



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE
D'ANTSIRABE – VAKINANKARATRA

Mention : GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS

Parcours : Sciences et Techniques en Génie des Procédés

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE EN GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS

*Contribution à l'étude de
fabrication de vin de mûre*



Présenté par : **RAZAKANIRINA Feno Fahasoavana**

PROMOTION :2019



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE
D'ANTSIRABE – VAKINANKARATRA

Mention : GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS (GPCI)

Parcours : Sciences et Techniques en Génie des Procédés (STGP)

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE EN GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS

*Contribution à l'étude de
fabrication de vin de mûre*



Présenté par : RAZAKANIRINA Feno Fahasoavana

Soutenu le 04 décembre 2020

Membres du jury

Président : Pr RAKOTOSAONA Rijalalaina

Encadreur : Dr RAZANAJAO Jules Milson

Examineurs : - Mr RAZAFIMANDEFITRA André

- Mr RANAIVOSAMOELINA Noelson

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

LISTES DES FIGURES

LISTES DES TABLEAUX

GLOSSAIRES

LISTES DES ABREVIATIONS

NOTATIONS ET UNITES

INTRODUCTIONS GÉNÉRALES

Partie I : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I : Généralités sur la mûre

Chapitre II : L'œnologie

Partie II : ETUDES EXPERIMENTALES

Chapitre III : Le vin de mûre

CONCLUSION GÉNÉRALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES WEBGRAPHIQUES

ANNEXES

TABLES DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu de m'avoir donné la santé et la force qui m'ont permis de mener à terme mes études en Licence à l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe *Vakinankaratra* et de terminer jusqu'au bout les travaux relatifs à ce mémoire.

Mes sincères et chaleureux remerciements sont exprimés envers :

- ❖ Monsieur RAJAONARIVONY Eddy Franck, Directeur de l'institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankaratra.
- ❖ Professeur RAKOTOSAONA Rijalalaina, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA).
- ❖ Messieurs RAZAFIMANDEFITRA André et RANAIVOSAMOELINA Noelson, Enseignants chercheurs au sein de la Mention Génie de Procédés Chimiques et Industriels à l'ESPA qui ont accepté d'être les examinateurs de ce mémoire.
- ❖ Docteur RAZANAJAO Jules Milson, Maître de Conférences, Mention Génie de Procédés Chimiques et Industriels à l'ESPA, encadreur de ce mémoire pour sa pédagogie au cours de la réalisation de ce mémoire.
- ❖ L'entreprise « Ampalia » qui nous a aidés au cours de ce mémoire.
- ❖ Mes parents, pour leurs encouragements, leurs aides et leurs soutiens tant moral que matériel.
- ❖ Tous les membres de ma famille et tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Arbre de mûrier blanc (*Morus Alba*) 5

Figure 2 : Feuille complète de mûrier	6
Figure 3 : Schéma et photo du fruit du murier	7
Figure 4 : Moretti (à gauche) ; <i>Multicaulis Loud Georgeous</i> (au centre) ; Black English (à droite)	9
Figure 5 : Le <i>Morus Alba</i> (Mûrier Blanc) et le <i>Morus Nigra</i> (Mûrier Noire)	11
Figure 6 : Processus de vinification en blanc	17
Figure 7 : Processus de vinification en rouge.....	18
Figure 8 : Processus de production du vin	24
Figure 9 : Processus de vinification de mûre.....	39
Figure 10 : Mûre broyée	40
Figure 11 : Levure saccharomyce <i>cereviseae</i>	42
Figure 12 : Fermentation du moût de mûre	43
Figure 13 : Courbe d'évolution des teneurs en sucre du moût des différents essais.....	47
Figure 14 : Courbe d'évolutions des densités des différents essais	48
Figure 15 : Histogramme de degré d'alcool des essais expérimentaux	50
Figure 16 : Refractomètre	IX
Figure 17 : Vinomètre.....	X

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Système botanique.....	4
Tableau 2 : Variétés des mûres.....	8
Tableau 3 : Les valeurs nutritionnelles pour 100g de mûre.....	13
Tableau 4 : La composition physico-chimique générale de la mûre.....	13
Tableau 5 : Type de vin et teneur en sucre.....	19
Tableau 6 : Classification pour la levure <i>saccharomyces cereviseae</i>	32
Tableau 7 : Matériels.....	38
Tableau 8 : Condition expérimentale de la vinification.....	45
Tableau 9 : Evolutions des teneurs en sucres des différents essais en °Brix.....	46
Tableau 10 : Evolution des densités des différents essais.....	48
Tableau 11 : Degré d'alcool.....	49
Tableau 12 : Mesures finales.....	51
Tableau 13 : Calcul du rendement de la fabrication de vin de mûre.....	52

GLOSSAIRES

Acidulée : Substance ayant un goût acide.

Alcool : Liquide obtenu par la distillation de vin et autres liquides fermentés appelé aussi esprit de vin.

Baie : Fruit charnu contenant des pépins ou des graines.

Bentonite : Argile à fort pouvoir absorbant.

Bouquet : Vin fourni en substances odorantes qui se sont développées pendant son vieillissement. Pour les vins jeunes, on utilise plutôt le terme d'arômes.

Moût : Jus de fruits ou de végétaux fermenté pour la préparation de boissons alcooliques.

Organoleptique : Terme qualifiant les substances qui peuvent impressionner les organes sensoriels.

Vendange : Période de la récolte de la raison pour la fabrication du vin ; récolte du raisin pour la fabrication du vin.

Vinomètre : Appareil utilisé pour mesurer la concentration en alcool d'un vin.

Vieillessement : Acquisition de qualité physique particulière au fil de temps ou dans des conditions de conservation spécifiques.

Vinification : Ensemble des procédés qui permettent de transformer le moût de raisins en vin, transformation du moût en vin par fermentation alcoolique.

Fermentation malolactique : C'est la transformation de l'acide malique en acide malique en acide lactique.

Saccharomyces : Agent de fermentation utilisé dans l'industrie alimentaire.

Chaptalisation : Ajout de sucre au moût pour augmenter la teneur en alcool du vin.

Marc : Résidu d'un fruit dont on a extrait le jus.

LISTE DES ABREVIATIONS

ADP : Adénosine Diphosphate.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

ATP : Adénosine Triphosphate.

FML : Fermentation Malolactique

NAD : Nicotinamide Adénine Dinucléotide.

NOTATIONS ET UNITES

A_w : Activité de l'eau.

°C : degré Celsius : unité de mesure de la température.

°Brix : Degré Brix, unité de mesure du pourcentage de matière sèche soluble dans un liquide.

Kcal : Kilocalorie, unité de mesure de l'énergie.

L : Litre, quantité de volume.

g : Gramme, unités de poids.

g/L : Gramme par litre, unité de mesure concentration massique

INTRODUCTION GENERALE

Situé dans l'océan Indien, l'immense île de Madagascar, un pays qui dispose de divers fruits tropicaux presque dans toutes les régions. A l'heure actuelle, ces fruits sont encore mal estimés à leur juste valeur et qu'ils restent juste au stade de consommation et ne subissent pas assez de transformation particulière en vue de leur valorisation.

La valorisation la plus intéressante pour les producteurs est la commercialisation en frais sur les lieux de production. A part l'utilisation de ces fruits comme : dessert, jus de fruit, confiture... nous pouvons valoriser ces fruits en les transformant en boisson alcoolisée telle que le vin. Dans notre étude, nous avons utilisé les mûres comme principale matière première, car elles sont abondantes et possèdent des caractéristiques favorables à la fermentation.

Ainsi, cette étude intitulée « Contribution à l'étude de fabrication du vin de mûre » concerne les étapes de transformation des fruits du murier en vin.

Notre travail se divisera en deux parties :

- La première partie se rapporte sur « l'études bibliographiques » : concernant les généralités sur la mûre et l'œnologie.
- La deuxième partie est consacrée à « l'étude expérimentale » : la fabrication de vin de mûre et les résultats des essais que nous avons effectués.

PARTIE 1 : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I : Généralités sur la mûre

I-1 Historique [5],[23]

Le mûrier est l'élément de base des vers à soie. En fait, ce sont les feuilles qui sont nourries, ces dernières contiennent des protéines permettent aux vers d'effectuer la biosynthèse de la soie. La mûre : petite fruit récolté en été souvent noire, peut venir de deux plantes bien différentes : le mûrier, ou la ronce. Sauvage ou cultivée, la mûre séduit par ses arômes typiques, très appréciés en dessert. Elle est également pleine d'atouts pour la santé.

Le mûrier blanc est quant à lui originaire de Chine. Il a été introduit dans le bassin méditerranéen au XVe siècle, pour l'élevage des vers à soie. Le mûrier noir, originaire d'Asie occidentale et d'Amérique du Nord, a été introduit dans le pourtour méditerranéen durant l'Antiquité, il était alors apprécié pour ses fruits sucrés et acidulés.

Vers 150 ans avant la colonisation, le murier arriva ici à Madagascar. Il a été introduit par les colons. Actuellement, il est localisé presque dans les hauts plateaux de notre pays. On l'a cultivé pour élevage des vers à soie. C'est une plante pérenne et rustique avec des feuilles caduques, c'est-à-dire, elles tombent en hiver (mai à juillet) ; repoussent en août et reverdissent en septembre. Elle peut pousser partout jusqu'à une altitude de 700 m sauf dans des endroits trop secs ou trop humides.

I-2 Définition [4]

La mûre est le nom donné à deux fruits issus de deux végétaux de genres différents :

- La mûre sauvage ou de culture : petit fruit de la ronce commune, du genre botanique *Rubus*.
- La mûre, fruit du mûrier-platan blanc ou noir, du genre botanique *Morus*. C'est l'arbre dans lequel évoluent les vers soie. Plus rare, elle est également comestible.

I-3 Système botanique [16]

Le système botanique de cette plante est rassemblé par le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : système botanique

Embranchement	<i>Phanérogrammes</i>
Sous-embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Ordre	<i>Urdicales</i>
Famille	<i>Moracées</i>
Genre	<i>Morus</i>
Nom vernaculaire	<i>Voaroihazo</i>

Source : RANDRIANA TSIMBAZAFY Eddy

I-4 Morphologie [10]

Les mûriers sont des arbustes ou des arbres de taille moyenne, atteignant en général 10 mètres de haut en culture, mais pouvant atteindre 30 mètres de haut chez certaines espèces à l'état sauvage.



Figure 1 : Arbre de mûrier blanc (*Morus Alba*)

Source : ANDRIAMATANA Jemisa

Les feuilles simples, alternes, caduques, sont munies à la base du pétiole de stipules libres, caduques. Le limbe foliaire, entier ou plus ou moins profondément palmatilobé, à bord dentelé est de forme variable, généralement ovale, arrondie ou cordiforme à la base, pointue à l'apex. Il présente de 3 à 5 nervures primaires partant de la base, et des nervures secondaires pennées.

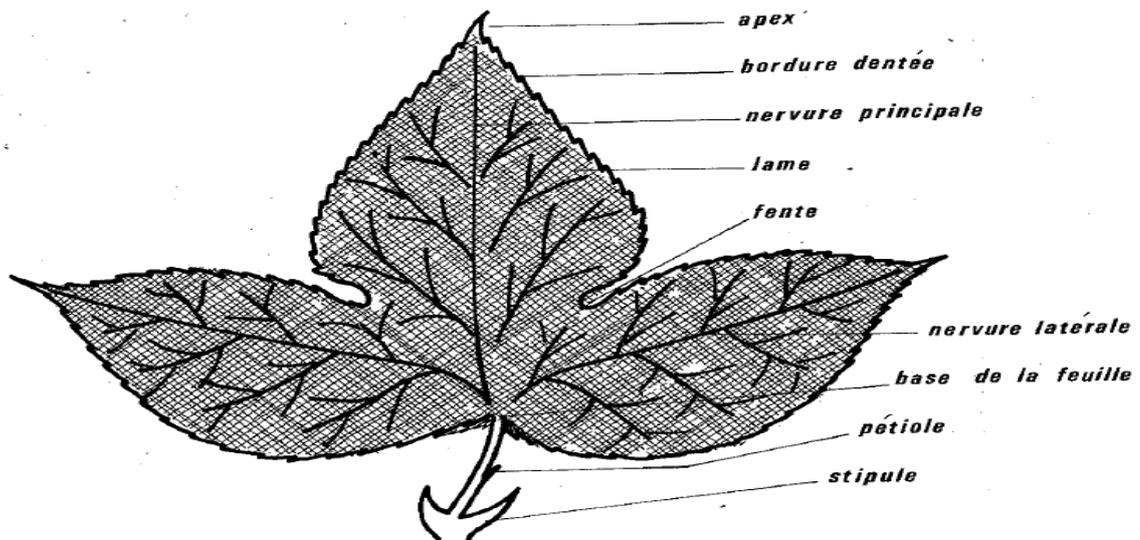


Figure 2 : Feuille entière de mûrier

Source : RANDRIANA TSIMBAZAFY Eddy

Le fruit, ou mûre, est un fruit multiple ou syncarpe, formé de fruits élémentaires qui sont de nombreuses petites drupéoles globuleuses, étroitement à cette serrée. Il ressemble superficiellement à une mûre ronce, mais contrairement à cette dernière, qui est issue d'une seule fleur, chaque drupéole provient d'une fleur séparée, minuscule, *unisexuée*, et est issue d'un pistil *monocarpellé* consistant en un ovaire sphérique, un style court et un stigmate bifide. Il porte des poils noirs qui sont les vestiges desséchés des styles.

Les fruits des arbres cultivés mesurent environ 2 cm de long, mais ceux des arbres sauvages mesurent habituellement moins de 1 cm de long et ont une forme cylindrique. Les fruits du mûrier blanc mesurent de 1,5 à 2,5 cm de long sur 1 cm de diamètre, ceux du mûrier rouge de 1,5 à 6 cm de long sur 1 cm de diamètre.

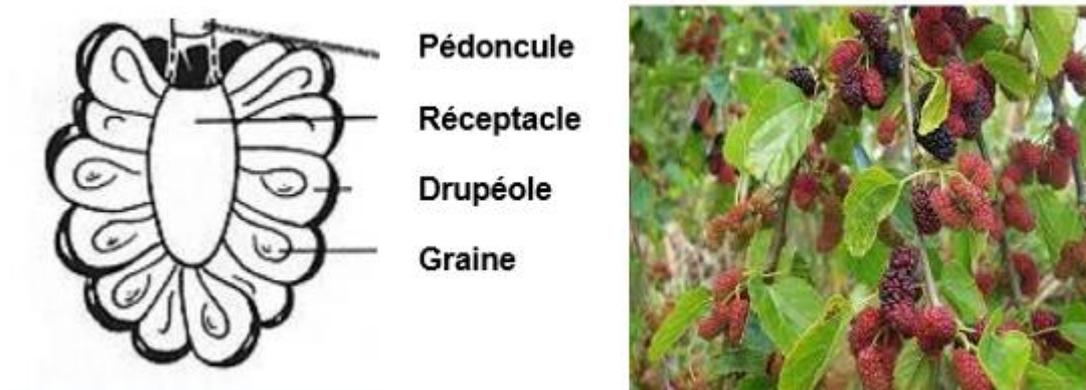


Figure 3 : Schéma et photo du fruit du mûrier (*Morus Alba*)

Source : Moore et Dale (1994) et Rousseau

I-5 Espèces et variétés [2],[16]

On distingue une diversification d'espèces suivant l'adaptation écologique vis-à-vis de la nature de soie et des facteurs climatiques. On rencontre actuellement trente-cinq espèces originaires sauvages et cultivées.

Les espèces cultivées de nos jours appartiennent essentiellement au :

- Mûrier blanc (*Morus Alba*)
- Mûrier du *bombyx mori* (*Morus bombycis* Koidz)
- *Latifolia* Poiret
- Mûrier noir (*Morus Nigra*)

Il existe une diversification d'espèce de mûrier. A Madagascar, on compte actuellement 23 variétés de mûres.

Voici quelques variétés des mûres de l'espèce mûrier blanc sont présentés par le tableau suivant selon leurs qualités :

Tableau 2 : Variétés des mûres

Nom	Qualités
<i>Moretti</i>	Gros fruit, blanc violacé, très acidulés, parfumés et très agréables en bouche
<i>Loch Ness</i>	En raison d'un rendement très élevé et d'une bonne qualité des fruits très bonne. Goût est agréable et équilibré.
<i>Chester Thornless</i>	Variétés très productives, grosses baies, bon arôme.
<i>Triple Crown</i>	Fruits brillants, fermes, lourds et très grands.
<i>Multicaulis Loud Georgeous</i>	Fruit à taille moyenne, rond, à graine irréguliers, excellent, sucré et framboisé
<i>Black English</i>	Très bon gros fruit allongé et bosselé à pédoncule long, acidulé, parfumé et très juteux
<i>Dorman Red</i>	Genre <i>Rubus parvifolius</i> , Baies très brillantes, vermeilles, rondes de taille moyenne, fondantes, Les feuilles prennent une couleur orangé-jaune.

Source : RANDRIANA TSIMBAZAFY Eddy



Figure 4 : Moretti (à gauche) ; *Multicaulis Loud Georgeous* (au centre) ; Black English (à droite)

Source : Frédéric Cochet

I-6 La différence entre le *Morus Alba* et le *Morus Nigra* [6],[21],[22]

Le fruit du mûrier blanc et le fruit du mûrier noir présentent trois différences visuelles et une différence de goût.

➤ **Première différence : le pédoncule**

Le fruit du mûrier blanc présente un pédoncule long (parfois de la longueur du fruit) alors que du mûrier noir n'a pas de pédoncule ou un pédoncule très court.

On note aussi une différence très nette au niveau du pédoncule lors de la cueillette des fruits : le fruit du mûrier blanc se détache facilement, alors que celui du mûrier noir est fortement attaché à l'arbre, le rendant à cueillir.

➤ **Deuxième différence : la forme générale du fruit**

Le fruit du mûrier blanc est globalement bosselé, ses contours sont irréguliers. Il est plus ou moins cylindrique selon les cultivars, mais il présente presque toujours une partie renflée, avec au regard une partie creuse. Le fruit du mûrier noir a généralement une forme non incurvée et un contour régulier.

➤ **Troisième différence : la partie charnue du fruit**

Le fruit d'un mûrier est composé de petites boules (périanthes accrescents), avec sur nombre d'entre elles des sortes de poils (styles desséchés). Chaque petite boule correspond en fait à une fleur dont l'enveloppe (les quatre sépales, car la fleur du mûrier ne possède pas de pétales) est devenue charnue.

Chez mûrier noir, ces petites boules sont plutôt allongées (dans le sens de la largeur du fruit) et ont tendance à s'écarter les unes les autres. Les « poils » (styles desséchés) sont nettement visibles et nombreux.

Chez le mûrier blanc, les petites boules (périanthes accrescents) sont plus rondes, plus serrées et plus petites. Il n'y a généralement pas, ou très peu de sorte de poils (styles desséchés) visibles.

Remarque : les fruits noirs du mûrier blanc ont un aspect variable selon les cultivars et de ce fait les différences visuelles précitées avec le fruit du mûrier noir sont plus ou moins marquées.

➤ **Quatrième différence : le goût**

Si les caractéristiques visuelles du fruit laissent encore une interrogation sur l'identité du mûrier que l'on observe, le test du goût est déterminant et ne peut laisser aucun doute, quel que soit le cultivar de mûrier blanc à fruits noirs concerné.

Le fruit du mûrier noir (*Morus Nigra*) n'est pas jamais doux. Il a une saveur très acide avant la maturité et acidulée à complète maturité.

Le fruit du mûrier blanc (*Morus Alba*) est douceâtre avant et reste doux à maturité (il est alors sucré, sans aucune note acidulée), quel que soit le cultivar.

La photographie ci-dessous récapitule bien les caractéristiques visuelles des fruits d'un mûrier blanc à fruit noirs.



Figure 5 : Le *Morus Alba* (Mûrier Blanc) et le *Morus Nigra* (Mûrier Noire)

Source : Robert Pélissier ; Dirthmar Guillaume

I-7 Localisation de mûrier à Madagascar [2]

A Madagascar, ce sont les sériciculteurs qui cultivent le mûrier. On trouve dans les hauts plateaux de notre pays, comme la province :

- **Antananarivo** : Antsirabe, Betafo, Manandona, Sahanivotry, Mahitsy.
- **Fianarantsoa** : Ambositra, Manandriana, Sandradahy, Fandrina, Ambalavao.

Le mûrier fructifie après 3 à 4 ans de sa culture. Leur durée de vie est environ de 100 à 150 ans.

I-8 Utilisations [3]

▪ **Bienfaits pour la santé**

- ✚ Au niveau digestif, la mûre est un laxatif. Elle contient des fibres (17g/100g) qui régulent le transit, suppriment les parasites, réduisent les inflammations et les brûlures de l'estomac et des intestins.
- ✚ La mûre est un très bon anti-inflammatoire contre les inflammations des gencives, du pharynx (pharyngites), du larynx (laryngites).
- ✚ Les fruits avant leur maturité sont astringents et très acidulés (un litre de jus contient 20 à 25 g d'acide citriques). On employait ce jus, jadis contre la diarrhée, la dysenterie, les crachements de sang et les règles trop abondants.
- ✚ La ronce constitue un remède efficace pour les maux de gorge (angines), aphtes, stomatites...
- ✚ Les feuilles sont dotées d'une action diurétique : affections rénales, cystite...

▪ **Bienfaits cosmétiques**

- ✚ On utilise aussi la mûre pour ses bienfaits en cosmétique. Hydratante, elle prend soin de vos cheveux secs et de votre peau.
- ✚ L'huile essentielle de pépins de mûre est un très bon antirides. Les anti-oxydants de la mûre limitent le vieillissement de la peau.

• **Autres usages**

- ✚ La feuille sert pour nourrir aux vers à soie.
- ✚ Le bois utilise pour la construction de bateau et de papier.

I-9 Les compositions et valeurs nutritionnelles [4]

La mûre est une baie particulièrement intéressante d'un point de vue nutritionnel, quelle que soit sa variété.

Riche en vitamine C, en vitamine K et en fer, ce petit fruit est doté de pigments intenses aux puissantes propriétés antioxydantes. Il est également riche en fibres, en magnésium, en potassium et en manganèse

Tableau 3 : Les valeurs nutritionnelles pour 100g de mûre

Calories (en Kcal)	41,1
Eau (en g)	88 ,15
Glucides (en g)	9,61
Protéines (en g)	1,39
Lipides (en g)	0,49
Fibres (en g)	5,3

Source : Lanutrition.fr

I-10 Caractéristiques physico-chimique [8],[24]

Tableau 4 : La composition physico-chimique générale de la mûre

Nutriments	Mûre noire : teneur pour 100g	Masse moyenne des aliments	
Protéines	1,4g	1,0g	
Glucides	9,7g	16,9g	
-dont sucres	8,1g	14,6g	
-dont amidon	0,0g	0,3g	
-dont fibres alimentaires	2g	3g	
Lipides	0,2g	0,5g	
-dont cholestérol	0,0mg	0,1mg	
-dont acides gras saturés	0,0g	0,2g	
-dont acides gras monoinsaturés	0,0g	0,1g	
-dont acides gras polyinsaturés	0,1g	0,1g	
Eau	86g	77g	
Alcool	0g	0g	
Vitamine	Part des apports journaliers recommandés	Teneur pour 100g	Fruits : teneur moyenne pour 100g

Vitamine A(rétinol)	0%	0,0µg	0,0µg
Bêta-carotène (provitamine A)	-	4,3µg	203,2µg
Vitamine C	29%	23,3µg	25mg
Vitamine D (Cholécalciférol)	0%	0,0µg	0,0µg
Vitamine E (tocophérol)	5%	0,6mg	0,6mg
Vitamine K1	10%	7,8µg	7,3µg
Vitamine K2	-	-	0,0µg
Vitamine B1 (thiamine)	4%	0,0mg	0,0mg
Vitamine B2 (riboflavine)	5%	0,1mg	0,0mg
Vitamine B3 (niacine)	3%	0,5mg	0,5mg
Vitamine B5 (acide <i>panthonéique</i>)	4%	0,3mg	0,2mg
Vitamine B6	4%	0,1mg	0,1mg
Vitamine B9 (acide folique)	10%	19,5µg	19,4µg
Vitamine B12 (<i>cabolamine</i>)	0%	0,0µg	0,0µg
MINERAUX	Part des apports journaliers recommandés	Teneur pour 100g	Masse des aliments
Calcium	5%	37,5mg	25,3mg
Phosphore	6%	43,0mg	25,6mg
Magnésium	5%	18,0mg	16,0mg
Potassium	11%	227,0mg	244,7mg
Sodium (sel)	1%	6,0mg	6,9mg
Fer	12%	1,7mg	0,6mg
Cuivre	6%	0,1mg	0,1mg
Zinc	2%	0,2mg	0,2mg
Manganèse	55%	1,1mg	0,3mg
Sélénium	-	-	2,0µg
Iode	0%	0,4µg	1,3µg

Source : JDF d'après Anses

I-11 Caractéristiques physiques et organoleptiques [7]

- Les fruits les plus colorés sont riches en composés phénoliques, tels que les flavonoïdes, dont les anthocyanes et les caroténoïdes.
- Les anthocyanes, principalement le cyanidine-3-glucoside et le cyanidine-3-rustoside, sont les pigments responsables de la couleur rouge, noir des mûres noires.
- Le mannose, le rhamnose, l'acide glucuronique, le galactose, l'arabinose et l'acide galacturonique seraient les sucres présents dans les mûres noires. Cependant, la teneur en ces composés varierait d'un fruit à l'autre.
- Le linoléate d'éthyle contribue majoritairement à la saveur unique de la mûre noire.

Chapitre II : L'œnologie [11],[13],[18],[19]

II-1 Définition

L'œnologie vient du mot grec « *oinos* » ce qui veut dire vin. C'est la science qui traite de la préparation du vin et de sa conservation, des éléments qui constituent et de la façon de la faire. Elle repose sur la connaissance des techniques viticoles, de la géographie et de la chimie de vin, elle nécessite également l'utilisation de la vue, de l'odorat et du goût, et mets en jeu de ce fait, la subjectivité des œnologues.

II-2 Généralités sur le vin

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 des produits répondant à cette définition peuvent prétendre à l'appellation de vin. Le terme vin est par conséquent réservé spécifiquement pour le produit issu du raisin.

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. Et il est important de préciser la nature du fruit à l'origine du produit comme : le vin de palme, le vin de pêche, le vin de banane, le vin de riz pour le saké au japon.

Le terme « vin » dérive du sanskrit « *vēna* » (liqueur sacrée de l'Inde védique) et se retrouve dans les différentes langues indo-européennes (*vinum, oios, vino, vinho, wein, wine, ect.*).

La quantité d'alcool dans un vin peut varier entre 5 % et 16 % en volume. Le vin peut être de couleur jaune (appelé blanc), rosée ou rouge, mais il existe un spectre large de tonalités à l'intérieur de ces trois types.

II-3 Fabrication du vin [13]

II-3-1 La vinification

La vinification est définie comme la façon de convertir les raisins en vin.

Il existe différentes méthodes de vinification, chacune comportant un bon nombre de choix et de variantes, selon le type de vin voulu.

Ces types de vin sont : vin blanc, vin rouge, vin rosé, vin mousseux, vin viné et les vins spéciaux.

Cependant, les deux grands types de vinification essentielle sont ceux en blanc et en rouge.

❖ La vinification en blanc

Le processus de vinification en blanc comprend les étapes suivantes :

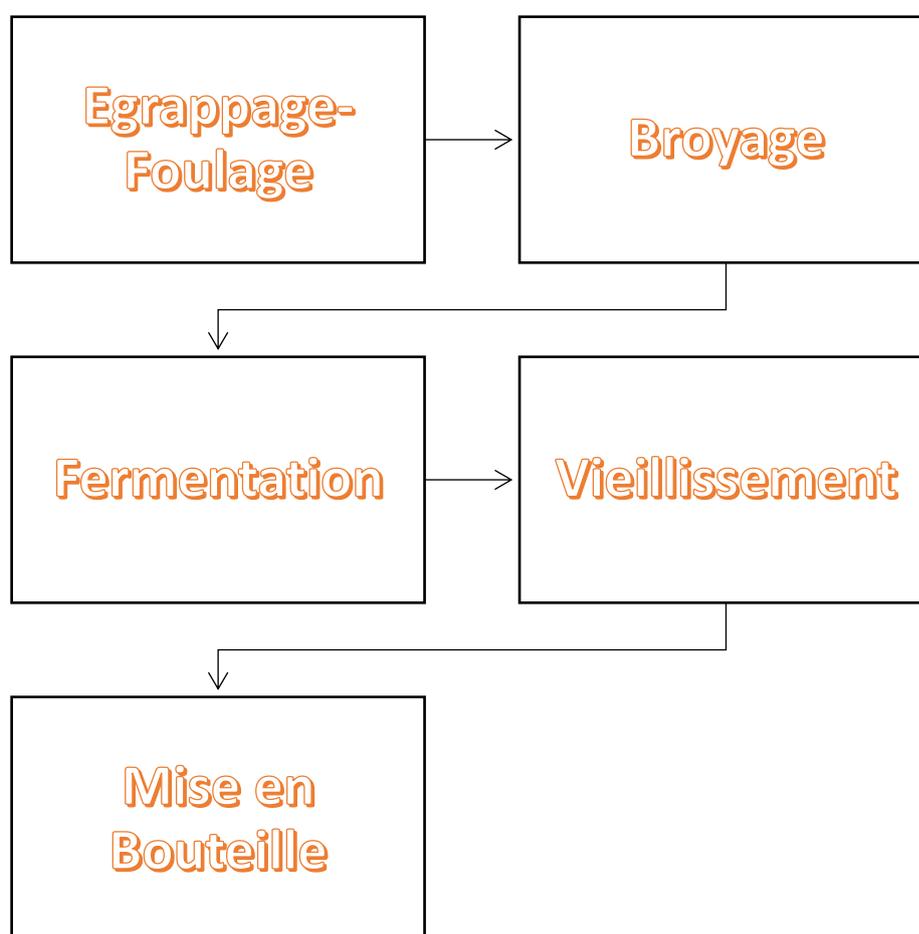


Figure 6 : Processus de vinification en blanc

Source : auteur

Cette vinification consiste en la fermentation en blanc du jus de raisin sans macération des parties de la grappe.

❖ La vinification en rouge

La différence entre les processus de vinification du vin rouge et du vin blanc repose non pas sur la couleur du raisin (il est possible d'obtenir du vin blanc à partir de raisin rouge), mais sur la succession des étapes :

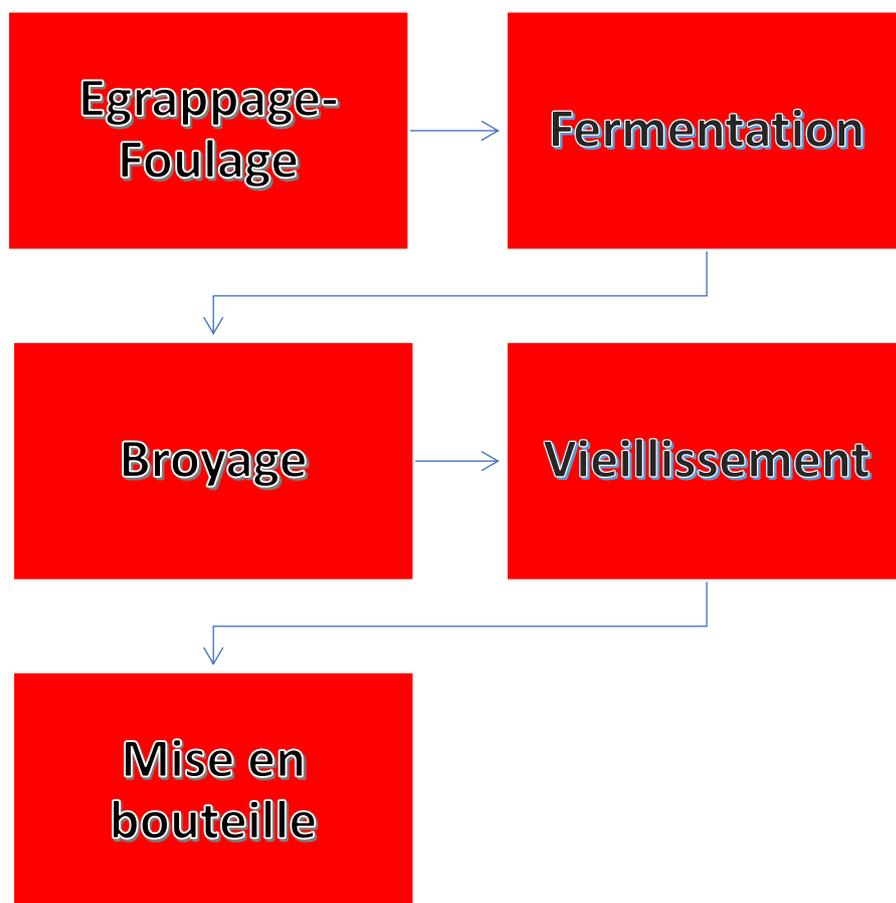


Figure 7 : Processus de vinification en rouge

Source : auteur

Selon la teneur initiale en sucre, et selon que l'on interrompt plus ou moins précocement la fermentation, le vin obtenu sera de l'un des types suivants :

Tableau 5 : Type de vin et teneur en sucre

Type de vin	Teneur en sucre (g/L)
Sec	2
Demi-sec	2 à 20
Moelleux	20 à 40
Liquoreux	40

Source : auteur

Le pressage a lieu après la phase de fermentation/macération et il est possible d'obtenir de vin blanc à partir de raisin rouge.

Dans les deux cas, le jus qui s'écoule spontanément de la cuve où a lieu foulage est appelé vin de goutte ou de première cuvée (il est considéré comme le meilleur), tandis que celui obtenu par pressage est appelé vin de presse ou de deuxième cuvée.

À la fermentation alcoolique, une transformation microbiologique est indispensable à la production de certains vins de qualité, en particulier des vins rouges ; il s'agit de la fermentation lactique de l'acide malique par certaines bactéries, ou fermentation malolactique. Cette transformation abaisse l'acidité et assouplit les vins.

Elle doit se produire immédiatement après la fermentation alcoolique, de façon à pouvoir réaliser rapidement la stabilisation biologique de vin.

Elle se déroule en une seule étape enzymatique et la bactérie concernée est le lactobacillus.



Acide malique

Acide lactique

II-3-2 Traitement

A l'issue de la fermentation alcoolique ,le vin obtenu est extrêmement trouble ;il contient de très nombreuses levures en suspension qui lui donnent un aspect laiteux renferme également différentes particules solides plus ou moins volumineuses provenant de la pulpe et des matières albuminoïdes formées par la période de maturation , le vin va se dépouiller : cette opération s'effectue spontanément par évaporation du gaz carbonique et par sédimentation des particules solides en suspension ,suivies de leur élimination par soutirage.

Ce résultat peut être accéléré à l'aide de différents procédés tels que la filtration et le collage ,ce dernier consistant à ajouter dans le vin une substance protéique ,ou colle, qui par floculation et sédimentation ,entraîne les particules du trouble ,accélérant ainsi la clarification.Cette opération réalise également une stabilisation ,en éliminant des particules colloïdes instables,susceptibles de provoquer des précipitations ultérieures.

II-3-3 Vieillessement

A l'issue de la période de maturation ,le vin est apte à la consommation ,tout au moins dans le cas des vins courants qui ne sont plus susceptibles d'amélioration .Les vins fins,par contre ,voient leurs qualités organoleptiques s'améliorer au cours d'une période de vieillissement plus ou moins long,mais comportant au moins trois ou quatre années.

Nous abordons ici un des aspects qui restent les plus mystérieux de l'œnologie ;en effet,ces transformations affectent essentiellement les substances responsables de la couleur,de l'arôme et du goût.La connaissance des substances odoriférantes et des pigments reste très limitée.

Cependant,même si les mécanismes intimes des transformations qui se produisent pendant le vieillissement ne sont pas complètement élucidés,l'empirisme raisonné a fixé les les conditions les plus favorables à ce vieillissement .

A côté des transformations normales qui l'améliorent,le vin ,milieu biologique d'une grande complexité,peut subir des transformations accidentales qui se traduisent par des

altérations dont souffre la qualité ;ces altérations peuvent être de natures bactérienne ou chimique .

II-3-4 Les matières premières

❖ Les fruits

La qualité d'un produit transformé repose d'abord sur la quantité de la matière première utilisée .Pour les fruits ,les critères des qualités sont :

- La variété :les variétés adaptées à la consommation en frais ne conviennent pas forcément à la transformation.
- La maturité : l'arôme des fruits mûrs est généralement plus prononcé.
- La propreté :des fruits souillés de terre contiennent une charge microbienne plus élevée que des fruits propres.
- La pureté :il faut éliminer les fruits avariés.

❖ Le sucre

Le sucre joue rôle important en technologie du fait de ses propriétés fonctionnelles :fonction nutritionnelle et fonction organoleptique.

Le sucre permet aussi d'abaisser l'activité de l'eau (a_w) du milieu qui a un effet stabilisateur vis-à-vis de la multiplication et de la croissance des flores fongiques et bactériennes.

La règle générale pour assurer une bonne conservation du produit sans altérer ses intérêts gustatifs de la quantité de sucre à ajouter est de l'ordre de 60 à 65 % du produit final des vins.

❖ L'acide citrique

Particulièrement abondant dans les agrumes,l'acide citrique se trouve dans presque tous les végétaux.

L'acide citrique se trouve naturellement dans les fruits mais a des proportions différentes ,ce qui fait que la quantité ajoutée est en fonction de sa teneur dans le mélange de fruits de façon qu'il ne dépasse pas 5 g par Kg de produit.

Le vin est une solution acide ayant un pH compris entre 3,2 et 3,8 soit environ celui du jus d'orange .Plusieurs espèces acides coexistantes dans le vin,et peuvent se ranger dans deux catégories :les acides organiques possèdent un squelette carbone ,produit par la machinerie cellulaire de la plante ; et les acides inorganiques issus des minéraux puisés par la plante dans le sol ou ajoutés artificiellement par l'homme lors de la vinification.

II-4 La Composition du vin [11],[18]

II-4-1 L'eau

L'eau constitue deux tiers à quatre cinquièmes du vin.Elle est mesurée à l'aide d'un aréomètre qui mesure sa densité.L'eau a une densité presque égale au vin final,parce que l'alcool allège l'ensemble du mélange .

II-4-2 Les substances organiques

Des substances organiques sont présentes dans le vin .Ces substances sont ,en général,des glucides,des protides,des lipides,quoique presque absents,vu leur faible solubilité dans l'eau .Les glucides sont très abondants dans le jus du raisin ,mais ils sont plus rares dans le vin à cause de leur transformation en alcool lors de la fermentation.Quant aux protides ,ils sont assez rares dans le liquide.Ils se transforment en polypeptides et en acides aminés.Finalement,les lipides n'ont pas d'importance réelle dans la composition du vin.

II-4-3 Les substances minérales

Les substances minérales occupent une grande place dans le vin.Celles-ci sont séparées des substances organiques par calcination.C'est alors que nous y distinguons des anions (ions négatifs) .Parmi ces ions contenus dans le vin,il y a :

- ❖ Le chlore (Cl)
- ❖ Le soufre (S),se trouvant sous forme du sulfite (SO₂)
- ❖ Le phosphore (P) se trouvant sous forme de phosphate

- ❖ Et deux autres anions, de moindres importances, le silicium et le bore .

De plus ,des cations (ions positifs) sont présents dans le vin.Ceux-ci sont nombreux et très variés :

- ❖ Le potassium (K^+)
- ❖ Le magnésium (Mg^{2+})
- ❖ Le calcium (Ca^+)
- ❖ Le sodium (Na^+)
- ❖ Le fer (Fe)
- ❖ Et le cuivre (Cu)

Les deux derniers métaux, également compris dans les cations, sont importants. Ils peuvent parfois ,s'ils sont en trop grande quantité, être nuisibles, car ils risquent de former des précipités.

Plusieurs autres autres métaux y sont présents, mais leur quantité étant faible ,ils sont considérés comme négligeables.

II-4-4 Les acides organiques

Le vin comporte aussi des acides organiques (2 à 5 g/L). Ceux-ci ,comme l'acide tartrique, sont présents dans le fruit de départ .S'ils sont trop importants, la qualité du vin est atteinte, mais s'ils sont trop faibles, le vin est perdu. D'autres substances composent le vin, mais en partie très infime, comme les diastases et les vitamines.

II-4-5 L'alcool

Une chose est évidente ,nous trouvons dans le vin, des alcools .Ils constituent environ le 1/10 du volume (taux d'alcool 10%). L'alcool éthylique (C_2H_5OH) est le plus abondant de tous .celui-ci est formé par la transformation des glucides dans le moût.

Plusieurs autres alcools sont présents, mais n'ont pas vraiment d'importance, que ce soit par rapport au goût ou à la teneur alcoolique .D'ailleurs ,c'est pour cette unique raison que seul l'alcool éthylique est dosé, parce que c'est lui qui fait la teneur alcoolique.

II-5 L'étape de la fabrication du vin [11]

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

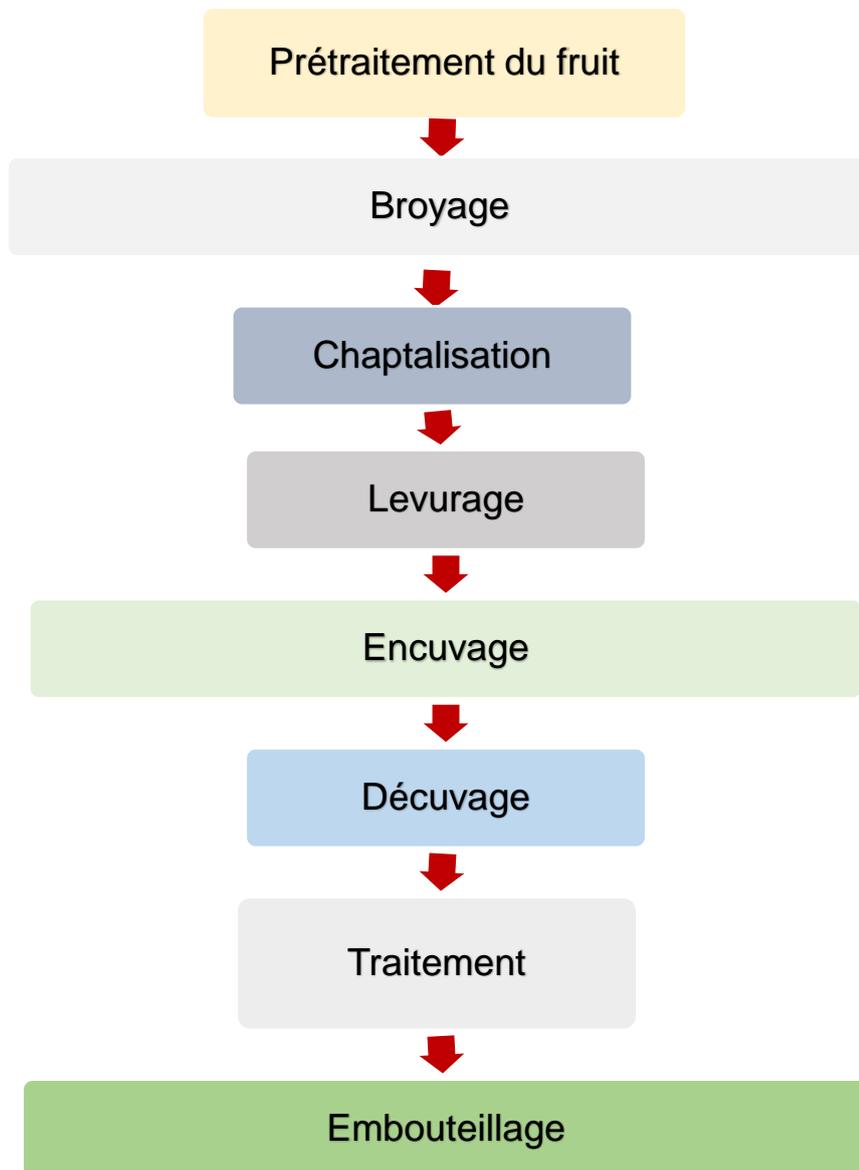


Figure 8 : Processus de production du vin

Source : auteur

II-6 L'énergie calorifique du vin [13]

Le vin fournit 7 Cal/g. Un vin de 12% vol apporte 700 Cal/L. L'organisme métabolise cet alcool via une oxydation avec l'enzyme AGH au rythme de 100 mg/kg d'alcool de poids et par heure. Ce qui correspond à un débit de 7 g d'alcool par heure, soit encore une heure par verre de vin de 100 mL.

II-7 Analyses et contrôles [1],[13],[15],[18]

II-7-1 Analyse chimique du vin

❖ Titre alcoométrique ou degré alcoolique

Le titre alcoométrique volumique, aussi appelé degré alcoolique, est la proportion d'alcool, c'est-à-dire d'éthanol, dans le vin. Ce titre est le rapport entre le volume d'alcool, à la température de 20°C, contenu dans le mélange et le volume total de ce mélange à cette même température. L'unité utilisée pour exprimer le titre est le pourcentage volumique (% vol) ou degré (note °).

❖ Acidité totale ou acidité de titration

L'acidité totale est la somme des acides titrable lorsqu'on amène le vin au pH=7 par addition d'une liqueur alcaline titrée ; l'acide carbonique et l'anhydride sulfureux libre et combiné ne sont pas compris dans l'acidité totale. Les résultats sont exprimés en milliéquivalents par litre, soit 0,049 g de H₂SO₄ g/L. L'acidité et le degré alcoolique sont des facteurs importants dans la nature et la capacité de vieillissement du vin.

❖ Acidité volatile

L'acidité volatile est constituée par la partie des acides gras légers appartenant à la série acétique, qui se trouve dans les vins à l'état libre, et à l'état estérifié. Elle est formée essentiellement par l'acide acétique de petites quantités d'acides propénoïques et butyrique. Ces acides peuvent aussi se former accidentellement à la suite de développement bactérien. La détermination de l'acidité volatile d'un vin permet de connaître son état sanitaire. Il existe une réglementation limitant l'acidité volatile, les vins dépassant la limite autorisée étant destinés à la vinaigrierie : une teneur de 0,4 à 0,5 g/L

est considérée comme acceptable pour un vin en cours de stockage .Une tolérance supérieure est acceptée pour les vins liquoreux.

❖ Le pH

Le pH permet de mesurer l'activité des ions hydroxonium dans une solution.Cette mesure est à lieu avec celle de l'acidité totale ,car le pH caractérise la force de l'acidité du vin.

❖ Les sucres

La richesse en sucres des moûts permet d'estimer le degré probable de la récolte.

Après fermentation complète, la concentration en sucre représente la teneur en sucres résiduels du vin.

❖ Le dioxyde de soufre

Le SO₂ est un antiseptique rajouté aux moûts avant la vinification (récolte, traitement préliminaire du jus de fruit) et au vin pendant l'élevage afin de contrôler le développement des micro-organismes dans ces milieux, en vue d'un bon déroulement de la vinification et d'une parfaite conservation du vin. En effet, un apport de SO₂ peut provoquer une sélection des levures et permet une protection du vin contre les proliférations bactériennes. Enfin, son fort pouvoir réducteur protégera le vin d'une oxydation.

Les teneurs maximales de SO₂ total autorisées sont :

- Vin sec :
 - ✓ Rouge 160 mg/L
 - ✓ Blanc 210 mg/L
- Vin liquoreux :
 - ✓ 300 mg/L

II-7-2 Analyse sensorielle

❖ Examen visuel

L'examen visuel permet d'apprécier la robe du vin, son aspect, il nous renseigne sur : la limpidité, la brillance, la couleur, le gras du vin.

❖ Limpidité

La limpidité d'un vin est notée par observation latérale du verre. La source de lumière met en évidence les particules dans le vin. Ce phénomène, appelé Tyndall, est plus perceptible encore lorsque le verre est placé sur un fond noir. Apparaissent alors les troubles du vin, parle de gaz, filaments, voltigeurs ou flocons. Si le trouble se présente comme une masse nuageuse ou laiteuse et rugueuse, sans aucune finesse.

❖ Brillance

La brillance est l'éclat du vin, sa faculté de renvoyer la lumière. Cette brillance sera observée en regardant le disque à la lumière naturelle et sur un fond blanc.

La brillance est très importante pour les vins blancs qui doivent présenter un éclat parfait.

❖ Couleur

L'appréciation de la couleur est liée à deux facteurs : l'intensité et la teinte.

L'intensité colorante d'un vin est due à sa richesse en pigments colorants (anthocyanes ou flavones). Elle dépend de l'épaisseur du vin traversée par lumière. Il faudra donc l'observer avec les mêmes verres remplis à la même hauteur et avec la même source lumineuse. L'observation se fait au-dessus du verre en inclinant celui-ci pour ajuster la hauteur du liquide ; la lumière du jour frappant le verre de face.

En ce qui concerne la teinte, la teinte principale est distinguée de celle des reflets, qui sera observée soit lorsque le vin coule de la bouteille, soit sur les bords du disque.

❖ **Gras du vin**

Le gras du vin est caractérisé par ce qui appelé les « larmes » ou les « jambes » qui se forment le long du verre. Celles-ci sont dues à la richesse en glycérol du vin, mais aussi influe sur la vitesse d'écoulement des « larmes » le long du verre. Plus les « larmes » coulent lentement, plus le vin est riche en alcool.

II-7-3 L'examen olfactif

Pour percevoir les arômes ; il est important de bien utiliser son odorat et les deux voies qu'il implique : la voie directe que l'on exploite en humant et la voie rétro nasale, lorsque le vin est en bouche, qui utilise le lien entre notre palais et nos voies nasales. La première nous fait percevoir les odeurs et la deuxième les arômes.

L'examen olfactif sera effectué en deux étapes : la première étape consiste à humer le vin dans un verre rempli au tiers et tenu par le pied pour éviter les odeurs de la peau. On appelle cela le « premier nez ». Pour la deuxième étape, on fait tourner le vin dans le verre pour l'aérer. C'est le « deuxième nez ».

Cet examen nous renseigne sur l'arôme et le bouquet d'un vin. Il existe trois types d'arômes et le bouquet d'un vin. Il existe trois types et arômes d'élevage ou bouquet.

❖ **Les arômes primaires**

Les arômes primaires sont issus de la variété du fruit. Chaque fruit porte sa signature aromatique qui s'exprime de façon plus ou moins intense selon la variété. Les arômes primaires se définissent par analogie avec des fleurs, des végétaux, des fruits des minéraux et des épices.

❖ **Les arômes secondaires**

La fermentation va révéler les arômes du vin. C'est la transformation du sucre en alcool qui va libérer les arômes et les rendre éclatants. Mais l'agent de cette transformation, la levure, ne se contente pas de produire l'alcool et du gaz carbonique. Grâce aux enzymes qui participent aux réactions, les levures donnent naissance à

diverses substances qui complètent les arômes initiaux du fruit par des arômes secondaires. Ces arômes dépendent de la nature de la levure, des aliments de celle-ci et de la température à laquelle est conduite la fermentation. La fermentation malolactique apporte aussi des arômes au vin, notamment des notes beurrées et lactées.

❖ **Le bouquet**

Une fois les fermentations terminées, deux phases vont enrichir la palette aromatique du vin : l'élevage et le vieillissement en bouteille. L'élevage atténue les notes fruitées originelles, mais les rend plus complexes. Le vieillissement entraînera le mariage des arômes et leur harmonie.

II-7-4 L'examen gustatif

❖ **Les sensations gustatives**

Quatre impressions sont décelées : le sucre, le salé, l'acide et l'amer respectivement sur le bout, les côtés littéraux, les bords et le fonds de la langue. La saveur sucrée se révèle en premier, puis viennent simultanément les saveurs acides et salées. L'amer ne se manifeste qu'en fin de dégustation. Outre ces saveurs élémentaires, d'autres sensations sont décelées : la fraîcheur (acidité), la chaleur (due à l'alcool), l'astringence (tanins) ; le pétillant (CO₂), la consistance (gras).

❖ **L'équilibre de vin**

L'harmonie d'un vin et sa qualité résident dans l'équilibre de ses saveurs et de ses arômes. Certaines saveurs trop prononcées en neutralisent d'autres. Plus précisément, cette harmonie se trouve essentiellement dans l'équilibre entre les goûts sucrés, acides et amers. En effet, il faut apprécier un vin en fonction de ses critères de typicité. Plus le vin est sucré, plus il demande un fort degré d'alcool pour rester harmonieux et pour ne pas tomber dans des notes pâteuses.

II-8 Ferments à utiliser [11],[13],[18]

La fermentation est une réaction biochimique de conservation de l'énergie chimique contenue dans une source de carbone (souvent du glucose) en une autre forme d'énergie directement utilisable par la cellule en l'absence de dioxygène (milieu anaérobie). Louis Pasteur dira « la fermentation c'est la vie sans l'air » c'est une simple réaction d'oxydoréductions où l'accepteur final d'électron est le produit final. Elle se caractérise par une oxydation partielle du produit fermentescible, et donne lieu à l'une faible production de l'énergie, car la différence de potentiel redox entre le donneur et l'accepteur d'électron est assez faible. On définit aujourd'hui la fermentation comme un système de transfert d'électrons ne mettant pas en jeu des complexes membranaires, mais uniquement des partenaires solubles (en général des acides organiques ou leurs dérivés) Lors de la respiration aérobie, l'accepteur final des électrons arrachés à la molécule (réduction) et transférés aux cofacteurs NADH + H⁺ (ou plus rarement aux cofacteurs NADPH + H⁺) sont enfin de compte transféré par ces cofacteurs au dioxygène. Cette respiration aérobie met en jeu des complexes membranaires.

Dans le cas de la fermentation, les électrons sont transférés à des composés des voies métaboliques, tels que le pyruvate (dans le cas de la fermentation lactique) entraînant la formation d'acide lactique ou de l'éthanol suivant les organismes et les conditions de cultures. Les types de fermentation sont :

- La fermentation alcoolique
- La fermentation lactique
- La fermentation malolactique

II-8-1 Fermentation alcoolique

La première fermentation des vins de champagne est la fermentation alcoolique qui transforme le moût en vin. Les levures 'mangent' le sucre et produisent ainsi de l'alcool et du gaz carbonique (CO₂), ainsi que d'autres composantes qui construisent les caractéristiques du vin.

La fermentation alcoolique peut s'effectuer sous-bois (fûts, foudre ...) mais la très grande majorité des élaborateurs privilégie l'utilisation de cuve en acier inoxydable

thermo régulées, d'un volume variant de 25 à plusieurs centaines d'hectolitres (hL). Le contenu de chaque cuve est clairement identifié par la mention du cru, de la fraction, du cépage, de l'année.

Les moûts débourbés sont chaptalisés si nécessaire, le but étant d'obtenir 11% volume d'alcool maximum en de fermentation.

Agent de fermentation : Levure

- **Définition**

Les microorganismes producteurs d'alcool éthylique sont avant tout les levures. Ces sont des champignons microscopiques se présentant sous forme unicellulaire au moins à un stade de leur cycle biologique. Les cellules sont généralement ovoïdes et leurs tailles varient de quelques microns jusqu'à 25 à 30 microns. Elles se présentent sous formes filamenteuses ou en associations cellulaires. Dans la pratique, deux genres de levure sont utilisés pour la fermentation :

- ❖ ***Schizosaccharomycès Pombe***

- ❖ ***Saccharomyces Cereviseae***

- **Classification**

La classification de référence actuellement en vigueur pour la levure *Saccharomyces Cereviseae* est celle de LODDER (1971).

Tableau 6 : Classification pour la levure *saccharomyces cereviseae*

<i>Embranchement</i>	<i>Thailophytes</i>
<i>Classe</i>	Ascomycètes
<i>Sous-classe</i>	<i>Hemiascomyces</i>
<i>Ordre</i>	<i>Endomycetales</i>
<i>Famille</i>	Saccharomycètes
<i>Sous-famille</i>	<i>Saccharomycoïdeae</i>

Source : RAFALINIRINASOA Josiane

❖ **Caractéristiques de levures**

La levure *Saccharomyces Cereviseae* est un champignon unicellulaire avec un pouvoir *alcoogène* très élevé 17% en volume, assez résistant. En milieu liquide, la forme des cellules est elliptique dont certains sont allongés, d'autres plus arrondies. La culture présente un trouble et lors de la phase active, on observe des mousses. En milieu solide, la culture présente des colonies géantes de forme lisse ou granuleuse pouvant être mâte ou brillante.

❖ **Propriétés de la levure**

Beaucoup de substrats glucidiques sont assimilables par la levure. On peut citer le glucose, le saccharose, le galactose, le maltose, le *maltotriose* et le fructose. Mais d'autres comme l'amidon, le lactose, le pentose ne sont pas assimilables. D'où la nécessité d'hydrolyser l'amidon avant de passer à la fermentation.

❖ **Culture des levures**

Pour que la levure reste en vie, elle a besoin de l'eau, d'azote, de potassium, phosphate, sulfate le moût contient tous ces éléments, mais on peut en

ajouter au cas où la fermentation serait trop lente. On peut aussi remarquer que les enzymes utilisées pendant l'hydrolyse contiennent des éléments nutritifs pour la levure.

II-8-2 Fermentation lactique

La fermentation lactique ou fermentation homolactique produit de l'acide lactique. Cette réaction se déroule dans le muscle au cours d'un effort intense pendant lequel l'apport en dioxygène est trop lent par rapport à la demande en énergie. Ce type de fermentation concerne aussi la transformation du lait en yaourt. A titre de comparaison, en présence de dioxygène, la respiration produit jusqu'à moles d'ATP à partir d'une mole de glucose, soit environ fois plus que la fermentation. Elle mobilise un appareil enzymatique plus complexe. En termes évolutifs, la fermentation est privilégiée tant qu'il existe de grandes quantités de sucre et peu d'oxygène, ce qui correspond aux conditions de vie avant l'apparition de l'atmosphère. Dès que le sucre se raréfie et que l'oxygène devient abondant comme cela a commencé il y a environ deux milliards d'années et s'est achevé il y a 250 millions, intervient la respiration ainsi que les organismes spécialisés capables de la mettre en œuvre. Notons que les mitochondries, lieu de la respiration cellulaire, sont des organites qui descendent des cyanobactéries.

II-8-3 Fermentation malolactique

La fermentation malolactique est fermentation grâce à laquelle le vin va perdre de son acidité. Elle se succède à la fermentation alcoolique et elle est indispensable à l'élaboration des vins rouges.

Elle consiste en une dégradation biologique de l'acide malique en acide lactique sous l'action d'une bactérie lactique appelée *l'oenococcusoeni*. On assiste ainsi à une désacidification biologique du vin sous l'action de cette bactérie. Elle permet de diminuer l'acidité du vin par la transformation d'un acide fort (acide malique). Cette fermentation malolactique ou (FML) influence la qualité organoleptique des vins, particulièrement celle du vin rouge. Elle leur confère souplesse, rondeur et stabilité microbiologique. Elle est favorisée par l'emploi dans la vendange, de faibles doses d'anhydride sulfureux (du soufre). Le SO₂ joue en effet un rôle d'antioxydant et inhibe l'activité des bactéries

lactiques. L'activité de la FML croît avec la température, l'optimum étant atteint entre 20° et 23° C.

Elle permet aussi de stabiliser le vin, il est moins sujet à d'autres altérations d'origine microbiennes ou lévariennes.

Elle ne s'applique pas systématiquement. En effet, pour certains vins blancs on doit préserver une certaine acidité ainsi que les parfums de fruits. Pour ces vins, on empêche le déclenchement de cette fermentation en ajoutant du soufre après la fermentation alcoolique.

Un grand nombre de produits sont synthétisés au cours de la fermentation en particulier de l'acide malique dont la présence est souvent (mais pas toujours) ressentie comme un défaut. Pour éliminer l'acide malique, il existe la fermentation malolactique, laquelle transforme l'acide malique en acide lactique.



En se déroule en une seule étape enzymatique et la bactérie concernée est la lactobacillus. La fermentation malolactique est la norme pour les vins rouges. Pour les blancs, cela dépend du résultat désiré, si nous voulons un vin sec et frais ou un vin plus gras et capable de vieillir.

II-9 Traitement avant conditionnement [11],[13],[15],[18]

II-9-1 Sulfitage

L'addition de SO₂ à l'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 responsable de l'altération de vin. A trop forte dose, le SO₂ peut toutefois altérer la saveur du vin.

Il peut être additionné sous différentes formes. Nous vous préconisons 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 SO₂. La détermination de la dose optimale permettant une bonne conservation du produit sans altération trop importante des

qualités organoleptique nécessite une étude plus approfondie. Il faut remarquer que la limite légale est de 10g/hL de SO₂.

Remarque : Le sulfitage doit être réalisé après la fermentation.

II-9-2 Clarification

Lorsque la fermentation est achevée, commence la clarification. Il s'agit du procédé dans lequel les résidus solides tels que les cellules de levure mortes, les tanins et les protéines sont retirés. Le vin est transféré ou « décuvé » dans un nouveau réservoir, par exemple un fût de chêne ou une cuve en acier inoxydable. Le vin peut ensuite être clarifié par collage ou filtration.

On parle de collage lorsque des substances sont ajoutées au vin pour le clarifier. Par exemple, un vigneron peut ajouter de l'argile, à laquelle les particules indésirables vont adhérer. Ainsi, elles vont migrer vers le fond du réservoir. On parle de filtration lorsqu'on utilise un filtre pour capturer les plus grosses particules présentes dans le vin. Une fois clarifié, il est ensuite décuvé dans une autre cuve et préparé pour la mise en bouteille ou pour une maturation future.

II-10 Maturation en bouteille

La maturation et la mise en bouteilles sont les dernières phases du procédé de fabrication du vin. Deux options s'offrent alors au vigneron : mettre tout de suite le vin en bouteille ou le faire vieillir davantage. Cette opération peut se faire lorsque le vin est déjà en bouteille, dans des cuves en acier inoxydable ou en fût de chêne. Faire vieillir le vin en fût de chêne le rendra plus souple, plus rond et lui conférera un arôme de vanille plus prononcé. Cette technique augmente également l'exposition du vin à l'oxygène pendant sa maturation, ce qui réduit la quantité de tanins et aide le vin à obtenir un goût très fruité. Traditionnellement, on utilise des cuves en acier pour les vins blancs acidulés.

Après la maturation, les vins sont mis en bouteille qui sont fermées par un bouchon de liège ou par une capsule à vis selon la préférence du vigneron.

Le vin de fruits va encore mûrir et s'affiner au cours de la première année en bouteille. Il peut sans problème être conservé pendant 3 à 4 ans en cave.

CONCLUSION PARTIELLE

Cette première partie renseigne sur les généralités concernant le fruit de mûre et les différentes transformations optées sur sa valorisation.

La mûre est une famille rosacée et un fruit sucré ou acidulé selon sa variété, localisée sur les hauts plateaux de Madagascar. Jusqu'à maintenant, les mûres restent au stade de la consommation en frais et ne subissent pas de transformation particulière en vue de leur valorisation.

L'œnologie clarifie les diverses techniques de vinifications des fruits, le processus de la fermentation alcoolique, ainsi que les traitements, analyses et contrôles du vin.

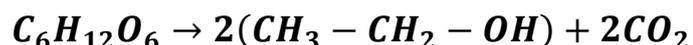
L'existence de ces différents problèmes met en évidence la nécessité de mettre au point des technologies de transformation afin d'absorber la surproduction, d'assurer un revenu plus stable aux producteurs et d'améliorer la conservation de mûre.

PARTIE 2 : ETUDES EXPERIMENTALES

Chapitre III : Le vin de mûre

III-1 But de l'expérience

Le but de l'expérience est de transformer le jus de mûre en vin. La mûre est un fruit juteux et sucré, contenant jusqu'à 5 à 15 % de sucre qui en présence des micro-organismes peut réagir en produisant de l'éthanol suivant la réaction :



La matière première utilisée est la mûre achetée au marché d'Antsirabe.

La variété choisie pour mener l'étude est *moretti* genre *morus* espèce mûrier blanc.

III-2 Matériels utilisés

Le tableau suivant présente les quelques matériels utilisés durant la fabrication du vin de mûre.

Tableau 7 : Matériels

Catégorie des matériels	Principaux	Utilisations
Gros équipement	Cuvette, Seau	Triage, lavage, équeutage, mouillage
	Fermenteur	Production à petite échelle de vin
	Mixeur	Extraction du moût
Matériels de contrôles et de mesure	Balance de précision	Pesage des matières premières (mûre), les différents réactifs (produits chimiques)
	Réfractomètre	Mesure du degré Brix
	Vinomètre	Mesure du degré alcoolique du vin
	Thermomètre	Contrôle de température
Matériels courant de laboratoire	Verreries (tube à essai, becher, éprouvette,)	Utilisations diverses

Source : auteur

III-3 Procédés de vinification

III-3-1 Diagramme de procédé

Le procédé se rapproche de la vinification en rouge. Ce diagramme a été établi après nombreux essais.

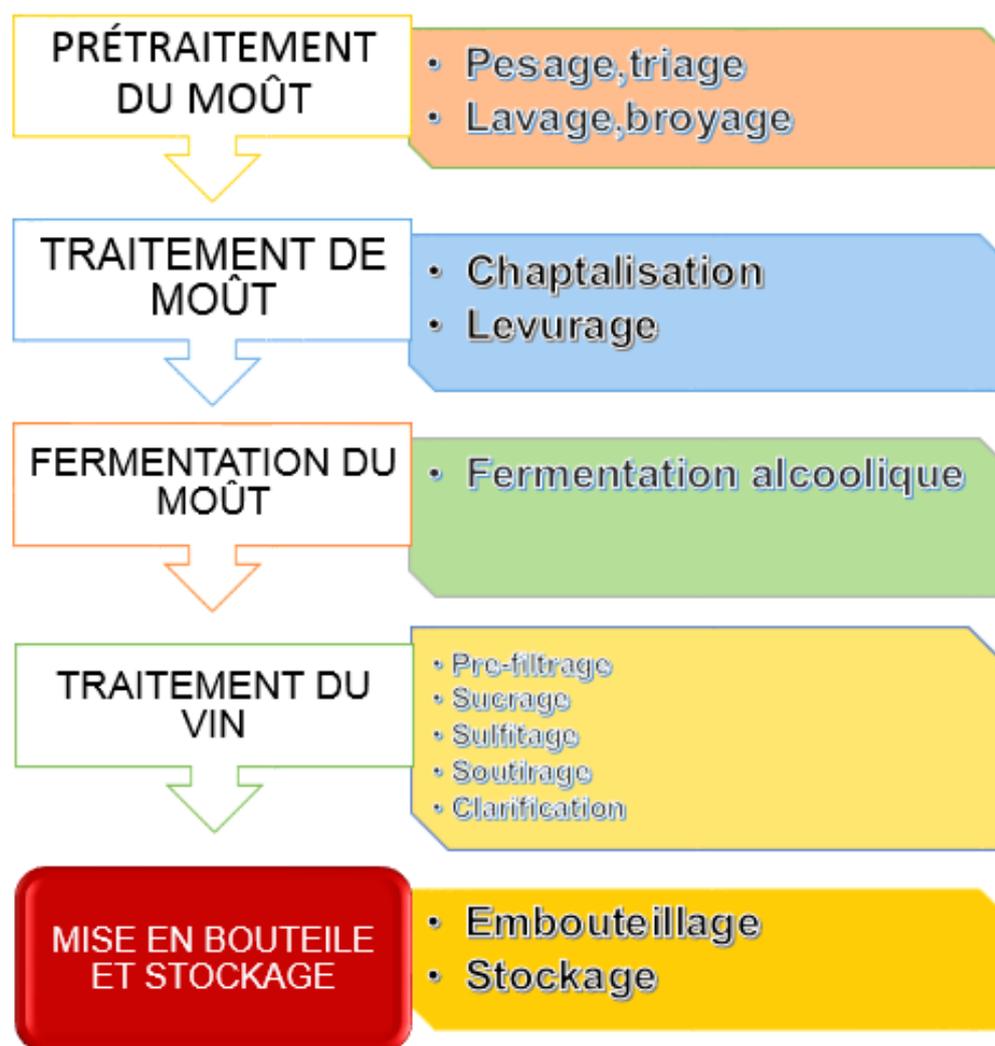


Figure 9 : Processus de vinification de mûre

Source : Auteur

III-3-2 Prétraitement du moût

- Pesage et triage

Pour mieux gérer les pertes, les fruits ont été pesés et triés.

➤ **Lavage et broyage**

En vue du respect des normes et l'hygiène, le bon nettoyage est nécessaire. Il faut débarrasser des saletés et des microbes ou des bactéries microscopiques qui ont pu recouvrir la peau des fruits.

Les fruits sont broyés pour obtenir des moûts à l'aide de mixer.



Figure 10 : Mûre broyée

Source : Auteur

III-3-3 Traitement du moût

➤ **Chaptalisation**

La chaptalisation est nécessaire dans le cas de la vinification de mûre pour augmenter le degré final du vin en ajoutant du sucre au moût. Le rendement d'un sucre en alcool varie



Figure 11 : Levure saccharomyce *cerevisiae*

Source : Auteur

III-3-4 Fermentation

La fermentation alcoolique a pour but de transformer le sucre en alcool. Le moût a été fermenté dans les seaux plastiques transparents, à température ambiante (car la température idéale en œnologie pour cette vinification est aux alentours de 20°C à 30°C).

Ces cuves de 10 litres sont percées au sommet par des tuyaux en plastique plongés à l'autre bout dans un récipient d'eau (assure le dégagement du CO₂ sans que l'air ou d'autres substances ne pénètrent dans le milieu fermentaire ou fermentation anaérobie).

Lors de l'encuvage du moût, il faudra laisser un vide d'environ 1/5 du volume de la cuve, à cause du gonflement du moût produit par la fermentation.



Figure 12 : Fermentation du moût de mûre

Source : Auteur

III-3-5 Traitement du vin

La fin de la fermentation est signalée par l'arrêt du dégagement de gaz carbonique. Après la fermentation se déroule le sulfitage qui est le traitement chimique du vin par le métabisulfite de potassium (*Pyrosulfite* ou disulfite) et acide sorbique (*sorbate* de potassium) afin de :

- ❖ Diminuer les phénomènes d'oxydation nuisibles ;
- ❖ Empêcher la croissance et de développement des bactéries responsables de l'altération du vin ;
- ❖ Conserver le vin.

➤ **La préfiltration**

Pour la préfiltration, on passe le vin à travers différents types de passoire pour éliminer les corps solides. Ce traitement est fait pour séparer la partie solide et la partie liquide.

➤ **Sucrage**

Ajout de sucre pour obtenir un vin doux.

➤ **Décantation et clarification**

La bentonite, un matériau adsorbant, est utilisée dans la clarification et la stabilisation protéique des moûts et des vins qui permettent ainsi leur élimination par décantation. En effet, les particules en suspension s'adsorbent sur la surface et les pores de la bentonite et seront éliminées par décantation gravimétrique sous forme de lie de vin.

➤ **Le soutirage**

Après décantation du vin, on procède au soutirage par transvasement du liquide d'une cuve à une autre. Cela a pour effet de séparer le liquide clair du résidu.

III-3-6 Mise en bouteille et stockage

Les bouteilles, en verre, utilisées pour la conservation des vins doivent être opaques et stérilisées. Les bouteilles sont ensuite stockées dans des endroits frais et sombre.

III-4 Essais expérimentaux

On fait 3 essais, pendant l'expérience de la fabrication de vin de mûre.

Voici un tableau qui résume les conditions de la vinification de la mûre

Tableau 8 : Condition expérimentale de la vinification

Essai			
Paramètre	N°1	N°2	N°3
Quantité de mûre (en g)	5 000	5 000	2 312
°Brix de la pulpe	9	9	9
Volume de moût (en L)	5	4	1,25
Mouillage (en %)	50	50	100
Volume après mouillage (en L)	7,5	6	2,5
Quantité de sucre ajouté (g)	1 530	1 242	575
°Brix du moût	23	20	19
Densité (g/mL)	1,098	1,086	1,078
Acidité du moût (Papier pH)	[3 ;4]	[3 ;4]	[3 ;4]

Source : auteur

- ❖ L'essai N°1 : vinification en rouge
- ❖ L'essai N°2 : vinification en blanc
- ❖ L'essai N°3 : vinification en blanc

L'essai N°1 se différencie de l'essai N°2 par préfiltration du moût avant fermentation. Nous avons effectué l'essai N°3 qui se différencie de l'essai N°2 en ajoutant deux fois la quantité d'eau pendant le mouillage.

III-5 Suivi de la fermentation

On suit la fermentation par les mesures : du degré Brix et de la densité.

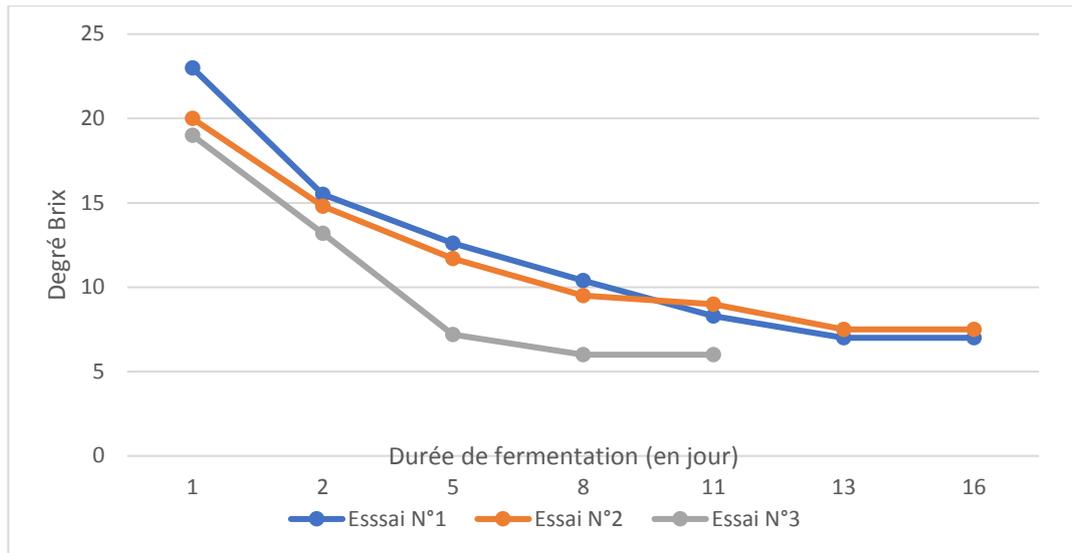
III-5-1 Suivi de la teneur en sucre

Degré Brix, l'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix (°B ou °Bx) à l'aide d'un réfractomètre.

Tableau 9 : Evolutions des teneurs en sucres des différents essais en °Brix

Durée (Jour)							
	1	2	5	8	11	13	16
Essais							
N°1	23	15,5	12,6	10,4	8,3	7	7
N°2	20	14,8	11,7	9,5	9	7,5	7,5
N°3	19	13,2	7,2	6	6	-	-

Source : auteur



Source : auteur

Figure 13 : Courbe d'évolution des teneurs en sucre du moût des différents essais

- L'essai N°1, la fermentation est rapide à cause de la quantité de levures. Il a été arrêté au 13^{ème} jour, car la teneur en alcool élevée et la teneur en sucre résiduel élevées ont été atteintes.
- L'essai N°2, qui est une fermentation en blanc et rapide que l'essai N°1 ; le teneur en sucre résiduel est stable au 13^{ème} et 16^{ème} jour.
- L'essai N°3, vinification en blanc, avec une quantité de levures très élevée, la fermentation est très rapide, Elle a été arrêtée au 11^{ème} jour, le teneur de sucre résiduel est stable au 8^{ème} et 11^{ème} jour.

III-5-2 Suivi de la densité

Tableau 10 : Evolution des densités des différents essais

Durée (jour) Essais	1	2	5	8	11	13	16
N°1	1,190	1,125	1,090	1,076	1,056	1,050	1,050
N°2	1,160	1,107	1,084	1,072	1,067	1,057	1,057
N°3	1,154	1,098	1,053	1,043	1,043	-	-

Source : auteur

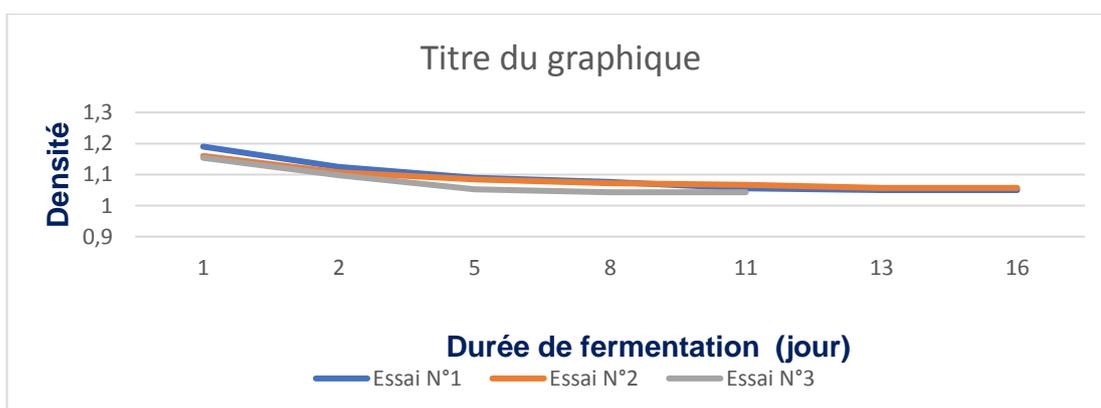


Figure 14 : Courbe d'évolutions des densités des différents essais

Source : auteur

En général les figures N° 13 et N°14 sont identiques. En effet, les valeurs données par le mustimètre sont proportionnelles à la concentration du sucre dans le moût

III-5-3 Degré alcoolique

On utilise la vinomètre pour mesurer le degré alcoolique, c'est un appareil conçu spécialement pour le vin.

Voici un tableau qui montre les résultats des essais expérimentaux

Tableau 11 : Degré d'alcool

Essais	N°1	N°2	N°3
Degré d'alcool	15	13,5	16

Source : auteur

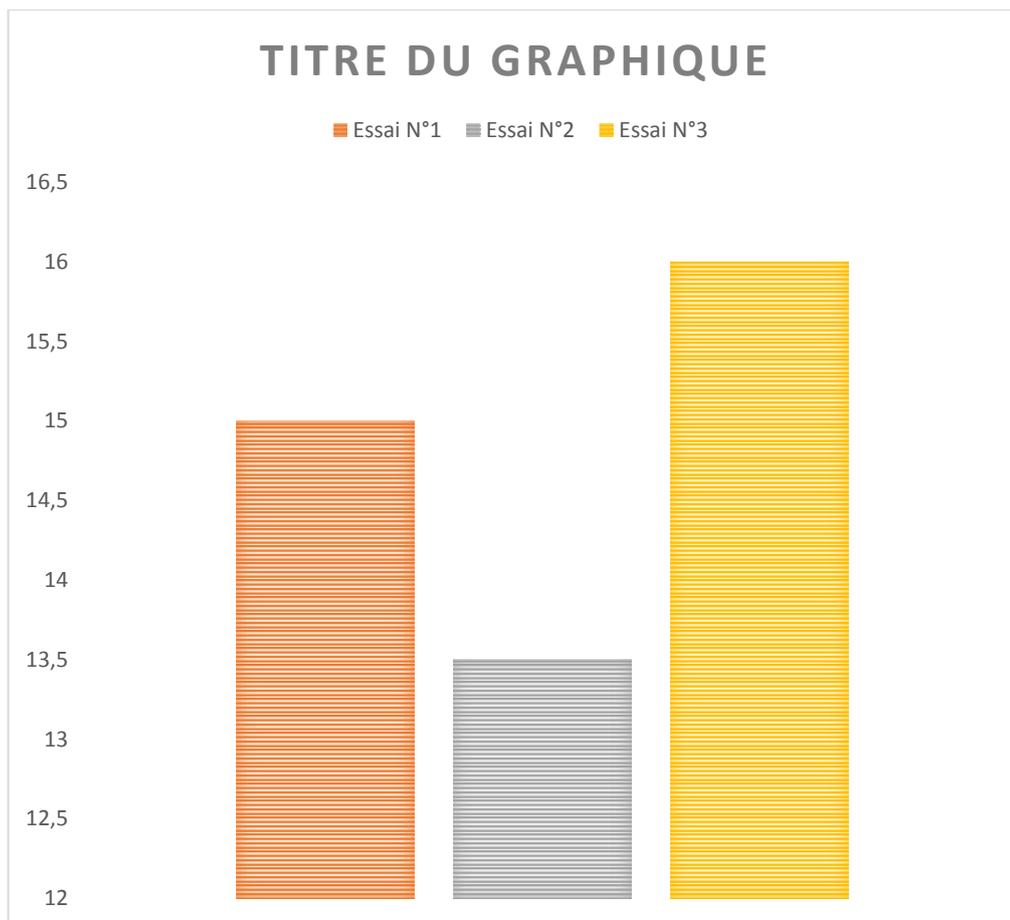


Figure 15 : Histogramme de degré d'alcool des essais expérimentaux

Source : auteur

- Le vin issu de l'essai N°1 a atteint un degré alcoolique voulu (15° vin liquoreux) avec des teneurs en sucre résiduel élevé.
- L'essai N°2 n'a pas pu atteindre le taux d'alcool il y a eu une perturbation de la fermentation.
- L'essai N°3 atteint un degré alcoolique élevé plus que celui espéré.

Le degré alcoolique permet de calculer le rendement alcoolique.

III-6 Résultat expérimentaux

III-6-1 Les mesures finales

Les valeurs de degré Brix, densité et de l'alcool final sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : Mesures finales

Caractéristique	Vin de mûre	Normes AFNOR : Décret n° 2009-1306 du 27 octobre 2009/NOR : AGRT0912391D
°Brix	11	-
Densité	1,080	-
Degré d'alcool	15	12-16 (Vin liquoreux)

Source : auteur

D'après le résultat ci-dessus, si on compare avec les résultats d'analyses aux normes AFNOR. Nous pouvons conclure que le vin de mûre est classé dans la catégorie des vins liquoreux.

III-6-2 Le rendement expérimental

Il est nécessaire de tenir en compte tous les intrants pour l'élaboration de ce vin.

Le rendement est calculé par la formule suivante :

$$\eta = \frac{m_f}{\sum m_i} * 100$$

- m_f :Masse finale de produit
- m_i :Masse des matières intrants

Tableau 13 : Calcul du rendement de la fabrication de vin de mûre

Désignation	Masse incorporé (en g)	Masse finale du produit (en g)
Mûre	2112	2643
Eau	1015	
Levure	12,6	
Sucre	506,6	
Métabisulfite de potassium	0,12	
Total	3646,32	

Source : auteur

Donc le rendement est :

$$\eta = \frac{2643}{3646,32} * 100$$

$$\eta = 72,48 \%$$

Ainsi, le rendement de la transformation de mûre en vin est de 72 ,48%. Le volume du vin obtenu est de 3,08 L.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, nous avons pu transformer la mûre et même de mieux la valoriser en tant que vin. Pour y arriver, d'abord on a commencé par l'étude bibliographique pour rassembler les données concernant les mûres, l'œnologie et la fermentation alcoolique.

Ainsi, la bibliographique montre que Madagascar possède beaucoup de variété de mûres. Et en plus, ce fruit est plutôt saisonnier, la vinifier est plus sûr pour une bonne conservation. La connaissance de techniques œnologiques dans cette étude bibliographique nous incite à référer la fabrication du vin de mûre comme le processus de vinification, le traitement du vin, l'analyse et contrôle. La connaissance des conditions de fermentation dans cette partie nous a aidées pour un bon déroulement dans la fabrication de ce vin.

Ensuite, dans l'étude expérimentale montre le processus de vinification : l'extraction de jus, la chaptalisation, la fermentation qui dure environ 16 jours et la clarification de ce vin. Cette dernière est faite par le collage avec la bentonite qui donne une meilleure clarification au vin. On effectue trois essais dans cette étude qui suivie une vinification en rouge et en blanc.

Alors, d'après les résultats obtenus et observés durant le temps de cette vinification, on peut dire qu'il est primordial de continuer cette lancée de fabrication de vin avec ces fruits parce que Madagascar dispose de toutes les matières premières y afférentes : pomme, ananas, litchi, mangue..., par conséquent, on peut les conserver dans un délai plus long. Donc pour pouvoir les conserver, utilisons plusieurs méthodes comme transformation en vin, en vinaigre, en confiture. Dorénavant, la transformation d'autres fruits en vin sera possible.

A la fin de notre ouvrage, il est utile d'étudier et d'analyser certaines formes d'impacts socio-économiques du vin et de sa fabrication. Il est alors possible de fabriquer du vin à partir des fruits juteux selon ces processus de vinification mentionnés ci-dessus, mais ce vin est quand même une boisson alcoolisée et il faut le boire avec modernisation, car « l'abus d'alcool est dangereux pour la santé ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. ANDRIAMAHANDRY, S (2006) « Contribution à la valorisation des bananes : fabrication de vin da banane ». ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Génie Chimique, ESPA Promotion 2006.
- [2]. ANDRIAMAHATANA Jemisa Henintsoa (Le 21 Novembre 2016) « Amélioration de la sériciculture et tissage dans le fokotany Fonohasina commune rurale Ambohitrabiby Antananarivo Avaradrano ». ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale, Promotion TONIA 2016.
- [3]. Bernard Cordiez écrit le 12 septembre 2016
- [4]. Claire-Aurore *Doray* : le 26/11/2018
- [5]. Clémentine Des Femmes, 6 septembre 2010
- [6]. François DROUET, article en 2006
- [7]. Imran 2010 ; Fazal 2013, Soeroso, 2017, ZHU 2018
- [8]. JDF d'après ANSES
- [9]. LEGRAS, M. (2003) .LA CHIMIE DU VIN
- [10]. Manuel D., Sánchez
- [11]. RAFALINIRINASOA Josiane (2019) « Contribution à l'étude de fabrication de vin de pomme et d'ananas ». Mémoire de fin d'étude de l'obtention du diplôme de Licence en Génie des Procédés Chimiques et Industriels, IES-AV Promotion 2018.
- [12]. RAKOTONIRAINY Volatiana (1999-2004), Contribution à la valorisation de l'ananas d'Arivonimamo : cas de la confiture, du chutney et de la pâte d'ananas
- [13]. RANDRIAMANGA ANDONIRINA Catherine Jane Rica (2012) « Contribution à la valorisation des fruits du Spondias cytherea Sonn. (Sakomanga) ». Mémoire de fin

d'étude en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Génie Chimique, ESPA Promotion 2012.

[14]. RANDRIANARISON A. (1999-2004) Contribution à la valorisation de l'ananas d'Arivonimamo : cas de vin et des liqueurs d'ananas.

[15]. RATOVONDRAHONA Andriatina (2011) « Contribution à la valorisation de l'Ampalibe » Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Génie Chimique, ESPA Promotion 2011.

[16]. RANDRIANA TSIMBAZAFY Eddy (1974-1978) « Pour une meilleure utilisation de Morus ». ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Science Agronomique.

[17]. Ribéreau-Gayon, P (S.d). L'histoire de l'œnologie à Bordeaux

[18]. SOLOHERINIAINA Tongaso Albert « Contribution à l'étude de fabrication de vin de pomme ». Mémoire de fin d'étude de l'obtention du diplôme de licence en Génie des Procédés Chimiques et Industriels, IES-AV Promotion 2016.

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

- [19]. <http://www.aujardin.info>
- [20]. <http://www.gerbeaud.com>
- [21]. <http://www.lacourdorgeres.com>
- [22]. <http://www.les-fruits-et-legumes-frais.com>
- [23]. [http://fr.wikipedia.org/wiki/histoire de la mûre](http://fr.wikipedia.org/wiki/histoire_de_la_mûre)
- [24]. <http://vinestrie.ca/kit-de-depart-pour-la-fabrication-de-votre-vin-maison/>

ANNEXES

ANNEXE 1

Détermination de la teneur en matière sèche soluble :

La matière sèche soluble ou résidu soluble est la concentration en saccharose d'une solution aqueuse. Cette concentration est exprimé en masse ou en degré Brix.

1°Brix = 10 g/L de sucre

Matériel :

Le mesure du °Brix se fait à l'aide d'un réfractomètre.



Figure 16 : Refractomètre

Source : Auteur

Mode opératoire :

- Homogénéiser l'échantillon pour l'essai.
- Appliquer une petite prise essai sur le prisme du refractomètre et effectuer la mesure conformément aux instructions opératoires de l'appareil utilisé.
- Procédé à 3 lectures.

ANNEXE 2

Détermination du degré alcoolique :

Matériels : vinomètre



Figure 17 : Vinomètre

Source : Auteur

Mode opératoire :

- Remplir l'entonnoir avec un peu de vin.
- Laisser couler quelques gouttes et placez un doigt en dessous du tube afin d'arrêter les gouttes.
- Tourner le vinomètre sur sa tête et retirer ensuite le doigt.
- Le posé sur une surface plate et sèche.
- Du sommet du tube, le liquide descend et stabilise après 2 à 3 min au niveau d'une graduation correspondant au pourcentage d'alcool

Table des matières

SOMMAIRE	I
REMERCIEMENTS	II
LISTE DES FIGURES.....	II
LISTE DES TABLEAUX.....	IV
GLOSSAIRES.....	V
LISTE DES ABREVIATIONS	VI
NOTATIONS ET UNITES.....	VII
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE 1 : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES.....	2
Chapitre I : Généralités sur la mûre.....	3
I-1 Historique [5],[23].....	3
I-2 Définition [4]	3
I-3 Système botanique [16]	4
I-4 Morphologie [10].....	4
I-5 Espèces et variétés [2],[16].....	7
I-6 La différence entre le <i>Morus Alba</i> et le <i>Morus Nigra</i> [6],[21],[22]	9
I-7 Localisation de mûrier à Madagascar [2]	11
I-8 Utilisations [3]	12
I-9 Les compositions et valeurs nutritionnelles [4].....	12
I-10 Caractéristiques physico-chimique [8],[24]	13
I-11 Caractéristiques physiques et organoleptiques [7]	15
Chapitre II : L'œnologie [11],[13],[18],[19].....	16
II-1 Définition	16
II-2 Généralités sur le vin	16
II-3 Fabrication du vin [13]	16
II-3-1 La vinification	16
II-3-2 Traitement	20
II-3-3 Vieillessement	20
II-3-4 Les matières premières	21
II-4 La Composition du vin [11],[18]	22
II-4-1 L'eau	22
II-4-2 Les substances organiques	22
II-4-3 Les substances minérales	22

II-4-4 Les acides organiques	23
II-4-5 L'alcool.....	23
II-5 L'étape de la fabrication du vin [11]	24
II-6 L'énergie calorifique du vin [13]	25
II-7 Analyses et contrôles [1],[13],[15],[18]	25
II-7-1 Analyse chimique du vin	25
II-7-2 Analyse sensorielle.....	27
II-7-3 L'examen olfactif	28
II-7-4 L'examen gustatif	29
II-8 Ferments à utiliser [11],[13],[18].....	30
II-8-1 Fermentation alcoolique.....	30
II-8-2 Fermentation lactique	33
II-8-3 Fermentation malolactique	33
II-9 Traitement avant conditionnement [11],[13],[15],[18]	34
II-9-1 Sulfitage.....	34
II-9-2 Clarification.....	35
II-10 Maturation en bouteille	35
PARTIE 2 : ETUDES EXPERIMENTALES	37
Chapitre III : Le vin de mûre.....	38
III-1 But de l'expérience	38
III-2 Matériels utilisés	38
III-3 Procédés de vinification	39
III-3-1 Diagramme de procédé.....	39
III-3-2 Prétraitement du moût	39
III-3-3 Traitement du moût.....	40
III-3-4 Fermentation	42
III-3-5 Traitement du vin.....	43
III-3-6 Mise en bouteille et stockage.....	44
III-4 Essais expérimentaux.....	45
III-5 Suivi de la fermentation.....	46
III-5-1 Suivi de la teneur en sucre	46
III-5-2 Suivi de la densité.....	48
III-5-3 Degré alcoolique.....	49
III-6 Résultat expérimentaux.....	50
III-6-1 Les mesures finales.....	50

III-6-2 Le rendement expérimental	51
CONCLUSION GENERALE	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	56
REFERENCES WEBOGRAPHIQUES.....	58
ANNEXES.....	VIII
Table des matières	XI

Auteur : RAZAKANIRINA Feno Fahasoavana

Nombre de page : 58

Nombre de tableaux : 13

Nombre de figures : 17



Titre : « **Contribution à l'étude de fabrication de vin de mûre** »

RESUME

Ce mémoire de fin de Cycle en vue de l'obtention du diplôme de Licence en Génie des Procédés Chimiques et Industriels, intitulé « **Contribution à l'étude de fabrication de vin de mûre** » a été réalisé en milieu industriel chez la Société AMPALIA, un fabricant de vin à Antsirabe. C'est une opportunité à la mise en pratique des processus unitaires comme la fermentation alcoolique ; la clarification mais aussi un apprentissage dans la vinification et l'œnologie. Le processus de transformation mis en œuvre se rapproche de celui de la vinification en rouge qui consiste au prétraitement des fruits ; au traitement du moût, au traitement du vin produit, à son stockage ou sa mise en bouteille. L'appareillage est simple dont un fermenteur conçu sur place. La matière première est de la cueillette saisonnière de mûre *Morus alba* de la variété *Moretti* de la région de Vakinankaratra. Le produit obtenu est du vin liquoreux contenant de l'alcool à 15°. La principale Norme utilisée est celle de l'AFNOR : Décret n° 2009-1306 du 27 octobre 2009 / NOR : AGRT0912391D.

Mots-clés : mûre, clarification, vinification, œnologie ; chaptalisation, fermentation.

Title : « **Contribution to the manufacture of blackberry wine** »

ABSTRACT

This end-of-cycle dissertation with a view to obtaining the Bachelor's degree in Chemical and Industrial Process Engineering, entitled "Contribution to the study of blackberry wine making" was carried out in an industrial environment at the Company AMPALIA, a manufacturer of wine in Antsirabe. It is an opportunity to put unitary processes such as alcoholic fermentation into practice; clarification but also an apprenticeship in winemaking and oenology. The transformation process implemented is similar to that of red wine making, which consists of the pre-treatment of the fruits; the treatment of must, the treatment of the wine produced, its storage or bottling. The apparatus is simple, including a fermenter designed on site. The raw material is the seasonal picking of blackberries *Morus alba* of the *Moretti* variety from the Vakinankaratra region. The product obtained is sweet wine containing alcohol at 15°. The main Standard used is that of AFNOR: Decree No. 2009-1306 of October 27, 2009 / NOR: AGRT0912391D. Keywords: blackberry, clarification, vinification, oenology; chaptalization, fermentation.

Rapporteur : Docteur RAZANAJAO Jules Milson

Adresse de l'auteur : 07 08 D 22 Ambohimena Nord