



UNIVERSITÉ D'ÉTAT D'HAÏTI

(UEH)

FACULTÉ D'AGRONOMIE ET DE MÉDECINE VÉTÉRINAIRE

(FAMV)

DÉPARTEMENT DES SCIENCE ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS

(DSTA)

*« Essai de production et de caractérisation physico-chimique et sensorielle d'un vin à base de la pulpe d'amande (*Terminalia catappa*) »*

Mémoire de fin d'études

Présenté par : Junior DENIS

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur-Agronome

Option : Sciences et Technologie des Aliments

Promotion : 2009-2014

Juillet 2018

Ce mémoire a pour titre :

*« Essai de production et de caractérisation physico-chimique et sensorielle d'un vin à base de la pulpe d'amande (*Terminalia catappa*) »*

a été approuvé par le jury composé de :

Signature

Date

Vilsaint **PHILOGENE**, M. Sc

Membre

Antonio **ANTOINE**, M.Sc

Président du jury

Harold **CORANTIN**, M. Sc

Conseiller scientifique

Dédicace

Ce travail est dédié à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à sa réalisation et particulièrement à :

- Ma mère Chantal LAURENT ;
- Mes frères et sœurs ;
- Mes meilleurs amis Renel LHERISSON et Petrus CERISIER ;
- Tous ceux et toutes celles qui rêvent d'une Haïti meilleure.

Remerciements

Nombreux sont ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de cette étude. Tout d'abord, mes plus sincères remerciements sont adressés au Grand Dieu tout puissant, pour m'avoir donné la vie, la santé, l'intelligence, le courage et les moyens nécessaires pour réaliser ce travail.

Ensuite, je remercie d'une façon spéciale :

- Mon conseiller scientifique : CORANTIN Harold qui a su m'aider dans la construction de mes réflexions tout au long de ce travail à travers leurs remarques pertinentes ;
- Le Corps professoral de la FAMV, particulièrement ceux du département des STA pour leur contribution à ma formation durant ces cinq années d'étude ;
- Tout le personnel du laboratoire de microbiologie de la FAMV, particulièrement les techniciens pour leur inestimable appui ;
- Le personnel de la bibliothèque de la FAMV pour m'avoir facilité la documentation ;
- Les Ingénieurs-Agronomes : JEAN LOUIS Kervince, VIRGILE Jean Wilnes, pour leur aide dans les travaux de laboratoire ;
- Tous les étudiants de la promotion Fiat-lux, spécialement ceux de l'option STA ;
- Ma mère Chantal LAURENT ainsi que mes frères et sœurs pour leur amour et leur soutien ;
- Mes amis JEUDY Jackson, AZIMA Stevens, JOSEPH Lesly, MAINVIEL Riphine, JEAN BAPTISTE Emmanuel, CLAUDIUS Jean Emile, MEDINA Olain et NAZAIRE Fouquet pour leurs précieux conseils ;

Résumé

Le but de cette présente étude consistait en la valorisation de la pulpe d'amande (*Terminalia catappa*) par la production d'un vin. Dans ce cas trois(3) formulations ont été élaborés dont les proportions définies sont : A1, A2 et A3. Les paramètres physico-chimiques analysés au laboratoire sont : Acidité titrable, pH, degré brix, les sucres totaux, les sucres réducteurs et le titre alcoométrique. En outre, une évaluation sensorielle des vins d'amande a été réalisée afin de les classer par ordre de préférence.

Les résultats des analyses ont révélé une variation de 9,26 à 13,49 pour le degré alcoolique, de 73,51g/l à 77,65 g/l pour les sucres totaux, 21,28 g/l à 24,33 g/l pour les sucres réducteurs, 9,50 mg à 12,82 mg pour l'acidité titrable, 13,70 à 14,47 pour le Brix et de 3,38 à 3,49 pour le pH. Tandis qu'aucun cas de contamination n'a pas été décelé après analyses de ces échantillons. En ce qui a trait aux caractéristiques sensoriels, les panelistes ont exprimé leur préférence pour l'échantillon A2 contenant un degré alcoolique 11,73.

En se basant sur les résultats des différentes analyses, il convient de dire que cet essai a permis de réaliser un vin de bonne qualité. Cependant, avant de se lancer dans une production à grande échelle, une étude approfondie devrait être réalisée ainsi que des matériels plus performants doivent être pris en compte pour avoir un produit standardisé dans le temps.

Mots clés : Amandier pays, Zanmann, *Saccharomyces cerevicae*, fermentation, sucres réducteurs, bactéries lactiques, levures.

Table des Matières

Dédicace.....	iii
Remerciements	iv
Résumé	v
Liste des Figures	ix
Liste des Tableaux.....	x
Liste des Sigles et des Abréviations	xi
Liste des Annexes	xii
I. Introduction.....	1
1-1. Problématique et Justification	1
1.2. Objectif de l'étude	2
1.2.1. Objectif général	2
1.2.2. Objectifs spécifiques	2
1.3. Hypothèse de travail.....	2
1.4. Intérêt de l'étude.....	2
1.5. Limitations de l'étude.....	3
2. Revue de Littérature.....	4
2-1. Généralités sur la plante	4
2-1-1. Description botanique	4
2-1-2. Origine et répartition géographique	5
2-1-3. Conditions culturelles.....	5
2-1-4. Utilisation en médecine traditionnelle.....	5
2-1-5. Chimie	6
2-1-6. Données pharmacologiques.....	7
2-2. Généralités sur le vin.....	7
2-2-1. Historique du vin.....	8
2-2-2. Origine et composition du vin.....	8
2-2-3. La vinification et type de vins	9
2-2-4. Élaboration d'un vin.....	9

2-2-4-1. Choix du fruit.....	10
2-2-4-2. Obtention du jus.....	10
2-2-4-3. La correction du moût.....	10
2-2-4-4. Obtention du vin.	11
2-2-4-5. La correction du vin.....	13
2-2-4-6. La clarification.....	13
2-2-4-7. Le soutirage.....	13
2-2-4-8. L’embouteillage.....	14
2-2-4-9. La garde.....	15
3. Matériels et Méthodes.....	16
3-1. Situation de l’étude.....	16
3.2. Méthodes.....	16
3.2.1. Choix de la matière première.....	16
3.2.2. Mise au point du Produit.....	16
3-3. Matériels de travail.....	18
3.3.3. Étapes de fabrication du vin.....	22
3.3.4. Formulation.....	23
3.4. Caractérisation de la qualité du vin d’amande.....	24
3.4.1. Analyses microbiologiques.....	24
3.4.1.1. Les opérations préliminaires.....	24
3.4.1.2. Dénombrement des Bactéries lactiques.....	24
3.4.1.3. Dénombrement des Levures et moisissures.....	25
3.4.1.4. Dénombrement des germes totaux.....	25
3.4.2. Analyses physico-chimiques.....	26
3.4.2.1. Détermination du degré Brix (°Bx).....	26
3.4.2.2. Détermination du pH.....	26
3.4.2.3. Dosage de l’acidité totale.....	27
3.4.2.4. Dosage des sucres totaux et réducteurs.....	27
3.4.3. Caractérisation sensorielle.....	27
3.4.1.5. Composition du jury lors de la présentation des échantillons.....	28
3.4.1.6. Approche hédonique.....	28
3.4.1.7. Approche analytique.....	28

3.5. Analyse et traitement des données	28
4. Résultats et Discussions	29
4.1. Description générale du produit	29
4.1.1. Caractéristiques physico-chimiques des échantillons du vin d'amande.....	29
4.1.2. Acidité titrable	29
4.1.4. pH.....	30
4.1.6. Degré Brix.....	31
4.1.7. Les sucres totaux.....	31
4.1.8. Sucres réducteurs	32
4.1.9. Titre alcoométrique.....	33
4.2. Caractéristiques microbiologiques des formulations de vin d'amande	33
4.3. Evaluation sensorielle des différents de vin d'amande	34
4.3.1. Acidité.....	34
4.3.2. Test d'odeur	35
4.3.3. Tests de préférence (Hédonique)	35
4.3.4. Test d'apparence visuelle.....	36
4.4. Calcul de la rentabilité du produit	36
4. Conclusion et Recommandations.....	38
5. Références Bibliographiques.....	40

Liste des Figures

Figure 1. Vue d'un arbre de <i>Terminalia catappa</i> source : (Adjanohoun E. et Coll., 1985).....	4
Figure 2. Feuilles, fleurs et fruit de <i>Terminalia catappa</i> . Source :(Boullard, 2001).....	6
Figure 4. Acidité titrable des trois formulations de vins à base de pulpe d'amande.....	30
Figure 5. Variation du pH des trois formulations de vins à base de pulpe d'amande.....	30
Figure 6. Variation des degrés brix des trois formulations de vin à base de pulpe d'amande	31
Figure 7. Variation des sucres totaux des trois formulations de vin	32
Figure 8. Variation des sucres réducteurs des trois formulations de vin.....	32
Figure 9. Variation des sucres réducteurs des trois formulations de vin.....	33

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Les matériels utilisés	19
Tableau 2 : Valeur en UFC de germes dénombrés dans les formulations de vin d'amande.....	34
Tableau 3. Comparaison des moyennes des formulations pour l'acidité.....	34
Tableau 4. Comparaison des moyennes des formulations pour le test d'odeur	35
Tableau 5 : Comparaison des moyennes des formulations pour le test de préférence	36
Tableau 6. Comparaison des moyennes des formulations pour le test de couleur.....	36
Tableau 7 : Charges et Recettes totales du produit	37

Liste des Sigles et des Abréviations

A1	: Première formulation du vin à base de la pulpe d'amande
A2	: Deuxième formulation du vin à base de la pulpe d'amande
A3	: Troisième formulation du vin à base de la pulpe d'amande
AFNOR	: Association Française de Normalisation
ANOVA	: Analysis of Variance (Anglais) ou Analyse de Variance
AOAC	: Association of Official Analytical Chemist
CNRTL	: Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales
CTA	: Centre technique de coopération agricole et rurale
Df	: Degree of freedom
DSTA	: Département des Sciences et Technologie des Aliments
FAMV	: Faculté d'Agronomie et de Médecine vétérinaire
FAO	: Food and Agriculture Organization
IRAD	: Institut de Recherche Agricole pour le Développement
IFV	: Institut Français de Vigne et de Vin
ISO	: Organisation Internationale de la Normalisation
MARNDR	: Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural
MRS	: Maan, Rogosa and Sharpe
PCA	: Plate Count Agar
PE	: Prise d'essai
pH	: Potentiel Hydrogène
PP	: Phénol phtaléine
UEH	: Université d'Etat d'Haïti
UFC	: Unité Formant des Colonies
YGC	: Yeast Glucose Chloramphenicol
SQ	: Square

Liste des Annexes

Annexe A : Mode opératoire pour la détermination du titre alcoométrique

Annexe B : Mode opératoire pour le dosage des sucres réducteurs et totaux

Annexe C : Mode opératoire pour le dénombrement des germes

Annexe D : Fiche de dégustation

Annexe E : Formule de calcul du nombre N de germes par ml de produit

Annexe F : Les teneurs en sucres et leur teneur correspondance avec le titre alcoométrique probable

Annexe G : Les normes

I. Introduction

1-1. Problématique et Justification

L'amandier (*Terminalia catappa*) communément appelé « amandier pays » en Haïti est une plante médicinale riche en micronutriments et doué de propriétés antioxydantes (Chétima, 2004). Certaines études pharmacologiques récentes ont démontré que l'extrait aqueux de feuilles d'amandier présente d'intéressantes propriétés *in vitro* telles que le blocage des radicaux libres dont l'action nuit à l'intégrité de certaines cellules. Elles ont démontré également des propriétés anti-inflammatoires permettant de protéger des cellules hépatiques par diminution de la peroxydation des lipides (action sur des chaînes enzymatiques). L'efficacité de cet extrait est voisine de celle du romarin considéré comme une plante de référence (Ekoumou, 2003). Les feuilles d'amandier sont utilisées dans plusieurs pays en médecine traditionnelle, en particulier dans le traitement de l'hypertension (Burkill, 1985). De plus, la commercialisation des feuilles pour ses propriétés antibactériennes et acidifiantes se fait sur internet et dans les magasins spécialisés pour les éleveurs de poissons (Pincemail et al, 1999). Cette plante produit des fruits à chair rouge ou blanche qui font la délectation des enfants en Haïti. Après l'extraction du noyau de l'amande, torréfiée, elle est généralement vendue sur le marché en petit paquet comme l'arachide. Elle peut être aussi utilisée par des artisans dans la production de nougats.

En Haïti bien qu'il n'existe pas encore de ferme d'exploitation, les milliers d'amandier planté un peu partout pour la décoration produisent d'énorme quantité de fruits annuellement. Cette production pourrait être mieux gérée et valorisée par les artisans locaux, des potentielles industries de transformation alimentaires et pharmaceutiques. Cette démarche pourrait constituer également un moyen de créer des valeurs ajoutées dans l'économie nationale par la création de nouveaux emplois et la promotion de la production nationale. Le gaspillage de cette production par rapport à sa richesse documentée en nutriments se présente comme une excellente opportunité à saisir. Le fruit de l'amandier étant protégé par une pulpe juteuse riche en glucide. En plus de l'utilisation du noyau du fruit pour la fabrication de produits artisanaux, la pulpe du fruit peut être valorisée grâce à son contenu en sucre important. Des chercheurs ont démontré qu'il est possible de produire un vin à partir de matière première non conventionnelle contenant du sucre. Nous soulignons les travaux d'Ernest (2014) avec la patate douce (*Ipomea batatas*) et ceux de Carrière (2011) avec l'orange amère (*Citrus aurantium*) qui ont abouti respectivement à la production d'un vin de patate

douce et un vin pétillant à base d'orange amère. Compte tenu du contenu sucre de la pulpe du fruit de l'amandier, la fermentation pourrait être un moyen efficace de transformer le sucre qu'elle contient pour aboutir à un produit dérivé commercialisable comme le vin.

1.2. Objectif de l'étude

1.2.1. Objectif général

Dans ce travail, il se tache de valoriser la pulpe d'amande (*Terminalia catappa*) de variété rouge par la production d'un vin.

1.2.2. Objectifs spécifiques

- Élaborer une formule standard pour la production d'un vin à base de pulpe d'amande
- Évaluer les propriétés physico-chimiques du vin
- Évaluer la qualité microbiologique
- Évaluer les paramètres sensoriels du vin
- Calcul de la rentabilité du produit
- Faire des propositions.

1.3. Hypothèse de travail

- H1 : Un vin de qualité appréciable peut être obtenu en utilisant la pulpe d'amande de variété rouge (*Terminalia catappa*).

1.4. Intérêt de l'étude

Cette étude se porte sur la fabrication d'un vin à partir de la pulpe du fruit de l'amandier. Elle vise également à vérifier la qualité physico-chimique et sensorielle du produit obtenu en fin de chaîne. Pratiquement les retombés de cette étude seraient bénéfiques pour les industries de production agroalimentaire locales et internationales. Le problème de gaspillage serait en partie résolu avec les nouvelles connaissances générées et des opportunités d'investissement dans le domaine de la production et de la transformation industrielles de ce fruit.

1.5. Limitations de l'étude

Certaines contraintes ont été rencontrées au cours de la réalisation de ce travail. En raison de l'absence de certains matériels et de réactifs au laboratoire de la faculté, l'analyse sur les antioxydants contenus dans le vin n'a pas pu être effectuée.

2. Revue de Littérature

2-1. Généralités sur la plante

2-1-1. Description botanique

L'**amandier** (*Terminalia catappa*) est un arbre fruitier de la famille des Combretaceae. Il peut atteindre une vingtaine de mètres de hauteur. Originaire de Nouvelle-Guinée, il s'est naturalisé dans de nombreuses régions tropicales. On le trouve sous le nom d'**amandier-pays** aux Antilles françaises. C'est un très bel arbre de 20 à 25 m de haut à rameaux étagés et aux grandes feuilles lisses formant un bouquet. Les feuilles sont caduques, simples, un peu ovales, à pétiole court et épais. Elles virent du jaune au rouge avant de tomber. Le badamier perd la quasi-totalité de ses feuilles environ deux fois par an, en Janvier-Février et en Juillet-Août. Les jeunes feuilles sont velues et les nervures très marquées sont peu nombreuses. Les inflorescences sont en épis serrés et portent de nombreuses petites fleurs duveteuses comportant un calice à cinq divisions et dix étamines. Les fleurs femelles, blanches, et les fleurs mâles qui sont sur le même arbre sont inaperçues et pas très voyantes. Le fruit est une drupe sèche ovale, charnue et bombée, virant du vert au jaune ou Rouge ou pourpre quand il mûrit. La peau externe lisse couvre une couche de fibres semblables à du liège qui entourent la chair. Le bois qui est élastique est rougeâtre, avec des grains croisés, bouclés et tordus.



Figure 1. Vue d'un arbre de *Terminalia catappa* source : (Adjanohoun E. et Coll., 1985)

2-1-2. Origine et répartition géographique

C'est un arbre originaire de Malaisie et de l'ouest du Pacifique. Introduit en Afrique, il est présent dans les zones bien irriguées allant de l'Afrique de l'Ouest (Sénégal) à l'Afrique centrale. Une plante pantropicale qu'on retrouve surtout en bord de mer sur la plupart des côtes. Au Gabon, on la retrouve surtout à l'Ouest, depuis le nord jusqu'au sud, sur toute la surface côtière.

2-1-3. Conditions culturelles

Grâce à leur coquille légère, les fruits sont le plus souvent dispersés par l'eau. La propagation se fait grâce à ses graines. Sa culture demande le plein soleil, de l'humidité et un sol bien irrigué. Cet arbre manifeste une grande tolérance pour le sel et la sécheresse.

Comme pour beaucoup d'arbres tropicaux, l'amandier peut être cultivé dans un pot où sa taille peut être contrôlée pendant plusieurs années. Quand la tige simple atteint une bonne taille, elle donne plusieurs branches horizontales (Diallo, 2002).

2-1-4. Utilisation en médecine traditionnelle

Feuilles : Au Nigeria, elles sont macérées dans l'huile de palme pour le traitement des amygdalites. En Inde et au Pakistan, le jus de feuilles est utilisé contre la gale, les maladies de peau et la lèpre (www.naturia.per.sg).

On les utilise aux Philippines contre les parasites intestinaux, contre les affections hépatiques à Taiwan et contre la diarrhée.

Jeunes feuilles : Elles sont utilisées dans la préparation de pommade contre la gale, la lèpre et autres maladies cutanées

Écorces : elles ont été recommandées pour leur utilisation en décoction dans le traitement de la gonorrhée, la leucorrhée, les fièvres nauséuses et les crampes d'estomac à San Diego, et dans celui de la diarrhée au Brésil. Mais elles sont aussi utilisées pour soigner les plaies, la blennorragie et l'anémie.

En Indonésie, l'écorce riche en tannins et donc astringente est utilisée en médecine buccale.

Fruits : En Inde, ils sont utilisés contre la lèpre et les maux de tête. Les fruits mûrs sont utilisés contre les nausées de voyage au Mexique.

Les amandes servent à préparer des émulsions adoucissantes pectorales, antitussives tant en Extrême Orient qu'aux Caraïbes.

Feuilles, écorces et fruits : En Asie du Sud Est, ils sont utilisés pour lutter contre la dysenterie et contre les rhumatismes en Indonésie et en Inde.

Fruits et écorces : On les utilise contre la toux à Samoa et l'asthme au Mexique.

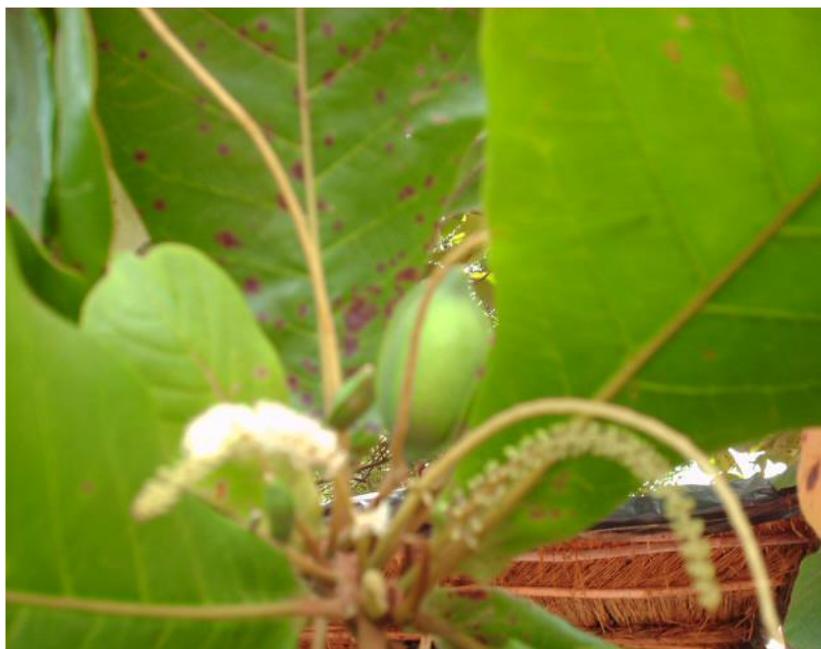


Figure 2. Feuilles, fleurs et fruit de *Terminalia catappa*. Source :(Boullard, 2001).

2-1-5. Chimie

Les feuilles, les fleurs et les écorces sont riches en tanins (punicaline, punicalagine et tercateine). Les fruits en contiennent également autour de 6-20 %. Certains colorants responsables de la coloration des feuilles sont : La violaxanthine, la lutéine et la zéaxanthine. Il y a également des flavonoïdes actuels comme la quercetine et le kaempferol. La présence de stérols a également été rapportée. L'amande obtenue à partir du fruit contient 51-63 % d'une huile appelée : Huile de badamier ou huile d'amande indienne. Le matériel végétal de Côte d'Ivoire a été analysé et contient

des glycérides, de l'acide palmitique (34,4 %), de l'acide oléique (32,1 %), de l'acide linoléique (27,5 %) et de l'acide stéarique (6 %) (Burkill, 1985).

2-1-6. Données pharmacologiques

Les feuilles, en usage externe, sont rafraîchissantes et sudorifiques. Elles contiennent des agents pour la chimio-protection du cancer et offrent probablement des possibilités intéressantes anticarcinogéniques. Elles ont également un effet anticlastogénique (processus qui empêche des coupures dans les chromosomes) dû à leurs propriétés antioxydantes.

L'amande a montré une activité aphrodisiaque, elle peut probablement être employée dans le traitement de quelques formes d'insuffisances sexuelles. Cette amande est également employée par des sélectionneurs de poissons tropicaux d'aquarium pour les maintenir sains, ceci grâce à ses propriétés antibactériennes. Dans la péninsule indochinoise (Burkill, 1985) son écorce riche en tanins et donc astringente est utilisée en médecine buccale. En Chine on attribue des vertus astringentes prononcées aux décoctions ou infusions de fruits du mirobolan (Boullard, 2001). L'exploration biochimique des feuilles de *Terminalia catappa* par Fofana, en 2004, a révélé un pouvoir immunogène.

Autres usages

Le *Terminalia catappa* est très souvent planté comme espèce ornementale, mais surtout pour donner de l'ombre, ses feuilles et ses écorces, riches en tanins, servaient à la fabrication de teinture noire et d'encre

Le bois, dans l'ouest du Pacifique, est utilisé pour ses propriétés de dureté et de durabilité. En Malaisie, il sert pour la construction de bateaux et de maisons. Dans certaines îles, le bois est transformé en des articles résistants comme des chariots, des roues et des poteaux. Les copeaux de bois trempés dans l'eau donnent une solution jaune (Bossokpi, 2002).

2-2. Généralités sur le vin

Un vin est défini comme une boisson alcoolisée élaborée par fermentation de jus de raisin frais. La transformation du jus de raisin en vin fait appel à des souches de levures spécifiques : le *Saccharomyces cerevisiae*. Ces microorganismes transforment les sucres en éthanol et en dioxyde de carbone durant la fermentation alcoolique (Renouf, 2006).

2-2-1. Historique du vin

Depuis l'Antiquité, l'homme savait déjà presser les raisins pour recueillir le jus. La fermentation a été spontanée, c'est-à-dire due à l'action des levures présentes dans le moût qui transforment le sucre en alcool et en gaz carbonique. Le gaz s'échappe de lui-même et ne reste que le jus alcoolisé, d'où le vin net (Michel, 2013). Cependant, c'est durant la seconde moitié du XXe siècle que les progrès techniques ont favorisé la fabrication du vin moderne. Le vin est surtout connu comme d'origine française, utilisé lors des grandes cérémonies.

La vinification n'est pas une spécialité haïtienne, la quasi-totalité de vins se trouvant aux rayons des supermarchés vient de l'étranger.

2-2-2. Origine et composition du vin

Le vin est un produit d'origine française, utilisé dans les grandes cérémonies et aussi dans des rencontres familiales.

En Haïti, ce produit est localisé surtout dans les supermarchés, et seules les personnes aisées peuvent le procurer à cause de son coût élevé. Les unités de transformation des fruits dans le pays ne sont pas encore arrivées à la mise au point de ce produit. Cependant, certaines personnes cherchent à diversifier la matière première des différents types du vin.

Le vin est le produit obtenu exclusivement par la fermentation alcoolique, totale ou partielle, de fruits frais, foulée ou non, ou de moûts de raisin ou d'autres fruits. L'alcool est principalement de l'éthanol, mais on y trouve aussi du glycérol, du sorbitol, du butylène glycol. La teneur en alcool est généralement comprise entre 10 % et 15 % en moyenne pour sa version non renforcée pour une teneur en eau de l'ordre de 85 %.

Le vin contient aussi :

- des sucres : glucose, fructose dont le dosage varie de 0 à 2 g/L dans les vins secs jusqu'à 50 à 60 g/L dans les vins doux pour lesquels la fermentation alcoolique a été incomplète et également des sucres non fermentescibles (pentoses...)
- des acides: tartrique, citrique, acétique, lactique, malique, succinique, oxalique, borique, phosphorique, phénolique, 7 acides benzoïques, 3 acides cinnamiques. Le pH du vin varie de 3 à 4.

- des composés phénoliques : tanins, anthocyanes qui, dans le vin rouge, sont des antioxydants.

2-2-3. La vinification et type de vins

On appelle ainsi l'ensemble des opérations que doit subir le moût pour être transformé en vin (CNRTL, 1984). Certaines opérations visent la fermentation alcoolique du moût et l'affinage d'autres aspects du vin soit du point vu aromatique ou gustatif. Suivant le type de vin qu'on souhaite obtenir, il y a trois types de vinification.

a) La vinification en rouge :

Selon Alexis (1984), la vinification en rouge s'obtient en laissant le moût en contact avec les parties solides de la vendange. Il se produit une sorte de macération qui se traduit par la migration de matières odorantes, colorantes, minérales et azotées vers le moût. La dissolution de ces substances va se faire au cours de la fermentation alcoolique.

b) La vinification en blanc :

La caractéristique principale d'un tel vin est de ne comporter aucune macération, c'est-à-dire, la fermentation se déroule en dehors de tout contact avec les parties solides de la vendange (pépins, peau, rafles). Ce type de vinification est choisie pour que les arômes issus du raisin et ceux qui naissent au cours de la fermentation et du vieillissement soient exprimés au maximum dans le produit fini (Ginglinger, 2013).

c) La vinification des vins rosés

C'est une vinification intermédiaire entre les vins rouges et les vins blancs. Les vins rosés sont peu ou pas tanniques, après 12 à 48 heures de macération (selon la couleur désirée), le moût est soutiré en totalité ou partiellement pour éviter le contact prolongé des peaux : c'est la saignée. Le moût est mis dans une nouvelle cuve où il effectuera sa fermentation alcoolique (Claude, 2009).

2-2-4. Élaboration d'un vin

L'élaboration d'un vin de fruit nécessite plusieurs étapes :

1. Le choix des fruits
2. L'obtention du jus

3. La correction du moût
4. La fermentation
5. La correction du vin
6. Le soutirage
7. L'embouteillage
8. La garde

2-2-4-1. Choix du fruit

La composition de certains fruits est tout à fait équilibrée et adéquate pour la réalisation d'un vin, le raisin en est le type même, la plupart des autres fruits ne le sont pas, il peut s'agir soit d'une déficience en certains éléments ou d'un excès. Dans ce cas, l'obtention d'un vin de qualité réclame une correction. L'amande étant un fruit très acide, une correction pourrait être nécessaire pour obtenir un bon vin.

2-2-4-2. Obtention du jus

Dans le cas du raisin qui est un fruit riche en jus (qui donne 6 à 7 litres de jus pour 10 kg de fruits) on peut faire usage d'un extracteur pour l'obtention du jus, sachant que cet appareil peut aussi modifier l'arôme du jus. On peut également procéder par le foulage qui consiste à faire éclater les grains de raisin de manière douce pour faire jaillir le jus et préparer le pressurage en facilitant l'extraction des moûts. On libère ainsi le jus contenu dans les baies. Pour l'amande, il est plus facile la râper ou la mixer pour avoir le moût. L'utilisation de l'eau est ainsi inévitable pour diluer le moût obtenu.

2-2-4-3. La correction du moût

Les jus de nombreux fruits ne sont pas suffisamment équilibrés pour donner un vin parfait, tel qu'on le souhaite. Des carences en excès doivent être corrigées.

Différentes paramètres peuvent être l'objet d'une correction :

- 1- Correction de l'acidité.

Deux cas de figure peuvent se présenter :

- Insuffisance d'acidité : On peut procéder par ajout d'un acide ou d'un mélange d'acide, ce qui est le plus souhaitable. On peut aussi mélanger le jus dont l'acidité est à corriger avec un autre jus ayant une acidité plus élevée.
 - Acidité trop importante : Diverses techniques sont disponibles : dilution du jus avec de l'eau ; addition des substances capables de neutraliser l'acidité comme le carbonate de Calcium CaCO_3 et le carbonate de potassium K_2CO_3 (De Brouwer, 1990).
- 2- Pour obtenir un vin de degré alcoolique et de teneur résiduelle souhaitée, il convient de faire une chaptalisation, c'est-à-dire ajout de sucre de betterave, de canne, de raisin, ou de moûts concentré.
 - 3- Les sels nutritifs sont un ensemble d'éléments nécessaires à la vie des levures responsables de la vinification. Quand il y a un manque, on doit en ajouter. Le complexe nutritif est ajouté en début de fermentation et surtout dans les jus plus pauvres (André, 2000).

Les tanins participent à la conservation du vin en lui donnant une grande partie de son amertume et de son âpreté. Dans le cas de carence, on peut ajouter 3 gr de tanins pour 10 litres au jus initial

2-2-4-4. Obtention du vin.

La fermentation est le processus au cours duquel le jus devient vin. Ce sont les levures qui sont les ouvrières de la véritable usine qui constitue le moût en fermentation.

Essentiellement, les levures se nourrissent de sucre et excrètent de l'alcool (dans de bonnes conditions, 1 kg de sucre est transformé en 0,6 L d'alcool pur).

Outre l'alcool éthylique, les levures fabriquent, en moindre quantité, de nombreuses autres substances qui vont contribuer au bouquet du vin : d'autres alcools (principalement le glycérol dont la présence, très souhaitable, donnera du moelleux au vin). Les vins contiennent aussi un peu de méthanol.

Depuis quelques décennies, le génie humain a réussi à sélectionner diverses souches de levures intéressantes à divers titres :

- Les levures sauvages sont intoxiquées par de faibles concentrations en alcool, leur métabolisme produit des substances indésirables en trop grande quantité.

- Les levures sélectionnées résistent à des concentrations d'alcool relativement élevées (jusqu'à plus de 18% vol pour certaines souches)
- Leur métabolisme produit des substances aromatiques agréables en plus grande quantité
- Elles supportent des concentrations en CO₂ relativement élevées.

La fermentation spontanée est donc maintenant abandonnée au profit du levurage qui présente des avantages innombrables. Le choix des levures est essentiel.

Depuis l'avènement des levures lyophilisées de haute qualité, l'ère du pied de cuve est révolu. Il suffit de délayer les levures dans 10 fois leur volume d'eau sucrée (5%) tiède (30-35%), de les laisser se réhydrater ¼ d'heure et de les ajouter au moût. On obtient un départ rapide de la fermentation.

Doses moyennes : *Saccharomyces cerevisiae* : 2-3 g/10 L

Saccharomyces cerevisiae ellipsoideus : 1.5-2 g/ 10 L

Saccharomyces bayanus : 2-4 g/ 10 L

Selon la souche de levures, les conditions de culture, la température, la fermentation peut démarrer entre de 1-3 heures après le levurage jusqu'à 2-3 jours (phase de latence). Durant ce temps, les cellules se multiplient et consomment l'oxygène du moût.

La première phase de fermentation, dite « phase tumultueuse », se caractérise par un dégagement violent de CO₂ et un échauffement du moût. Elle dure de 15 à 20 jours selon les conditions. Durant ce temps, la majorité du sucre est transformée en alcool. D'un jour à l'autre, la production de CO₂ diminue et se poursuit lentement : c'est la fermentation lente. Elle est brève pour les vins secs peu alcoolisés et longue pour les vins doux alcoolisés. Cette phase est sensible aux conditions défavorables, la température doit demeurer stable.

Les levures et débris végétaux sédimentent. C'est lorsque la phase tumultueuse s'arrête qu'il faut ajouter le sucre éventuel. À la fin de la fermentation, introduire dans le barboteur une pincée de métabisulfite de sodium. Lorsqu'il s'échappe plus de CO₂, secouer la tourie. Si le barboteur reste muet pendant 2 jours, la fermentation est terminée. Dès à présent, le vin sera bon ou mauvais selon le soin qu'on y aura consacré.

Certains facteurs influencent favorablement la production d'arômes dans le vin. Outre le choix de la souche de levures, citons : une température basse est favorable au développement de l'arôme. De même qu'une fermentation sous pression ; celle-ci peut être obtenue en fermentant dans un baril à pression avec soulage ou en utilisant un type de barboteur composé de deux cylindres emboîtés. Le dépôt d'un poids (pièce de monnaie) sur le cylindre supérieur mobile créera de la pression dans la cuve de fermentation.

Un deuxième type de fermentation peut intervenir plus tard (parfois plusieurs mois plus tard) : la fermentation malolactique. C'est une fermentation secondaire à la fermentation alcoolique. Elle est produite par les bactéries lactiques particulièrement qui transforment l'acide malique en acide lactique et CO₂.

2-2-4-5. La correction du vin

Après le processus de fermentation, le vin doit être soumis à une série de contrôle et d'analyses visant à vérifier si le vin est tel qu'on le souhaite ou pour procéder à des corrections qui s'imposent. Des cas d'imperfections peuvent être enregistrés au niveau du degré alcoolique, les résidus de pectines, des tanins. Des opérations comme la clarification et le raffinage réduisent les risques d'altération du vin.

2-2-4-6. La clarification

Elle vise la recherche et l'élimination de la pectine. La recherche des pectines se fait selon le mode opératoire suivant : prélever 5 ml de jus et le placer dans une éprouvette graduée, y ajouter 30 ml de méthanol. Bien agiter, laisser reposer 15 minutes et examiner devant une source lumineuse. La présence de pectine est indiquée par l'apparition de gros flocons blanchâtres et de très fines particules en suspension. En présence de pectines, on ajoute un enzyme pectolytique (Multizym ou Zymex) selon les indications du fabricant. Pour éliminer la pectine, on peut utiliser également de la gélatine œnologique (Desseigner, 2012).

2-2-4-7. Le soutirage

Selon Bal (2013), le soutirage est une sorte de décantation, qui vise à séparer le vin de ses lies lors de son élevage. Par cette opération d'une importance capitale, le vigneron élimine les dépôts devenus indésirables, constitués des résidus de fermentation, de tartre précipité qui s'accumulent au fond de la barrique ou de la cuve. Le contact prolongé de ces résidus et du vin risque d'induire des

déviations aromatiques, des odeurs de réduit ou « d'œuf pourri », des mauvais goûts, voire des maladies.

2-2-4-8. L'embouteillage

La mise en bouteille marque la fin de la chaîne technologique du vin, les principes d'hygiène doivent être rigoureusement observés à cette dernière étape. Une hygiène insuffisante sur le matériel d'embouteillage peut être à l'origine de défauts plus ou moins graves tels que :

- Le non-respect de normes microbiologiques
- L'apparition de matières solides en suspension dans les bouteilles.
- Le développement de bactéries ou de levures après mise en bouteille avec formation de dépôts et modification de la limpidité.
- La modification des caractères organoleptiques du vin (goûts anormaux, oxydation, dégagement de CO₂)
- La contamination par des substances chimiques provenant des surfaces (métaux, graisses, caoutchouc, produits de nettoyage...)

Ces contaminations peuvent avoir plusieurs sources :

- 1) Les bouteilles neuves : On doit les désinfecter, car elles ne sont pas stériles
- 2) Les bouteilles de récupération : Elles peuvent être sources de microorganismes d'altération
- 3) L'air ambiant : Des contaminations importantes peuvent avoir lieu si les locaux d'embouteillage sont en communication avec la cuverie ou des entrepôts de stockage.
- 4) Les circuits : Les tuyauteries, les joints, la robinetterie qui alimentent une remplisseuse peuvent conserver, dans des recoins, du vin susceptible de devenir foyer de contamination remplisseuses
- 5) Les remplisseuses : Quel que soit son principe de fonctionnement (par gravité, surpression ou dépression), la remplisseuse se présente comme un ensemble ne complexe pas toujours adapté à l'application de procédures d'hygiène efficaces
- 6) La boucheuse : les boucheuses demeurent par leur complexité des matériels difficilement nettoyables.

- 7) Les mains des opérateurs : Toute intervention manuelle sur les becs des soutireuses, bouchons, boucheuses, etc., peut être à l'origine de contaminations.
- 8) Le bouchon : Le bouchon de liège peut apporter des poussières, des contaminations microbiennes et des résidus chimiques issus de mauvais rinçage, de procédures de fabrication et de lavage inadaptées

2-2-4-9. La garde

Une fois en bouteille, le vin est, selon les appellations et le type de vinification, prêt à la consommation, où il nécessite un séjour en cave plus ou moins long pour « se faire ». Le type de cuve dans lequel le vin est stocké peut influencer son goût. On considère les cuves en acier inoxydable ou en résine (polyester) comme neutres vis-à-vis du vin, alors que les cuves en bois ou les barriques ont un rôle bonificateur, notamment pour les vins « de garde », les plus structurés et les plus complexes. Les vins de garde sont ceux qui peuvent vieillir, qui prennent du temps pour entamer son déclin. Autre que la nature de la cuve, sa température et la présence de la lumière influencent également sur la durée de conservation du vin (Michel, 2013) Une température élevée fera vieillir rapidement le vin (ou se dégrade s'il n'est pas apte à la conservation). Une température basse prolongera sa conservation. Une température de 15°C est une bonne moyenne pour la plupart des vins. Un vin de garde tolère 20°C, mais le cible, plus fragile, préfère un endroit frais (10°C). Le temps qu'un vin peut se conserver dépend de plusieurs facteurs. Les facteurs favorisant la durée de conservation sont :

- Une haute teneur en éthanol ;
- Une acidité importante ;
- Une forte charge en tanin ;
- La présence d'agents conservateurs (SO₂, acide sorbique)

3. Matériels et Méthodes

3-1. Situation de l'étude

Les travaux relatifs à l'élaboration du vin à base d'amande à chair rouge ont été réalisés à Damien à la Halle Technologique de la Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV). En outre, l'analyse des paramètres physico-chimique et l'évaluation de la qualité bactériologique de ce vin ont été respectivement réalisées au laboratoire de chimie et le laboratoire de microbiologie de la FAMV. Au niveau de ces deux derniers laboratoires, la température varie de 22 à 27⁰ C et l'humidité relative oscille autour de 60%.

3.2. Méthodes

3.2.1. Choix de la matière première

Les fruits de l'amande ont été sélectionnés suivant leur maturité et indemnes de trace de blessure. Ils ont été d'abord lavés et ensuite épluchés pour calculer le volume du mout qu'on va utiliser dans la fabrication du vin. On a procédé au mixage des pulpes de l'amande pour l'obtention du moût.

3.2.2. Mise au point du Produit

La mise au point du produit consistait à transformer l'amande en produit fermenté (vin d'amande), connu sous le nom de vinification suivant certaines étapes préliminaires suivies de plusieurs opérations unitaires : réception de la matière première, triage, lavage, Pesage, blanchiment/Cuisson, râpage/Mixage, obtention du moût, formulation, Correction du moût, fermentation, Chaptalisation, Correction du vin, clarification, embouteillage, Stockage, Dégustation. Un diagramme de fabrication a été adopté (Figure 3).

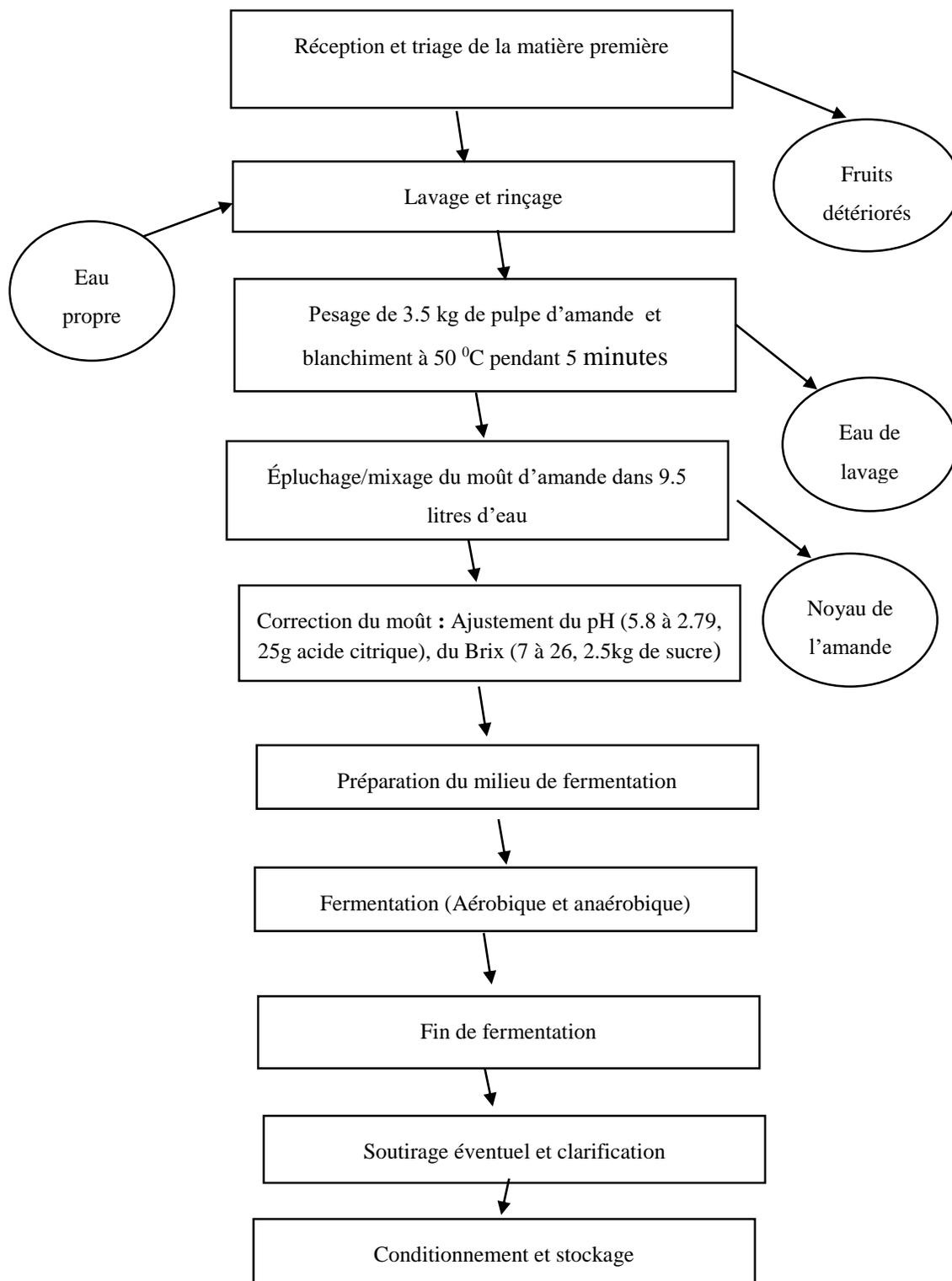


Figure 3. Diagramme de fabrication du vin à base de la pulpe d'amande

3-3. Matériels de travail

Pour la réalisation de ce travail, l'usage de plusieurs matériels a été fait : matériels de fabrication et de préparation, matériels de cuisson, matériels de contrôle et de mesure, matériels d'emballage, matériels de nettoyage et les matériels de laboratoire qui ont été utilisés pour faire les analyses microbiologiques et physico-chimiques des échantillons du produit(tableau1).

Tableau 1 : Les matériels utilisés

Matériel Végétal	Rôles	Contrôles
Amande (<i>Terminalia catappa</i>)	Matières premières servant à la mise au point des produits	Maturité, idem des traces de blessure
Matériels de fabrication et de préparation	Rôles	Contrôles
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cuvette de nettoyage (20 litres) ❖ Mixeur ❖ Paillasse ❖ Eau, sucre blanc, ❖ Spatules, cups ❖ Serviettes de tables ❖ Gants 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Lavage/nettoyage ❖ Mixer la pulpe d'amande ❖ Etaler des différents produits ❖ Ingrédients entrant dans la fabrication du produit ❖ Utilisées lors des mesures de poids ❖ Nettoyage des matériels ❖ Préhension 	<ul style="list-style-type: none"> • Les salissures, fruits détériorés • Obtention d'un jus peu épais • Assurer la propreté • - • Bon état • Non abimés
Matériel de transport	Rôles	Contrôles
Sac en plastique	Transport de l'amande	-

Matériels de cuisson/Stérilisation	Rôles	Contrôles
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Chaudière à pression ❖ Gaz propane et allumettes ❖ Marmite de cuisson en Inox ❖ Cuillère en Inox 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Augmentation de la température ❖ Faire le feu ❖ Pasteurisation de l'amande ❖ Remuer le moût 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Veiller à son étanchéité pendant l'usage ❖ Contrôle avant et après ouverture de la bonbonne et de l'intensité du feu ❖ Eviter la cuisson trop longue
Matériels de contrôle/de mesure	Rôles	Contrôles
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Balances DETECO (10 Kg) et de sensibilité 20 g ❖ Balance de précision de marque WELCH, de capacité 200 g et de sensibilité 1/10 g ❖ Réfractomètre de marque Leica 1032, 0-32⁰ Brix ❖ Calculatrice de marque SHARP ❖ Chronomètre ❖ pH-mètre (CORNING) ❖ Vinomètre 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peser le sucre, la pulpe d'amande ❖ Peser les petites quantités (acide) ❖ Mesure la concentration en sucre du vin pétillant en fin de cuisson ❖ Réalisation des calculs ❖ Mesure du temps ❖ Mesure de pH ❖ Mesure du taux d'alcool 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Variation de poids dans les pesées qui influence les résultats, recettes ❖ Idem ❖ Concentration en sucre reste dans l'intervalle fixée ❖ Temps 1que prend chaque opération ❖ La température de stockage des produits élaborés ❖ Trop grande ou trop faible acidité ❖ Trop grande ou faible degré alcoolique

Matériels d'emballage	Rôles	Contrôles
❖ Bouteille en verre et des bouchons (2 douzaines)	❖ Emballer les produits élaborés et faciliter la conservation	❖ S'ils ne sont pas détériorés ou recyclés afin d'assurer l'étanchéité des bouteilles remplis

3.3.3. Étapes de fabrication du vin

Elle a été faite en suivant ces étapes

➤ Réception et triage

Les fruits de l'amandier de variété rouge ont été reçus à la Halle technologique de la STA, au cours de ce processus, les fruits qui ont des traces de blessures et attaqués par des ravageurs ont été jetés.

➤ Lavage et blanchiment

Les amandes ont été placées dans une cuvette en plastique et de l'eau du robinet utilisée pour le lavage. Ensuite, les amandes sont retirées une à une pour être mises dans une autre cuvette après avoir enlevé les impuretés. Un rinçage à l'eau du robinet a été fait pour éliminer toutes les impuretés. Le blanchiment pendant 5 (cinq) minutes à 50 degrés Celsius a permis de diminuer la charge microbienne.

➤ Séparation de la pulpe du noyau et Pesage

Les pulpes ont été séparées de l'amande à l'aide d'un couteau, pour ensuite peser dans une balance de type DETECO (10 kg) et une quantité de 3,5 kg de pulpe d'amande a été mesurée.

➤ Mixage

Pour obtenir le moût destiné à la fermentation, il a fallu mélanger les 3,5 kg de pulpe avec 9,5 litres d'eau dans un mélangeur de type HAMILTON pendant 3 minutes.

➤ Correction du moût

Le degré Brix du moût après le mixage était de 7, une quantité de 2,5 kg de sucre de table a été ajoutée pour le porter à 21,6, afin favoriser une bonne fermentation. Cette correction s'est portée également sur le pH qui était de 5,8, en ajoutant 25 g d'acide citrique pour porter le pH à 2,79 pour 9,5 litres de moût.

➤ Préparation du milieu et fermentation

Avant l'ajout des levures, à l'aide d'un réfractomètre de type ALLA, la quantité de sucres déjà contenue dans le moût a été déterminée, la quantité à ajouter a été obtenue grâce au tableau vinométrique (Annexe F). Ensuite, un ensemencement de 3 g de levures *Sacharomyces cerevisiae* a été fait dans 9,5 litres de moût. Pour parvenir à la fermentation, le moût ensemencé obtenu à partir

du mixage de la pulpe d'amande a été exposé à l'air pendant vingt-quatre (24) heures pour favoriser la multiplication de ces microorganismes.

Après cette phase dite aérobie, les récipients contenant le moût ont été placés à l'abri de la lumière, c'est la phase dite anaérobie. Au cours de cette phase, les levures utilisaient le sucre du milieu comme source d'énergie et rejetaient de l'alcool et du CO₂. Le moût, mis dans des cuves en plastique (boîte muni d'un robinet 18.9 litres) a été maintenu en milieu anaérobie pendant deux mois. Tout au long de la fermentation, l'ajout de levures a été réalisé pour accélérer le processus de fermentation

➤ **Clarification.**

La prise de 3,78 litres de moût a été faite pour être clarifiée par du blanc d'œuf. Deux cent (200) g de blanc d'œuf ont été battus en neige à l'aide d'une cuillère. Cette neige était directement mise dans le vin au fur à mesure qu'elle a été obtenue. Le tout est laissé reposer pendant près de trois (3) jours. L'observation de la formation de deux (2) phases au niveau de la cuve a été enregistrée. Un filtre a permis de séparer le filtrat de la deuxième phase.

➤ **Embouteillage et pasteurisation**

Pour le conditionnement de ce vin, des bouteilles en verre pouvant être fermées hermétiquement avec le système Twist-Off ont été utilisées. L'embouteillage se faisait manuellement à l'aide d'un pot métallique et à la température ambiante (25⁰ C). La pasteurisation s'ensuit ayant comme objectif de stopper le processus de fermentation en détruisant la population de levure *Saccharomyces cerevisiae*. Pour ne pas altérer les qualités organoleptiques des produits, une pasteurisation a été faite à 75° C pendant 15 à 30 secondes.

➤ **Codage**

L'identification des échantillons a été faite par le codage tout de suite après le conditionnement. D'où, pour désigner les formulations 1, 2, 3 les symboles A₁, A₂, A₃ ont été utilisés.

3.3.4. Formulation

À l'aide d'un vinomètre (ALLA) le degré alcoolique a été déterminé. En gardant les autres paramètres (eau, pH, température, conservateurs chimiques) constants, cette nouvelle chaptalisation visait à varier le taux de sucre dans chacun des récipients pour l'obtention à la fin de taux alcoolique

différent. La quantité de sucres ajoutée dans chaque récipient a été déterminée en fonction du degré alcoolique probable après un mois de fermentation en se basant sur le tableau vinométrique (Annexe F). Après la chaptalisation, les différentes formulations ont dû rester un mois et demi en fermentation pour l'obtention de degré alcoolique différent au niveau de chaque formulation.

3.4.Caractérisation de la qualité du vin d'amande

3.4.1. Analyses microbiologiques

Pour déterminer les qualités microbiologiques du vin d'amande, les paramètres microbiologiques ont été déterminés au laboratoire de contrôle de la qualité des denrées alimentaires de la FAMV pour dénombrer les germes totaux, les bactéries lactiques et les moisissures.

3.4.1.1.Les opérations préliminaires

Avant la mise en marche du processus d'analyse, des opérations préliminaires ont été réalisées préalablement pour rendre les analyses possibles et réduire les facteurs qui peuvent fausser les résultats. Celles-ci sont les suivantes :

- Préparation des milieux de culture
- Enregistrement et codage des échantillons lors de la réception
- Nettoyage de la paillasse
- Stérilisation des boîtes de Pétri et des pipettes
- Codage des Boîtes de Pétri
- Allumage des Bec Bunsen

3.4.1.2. Dénombrement des Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques ont été dénombrées suivant la méthode ISO 72181996(F) (Annexe C). Les germes aérobies ont été déterminés avec des milieux MRS, Le milieu de culture, Maan Rogosa and Sharpe (MRS), de marque (Merck KG aA) a été préparé à partir de la dissolution de 62.2 g dans un litre d'eau déminéralisée par chauffage dans un bain marie bouillant. Ensuite, stérilisé à 121° C pendant 15 mn à l'autoclave.

Puis des dilutions de 10^{-1} à 10^{-3} à partir de la solution mère, ont été faites en utilisant neufs (9) tubes à essais, à l'aide d'une pipette stérile de 1 ml, il a été prélevé 1 ml de la solution mère que

l'on met dans une boîte de pétri, avec cette même pipette, on a prélevé encore 1 ml de la solution mère que l'on met cette fois-ci dans un tube à essai, ainsi de suite, la dilution a été faite pour chaque tubes à essai.

Enfin, l'incubation a eu lieu à l'étuve à la température de 25°C pendant 72 heures. En fin d'opération Le calcul du nombre le plus probable (NPP) par comparaison des tubes de dilution avec le témoin a été faite pour le dénombrement des colonies, puis une lecture a été fait suivant le chiffrage (+ ou -) dans le tableau de Mac Grady.

3.4.1.3. Dénombrement des Levures et moisissures

Les levures et moisissures ont été dénombrées par comptage de colonies à 30°C en aérobiose suivant la norme ISO 7954 : 1987 (Annexe C). Les germes aérobiques ont été développés sur un milieu (YGC), le milieu de culture, Yeast Glucose Chloramphénicol (YGC, Agar) de marque QUELAB, a été préparé à partir de la dissolution de 20.05 g dans 500 ml d'eau purifiée. Puis chauffé en agitant fréquemment, puis laissé bouillir pendant une minute, et ensuite stérilisé à 121° C pendant 15 mn à l'autoclave.

Puis des dilutions de 10^{-1} à 10^{-3} ont été faites en utilisant quatre (4) tubes à essais, à l'aide d'une pipette stérile de 1 ml, il a été prélevé 1 ml de la solution mère que l'on met dans une boîte de pétri, avec cette même pipette, on a prélevé encore 1 ml de la solution mère que l'on met cette fois-ci dans un tube à essai, ainsi de suite, la dilution a été faite pour chaque tubes à essai.

Après la dilution un ensemencement en profondeur du milieu pour les levures et moisissures a été fait. Ensuite, les boîtes de pétri contenant les différentes dilutions ont été incubées à 25 °C pendant 72 heures. Les colonies apparues sont ensuite comptées.

3.4.1.4. Dénombrement des germes totaux

Les germes totaux (GT) ont été dénombrés par comptage de colonies à 30°C en aérobiose suivant la norme ISO 4833 : 1991 (Annexe C). Les germes aérobies mésophiles ont été développés sur les milieux PCA. Le milieu de culture, Plate Count Agar, (Merck, PCA), a été préparé à partir de la dissolution de 17.5g dans un litre d'eau purifiée. Puis chauffé en agitant fréquemment, puis laissé bouillir pendant une minute, et ensuite stérilisé à 121° C pendant 15 mn à l'autoclave.

Des dilutions de 10^{-1} à 10^{-3} ont été faites en utilisant quatre (4) tubes à essais, à l'aide d'une pipette stérile de 1 ml, il a été prélevé 1 ml de la solution mère que l'on met dans une boîte

de pétri, avec cette même pipette, on a prélevé encore 1 ml de la solution mère que l'on met cette fois-ci dans un tube à essai, ainsi de suite, la dilution a été faite pour chaque tubes à essai.

Après la dilution un ensemencement en profondeur du milieu PCA dans trois(3) boites a été fait. Ensuite, les boîtes de pétri contenant les différentes dilutions ont été incubées à l'étuve à la température de 37⁰C pendant 24 heures. Enfin, un comptage des colonies caractéristiques a été fait en fin d'opération.

3.4.2. Analyses physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques suivants ont été déterminés selon les méthodes recommandées par AOAC (1975), tels : Le titre alcoométrique, le pH, l'acidité totale, le degré brix, les sucres totaux et réducteurs.

3.4.2.1.Détermination du degré Brix (°Bx)

Le degré Brix (°Bx) sert à mesurer la fraction de sucre dans un liquide, en d'autres termes le pourcentage de matière sèche soluble. À l'aide d'un réfractomètre électronique de marque Fisher et modèle SERIAL, le taux de solides solubles a été déterminé. Pour chaque échantillon une goutte du vin a été déposée sur le prisme du réfractomètre et dont la concentration en sucre a été déterminée par lecture directe.

3.4.2.2.Détermination du pH

Pour déterminer le pH, un pH-mètre électronique de marque CORNING a été utilisé. Après étalonnage avec des solutions pH4 et pH7, l'électrode a été trempée dans la solution du vin à analyser, préparée suivant la méthode AOAC. La démarche suivante a été adoptée :

- Mixage de cinq (5) g du produit à analyser pendant cinq minutes ;
- Ajout de 50 ml d'eau chaude pour faciliter l'évaporation du CO₂ ;
- Agitation avec un agitateur magnétique pendant 10 mn ;
- Rinçage de l'électrode après chaque trempage, avec de l'eau distillée ;
- Plongée de l'électrode dans la solution du vin pétillant préparé ;
- Lecture directement au pH-mètre.

3.4.2.3. Dosage de l'acidité totale

La recherche de l'acidité totale permet de savoir la quantité d'acide acétique en gramme contenu dans 100 ml de vin. Pour chaque échantillon soumis à cette analyse, la neutralisation de 250 ml d'eau distillée bouillie, refroidie à l'abri de l'air et dans lesquelles on a versé 25 ml de l'échantillon (P.E) de vin. Les échantillons ont été au nombre de 3. La neutralisation a été effectuée avec une solution de NaOH (0,1 N) en présence de 2 ml de phénolphaléine. Pour avoir le résultat pour chaque échantillon, on a utilisé la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable totale} = \frac{60 * N (\text{titre de NaOH}) * V (\text{volume NaOH versé}) * 100}{\text{Volume P.E (prise d'échantillon)}}$$

Le résultat a été exprimé en mg d'acide acétique pour 100 ml d'échantillon de vin.

3.4.2.4. Dosage des sucres totaux et réducteurs

Ils ont été déterminés par la méthode de Somogyi Shaffer qui réclame un long processus. Les principales étapes qui ont été réalisées sont les suivantes

- ✓ Élimination de l'alcool
- ✓ Défécation
- ✓ Hydrolyse du saccharose
- ✓ Dosage des sucres totaux
- ✓ Titrage par une solution de thiosulfate N/200 en présence d'empois d'amidon

Cette méthode a été basée sur le principe de la réduction du cuivre de CuSO_4 en milieu alcalin, et est en retour oxydé. L'oxyde cuivreux (Cu_2O) formé a été oxydé par l'iode naissant se dégageant d'une solution d'iodure et d'iodate de potassium en milieu sulfurique. L'iode en excès a été titré par du thiosulfate de sodium en présence d'amidon.

3.4.3. Caractérisation sensorielle

Elle a été réalisée à la Halle technologique de la FAMV. Cette évaluation a été faite suivant deux approches : l'approche hédonique et l'approche analytique. Les échantillons ont été au nombre de trois(3).

3.4.1.5. Composition du jury lors de la présentation des échantillons

Le jury a été composé de 60 sujets (non entraînés) réunissant des étudiants d'un intervalle d'âge de 19 à 26 ans et quelques employés de 35 à 55 ans de la FAMV. Ils ont été mis à table dans une salle dans le but d'exprimer leur appréciation vis-à-vis des échantillons (approche hédonique) et de porter un jugement sur la couleur, le goût et l'acidité (approche analytique). Au cours de cette évaluation, les échantillons A1, A2, A3 portent respectivement les codes : 001, 002, 003.

3.4.1.6. Approche hédonique

Ce test a eu pour objectif de mesurer le degré d'appréciation des échantillons du vin d'amande par les dégustateurs. Il a été demandé au jury d'attribuer leur appréciation sur une échelle d'un (1) à cinq (5) niveaux pour les différents échantillons. Ces mentions vont de : « Extrêmement » agréable jusqu'à « Extrêmement » désagréable. Elles ont été converties en notation numérique.

3.4.1.7. Approche analytique

Dans ce test, il a été question pour les dégustateurs d'évaluer des qualités intrinsèques des échantillons de vin d'amande. Voici les qualités qui ont été retenues : couleur, odeur et acidité. Chaque qualité a été évaluée suivant cinq (5) mentions et qui seront traduites par la suite en valeur numérique allant de : un (1) à cinq (5).

3.5. Analyse et traitement des données

Les résultats de laboratoire ont été analysés via le logiciel statistique R. version 2.13.2 (2011-09-30). Cette analyse a été faite en fonction des objectifs visés et de l'hypothèse formulée. Le produit, vin d'amande variété rouge le plus harmonieux du point de vue sensoriel est celui pour lequel il existe une combinaison idéale des paramètres.

4. Résultats et Discussions

Ce chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus dans le cadre de l'expérience. Les résultats présentés concernent les différents paramètres étudiés : les analyses microbiologiques, les propriétés physico-chimiques et les analyses sensorielles des échantillons de vin d'amande. Les résultats sont interprétés et discutés.

4.1. Description générale du produit

Le vin obtenu à partir de la variété d'amande rouge « *Terminalia catappa* » est un vin transparent, d'une saveur douce et une acidité acceptable. Pour sa couleur attrayante, ce vin peut être emballé dans des bouteilles transparentes pour sa commercialisation.

Après analyses physico-chimiques les trois échantillons ont présenté les caractéristiques suivantes : la formulation A1, a atteint un degré alcoolique de 9.26, un Brix de 13.70⁰ et un pH de 3.72. La formulation A2, a atteint un degré alcoolique de 11.73, un Brix de 14.47⁰ et un pH de 3.81 et la formulation A3, a atteint un degré alcoolique de 13.49, un Brix de 14.47⁰ et un pH de 3.93.

4.1.1. Caractéristiques physico-chimiques des échantillons du vin d'amande

4.1.2. Acidité titrable

L'acidité titrable des différentes formulations A1, A2 et A3 du vin d'amande est de 3,24 ; 3,64 et 3,38 mg d'acide citrique respectivement pour 100 g de vin. La valeur moyenne de l'acidité est de 3,44 mg, conforme à la limite admise par le *CODEX ALIMENTARIUS* (2015) qui est de 14 mg. D'après Gagnon (2008), l'acidité faible diminue l'agrément global du vin. Cependant, l'acidité élevée donne de la fraîcheur au vin et dans les conditions d'hygiène précaire, elle facilite une meilleure conservation (Ernest, 2014).

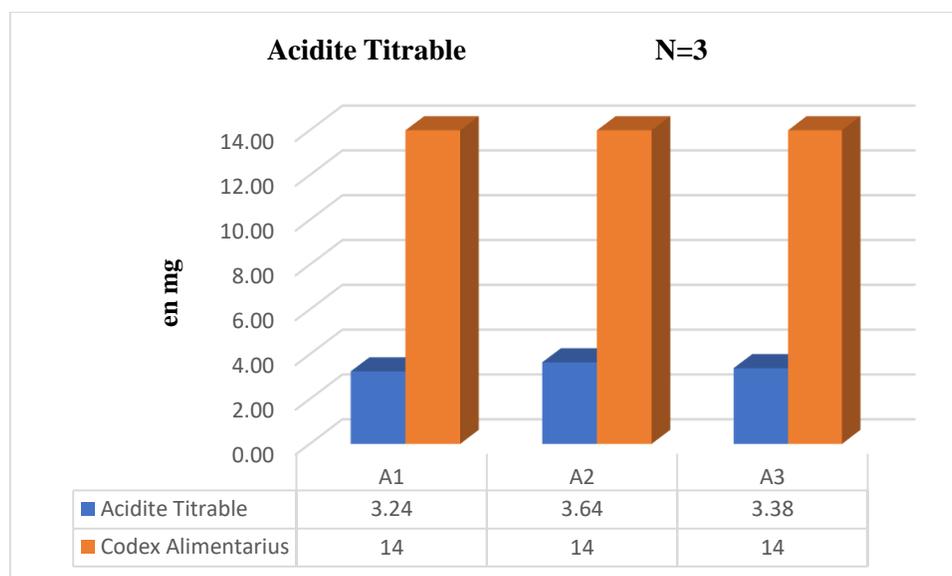


Figure 4. Acidité titrable des trois formulations de vins à base de pulpe d'amande

4.1.4. pH

Le pH des différentes formulations A₁, A₂, A₃ est de 3,72 ; 3,81 et 3,85 respectivement. La valeur du pH trouvée pour les différentes formulations est défavorable au développement des germes pathogènes. En effet, selon le Codex Alimentarius le pH d'un vin est voisin de 3 à 4.

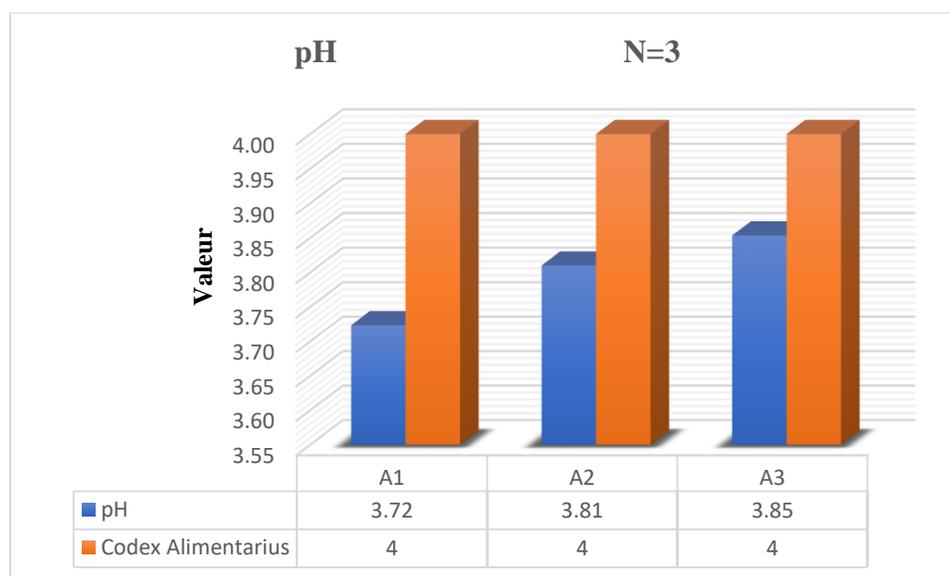


Figure 5. Variation du pH des trois formulations de vins à base de pulpe d'amande

Note : N : Nombre d'échantillons

4.1.6. Degré Brix

Le degré Brix après fermentation des différentes formulations A₁, A₂, A₃ est de 13.70° B, 13.77° B et 14.47° B respectivement. Ces résultats respectent les limites fixées par le CODEX ALIMENTARIUS (2005) qui est de 15,8° B. Les résultats sont similaires à ceux de Jean Louis (2017), soient une moyenne de 14,08° B, pour un vin à base de betterave (*Beta vulgaris sp.*).

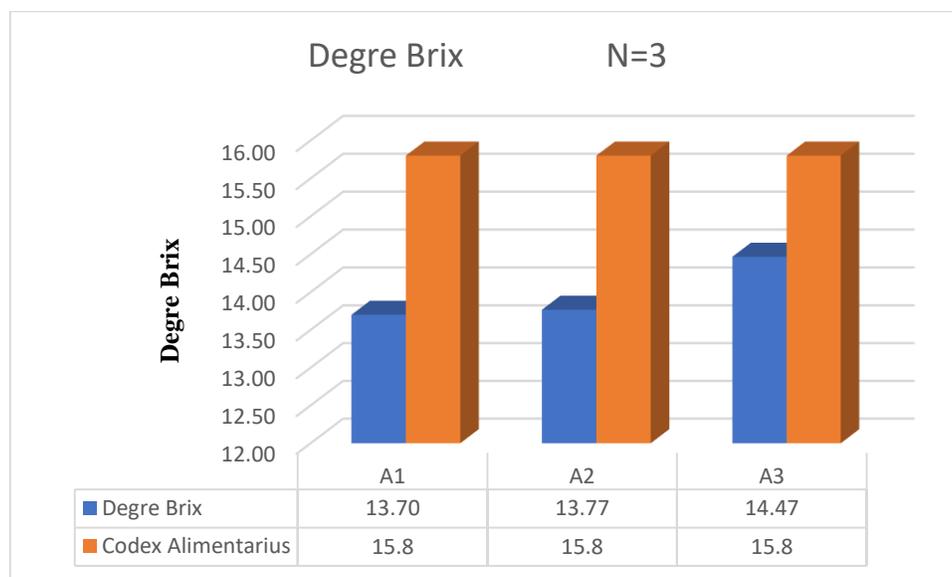


Figure 6. Variation des degrés brix des trois formulations de vin à base de pulpe d'amande

4.1.7. Les sucres totaux

Les sucres totaux des différentes formulations A₁, A₂, A₃ sont 79,75 ; 82,65 et 76,51 g/l respectivement. Ces résultats sont conformes à la limite admise par l'AFNOR qui est de 66 g/l à 95 g/l. Les sucres contenus dans la pulpe naturellement s'additionnent à ceux ajoutés au cours de la chaptalisation, donc les sucres totaux sont utilisés au cours de la fermentation qui a abouti à la production d'alcool et du dégagement de CO₂ sous l'action des Levures.

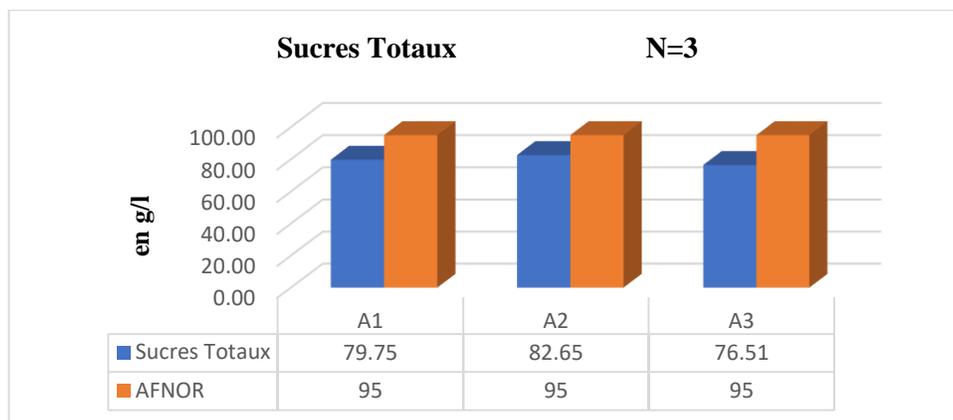


Figure 7 .Variation des sucres totaux des trois formulations de vin

Note : N : Nombre d'échantillons

4.1.8. Sucres réducteurs

Les sucres réducteurs des différentes formulations A1, A2, A3 sont 29.28, 31.40 et 30.20g/l. Ces sucres sont issus de la conversion des sucres non réducteurs comme le saccharose au cours du processus de fermentation. Leur rôle est de permettre une conservation du vin fabriqué et aussi de garder sa couleur au cours du stockage.

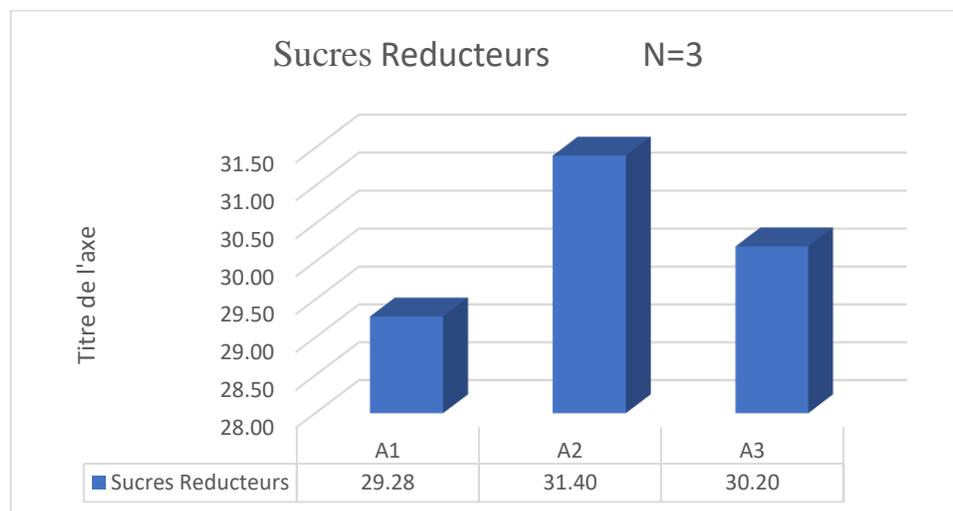


Figure 8 .Variation des sucres réducteurs des trois formulations de vin

4.1.9. Titre alcoométrique

Les titres alcoométriques (en %) obtenus respectivement pour les différentes formulations de vin A1, A2, A3 sont : 9,26 ; 11,73 et 13,49 conformes à la norme fixée par le Codex alimentarius (2016) pour les catégories de vin obtenu à partir d'autres produits agricoles autre que le raisin ayant moins de 15 % alcool. Les degrés alcooliques probables (Figure 4) fixés n'ont pas pu être atteints, vu que le travail n'a pas été réalisé dans les conditions optimales. Mais les titres obtenus sont plus ou moins proches de ceux attendus.

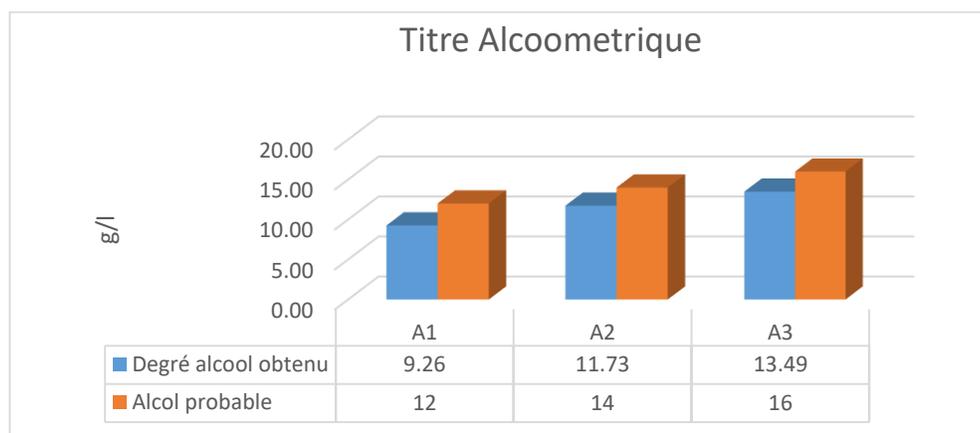


Figure 9. Variation des sucres réducteurs des trois formulations de vin

4.2. Caractéristiques microbiologiques des formulations de vin d'amande

Le dénombrement des germes totaux des formulations A1, A2 et A3 sont de 1.3×10^3 ; 3.9×10^0 ; 0.5×10^0 ; des levures et moisissures de 1.5×10^2 , 1.6×10^0 et 0.9×10^2 et des bactéries lactiques 1.3×10^3 , 2.5×10^3 et 1.4×10^3 respectivement. (tableau 2)

Les résultats trouvés dans le dénombrement des différents germes se trouvent dans les limites admises par l'organisation internationale de la normalisation (ISO). La norme zéro défaut et l'innocuité d'un aliment qui correspondent à une qualité seuil doivent être atteintes pour certains systèmes aliment-microorganisme. Car, la présence d'un microorganisme dans le produit risque d'avoir une incidence défavorable et parfois très grave sur la santé du consommateur (Cuq, 2007). De ce fait, la recherche de certains paramètres indicateurs de contamination et de qualité hygiénique a été réalisée pour les formulations de vin d'amande.

Tableau 2. Valeur en UFC de germes dénombrés dans les formulations de vin d'amande

Germes	Formulations			Lim. Admises
	A1	A2	A3	
Germes Totaux	1.3x10 ³	3.9x10 ¹	0.5x10 ¹	10 ⁴ -10 ⁵ CFU/ ml
Levures et Moisissures	1.5x10 ²	1.6x10 ¹	0.9x10 ²	10 ² -10 ³ CFU/ ml
Bactéries lactiques	1.3x10 ³	2.5x10 ³	1.4x10 ³	10 ⁴ -10 ⁵ UFC/ ml

4.3. Evaluation sensorielle des différents vins d'amande

4.3.1. Acidité

Sur une échelle de 1 à 5 dont les valeurs correspondent à ni trop acide, ni acide, peu acide, acide, assez acide et extrêmement acide; les membres du jury classent les échantillons des différentes formulations du vin dans une fourchette acide et assez acide (tableau 3). Les résultats obtenus pour les formulations A1, A2, et A3 avec des moyennes de 3,33 ; 4,06 et 4,23 respectivement permettent de constater qu'il y a une différence peu significative entre les échantillons de vin d'amande.

La comparaison des moyennes permet de voir que les dégustateurs ont exprimé une appréciation pour la formulation A2 légèrement supérieure par rapport aux autres échantillons.

Tableau 3. Comparaison des moyennes des formulations pour l'acidité

Code	A ₁	A ₂	A ₃	N=60
Moyenne	4,06 a	4,23 a	3,33b	
Écart type	± 0,10	±0,08	±0,13	

Note : Les moyennes accompagnées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes

N : Nombre d'échantillons

4.3.2. Test d'odeur

Sur une échelle de 1 à 7 dont les valeurs correspondent à extrêmement faible, faible, assez faible, indifférente, élevée, assez élevée, extrêmement élevée, les membres du jury classent les échantillons des différentes formulations du vin dans une fourchette indifférente et élevée.(tableau 4) La comparaison des moyennes présentées au tableau précédent permet d'aboutir à ce classement allant de la plus petite à la plus grande moyenne :

$$A_3 < A_1 < A_2$$

Tableau 4. Comparaison des moyennes des formulations pour le test d'odeur

Code	A ₁	A ₂	A ₃	N=60
Moyenne	4,30 a	4,98 a	4,15 a	
Écart type	± 0,20	±0,20	±0,22	

Note : Les moyennes accompagnées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes

N : Nombre d'échantillons

4.3.3. Tests de préférence (Hédonique)

Sur une échelle de 1 à 6 dont les valeurs correspondent assez désagréable, désagréable, indifférent, agréable, assez agréable et extrêmement agréable, les membres du jury classent les échantillons des différentes formulations du vin dans une fourchette d'assez agréable et extrêmement agréable (tableau 5).

La comparaison des moyennes montre que les dégustateurs ont un degré de préférence significatif pour les formulations. Avec un degré alcoolique de 11.26, et des sucres totaux et réducteurs supérieurs la formulation A2 est la plus appréciée par les membres du jury. $A_3 < A_1 < A_2$

Tableau 5 : Comparaison des moyennes des formulations pour le test de préférence

Code	A ₁	A ₂	A ₃	N=60
Moyenne	5,08 a	5,38 a	5,46 a	
Écart type	± 0,13	±0,15	±0,19	

Note : Les moyennes accompagnées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes

N : Nombre d'échantillons

4.3.4. Test d'apparence visuelle

Sur une échelle de 1 à 5 dont les valeurs correspondent à, transparent, peu pâle, pâle, peu foncé et foncé les membres du jury classent les échantillons des différentes formulations du vin dans une fourchette de peu foncé à foncé (tableau 6). Les résultats obtenus et présentés au tableau 6 pour les formulations A1, A2, et A3 avec des moyennes de 2,03, 4,06 et 4,62 respectivement permettent de constater que la formulation A2 est la plus appréciée.

Tableau 6. Comparaison des moyennes des formulations pour le test de couleur

Code	A ₁	A ₂	A ₃	N=60
Moyenne	4,06 a	4,62 a	2,03 a	
Écart type	± 0,14	±0,17	±0,16	

Note : Les moyennes accompagnées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes

4.4. Calcul de la rentabilité du produit

Une évaluation de la rentabilité du produit a été faite en vue de déterminer la valeur actuelle nette (VAN) qui est la somme des bénéfices que procure la production sur l'année de base (0). Le taux d'actualisation (i) est de 25 %.

$$VAN = -I + \frac{\sum_0^n (R_t - C_t)}{(1+i)^t}$$

Tableau 7 : Charges et Recettes totales du produit

Charges totales		Recettes totales		Investissement
Charge	Prix	Vente	Prix	250 Gdes
Transport	75 Gdes	15 bouteilles de 350 ml à 80 Gdes/unité		
Bouteilles	330 Gdes			
Main d'œuvre + étiquette	200 Gdes			
Total	605 Gdes			

$$VAN = -250 + \frac{\sum_0^n (1200 - 605)}{(1+0.25)^0}$$

VAN = 345gdes

Puisque $VAN > 0$, la production de vin de la pulpe d'amande est rentable.

4. Conclusion et Recommandations

Les résultats atteints dans le cadre de cet essai de transformation de la pulpe d'amande en un vin commercialisable témoignent de la possibilité de mettre à la disposition des consommateurs des produits innovants tout en évitant le gaspillage de certains fruits, en général, négligés néanmoins valorisables.

Quant aux résultats des analyses physico-chimiques, la différence n'est pas significative par rapport aux normes établies, sur la base des différents paramètres correspondants, dans la production de vin. Les analyses microbiologiques ont montré que les formulations ne présentent aucun danger pour la santé du consommateur. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques sont conformes aux paramètres caractéristiques d'un bon vin. Les données témoignent d'un vin de bonne qualité tant du point de vue physico-chimique que sur le plan microbiologique.

Les résultats obtenus pour l'ensemble des analyses sensorielles, suivant les différents paramètres, font ressortir une plus grande appréciation des consommateurs pour l'échantillon A2 par rapport aux deux autres, A1 et A3.

Toutefois, ce travail, en dépit de ses limites, révèle d'une grande importance vue son originalité. Il constitue donc une banque de données pour les travaux qui seront réalisés ultérieurement. De plus, les ateliers qui jusqu'à présent n'arrivent pas à une formulation type et un processus bien défini peuvent se servir de notre diagramme de fabrication.

À cette fin, il serait bon de faire ces recommandations :

- ✓ Réaliser des études de commercialisation, de rentabilité économique et financière et encadrer les producteurs vis-à-vis de cette possibilité offerte par la pulpe d'amande.
- ✓ Utiliser des matériels modernes comme les filtres électriques, des depulpeuses et des fermentaires afin d'obtenir un vin de bonne qualité et de réduire le temps du processus de fabrication de vin au hall de la STA.
- ✓ Réaliser des études plus avancées sur ce vin, par exemple sa composition en antioxydant dans le but d'encourager les gens à le consommer.
- ✓ Encourager cette initiative dans toutes les régions du pays où les potentialités semblent être tout à fait prometteuses.

Par ailleurs, il serait possible d'extrapoler et de recommander de tels travaux à l'échelle nationale afin de pouvoir mettre ces données à la disposition des utilisateurs et des différents acteurs œuvrant dans le secteur agroalimentaire. Il serait alors même possible de constituer une base de données sur la production de vin de l'ensemble du pays à base de fruits ordinaires, lesquelles feront l'objet de mises à jour, en vue d'une meilleure exploitation de ces derniers.

5. Références Bibliographiques

- 1- **ALEXIS L.**, 1984, Encyclopédie des vins et des alcools de tous les pays, Ed. Robert Laffont-Bouquins, Paris (ISBN 2-221-50195-0).
- 2- **ANDRE D.**, 2000, Le vin, édition place des victoires, Paris, 928p.
- 3- **ADJANOHOUN E., ALYI A. M., AKE ASSI L., BANIAKINA J., CHIBON P., CUSSET G. et Coll.** : Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Congo. ACCT éd., Paris, 1985 ; 97 p.
- 4- **Bal F.**, 2013, (Compile par), comprendre le vin [en ligne]. [Revue de vin de France]
- 5- **BOULLARD B.**, 2001, Dictionnaire des plantes médicinales du monde. Réalités et croyances. Editions ESTM, Paris, 2001 ; 573 p.
- 6- **BOSSOKPI I. P. L.** : Etude des activités biologiques de *Fagara zanthoxyloïdes* Lam. (Rutaceae). Thèse de Pharm., Bamako, 2002.
- 7- **BURKILL H. M. / Royal Botanic Gardens, Kews**, 1985, **The useful plants of west Africa**; Volume 1; Families A-D. The White friars Press Limited, Great Britain, 960 p.
- 8- **CARRIERE F.**, 2012, Optimisation, caractérisation physico- chimique et analyse sensorielle d'un vin pétillant à base d'orange amère, Mémoire de fin d'études, Option STA, FAMV/UEH, DAMIEN, 46p.
- 9- **CHETIMA N. M.** : *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) : Utilisations dans l'alimentation et la médecine ; étude des activités antioxydantes et hypercholestérolémiantes. Thèse de Pharm., Bamako, 2004 ; 127 p.
- 10- **Centre National De Ressources Textuelles Et Lexicales (CNRTL)**, 1984, Sur les chemins des Vignoles de France Paris, sélection du Reader, Digest, 17p.
- 11- **CLAUDE F., Gilles M., François M.**, 2009, *Le vin Rosé*, Éditions Féret, (ISBN 978-2-35156-044-0)
- 12- **CUQ J-L.**, 2007, Microbiologie alimentaire, p.133.
- 13- **DE BROUWER M**, 1990, Traité de vinification — la vinification moderne à la portée des amateurs — Guide brabançonne des amateurs de vin de qualité artisanale — 1ere édition
- 14- **DESSEIGNER J.M., Bes M., Vernhet A., Pic L.** 2012. Clarification des mouts issus de procédés de chauffage de la vendange. Le paysan du Midi
- 15- **DIALLO D.** : Drépanocytose au Mali en 2002. Mali Méd., 2002 ; Tome XVII, P37.

- 16- EKOUMOU C.**, 2003, Etude phytochimique et pharmacologique de cinq recettes traditionnelles utilisés dans le traitement des infections Urinaire et la Cystite. Thèse Pharmacie, Bamako, 145p.
- 17- ERNEST J.**, 2014, Essai de production et caractérisation physico-chimique et sensorielle d'un vin à base de patate douce (*Ipomoea batatas*) », Mémoire de fin d'études, Option STA, FAMV/UEH, DAMIEN, 45p.
- 18- FOFANA S.**, Exploration biochimique sur le pouvoir immunogène de 3 plantes en Côte d'Ivoire : *Alstonia boonei* (Apocynaceae), *Mitragyna ciliata* (Rubiaceae) et *Terminalia catappa* (Combretaceae). Thèse de Pharm., Bamako, 2004. 115 p.
- 19- GAGNON M.A.** ; 2008, l'acidité dans le vin : disponible sur : <http://www.vinduebec.com/node/3695> [consulté le 15/04/2016]
- 20- GINGLINGER J-F.**, 2013, les différentes méthodes de vinification : disponible sur : <http://www.gingliger-jean.com>.
- 21- JEAN LOUIS K.**, 2017, Optimisation, caractérisation physico-chimique et analyse sensorielle d'un vin à base de betterave (*Beta vulgaris sp.*) », Mémoire de fin d'études, Option STA, FAMV/UEH, DAMIEN, 42p.
- 22- MICHEL B.**, 2013, Le vin, c'est toute une histoire, Jean-Paul Rocher Éditeur, Paris, p.25 (ISBN 2917411230).
- 23- PINCEMAIL J., MEURISSE M., LIMET R., DEFRAIGNE J. O.** : Méthode d'évaluation du stress antioxydant chez l'homme : importance en matière de prévention – Cancérologie – Ed Med 1 Sphère. 1999.
- 24- RENOUF V.**, 2006, Description et caractérisation de la diversité microbienne durant l'élaboration du vin interaction et équilibres, génie des procédés et de l'environnement, institut national polytechnique de Toulouse, France, 416 pages.
- 25- www.naturia.per.sg**: consulté le 04/01/2015

Annexes

ANNEXE A : Mode opératoire pour la détermination du Titre alcoométrique

1. Faire une distillation pour séparer l'alcool

- Dans un ballon à fond plat de 1000 ml, introduire 100 ml de boisson et 200 ml d'eau avec quelques grains de pierre ponce.
- Distiller en chauffant avec modération.
- Recueillir le distillat dans une fiole jaugée.
- Pour éviter les pertes d'alcool pendant l'opération, mettre au fond de la fiole jaugée quelques ml d'eau pour que la pointe de l'allonge de la réfrigérante trempe dedans, et placer la fiole dans un bain d'eau glacée.
- Recueillir environ 90 ml de distillat.
- Laisser la fiole revenir à la température ambiante avant d'ajuster le volume au trait de jauge avec l'eau distillée.

2. Mesure le titre alcoométrique au moyen du pycnomètre

- Ramener la température de l'échantillon à 18°C (la mesure doit se faire à 20°C).
- Peser un pycnomètre sec et vide de volume V. **m1**
- Le remplir du liquide à analyser (le distillat) en ayant soin d'essuyer la paroi extérieure et peser rapidement (prendre la première lecture). **m2**
- Masse volumique de l'alcool $\mu = m2 - m1 / v$ (g/ml)
- Densité = masse vol. de l'alcool / masse vol. de l'eau à la même température.

20
Densité = μ alc. / 0,998 234
20

ANNEXE B : Mode opératoire pour le dosage des sucres réducteurs et totaux

- Peser 5 g de vin dans un bécher de 500 ml
- Ajouter 200 ml d'eau chaude et filtrer sur papier filtre
- Recueillir le filtrat dans une fiole jaugée de 1000 ml
- Prendre 90 ml de filtrat et les verser dans une fiole jaugée de 100 ml
- Ajouter 2 ml d'acétate de zinc et 2 ml ferrocyanure
- Compléter au trait de jauge avec de l'eau et filtrer (Sucres totaux)
- Prendre 25 ml de filtrat et y ajouter 5 ml de H₂SO₄ 1,2 N
- Mettre au bain-marie bouillant pendant 30 mn
- Neutraliser avec NaOH 2N
- Ajuster alors à 100 ml dans une fiole jaugée (sucres réducteurs)
- Dans des tubes à essai, introduire :
 - Tube 1 : 5 ml de réactif de somogyl + 5 ml d'eau distillée (Essai à blanc)
 - Tube 2 : 5 ml de réactif de somogyl + 5 ml de glucose 1mg/5ml
 - Tube 3 : 5 ml de réactif de somogyl + 5 ml de glucose 2mg/5 ml
 - Tube 4 : 5 ml de réactif de somogyl + x ml de solution de sucre hydrolysé et neutralisé + y ml d'eau distillée (tel que x + y =5 ml (sucres totaux)
 - Tube 4 : 5 ml de réactif de somogyl + x ml de solution de sucre ayant 2 ml d'acétate de zinc et 2 ml de ferrocyanure + y ml d'eau distillée (tel que x+ y=5 ml) (sucres réducteurs)
- Mettre tous les tubes au bain-marie bouillant pendant 15 mn
- Refroidir
- Ajouter 1 ml d'H₂SO₄ 5N et agiter doucement jusqu'à dissolution complète du Cu₂O
- Titrer immédiatement l'iode libéré par du thiosulfate de sodium N/200 en présence d'empois d'amidon.

ANNEXE C : Mode opératoire pour le dénombrement des germes

1- Operations préliminaires

- ✓ Enregistrement et codage des échantillons lors de la réception
- ✓ Nettoyage de la paillasse
- ✓ Stérilisation des boîtes de Pétri et des pipettes
- ✓ Codage des Boîtes de Pétri
- ✓ Allumage des Becs Bunsen

2-Préparation des milieux de culture

Le milieu de culture, Maan Rogosa and Sharpe (MRS), de marque (Merck KG aA) pour les bactéries lactiques a été préparé à partir de la dissolution de 62,2 g dans un litre d'eau déminéralisée par chauffage dans un bain-marie bouillant. Pour les levures et moisissures, le milieu de culture, Yeast Glucose Chloramphénicol (YGC, Agar) de marque QUELAB, a été préparé à partir de la dissolution de 20,05 g dans 500 ml d'eau purifiée. Pour les germes totaux, le milieu de culture, Plate Count Agar, (Merck, PCA), a été préparé à partir de la dissolution de 17,5g dans un litre d'eau purifiée. Et enfin les milieux ont été mélangé soigneusement et reparti dans des récipients. Puis ils ont été stérilisés à 121°C pendant 15 mn à l'autoclave.

3- Technique de dilution

Avec une pipette stérile de 1 ml, il a été prélevé 1 ml de la solution mère que l'on met dans une boîte de pétri pour les germes totaux ; levures et moisissures ; dans des tubes pour les bactéries lactiques. Avec cette même pipette, on a prélevé encore 1 ml de la solution mère que l'on met cette fois-ci dans un tube à essai, ainsi de suite, on a fait la dilution pour les 4 tubes à essai (germes totaux, levures et moisissures), et pour les 9 tubes (bactéries lactiques. Il a été fait l'ensemencement en profondeur du milieu PCA pour le dénombrement des germes totaux ; YGC pour les levures et moisissures et MRS pour les bactéries lactiques. Ensuite, les boîtes de pétri contenant les différentes dilutions ont été incubées L'incubation est faite à 37°C pendant vingt-quatre (24) heures pour la recherche des germes totaux ; pour la recherche des levures et moisissures, les boîtes de pétri contenant les différentes dilutions ont été incubés à 25 °C pendant 72 heures et pour les bactéries lactiques les tubes ont été également incubés pendant à 25 °C pendant 72 heures.

4- Dénombrement des Germes Totaux

Le dénombrement a été fait par le comptage des colonies caractéristiques, ensuite la formule ci-dessous a été utilisée pour le calcul du nombre N de germes par ml de produit,

Formule générale : $N = \Sigma C / (n_1 + 0,1 n_2) d$.

ΣC : Somme des colonies comptées sur toutes les boites retenues.

n_1 : nombre de boites retenues à la première dilution

n_2 : nombre de boites retenues à la deuxième dilution

d : taux de dilution correspondant à la première dilution retenue

$$[N] = \frac{NPP}{F_d \cdot V_{inoculum}}$$

NPP : Nombre le plus probable, la lecture se fait dans la table de Mac Grady

V : Volume inoculum

Fd : Facteur de dilution

N : concentration en micro-organismes par ml de produit pur

ANNEXE D : Fiche de dégustation (Vin à base de pulpe d'amande)

Fiche de dégustation (Vin à base de pulpe d'amande)

Nom _____

Prénom _____

Date ____/____/____

A. Test de Préférence

Veillez goûter à ces formulations de vin d'amande et faites sortir votre appréciation pour chaque formulation en crochant la mention appropriée en dessous du numéro de code de chacun d'eux.

Codes	A1	A2	A3
Mentions			
Désagréable			
Assez Désagréable			
Indifférent			
Extrêmement Agréable			
Assez Agréable			
Extrêmement Agréable			

Remarque

.....

.....

.....

.....

.....

Test de différence (Test d'apparence)

Attribuez à chaque formulation votre appréciation en considérant la couleur, l'acidité, l'odeur.

Couleur

Codes Mentions	A1	A2	A3
Transparent			
peu pâle			
pâle			
peu foncé			
foncé			

Remarque

.....
.....
.....
.....

Acidité

Codes Mentions	A1	A2	A3
Extrêmement Acide			
Acide			
Peu Acide			
Assez acide			
Ni trop acide, ni acide			

Remarque

.....
.....
.....
.....

Odeur

Codes Mentions	A1	A2	A3
Extrêmement Élevée			
Élevée			
Assez Élevée			
Indifférent			
Faible			
Assez Faible			
Extrêmement Faible			

Remarque

.....

.....

.....

.....

ANNEXE E : Formule de calcul du nombre N de germes par ml de produit (Levures et moisissures, Germes totaux)

Formule générale : $N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1 n_2) d}$

$$(n_1 + 0,1 n_2) d$$

ΣC : Somme des colonies comptées sur toutes les boites retenues.

n_1 : nombre de boites retenues à la première dilution

n_2 : nombre de boites retenues à la deuxième dilution

d : taux de dilution correspondant à la première dilution retenue

1- Formule de calcul du nombre N de germes par ml de produit (Bactéries Lactiques)

Formule : $N \text{ bactéries} = \frac{n}{\text{Valeur de la dilution correspondant au premier chiffre}}$

n : nombre probable lu au tableau de Mac Grady

ANNEXE F : Les teneurs en sucres et leur teneur correspondance avec le titre alcoométrique probable

Degré Brix (g saccharose / 100g)	Masse vol. (g/L) = "densité" à 20°C	Degré Oeschlé (Alsace, Allemagne, Suisse)	Sucres [g/L]	Titre Alcoométrique Potentiel en fonction du rendement en alcool		
				16,83 g/%	17 g/%	18 g/%
17,0	1068,5	68,5	158,1	9,39	9,30	8,78
17,2	1069,4	69,4	160,4	9,53	9,44	8,91
17,4	1070,3	70,3	162,6	9,66	9,56	9,03
17,6	1071,1	71,1	164,8	9,79	9,69	9,16
17,8	1072,0	72,0	167,0	9,92	9,82	9,28
18,0	1072,9	72,9	169,3	10,06	9,96	9,41
18,2	1073,8	73,8	171,5	10,19	10,09	9,53
18,4	1074,6	74,6	173,7	10,32	10,22	9,65
18,6	1075,5	75,5	176,0	10,46	10,35	9,78
18,8	1076,4	76,4	178,3	10,59	10,49	9,91
19,0	1077,3	77,3	180,5	10,72	10,62	10,03
19,2	1078,2	78,2	182,8	10,86	10,75	10,16

19,4	1079,1	79,1	185,1	11,00	10,89	10,28	
19,6	1080,0	80,0	187,4	11,13	11,02	10,41	
19,8	1080,9	80,9	189,7	11,27	11,16	10,54	
20,0	1081,7	81,7	191,9	11,40	11,29	10,66	
20,2	1082,6	82,6	194,2	11,54	11,42	10,79	
20,4	1083,5	83,5	196,5	11,68	11,56	10,92	
20,6	1084,4	84,4	198,8	11,81	11,69	11,04	
20,8	1085,3	85,3	201,1	11,95	11,83	11,17	
21,0	1086,2	86,2	203,3	12,08	11,96	11,29	
21,2	1087,1	87,1	205,7	12,22	12,10	11,43	
21,4	1088,0	88,0	207,9	12,35	12,23	11,55	
21,6	1088,9	88,9	210,3	12,50	12,37	11,68	
21,8	1089,7	89,7	212,5	12,63	12,50	11,81	
22,0	1090,6	90,6	214,8	12,76	12,64	11,93	
22,2	1091,6	91,6	217,2	12,91	12,78	12,07	
22,4	1092,5	92,5	219,5	13,04	12,91	12,19	

22,6	1093,3	93,3	221,7	13,17	13,04	12,32	
22,8	1094,3	94,3	224,1	13,32	13,18	12,45	
23,0	1095,2	95,2	226,4	13,45	13,32	12,58	
23,2	1096,1	96,1	228,7	13,59	13,45	12,71	
23,4	1097,0	97,0	231,1	13,73	13,59	12,84	
23,6	1097,9	97,9	233,4	13,87	13,73	12,97	
23,8	1098,8	98,8	235,8	14,01	13,87	13,10	
24,0	1099,8	99,8	238,2	14,15	14,01	13,23	
24,2	1101,1	101,1	240,3	14,28	14,14	13,35	
24,4	1102,2	102,2	243,0	14,44	14,29	13,50	
24,6	1103,0	103,0	245,0	14,56	14,41	13,61	
24,8	1104,1	104,1	247,7	14,72	14,57	13,76	
25,0	1104,9	104,9	249,7	14,84	14,69	13,87	
25,2	1105,7	105,7	251,7	14,96	14,81	13,98	
25,4	1106,8	106,8	254,4	15,12	14,96	14,13	
25,6	1107,6	107,6	256,4	15,23	15,08	14,24	

25,8	1108,7	108,7	259,1	15,40	15,24	14,39	
26,0	1109,5	109,5	261,1	15,51	15,36	14,51	
26,2	1110,6	110,6	263,8	15,67	15,52	14,66	
26,4	1111,4	111,4	265,8	15,79	15,64	14,77	
26,6	1112,5	112,5	268,5	15,95	15,79	14,92	
26,8	1113,3	113,3	270,5	16,07	15,91	15,03	
27,0	1114,4	114,4	273,2	16,23	16,07	15,18	
27,2	1115,2	115,2	275,2	16,35	16,19	15,29	
27,4	1116,3	116,3	277,9	16,51	16,35	15,44	
27,6	1117,1	117,1	279,9	16,63	16,46	15,55	
27,8	1118,2	118,2	282,6	16,79	16,62	15,70	
28,0	1119,0	119,0	284,6	16,91	16,74	15,81	
28,2	1120,1	120,1	287,3	17,07	16,90	15,96	
28,4	1120,9	120,9	289,3	17,19	17,02	16,07	
28,6	1122,0	122,0	292,0	17,35	17,18	16,22	
28,8	1122,8	122,8	294,0	17,47	17,29	16,33	

29,0	1123,9	123,9	296,7	17,63	17,45	16,48	
29,2	1125,0	125,0	299,4	17,79	17,61	16,63	
29,4	1125,8	125,8	301,4	17,91	17,73	16,74	
29,6	1126,9	126,9	304,1	18,07	17,89	16,89	
29,8	1127,7	127,7	306,1	18,19	18,01	17,01	
30,0	1128,8	128,8	308,8	18,35	18,16	17,16	
30,2	1129,8	129,8	311,2	18,49	18,31	17,29	
30,4	1130,7	130,7	313,6	18,63	18,45	17,42	
30,6	1131,7	131,7	316,0	18,78	18,59	17,56	
30,8	1132,7	132,7	318,4	18,92	18,73	17,69	
31,0	1133,6	133,6	320,8	19,06	18,87	17,82	

Source "Maturation et Maturité des raisins" Jacques Blouin et Guy Guimberteau, 2000

ANNEXE G : Les normes

Microbiologie de la chaîne alimentaire -- Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes -- Partie 2 : Comptage des colonies à 30 degrés C par la technique d'ensemencement en surface

L'ISO 4833-2:2013 spécifie une méthode horizontale de dénombrement des micro-organismes capables de se développer et de former des colonies à la surface d'un milieu solide après incubation aérobie à 30 °C.

La méthode est applicable :

- a) aux produits destinés à la consommation humaine ou aux aliments pour animaux ;
- b) aux échantillons d'environnement dans le domaine de la production d'aliments destinés à l'homme ou aux animaux et de la préparation des aliments

L'ISO 4833-2:2013 est applicable :

- 1) aux produits contenant des organismes sensibles à la chaleur susceptible de former une partie significative de l'ensemble de la flore (par exemple des organismes psychrotrophes présents dans des aliments réfrigérés et congelés, des aliments secs, d'autres aliments pouvant contenir des organismes sensibles à la chaleur);
- 2) aux produits contenant des bactéries aérobies susceptibles de former une partie significative de l'ensemble de la flore (par exemple *Pseudomonas* spp.);
- 3) aux produits contenant de petites particules qu'il peut se révéler difficile de distinguer des colonies dans une boîte ensemencée en profondeur;
- 4) aux produits dont la couleur intense empêche la reconnaissance des colonies dans une boîte ensemencée en profondeur;
- 5) aux produits pour lesquels il est nécessaire de faire la différence entre les différents types de colonies, dans le cadre de l'évaluation de la qualité des aliments.

En plus de la technique d'ensemencement en surface manuelle, une annexe de l'ISO 4833-2 :2013 spécifie également l'utilisation d'un dispositif d'ensemencement en spirale, méthode rapide de dénombrement des colonies en surface.

ISO 7954 révisée par : **ISO21527-1 :2008**

Microbiologie des aliments -- Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures -- Partie 1 : Technique par comptage des colonies dans les produits à activité d'eau supérieure à 0,95

L'ISO 21527-1 :2008 spécifie une méthode horizontale pour le dénombrement des levures et des moisissures viables présentes dans les produits destinés à la consommation par l'homme ou à l'alimentation des animaux, dont l'activité d'eau est supérieure à 0,95 [œufs, viande, produits laitiers (excepté le lait en poudre), fruits, légumes, pâtes fraîches, etc.], au moyen de la technique par comptage des colonies à (25 ± 1) °C.

L'ISO 21527-1 :2008 ne permet pas le dénombrement des spores de moisissures et ne s'applique

pas à l'identification de la flore fongique ou à l'examen des aliments pour la recherche de mycotoxines. La méthode spécifiée dans l'ISO 21527-1 :2008 n'est pas appropriée pour le dénombrement de champignons résistant à la chaleur, tels que les *Byssochlamys fulva* ou les *Byssochlamys nivea*, présents dans les fruits et légumes en conserve ou en bouteille.

ISO15214:1998

Microbiologie des aliments -- Méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles -- Technique par comptage des colonies à 30 degrés C

La présente Norme internationale spécifie une méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles viables par comptage des colonies obtenues en milieu solide après incubation à 30 °C pendant 3 jours.

NOTE : Dans certains produits alimentaires, il existe des bactéries lactiques psychotropes ou thermophiles devant être cultivées à des températures différentes de 30 °C. De plus, toutes les bactéries lactiques ne croissent pas sur la gélose MRS à pH 5,7 et certaines ne croissent que faiblement. La présente Norme internationale est applicable aux produits destinés à la consommation humaine ou à l'alimentation animale, avec les quelques restrictions signalées dans l'introduction et dans la note ci-dessus.