le

Sur le(s)quel(s) des critères suivants portent cette différence et qu'elle est son intensité :

- **Aspect**

- **Couleur**

Faible	----- ----- ----- ----- -----	Forte
--------	-------------------------------	-------

- **Autre (préciser)**

Faible	----- ----- ----- ----- -----	Forte
--------	-------------------------------	-------

- **Arôme**

- **Odeur d'Ananas**

Faible	----- ----- ----- ----- -----	Forte
--------	-------------------------------	-------

- **Odeur d'alcool**

Faible	----- ----- ----- ----- -----	Forte
--------	-------------------------------	-------

- **Autre (préciser)**

Faible	----- ----- ----- ----- -----	Forte
--------	-------------------------------	-------

- **Saveur**

- **Goût d'Ananas**

Faible	----- ----- ----- ----- -----	Forte
--------	-------------------------------	-------

- **Force (degré alcoolique)**

Faible	----- ----- ----- ----- -----	Forte
--------	-------------------------------	-------

- **Autre (préciser)**

Faible	----- ----- ----- ----- -----	Forte
--------	-------------------------------	-------

Nom :

Date :

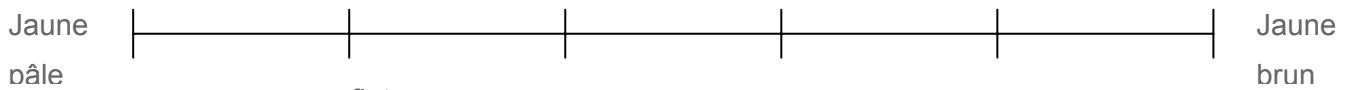
1. Analyse descriptive

Un produit vous est proposé.

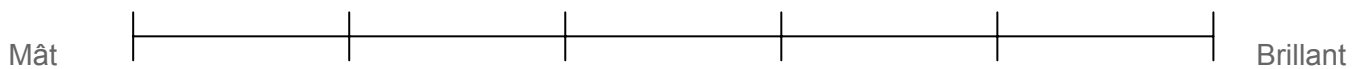
Veillez apprécier l'intensité de chacun des caractères suivants :

- **aspect :**

- couleur

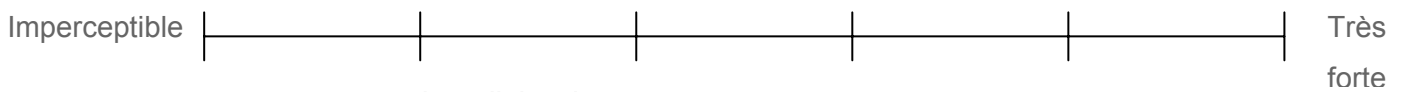


- reflet

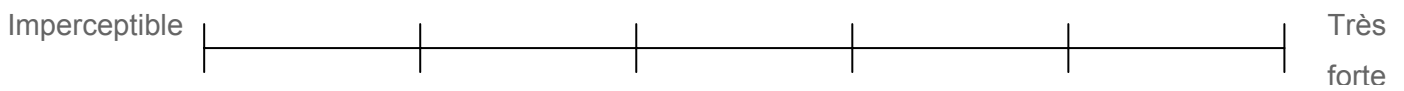


- **arôme :**

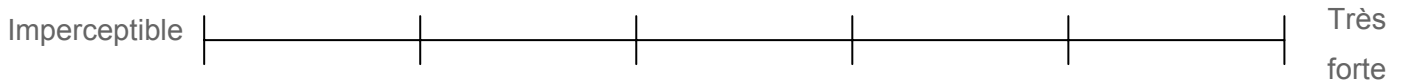
- odeur piquante



- odeur d'alcool

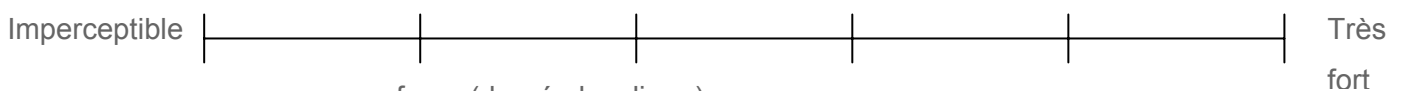


- autre (décrire)

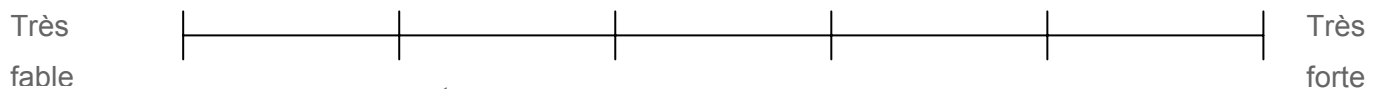


- **saveur :**

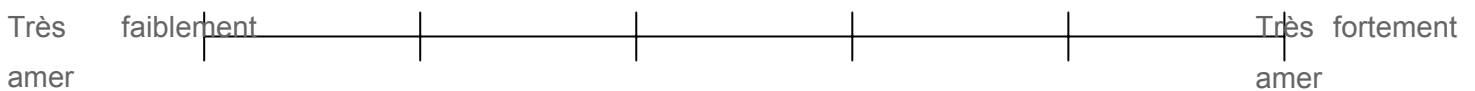
- goût d'Ananas



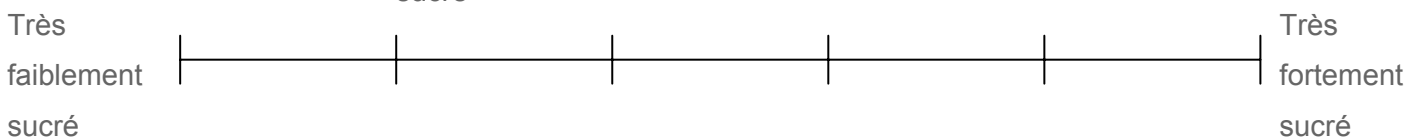
- force (degré alcoolique)

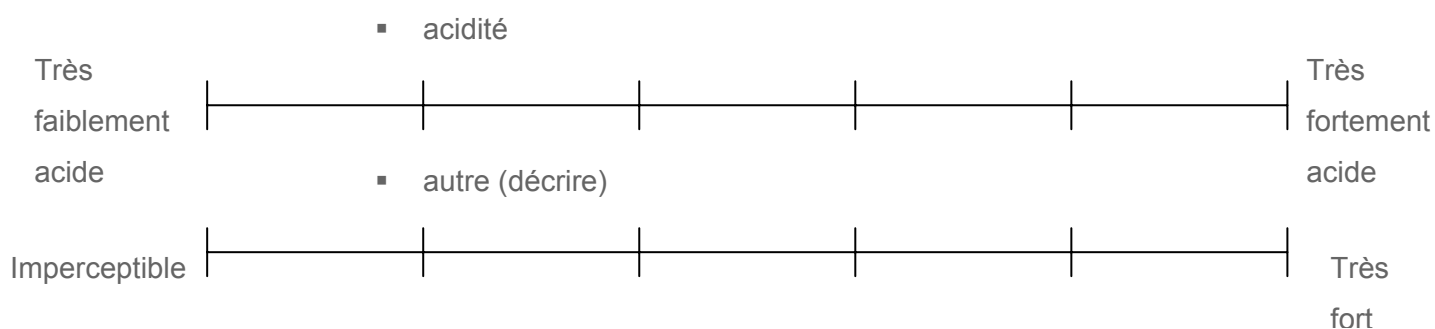


- amertume



- sucré





2. Evaluation hédonique

Donnez votre appréciation sur ce produit (cochez la réponse de votre choix) :

- Très agréable
- Agréable
- Assez agréable
- Ni agréable ni désagréable
- Assez désagréable
- Désagréable
- Très désagréable

Annexes 19: Etude économique

1. Unité industrielle de base

➤ Besoin en investissement (en milliers de fmg)

Désignation	Prix unitaire	Quantité	Montant	Durée de vie (années)	Amortissement
Frais d'établissement		1	2800	99	28,2828283
Terrains					
Usine	5	300	1500		
Agence	50	100	5000		
Bâtiments (m ²)					
Usine	500	200	100000	50	2000
Agence	300	90	27000	50	540
Matériel de production					
Prétraitements					
Balance	1500	1	1500	10	150
Table en inox	500	3	1500	20	75
Bacs en plastique	10	6	60	5	12
Caissettes en bois	2,5	50	125	2	62,5

Couteaux	2,5	6	15	1	15
Transformation					
Echangeur à plaques	200000	1	200000	25	8000
Fermenteur	100000	1	100000	25	4000
Centrifugeuse	20000	1	20000	5	4000
Broyeur 2	2000	1	2000	2	1000
Chaudière	5000	1	5000	25	200
Cuve de stockage en inox	4000	4	16000	25	640
Pompe à vide	2000	1	2000	5	400
Conditionnement					
Balances	500	2	1000	2	500
Doseuse-remplisseuse	20000	1	20000	10	2000
Embouteilleuse	30000	1	30000	10	3000
Etiquetteuse	5000	1	5000	10	500
Matériels de contrôle					
Thermomètre	200	1	200	5	40
pH-mètre	500	1	500	5	100
Réfractomètre	1500	1	1500	10	150
Alcoomètre	200	1	200	10	20
Matériels de nettoyage					
Pompe-compresseur	2000	1	2000	10	200
Tuyaux (m)	5	50	250	5	50
Matériels de bureau					
Tables	500	8	4000	10	400
Chaises	50	24	1200	5	240
Téléphone-fax	400	4	1600	10	160
Matériels informatiques	5000	3	15000	5	3000
Divers			1000	5	200
Matériels de transport					
Camionnette	50000	1	50000	5	10000
Total			617950		41682,7828

➤ Besoin en approvisionnement

Produit	Intrant	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Vin d'Ananas	Ananas (kg)	45000	67500	90000	90000	90000
	Levures (kg)	6	9	12	12	12
	Métabisulfite de potassium (kg)	3	4,5	6	6	6
	Bouteilles (pièce)	10000	15000	20000	20000	20000
Liqueur d'Ananas	Ananas (kg)	7300	10950	14600	14600	14600
	Alcool (l)	11000	16500	22000	22000	22000
	Sucres (kg)	262,5	393,75	525	525	525
	Bouteilles (pièce)	7500	11250	15000	15000	15000

➤ Besoin en énergie (en milliers de fmg)

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Electricité	12500	18750	25000	22500	22500
Eau	4250	6375	8500	8500	8500
Combustibles	5250	7875	10500	10500	10500
Gas-oil	27500	41250	55000	55000	55000
Total	49500	74250	99000	96500	96500

➤ Charge du personnel (en fmg)

Désignation	Nombre	Salaire/pers/mois	Salaire/pers/an	Total
Directeur	1	3000000	36000000	36000000
Responsable Approvisionnement et Production	1	1500000	18000000	18000000
Responsable Administratif, Financier et Commercial	1	1500000	18000000	18000000
Superviseurs	2	750000	9000000	18000000
Ouvriers	4	500000	6000000	24000000
Gardiens	1	350000	4200000	4200000
			Total général	118200000

➤ Résumé des charges (fmg)

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Approvisionnement	86537500	129806250	173075000	173075000	173075000
Personnel	118200000	118200000	118200000	118200000	118200000
Energie	49500000	74250000	99000000	99000000	99000000
Consommable	11350000	11350000	11350000	11350000	11350000
Autres	10000000	10000000	10000000	10000000	10000000
Total	275587500	343606250	411625000	411625000	411625000

2. Unité industrielle intégrée

➤ Besoins en investissements (détails)

Désignation	Prix unitaire	Quantité	Montant	Durée de vie (années)	Amortissement
Frais d'établissement	10000	1	10000	99	101,010101
Terrains (m²)					
Usine	5	1000	5000		
Agence	50	100	5000		
Bâtiments (m²)					

Usine	500	500	250000	50	5000
Agence	300	100	30000	50	600
Matériel de production					
Prétraitements					
Balance	1500	1	1500	10	150
Table en inox	500	6	3000	20	150
Egouttoir	20	4	80	5	16
Bacs en plastique	10	10	100	5	20
Caissettes en bois	2,5	100	250	2	125
Couteaux	2,5	10	25	1	25
Transformation					
Echangeur à plaques	200000	1	200000	25	8000
Fermenteur	100000	1	100000	25	4000
Centrifugeuse	20000	1	20000	5	4000
Etuve	10000	1	10000	25	400
Séchoir	35000	1	35000	25	1400
Broyeur 1	1000	1	1000	2	500
Broyeur 2	2000	1	2000	2	1000
Bassine à double paroi	2500	3	7500	25	300
Chaudière	5000	1	5000	25	200
Cuve de stockage en inox	4000	4	16000	25	640
Pompe à vide	2000	1	2000	5	400
Bain-marie	2000	1	2000	5	400
Egouttoirs	20	2	40	5	8
Claies de séchage (m ²)	5	24	120	2	60
Moules	25	10	250	25	10
Bacs métalliques	50	8	400	10	40
Réipients	50	10	500	5	100
Couteaux	2,5	2	5	1	5
Louches en bois	2,5	2	5	2	2,5
Conditionnement					
Balances	500	3	1500	2	750
Doseuse-remplisseuse	20000	1	20000	10	2000
Embouteilleuse	30000	1	30000	10	3000
Thermosoudeuse	500	1	500	10	50
Etiqueteuse	5000	1	5000	10	500
Matériels de contrôle					
Thermomètre	200	1	200	5	40
pH-mètre	500	1	500	5	100
Réfractomètre	1500	1	1500	10	150
Alcoomètre	200	1	200	10	20
Matériels de nettoyage					
Pompe-compresseur	2000	1	2000	10	200
Tuyaux (m)	5	50	250	5	50
Matériels de bureau					
Tables	500	8	4000	10	400
Chaises	50	24	1200	5	240
Téléphone-fax	400	6	2400	10	240
Matériels informatiques	5000	4	20000	5	4000
Divers			5000	5	1000
Matériels de transport					
Camion	100000	1	100000	5	20000
Camionnette	50000	1	50000	5	10000

Total			951025		70392,5101

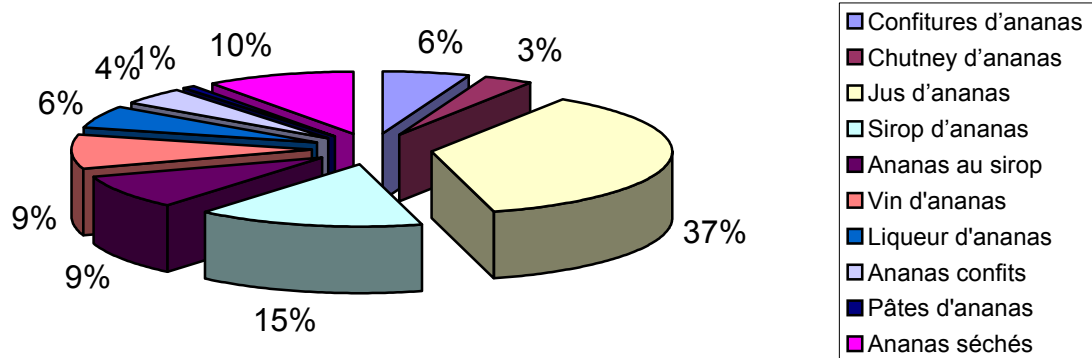
➤ Besoins en approvisionnement par produits et par année

Produits		Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Confitures d'ananas	Ananas (kg)	11254	16881	22508	22508	22508
	Sucre (kg)	5055	7582,5	10110	10110	10110
	Pectine (kg)	40,5	60,75	81	81	81
	Acide citrique (kg)	36	54	72	72	72
	Bocal (pièce)	24000	36000	48000	48000	48000
Chutney d'ananas	Ananas (kg)	5500	8250	11000	11000	11000
	Sucre (kg)	43	64,5	86	86	86
	Sel (kg)	43	64,5	86	86	86
	Epices (kg)	29	43,5	58	58	58
	Vinaigre (kg)	57,5	86,25	115	115	115
	Bocal (pièce)	15000	22500	30000	30000	30000
Jus d'ananas	Ananas (kg)	86400	129600	172800	172800	172800
	Sucre (kg)	3400	5100	6800	6800	6800
	Bouteilles (pièce)	100000	150000	200000	200000	200000
Sirop d'ananas	Ananas (kg)	41750	62625	83500	83500	83500
	Sucre (kg)	34125	51187,5	68250	68250	68250
	Bouteilles (pièce)	17000	25500	34000	34000	34000
Ananas au sirop	Ananas (kg)	15000	22500	30000	30000	30000
	Sucre (kg)	1575	2362,5	3150	3150	3150
	Bocal (pièce)	36000	54000	72000	72000	72000
Vin d'Ananas	Ananas (kg)	45000	67500	90000	90000	90000
	Levures (kg)	6	9	12	12	12
	Métabisulfite de potassium (kg)	3	4,5	6	6	6
	Bouteilles (pièce)	10000	15000	20000	20000	20000

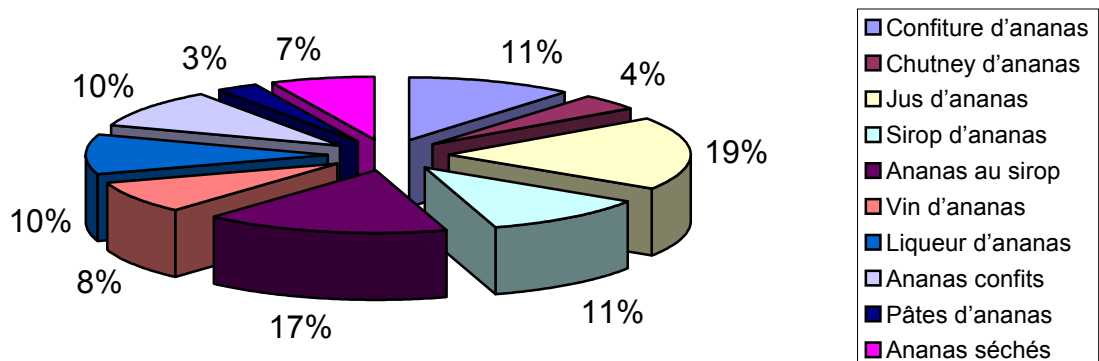
Liqueur d'Ananas	Ananas (kg)	17500	26250	35000	35000	35000
	Alcool (l)	11000	16500	22000	22000	22000
	Sucres (kg)	262,5	393,75	525	525	525
	Bouteilles (pièce)	7500	11250	15000	15000	15000
Ananas confits	Ananas (kg)	4000	6000	8000	8000	8000
	Sucre (kg)	5200	7800	10400	10400	10400
	Glucose (kg)	175	262,5	350	350	350
	Barquette (pièce)	17500	26250	35000	35000	35000
Pâtes d'Ananas	Ananas (kg)	2865,5	4298,25	5731	5731	5731
	Sucre (kg)	1144	1716	2288	2288	2288
	Pectine (kg)	50	75	100	100	100
	Acide citrique (kg)	8	12	16	16	16
	Sachet (pièce)	1000	1500	2000	2000	2000
Ananas séchés	Ananas (kg)	31560	47340	63120	63120	63120
	Sucre (kg)	2550	3825	5100	5100	5100
	Sachets (pièce)	4500	6750	9000	9000	9000

3. Contribution de chaque produit aux charges et au chiffre d'affaires

Contribution de chaque produit aux charges d'approvisionnement



Contribution de chaque produit au chiffre d'affaires





- 1 : Zone de prétraitements
- 2 : Ligne de fabrication n°1
- 3 : Ligne de fabrication n°2
- 4 : Ligne de fabrication n°3
- 5 : Ligne de fabrication n°4
- 6 : Zone de conditionnement

*Références
bibliographiques*

1. PY, C. et LACOEUILHE, J.J., 1984, L'ananas, sa culture, ses produits, techniques agricoles et production tropicale, G.-P.Maisonneuve
2. Revue ananas Wikipédia, historique de l'ananas, 2001 :
<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/wiphy/usages/313.htm>
3. Histoire de l'ananas, 2004 :
http://www.taxis-brousse.com/ananas_histoire.htm
4. <http://www.servicevie.com>, 2004 :
5. RASOLOFOMANDIMBY, R., (sans date), Etude de la conserverie à base d'ananas à Madagascar, Mémoire de Fin d'Etudes, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Industries Agricoles et Alimentaires
6. Memento de l'agronome, 1993, 4^{ème} édition
7. Feuille d'information ananas. Jardin botanique national de Belgique, 2004 :
http://www.br.fgov.be/PUBLIC/GENERAL/EDUCATION/EDUCATIONFR/infoblad_ananas.fr.html
8. LOISON-CABOT, 1990, Etat des connaissances botaniques, cytogénétiques et biologiques sur la reproduction de l'ananas, publication mensuelle de l'IREA-département « fruitiers du CIRAD », Vol.45, N°4 du Juillet –Août
9. Ananas (tige), 2004 :
http://www.01santé.com/version-1/toutes-therapeutiques/produits_végétaux/plantes_medicinales/ananas.htm
10. <http://www.chez.com>, 2004 :
11. HUBERT, P., 1968, L'ananas, Lycée agricole d'Ambatobe, BDPA, Fiche technique
12. <http://www.jardin.ch>, 2004 :
13. DUPAIGNE, P., 1980, Pouvoir nutritif et diététique de quelques fruits d'origine tropicale : banane, ananas, avocat, Institut de recherche sur les fruits et légumes, Mai, Paris
14. Ananas vert, 2004 :
<http://www.jardinouvert.com/>
15. RANDRIANTSOA, M., 2000, La production d'ananas dans la commune d'Ambohitrambo-Arivotrimamo. Le déssaisonnement et la gestion de fertilité des sols, Mémoire de Fin d'Etudes, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Agriculture
16. Arivotrimamo, 2004 :
<http://www.madanews.com/>
17. SOLER, A., 1992, Ananas, critères de qualité, CIRAD-COLEACP
18. <http://www.unece.org>

19. RAHARINONY, J., 1983, Valeur nutritionnelle des jus des principaux fruits de Madagascar, mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Industries Agricoles et Alimentaires
20. ULRICH, R., sans date, La vie des fruits, Masson & Cie, Paris (VI^e),
21. PECH, J.C., A.LATCHE, M.BOULAYEN-INRAR.UL RICH, 2003, Encyclopedia Universalis, CRDP Martinique,
22. BOURGEOIS, C.M., 1988, Microbiologie alimentaire, aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire, Tec &Doc., Tome 1
23. conservation par irradiation, 2004 :
<http://www.bordas.fr/dvp/pourquoi-traiter.htm>
24. LAVILLE, E., 1994, La protection des fruits après récolte, Paris, CIRAD
25. RAZAFINDRAMANGA, Z., 1998, Contribution à la valorisation des sous-produits de la gaufretterie – Cas de la société JB, Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Industries Agricoles et Alimentaires
26. AFNOR, 1998, Contrôle de la qualité des produits alimentaires : Analyse sensorielle
27. LAROUSSE AGRICOLE, 1981, Librairie Larousse
28. <http://fr.encarta.msn.com/vin.html>, 2004
29. DELANDE D. et al, 1990, Le vin de l'analyse à l'élaboration, Tec&Doc
30. <http://www.gc.ca/>, 2004
31. LUCAS, F., 1995, La Qualité Totale, abrégé d'un nouveau management, IQM
32. RAKOTONAIVO, H., 1999, La transformation des fruits à Madagascar, Service étude conseil du CITE



Mémoire de fin d'études – Département IAA
« Contribution à la valorisation de l'ananas
d'Arivonimamo : Cas du vin et des liqueurs
d'ananas »

Roberto RANDRIANARISON

Résumé

La production annuelle d'ananas à Arivonimamo avoisine les 18000 tonnes et représente le tiers de la production nationale.

Seule une faible partie de cette production est transformée alors que le cultivar *Cayenne lisse*, prédominant à Arivonimamo, possède d'excellentes aptitudes à la transformation.

Afin de mettre en valeur ce potentiel sous-exploité, des études concernant le panorama de transformation de l'ananas d'Arivonimamo ont été mise en œuvre. Le présent ouvrage concerne en particulier le vin et les liqueurs.

Ces deux types de produits ont fait l'objet d'une étude technique. Des processus de fabrication ont ainsi été mis au point. Les rendements suivants ont été obtenus : 342 ml de vin par kg d'ananas et 612 à 486 ml de liqueurs selon le processus employé.

Les produits obtenus ont été appréciés par les consommateurs avec 60% d'avis favorable pour le vin et plus de 90% pour les liqueurs.

L'étude économique a également été réalisée afin d'évaluer la faisabilité de la mise en place d'une unité industrielle. Deux options ont été envisagée : une unité industrielle de base ne traitant que le vin et les liqueurs et une unité industrielle intégrée traitant l'ensemble du panorama de transformation. Il a été démontré que l'unité industrielle intégrée est plus rentable avec un taux de rentabilité interne de 47% contre 16%.

Mots clés : ananas, Arivonimamo, valorisation, vin, liqueur