



**INSTITUT ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ANTSIRABE VAKINANKARATRA
DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE**



*Polytechnique,
Premier Partenaire
des Professionnels*

**Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme de
LICENCE EN GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS**

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE FABRICATION DE VIN DE POMME



Présenté par : SOLOHERINIAINA Tongasoa Albert

Soutenu le 04 Avril 2017

Promotion 2016



**INSTITUT ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ANTSIRABE VAKINANKARATRA
DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE**



*Polytechnique,
Premier Partenaire
des Professionnels*

**Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme de
LICENCE EN GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS**

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE FABRICATION DE VIN DE POMME

Présenté par : SOLOHERINIAINA Tongasoa Albert

Soutenu le 04 Avril 2017

Membres de Jury :

Président : Professeur RAKOTOMAMONJY Pierre
Rapporteur : Professeur RAKOTOSAONA Rijalalaina
Examineurs : Docteur RAKOTONDRAMANANA Samuel
: Professeur RAJOELINIRINA Vézulah
: Docteur RABIBISOA Daniel

Promotion 2016

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu qui nous a donné de l'aide, du courage, de la force et de la santé durant la réalisation de ce travail.

Nous adressons également nos plus vifs remerciements ainsi que notre profonde reconnaissance au :

- ❖ Monsieur RAJAONARISON Eddie Franck, Directeur d'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankaratra.*
- ❖ Monsieur RAKOTOMAMONJY Pierre, pour avoir accepté cette séance qu'il nous fait l'honneur de présider,*
- ❖ Monsieur RAKOTONDRAMANANA Samuel, qui, malgré ses nombreuses occupations, a bien voulu juger ce travail à titre d'examineur maître de conférences,*
- ❖ Monsieur RAJOELINIRINA Vézulah, pour avoir donné de sa disponibilité d'assoir à ce présent mémoire en qualité d'examineur assistant,*
- ❖ Monsieur RABIBISOA Daniel, pour ses précieux conseils et sa collaboration de siéger en tant qu'examineur, maître de conférences de ce présent mémoire,*
- ❖ Monsieur RAKOTOSAONA Rijalalaina, pour l'effcience de son encadrement ainsi que pour sa supervision au bon déroulement de nos travaux de mémoire.*
- ❖ À tous les enseignants et personnels de l'ESPA ; qui nous a partagé leurs connaissances et leur savoir-faire pour mener à la meilleure formation ;*
- ❖ A toute la famille, qui nous a soutenues physiquement, moralement et surtout financièrement tout au long de notre étude.*

❖ *Ainsi que tous les amis, tous ceux qui de près ou de loin qui ont contribué à la réalisation de ce présent mémoire.*

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

GLOSSAIRE

ACRONYMES

NOTATIONS ET UNITES

LISTE DES ILLUSTRATIONS

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I-GENERALITES SUR LA POMME

Chapitre II- L'OENOLOGIE

Chapitre III- LES VINS DE FRUITS

DEUXIÈME PARTIE : ETUDES EXPERIMENTALES

Chapitre IV- Le vin de pomme

CONCLUSION GÉNÉRALE

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

GLOSSAIRE

Malus sieversii: Un pommier sauvage originaire des montagnes d'Asie centrale.

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

Saccharomyces : agent de fermentation utilisé dans l'industrie alimentaire

Enzyme: une protéine dotée de propriété catalytique pouvant accélérer les réactions chimiques

Acidulé : substance ayant un goût acide.

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.

Moût : jus de fruits ou de végétaux fermentés pour la préparation de boissons alcooliques.

Glycosides cyanogènes : ou cyanoglycosides sont des toxines végétales très répandue. Ils se composent d'un glycoside, c'est-à-dire la combinaison d'un alcool et d'un hydrate de carbone (sucre).

Quercétine : un flavonoïde de type flavonol présent chez les plantes comme métabolite secondaire.

ADH : une enzyme catalysant l'oxydation de l'éthanol en acétaldéhyde.

ACRONYMES

AFNOR : Association Française de Normalisation

NAD : Nicotinamide Adénine Dinucléotide

ADH : Arginine Dihydrolase

NOTATIONS ET UNITES

°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

mol : Quantité de matières

kJ : kilojoule : unité de mesure de l'énergie

mg : milligramme : unité de mesure du poids

g : gramme : unité de poids

g/L : gramme par litre unité de mesure concentration massique

LISTE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE :

Figure 1: COUPE TRANSVERSALE	4
Figure 2: Coupe longitudinale dans une pomme arrivée à maturité	5
Figure 3: PROCESSUS DE VINIFICATION EN BLANC	12
Figure 4: PROCESSUS DE VINIFICATION EN ROUGE	13
Figure 5: PROCESSUS DE LA GLYCOLYSE.....	16
Figure 6: illustration de la Fermentation alcoolique	18
Figure 7: Fabrication du vin des fruits	25
Figure 8: Vinification de la pomme	33
Figure 9: EPLUCHAGE ET DENOYAUTAGE	33
Figure 10: BROYAGE	34
Figure 11: Fermentation du moût	36
Figure 12: Vinomètre	viii
Figure 13: Refractomètre	ix

TABLEAUX :

Tableau 1 : Variétés des pommes.....	6
Tableau 2: Production de la pomme à Madagascar	7
Tableau 3: Composition chimique de la pomme.....	9
Tableau 4: TYPE DE VIN ET SA TENEUR EN SUCRE.....	14
Tableau 5: CONDITION EXPERIMENTALE DE VINIFICATION.....	37
Tableau 6: MESURES FINALES.....	38
Tableau 7: CALCUL DU RENDEMENT DE LA FABRICATION DU VIN DE POMME LIQUOREUX	39

INTRODUCTION

Madagascar est un pays riche en biodiversité, on peut y trouver divers types d'arbre fruitier. Au centre ; plus précisément sur les haut-plateaux; dans la région du Vakinankaratra, il existe plusieurs types de variété de fruits saisonniers comme : pêche, poire, kaki, pomme, etc

A part l'utilisation de ces fruits comme : dessert, jus de fruit, confiture... nous pouvons aussi valoriser ces fruits en le transformant en boisson alcoolisé tel que le vin. Dans notre étude, nous avons utilisé les pommes comme principale matière première car elles sont abondants, bon marché et possède des caractéristiques favorable à la fermentation. Le vin de pomme peut-être fabriqué avec toutes les variétés de pomme. Ainsi, cette étude intitulée « Contribution à la fabrication du vin de pomme » concerne les étapes de transformation de la pomme en vin.

Notre travail se divisera en deux parties :

- ✚ La première partie sera consacrée à « l'étude bibliographique » concernant les diverses généralités : sur le fruit, l'œnologie et les techniques menant à la fabrication des vins de fruit.
- ✚ La deuxième partie présentera les expériences et les résultats des différents essais que nous avons effectués.

PREMIERE PARTIE :

ETUDES

BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I-GENERALITES SUR LA POMME [12] [18] [20]

I-1-Historique

La pomme que nous consommons aujourd'hui est une descendante de l'espèce *Malus sieversii* consommée par l'homme depuis le Néolithique sur les plateaux d'Asie centrale, dans la région des montagnes du Tian Shan. Il y a 3 000 ans, elle était déjà consommée par les Chinois. Elle arriva par la route de la soie chez les Arabes, les Grecs et les Romains. Pline l'Ancien en répertoria plus tard environ cent variétés. Aujourd'hui, il existerait plus de 20 000 variétés, dont 7 000 sont cultivées à travers le monde et à Madagascar aussi.

Au Moyen Âge, les monastères et les couvents ont joué un rôle important dans le développement de sa culture.

I-2-Description

La pomme est un fruit comestible à pépins d'un goût sucré ou acidulé selon les variétés. La pomme est un fruit (en fait, un faux fruit) des arbres du genre *Malus* (*Malus domestica*) et plus précisément un fruit composite car constitué à la fois par l'ovaire, la base des pièces florales et le réceptacle, le tout étant soudé, charnu, de forme quasi sphérique, déprimée au sommet et à la base, à pulpe homogène (au contraire des poires qui contiennent des cellules clarifiées ou pierreuses). Certaines variétés anciennes avaient des formes particulières, comme la pomme d'api, plutôt plate et de forme étoilée pentagonale, ou les pigeonnets, au contraire très allongés. La *lemonpippin* anglaise, ancienne pomme à cuire, avait la forme et la couleur d'un citron.

Son poids est très variable selon les variétés et les conditions de végétation. Ses couleurs à maturité se déclinent du vert « pomme » au rouge plus ou moins foncé en passant par une grande variété d'intermédiaires vert pâle, jaunes, orangées ou de couleurs plus ou moins panachées.

Au sommet du fruit (côté opposé à celui de l'insertion du pédoncule), on peut voir les restes des sépales desséchés. En effet, la pomme est issue d'une fleur dite « à ovaire infère et adhérent », c'est-à-dire que le périanthe, comprenant sépales

et pétales, se trouve au sommet de l'ovaire et que ce dernier est soudé au réceptacle floral.

Du point de vue de la botanique, la pomme est un fruit complexe, intermédiaire entre la baie et la drupe. Certains botanistes appellent « piridion » ce type de fruit, typique de la famille des *Rosacées*, de la sous-famille des *Maloideae*.

Dans une coupe transversale, on peut voir, au centre, les pépins (les graines) au nombre de deux dans chacune des cinq loges de l'ovaire initial entouré d'une enveloppe sclérifiée (ce qui rappelle le noyau d'une drupe), l'ensemble étant lui-même entouré d'une pulpe mince, qui correspond au développement de la paroi de l'ovaire. Puis une mince membrane fibreuse marque la séparation avec le réceptacle qui s'est considérablement épaissi pour former l'essentiel de la chair du fruit. En sorte que ce que nous mangeons a en fait la nature d'une induvie: c'est l'enveloppe du fruit, celui-ci constituant le trognon.



FIGURE 1: COUPE TRANSVERSALE

La pomme dérive d'un ovaire infère à cinq loges. Les graines (pépins) se trouvent dans ces loges dont la paroi correspond à l'endocarpe des carpelles. La partie charnue comestible correspond au mésocarpe des carpelles et au conceptacle.

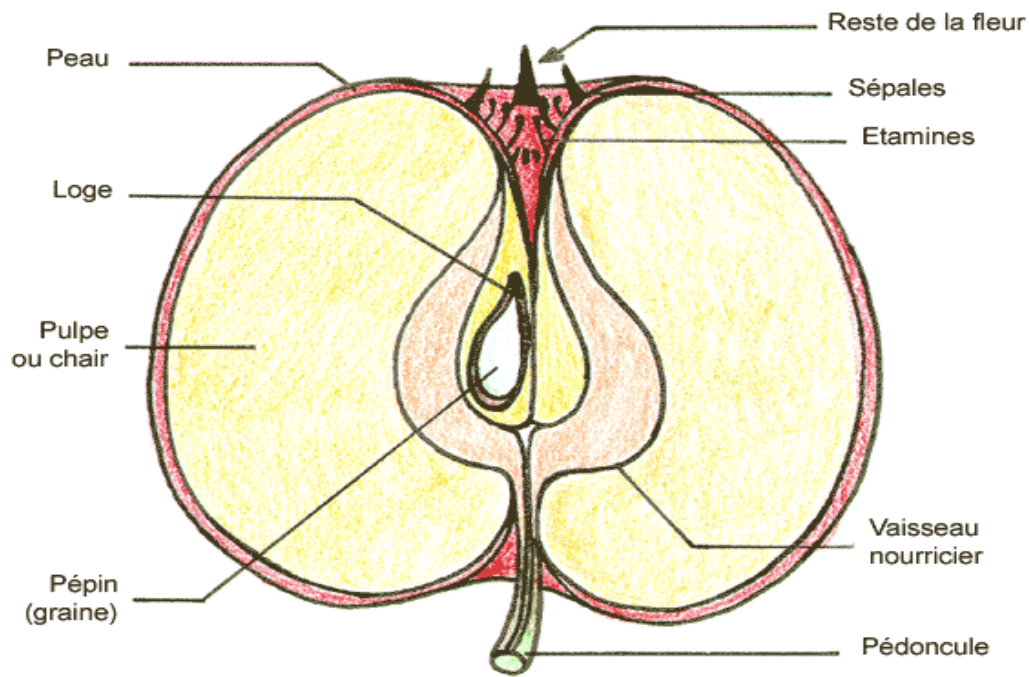


FIGURE 2: COUPE LONGITUDINALE DANS UNE POMME ARRIVÉE À MATURITÉ

I-4- Liste des variétés des pommes

Quelques variétés des pommes sont présentées par le tableau suivant selon leurs qualités :

Nom	Qualités
Api noir	Sucré, assez douce
Bonne hotture	Douce parfumée, très sucrée
Calville d'Août	Chair tendre, acidulée, sucrée
Chailleux/ Drap d'or	Très sucrée, parfum savoureux, un peu acide
Reinette du mans	Pour le couteau
Reinette rouge	Très sucrée, acidulée, parfume bien la bouche
Reinette tendre	Sucrée, faiblement acidulée
Pepins meunier	Juteuse, sucrée parfumée
Reinette de doué	Sols secs
Reinette clochard	Sucrée, légèrement acidulée

TABLEAU 1 : VARIÉTÉS DES POMMES

I-5-Production et localisation à Madagascar [4]

Ce fruit est cultivé sur les haut-plateaux (région Vakinankaratra), principaux producteurs de pomme à Madagascar. Un arbre fructifie 5 ans après sa plantation. Les

fruits arrivent à maturation de Janvier à Avril. La production maximale se situe entre Février et Mars.

La production générale de la pomme à Madagascar, est rassemblée dans les tableaux ci-après :

Données	Date de l'information
6900 Tonnes	2013
7000 Tonnes	2012
6523 Tonnes	2011
6637 Tonnes	2010
6556 Tonnes	2009
6108 Tonnes	2008
7100 Tonnes	2007
7000 Tonnes	2006
8668 Tonnes	2005
9193 Tonnes	2004

TABLEAU 2: PRODUCTION DE LA POMME À MADAGASCAR

En 2015, la région du Vakinankaratra produit 7000 tonnes. Généralement, la production dans cette région productrice varie de 6000 à 10 000 tonnes.

I-6-Caractéristiques physico-chimique de la POMME[21]

La composition physico-chimique générale de la pomme est rassemblée dans les tableaux ci-après :

Composants	Quantités.	Min - Max
Eau	85.3 g	80.4 - 90 g
Protéines	0.31 g	0.17 - 0.57 g
Lipides	0.162 g	0.05 - 0.7 g
Acides gras saturés	0.0391 g	0.02 - 0.13 g
Glucides	11.3 g	-
Sucre	11.3 g	8.77 - 12.9 g
Fibres	1.95 g	1.4 - 3.5 g
Acides organiques	0.46 g	-
Vitamines	Quantités.	Min - Max
Provitamine A Béta-carotène	37.5 µg	11 - 81 µg
Equivalent Vitamine A	6.25 µg	1.83 - 13.5 µg
Vitamine B1	0.035 mg	0.007 - 0.06 mg
Vitamine B2	0.025 mg	0.007 - 0.05 mg
Vitamine B3	0.1 mg	0.07 - 0.5 mg
Vitamine B5	0.1 mg	0.03 - 0.13 mg
Vitamine B6	0.0677 mg	0.02 - 0.11 mg
Vitamine B9	3.86 µg	1 - 42 µg
Vitamine C	6.45 mg	1.06 - 25 mg

Vitamine E	0.59 mg	0.43 - 0.65 mg
Minéraux et oligo-éléments	Quantités.	Min - Max
Calcium	5.12 mg	2.6 - 10.7 mg
Cuivre	0.0402 mg	0.005 - 0.16 mg
Fer	0.123 mg	0.06 - 0.85 mg
Iode	0.562 µg	0.00578 - 2 µg
Magnésium	6.08 mg	2.8 - 9.23 mg
Manganèse	0.0405 mg	0.02 - 0.1 mg
Phosphore	10 mg	7 - 25.1 mg
Potassium	120 mg	58 - 343 mg
Sélénium	1.88 µg	0.25 - 6 µg
Sodium	2.01 mg	1 - 20 mg
Zinc	0.15 mg	0.01 - 0.82 mg
Polyphénols	Quantités.	
Flavonoïdes		37.34 mg
Acides phénoliques		19.01 mg
Polyphénols totaux		56.35 mg

TABLEAU 3: COMPOSITION CHIMIQUE DE LA POMME

Composition moyenne donnée à titre indicatif : les valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture, etc.....

La pomme apporte en moyenne **53,20kcal pour 100g, soit 225kJ**.

Une pomme pèse en moyenne 150 g, ce qui représente un apport énergétique de 80kcal.

I-7- Utilisation

I-6-1- Médicinale

Les pommes contiennent divers composés qui les protègent contre les virus, les bactéries et les moisissures. En mangeant des pommes, l'être humain tire profit de ces biomolécules, comme la quercétine, qui s'avère efficace sur le cerveau des rats.

Un vieux dicton anglais, ou américain, selon les sources dit : « An apple a day keeps the doctor away », traduit par « Une pomme chaque matin éloigne le médecin » ou « Une pomme par jour tient le docteur au loin ».

I-6-2- Toxicités

Les pépins contiennent de l'amygdaline et des glycosides cyanogènes. Les graines avalées mâchées ou entières en petites quantités sont inoffensives. Un seul cas d'empoisonnement fatal au cyanure a été reporté chez un adulte. Il a mâché et avalé une tasse de graines, extraites de plusieurs dizaines de kilos de fruits. Il peut se passer plusieurs heures avant que le poison fasse son effet, car les glycosides cyanogènes doivent être hydrolysés avant que l'ion cyanure soit libéré.

CHAPITRE II-L'ŒNOLOGIE [3]

II-1-Définition [7]

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 le constituent et de la façon de le faire. Elle repose sur la connaissance des techniques vinicoles, de la géographie et de la chimie du vin, elle nécessite également l'utilisation de la vue, de l'odorat et du goût, et met en jeu de ce fait, la subjectivité des œnologues.

II-2-Généralité du vin [8] [9]

Par définition, le vin est une « boisson alcoolisée élaborée par fermentation de jus de raisin frais ». En France et dans de nombreux pays, seuls les produits répondant à cette définition peuvent prétendre à l'appellation de vin. Le terme vin est par conséquent réservé spécifiquement pour le produit issu du raisin.

Pourtant, lorsqu'une partie ou la totalité du sucre dans un jus de fruits est transformé en alcool par fermentation, alors ils peuvent être appelés « vin ». Dans la production, il est important de préciser la nature du fruit à l'origine du produit comme : le vin de pomme, vin de pêche, vin d'ananas....

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

II-3-Etapes de la fabrication du vin

II-3-1- La vinification [11] [17][7]

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.

➤ Vinification en blanc

Le procédé de vinification en blanc comprend :

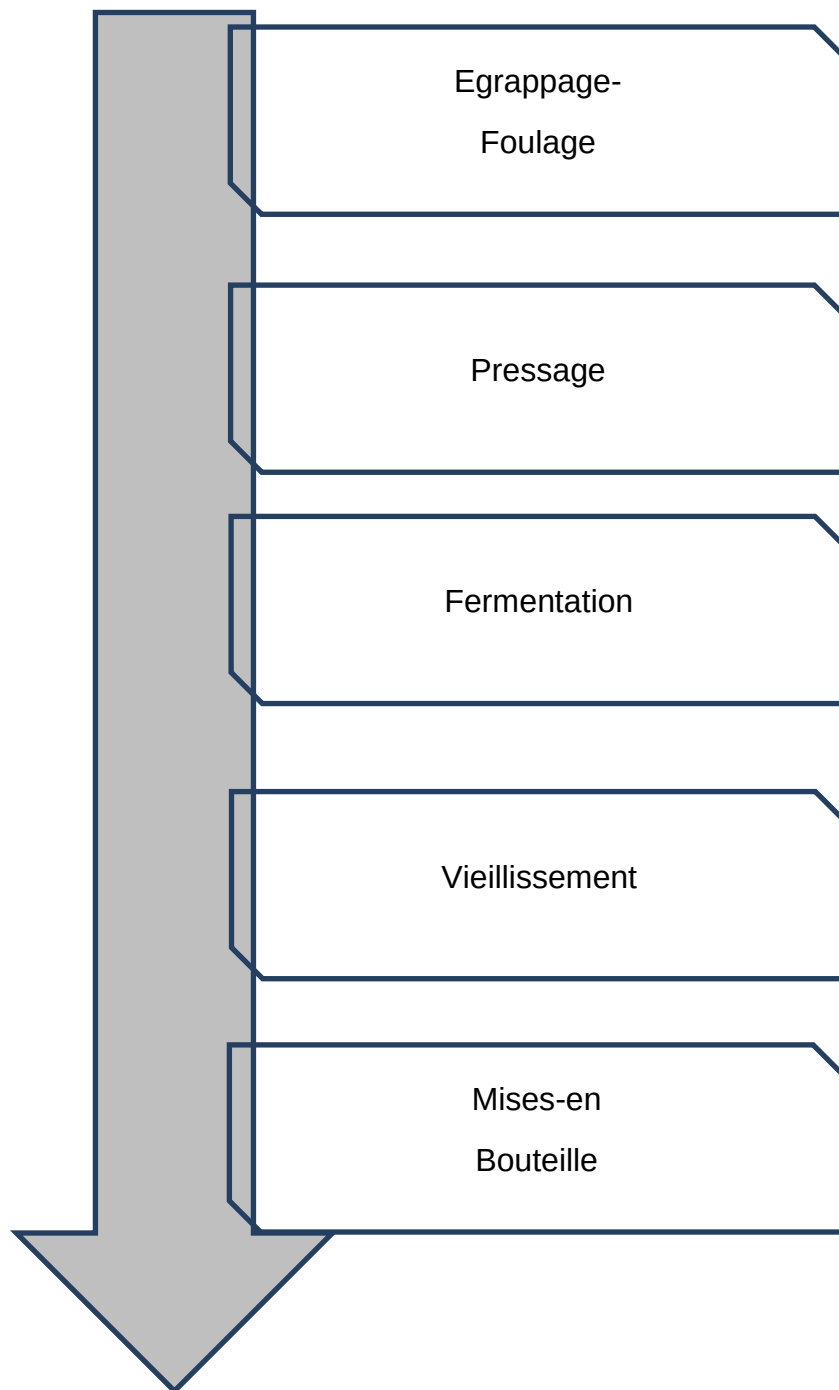


FIGURE 3: PROCESSUS DE VINIFICATION EN BLANC

Cette vinification consiste en la fermentation du jus de raisin sans macération des parties de la grappe. Pour ce type de vinification en blanc, le pressage, qui va séparer le jus des marcs (peaux, pépins...), a lieu avant toute fermentation.

➤ Vinification en rouge

La succession des étapes différencie la vinification en rouge et en blanc. La vinification en rouge comprend les étapes suivantes :

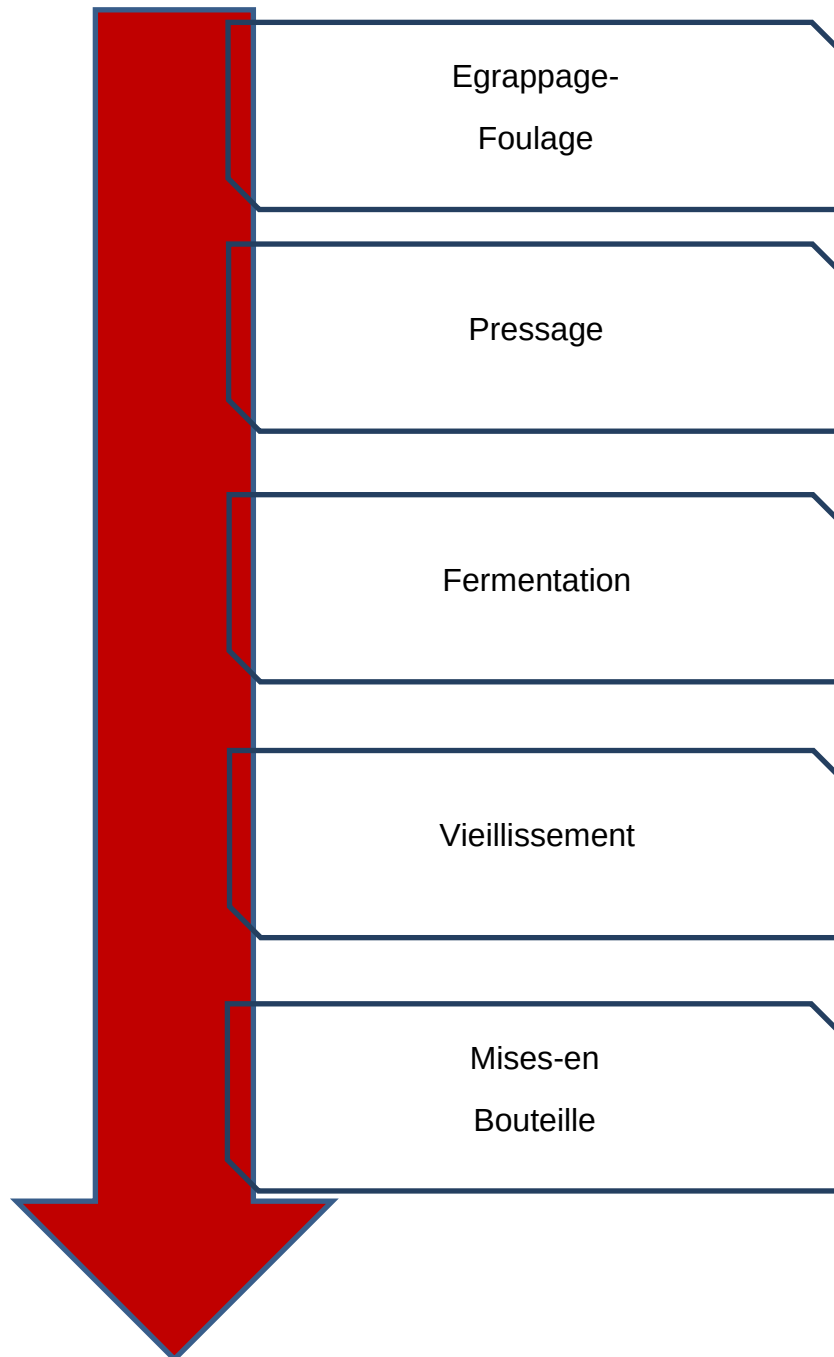


FIGURE 4: PROCESSUS DE VINIFICATION EN ROUGE

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

Dans les deux cas, le jus qui s'écoule spontanément de la cuve où a lieu le 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 du vin. Elle se déroule en une seule étape enzymatique et la bactérie concernée est le *lactobacillus*.



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 :

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

TABLEAU 4: TYPE DE VIN ET SA TENEUR EN SUCRE

II-3-2-Traitement [1] [16]

À 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. Il renferme également différentes particules solides plus ou moins volumineuses provenant de la pulpe et des matières albuminoïdes formées par la floculation des

protéines; enfin, il est riche en gaz carbonique. Au cours de 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, suivie 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 colloïdales instables, susceptibles de provoquer des précipitations ultérieures.

II-3-3- Vieillessement [13] [7]

À 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 longue, 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 conditions les plus favorables à ce vieillissement.

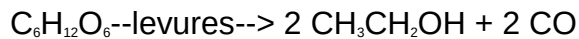
À côté des transformations normales qui l'améliorent, le vin, milieu biologique d'une grande complexité, peut subir des transformations accidentelles qui se traduisent par des altérations dont souffre la qualité ; ces altérations peuvent être de natures bactérienne ou chimique.

II-4-La fermentation alcoolique

II-4-1-Définition [8]

La fermentation alcoolique est une réaction bio-organique, catalysée par des enzymes contenus dans les micro-organismes. Elle se déroule suivant 13 étapes

enzymatiques distinctes. Le processus est anaérobie et la transformation du sucre du raisin en alcool est modélisée par la réaction :



➤ Glycolyse

La figure suivante résume le mécanisme de la glycolyse :

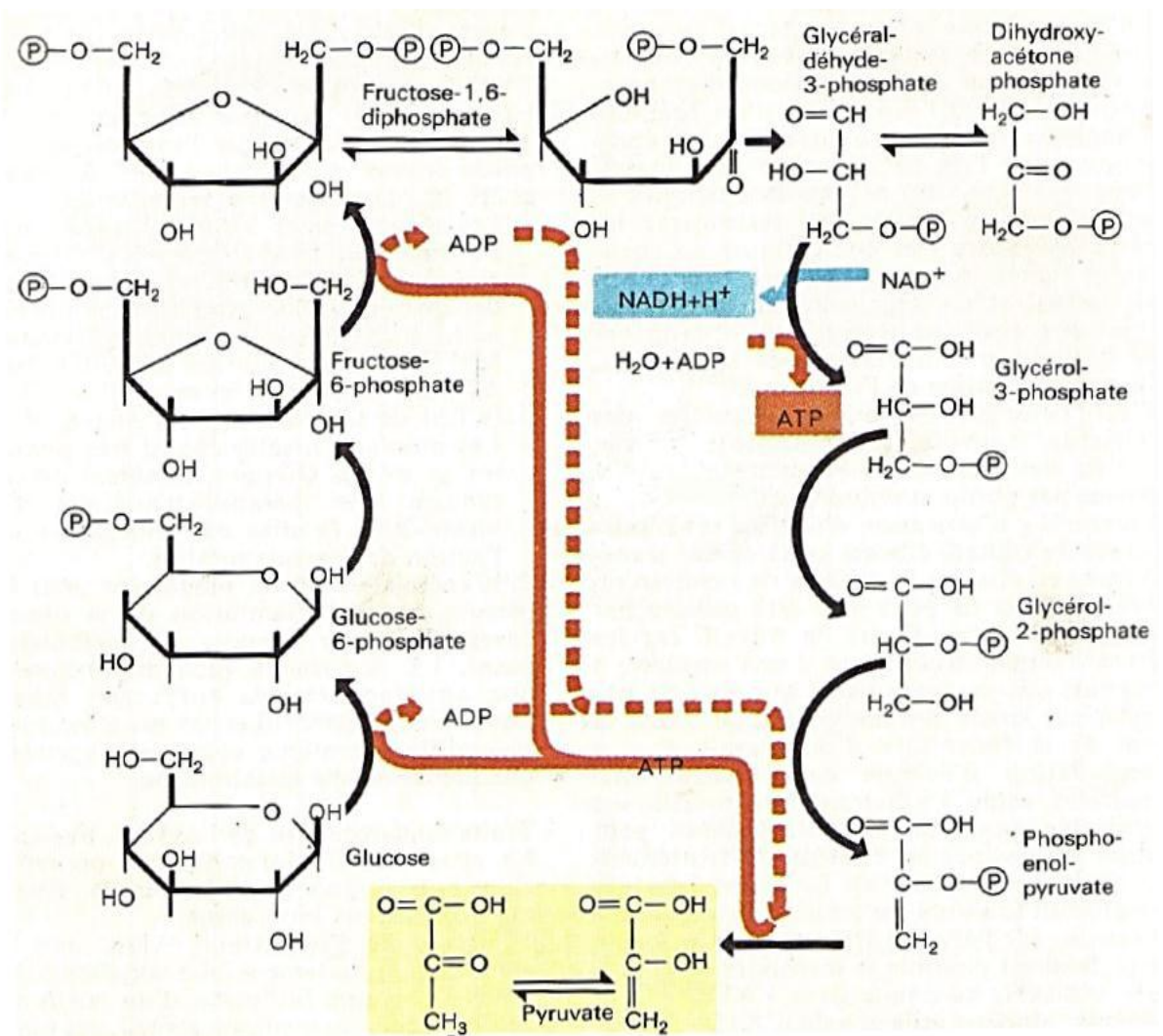
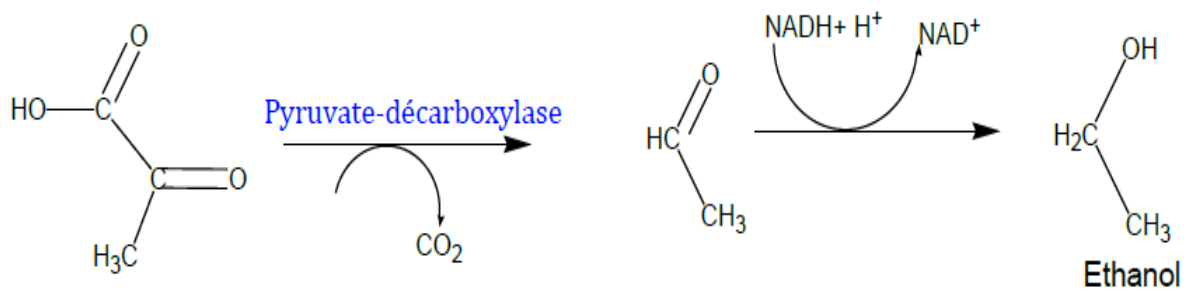


FIGURE 5: PROCESSUS DE LA GLYCOLYSE

Qui signifie que les levures transforment le glucose du jus de raisin en alcool éthylique et en gaz carbonique via l'acide pyruvique.

➤ Décarboxylation

L'acide pyruvique, subit ensuite une décarboxylation sous l'action du pyruvate décarboxylase pour donner de l'acétaldéhyde qui reçoit de l'hydrogène de NAD-H et forme l'éthanol.



La fermentation est donc une forme de combustion et ces réactions sont exothermiques. Cette transformation ne peut avoir lieu que dans un certain intervalle de température entre 22 et 28°C pour un vin rouge.

Théoriquement, 10 kg de sucre produiront 6.5 L (5.1 kg) d'alcool éthylique et 4.9 kg de dioxyde de carbone.

II-4-2-Les levures [14]

Les levures peuvent être naturelles (autochtones dans la peau du raisin), mais dans la pratique, ce sont plus souvent des levures sélectionnées en laboratoire, pour leur efficacité.

Dans la pratique, deux espèces de levure sont utilisées pour la fermentation alcoolique :

- ✚ *Saccharomyces cerevisiae*
- ✚ *Schizosaccharomyces pombe*

La levure la plus utilisée pour la fermentation alcoolique est le *Saccharomyces Cerevisiae*. C'est un champignon microscopique se présentant sous forme unicellulaire au moins à un stade de son cycle biologique. Il donne une fermentation uniforme, rapide, un haut rendement en éthanol et tolère un grand éventail de températures, de niveaux de pH et un taux d'alcool élevé. Les levures peuvent vivre avec ou sans oxygène. Dans un cycle de fermentation normal, les levures utilisent de l'oxygène au départ, et continuent à vivre quand tout l'oxygène est consommé.

Les levures ont besoin d'élément nutritif pour survivre dans le milieu fermentaire. Ces nutriments sont en général composés d'ion phosphate, d'ion potassium, d'ion sulfate, d'ion iodure, de vitamine, d'acide borique, etc.

Le moût des fruits contient généralement tous ces éléments, mais il est nécessaire d'en ajouter au moût au cas où la fermentation serait trop lente.

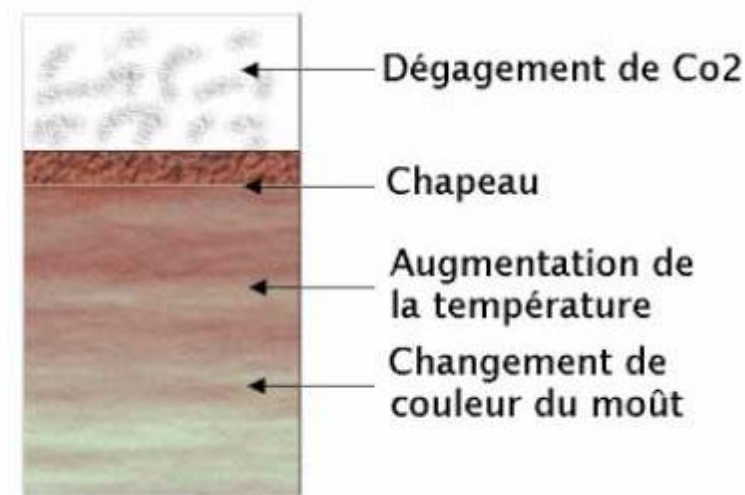


FIGURE 6: ILLUSTRATION DE LA FERMENTATION ALCOLIQUE

La fermentation alcoolique se constate par :

- ✚ Dégagement de CO₂,
- ✚ Bouillonnement du moût,
- ✚ Augmentation de la température,
- ✚ Changement de couleur du moût,
- ✚ Changement de saveur,
- ✚ Diminution de la densité du liquide.

II-5- La fermentation malolactique [6] [10]

La fermentation malolactique est une 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.

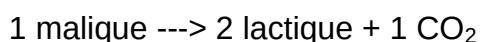
Découverte dans les années 60, la fermentation malolactique était auparavant considérée comme une maladie du vin. En effet, cette fermentation ne se déclenche pas systématiquement comme la fermentation alcoolique, elle est provoquée par des bactéries (micro-organismes) qui vont transformer l'acide malique en acide lactique (plus agréable sur le palais) en rejetant du gaz carbonique. Cette fermentation peut commencer quelques jours après la fermentation alcoolique mais elle débute, plus généralement, dans les deux mois qui suivent. Toutefois, elle peut aussi se déclencher tardivement (printemps) car c'est un processus très difficile à maîtriser et souvent capricieux.

Les bénéfices de cette fermentation sont évidents: une désacidification naturelle, une diminution de l'astringence et un renforcement de la couleur pour les vins rouges. De nouveaux arômes apparaissent et d'autres, comme les arômes primaires du raisin, s'atténuent.

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

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 :



Elle se déroule en une seule étape enzymatique et la bactérie concernée est le 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-6- Contrôle et surveillance de la fermentation [6]

Lorsque l'on observe une cuve en fermentation (notamment en vin rouge), on peut remarquer :

- ✚ la formation d'un "chapeau" dû à la remontée des matières solides sous la poussée du CO₂ qui se dégage.
- ✚ Une augmentation de température (réaction exothermique) proportionnelle à la vitesse de fermentation et aux dimensions du récipient (cuves ou fûts).
- ✚ Une diminution de densité (examen au multimètre).
- ✚ Une augmentation de la couleur (pour les vins rouges) et une modification de la saveur du moût en fermentation.

Vers une température de 28 à 30°, la plupart des levures meurent. Il est primordial d'agir par refroidissement lorsque l'on avoisine ces températures. Ces actions se traduisent :

- par ruissellement d'eau froide sur les parois de la cuve (dans le cas de cuves métalliques)
- par passage dans un réfrigérant ou par immersion d'un "drapeau" dans la cuve.

II-7- La composition du vin [6] [7]

II-7-1- 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. Si l'ajout d'eau est faible à l'intérieur d'une cuvée, il est difficile de s'en apercevoir parce que l'équilibre ne s'y trouve pas changé. Cependant, s'il s'agit d'un ajout sérieux, la découverte est fatale, car le vin n'a plus l'équilibre important à sa qualité.

II-7-2- 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-7-3- 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 (SO_2);
- ✚ 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 métaux y sont présents, mais leur quantité étant faible, ils sont considérés comme négligeables.

II-7-4- 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-7-5- 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 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 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-8-L'analyse chimique et organoleptique du vin[15]

Le vin n'est pas une boisson inerte et quelconque à base d'alcool. C'est une substance vivante qui présente une structure très complexe et sans cesse évolutive.

Outre l'eau et l'alcool qui sont les deux constituants les plus importants en volume, plus de deux cents composants ont été identifiés dans le vin.

- ✚ L'eau participe pour 85 à 90% du volume.
- ✚ L'alcool éthylique provenant de la transformation du sucre pendant la fermentation intervient pour un volume de 6 à 16%.
- ✚ Les sucres provenant des raisins (glucose et fructose) non transformés en alcool représentent :

- A. 1 à 2 g/L pour les vins secs
- B. 15 à 35g/L pour les moelleux
- C. 80 à 100 g/L pour les liquoreux

✚ Le glycérol qui donne de l'onctuosité, du "velours" au vin représente de 5 à 12 g/L et peut aller jusqu'à 18 g/L pour les liquoreux.

Les acides organiques (et minéraux) sont essentiels aux caractères du vin.

Parmi les six principaux nous trouvons :

- ❖ l'acide tartrique (2 à 8 g/L)
- ❖ l'acide malique en faible quantité si la fermentation malolactique est terminée.
- ❖ l'acide citrique (0 à 0,5 g/L)
- ❖ l'acide lactique (1 à 3 g/L)
- ❖ l'acide succinique (0,5 à 1 g/L) découvert par Pasteur
- ❖ l'acide acétique dénommé plus couramment acidité volatile (quelques décigrammes par litre).

✚ Les tanins qui contribuent au bon vieillissement des vins rouges (1 à 4 g/L).

Les vins blancs en contiennent peu (quelques dizaines de milligrammes).

- ✚ Les matières colorantes qui constituent la robe des vins. Ce sont les anthocyanes pour les vins rouges et rosés et les flavones pour les vins blancs.
- ✚ Les substances odorantes existent en quantités infinitésimales (on en a répertorié plus d'une centaine dont esters, aldéhydes, cétones, acides,...). Ce sont des substances volatiles qui, associées et fondues ensemble, forment les arômes et le bouquet du vin.
- ✚ Les gaz dissous (CO_2) qui subsistent à quelques décigrammes. En excès, ils sont considérés comme un défaut du vin.
- ✚ Les éléments minéraux ne représentent que quelques mg/L. Ils interviennent dans la saveur du vin. On retrouve les sulfates, chlorures, phosphates, potassium, calcium, ...
- ✚ Les oligo-éléments jouent un rôle de catalyseur. Le vin les contient presque tous sous forme de trace (fer, cuivre, zinc, chlore, fluor, alumine, magnésium, sodium, bore, iode, silicium, etc.).
- ✚ Les vitamines du raisin que le vin a entièrement conservé : B1, B2, B6, B12 ainsi que les vitamines C, H et P

II-9- L'énergie calorifique du vin [6]

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

CHAPITRE III- LES VINS DE FRUITS

III-1- Définition et Description [9]

Le raisin est certainement un des fruits dont la richesse en sucre permet d'obtenir, par la fermentation, les boissons les plus alcooliques.

D'autres vins cependant peuvent être obtenus avec d'autres fruits. Les vins de fruits sont donc des boissons obtenues à partir de fruits fermentés.

En générale :

- + leur taux d'alcool avoisine les 15 % ;
- + ils ont un taux de sucre résiduel important par rapport aux vins secs (issus de raisin) ;
- + ils se consomment surtout en apéritif, en dessert, ou encore en dégustation en dehors d'un repas ;
- + ils peuvent être pétillants en le gazéifiant.

III-2- Historique [7]

L'origine des vins de fruits n'est pas vraiment précise, mais la plus ancienne marquée dans l'histoire est l'origine romaine. La santé des troupes romaines se conservait jadis par leur tisane militaire, qui était une sorte de vin de fruits séchés. Dans quelques pays qu'elles fussent, les légions faisaient sécher toute sorte de fruits sauvages, poires, pommes, sorbes, prunelles et autres, et buvaient la décoction ou l'infusion de ces fruits.

Les vins sont, dans beaucoup de pays, chers au-dessus des moyens de la plupart des gens ; c'est pourquoi l'homme s'efforce d'y suppléer, en y substituant ce que notre jardin peut nous offrir de meilleur en ce genre.

Les fruits les plus utilisés pour la fabrication de vin de fruit sont : groseille, baie de sureau, fraise, mûre, framboise, cassis, banane, palme, pêche, prune, cerise, pomme, abricots, poire...

III-3- Etapes de fabrication du vin des fruits [7]

Les étapes de la préparation des vins de fruits sont schématisées comme suit :

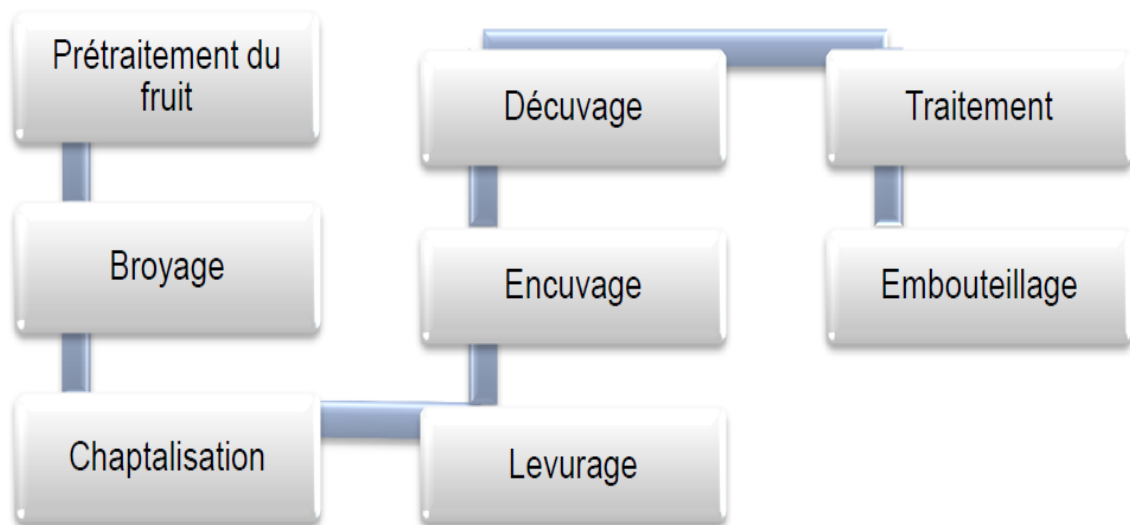


FIGURE 7: FABRICATION DU VIN DES FRUITS

Les fruits ne sont pas tous juteux, ainsi lors du broyage il est parfois nécessaire d'ajouter de l'eau. Ce procédé s'appelle « mouillage ».

Dans le cas où le taux de sucre est insuffisant pour avoir le degré alcoolique voulu, il est nécessaire de recourir à « la chaptalisation » ou adjonction de sucre.

Dans la plupart des cas, les vins de fruit sont très troubles par rapport aux vins de raisin. Pour le clarifier, il faut le traiter plusieurs mois en cuve, en effectuant des soutirages, des collages et des filtrations avant d'embouteiller ce vin (± 9 mois).

III-4- Les analyses et contrôles [1] [6] [7]

III-4-1-Analyse chimique du vin de fruit

III-4-1-1-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 (noté °).

III-4-1-2-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/L. L'acidité et le degré alcoolique sont des facteurs importants de typicité des vins. C'est l'équilibre entre les deux qui sera déterminant dans la nature et la capacité de vieillissement du vin.

III-4-1-3-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, accompagné 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 vinaigrerie : 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.

III-4-1-4-Le pH

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

III-4-1-5-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.

III-4-1-6-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

III-4-2-Analyse sensorielle

III-4-2-1-L'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.

III-4-2-2-La 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, perles de gaz, filaments, voltigeurs ou flocons. Si le trouble se présente comme une masse nuageuse ou laiteuse, il s'agit d'éléments colloïdaux. Un vin trouble ne se goûte jamais bien, il paraît rustique et rugueux, sans aucune finesse.

III-4-2-3-La 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.

III-4-2-4-La 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 la 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.

III-4-2-5-Le gras du vin

Le gras du vin est caractérisé par ce qui est 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.

III-4-3-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 rétronasale, 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 tournoyer 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 : les arômes primaires ou variétaux, les arômes secondaires ou fermentaires et arômes d'élevage ou bouquet.

III-4-3-1-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.

III-4-3-2-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 de 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.

III-4-3-3-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 surtout le mariage des arômes et leur harmonie.

III-4-4-L'examen gustatif

III-4-4-1-Les sensations gustatives

Quatre impressions sont décelées : le sucré, le salé, l'acide et l'amer respectivement sur le bout, les côtés latéraux, 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).

III-4-4-2-L'équilibre des vins

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-levin est sucré, plus il demande un fort degré d'alcool pour rester harmonieux et pour ne, pas tomber dans des notes pâteuses.

CONCLUSION PARTIELLE

Cette première partie renseigne sur les généralités concernant la pomme. La pomme est un fruit sucré ou acidulé selon le type de variété, localisé sur les haut-plateaux, plus précisément dans la région de Vakinankaratra. Localement, il est consacré à la consommation en frais, en arôme, en jus et ne subit pas encore une transformation ou une valorisation en boisson alcoolisée.

L'œnologie clarifie les diverses techniques de vinifications du raisin, le processus de la fermentation alcoolique, ainsi que les traitements, analyses et contrôles du vin. Le raisin n'est pas le seul type de fruit que nous pouvons utiliser pour obtenir du vin, mais d'autres types de fruit peuvent être transformés en vin appelé « vin de fruit ». Ce qui nous a amené à transformer la pomme en vin que nous verrons dans la seconde partie de cette étude.

Deuxième PARTIE :

ETUDES

EXPERIMENTALES

CHAPITRE IV- LE VIN DE POMME

IV-1- Procédé de vinification de la pomme

IV-1-1- Le diagramme du procédé

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

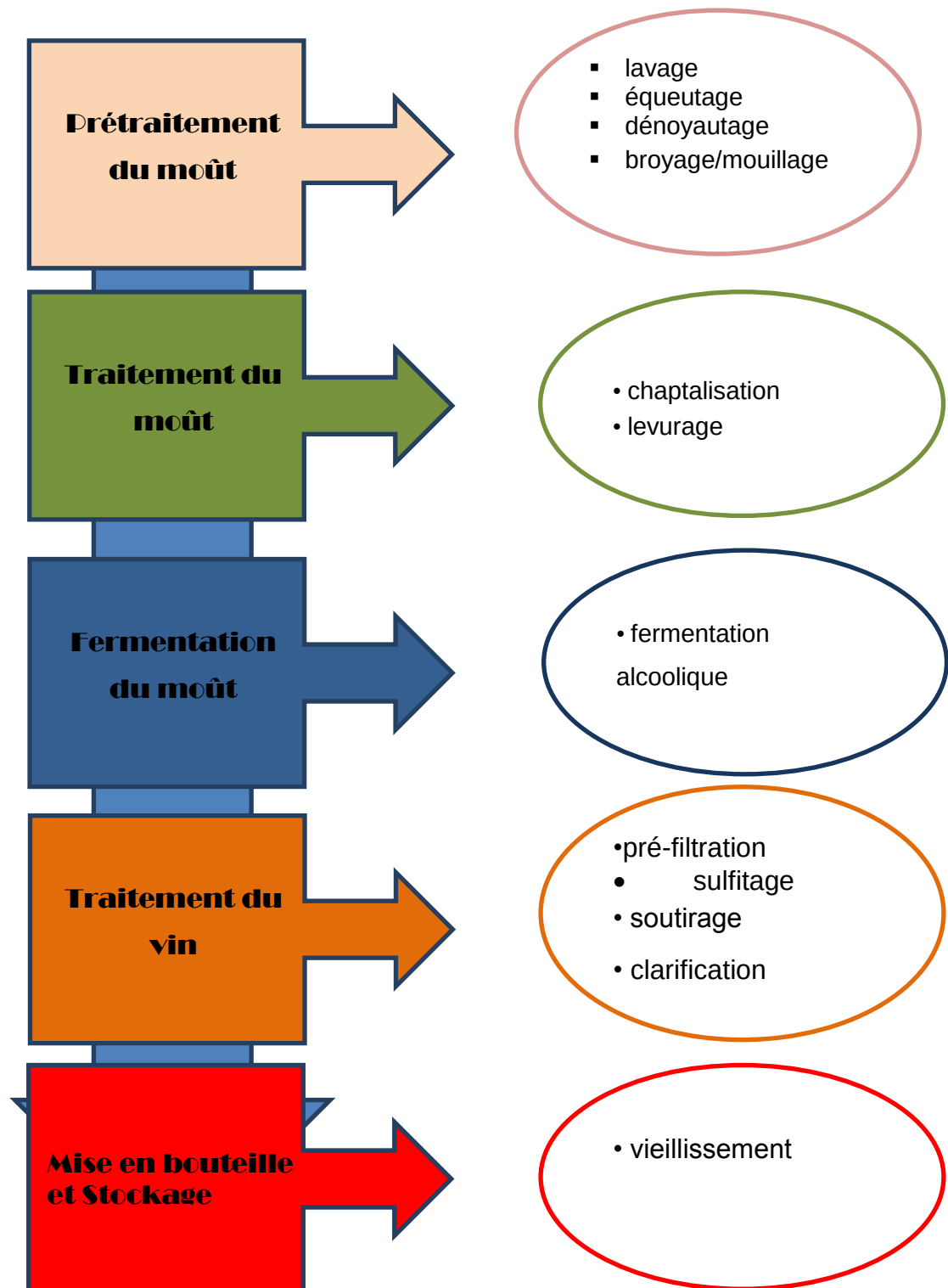


FIGURE 8: VINIFICATION DE LA POMME

IV-1-2-Prétraitement du moût

IV-1-2-1- Le lavage et équeutage

Après le ramassage, il faut tout d'abord laver les fruits pour leur débarrasser des saletés et des microbes ou des bactéries microscopiques qui ont pu recouvrir la peau des fruits. Puis, nous devons les équeuter avant de faire les l'épluchage.

IV-1-2-2-l'épluchage et le dénoyautage

Après le lavage s'effectuent l'épluchage et le dénoyautage pour extraire la partie comestible du fruit qui est la chair.



FIGURE 9: EPLUCHAGE ET DENOYAUTAGE

IV-1-2-3-Broyage

Le travail se divise en deux parties ici : dans la première partie, le broyage s'effectue avec les fruits épluchés et la deuxième partie se fait avec les fruits non-épluchés ou les fruits après lavage.

Ici, on coupe les fruits en quartier pour faciliter les actions levurienne et bactérienne pendant la fermentation.



FIGURE 10: BROYAGE

IV-1-3- Traitement du mout

IV-1-3-1- La chaptalisation

La chaptalisation est nécessaire dans le cas de la vinification de la pomme. Pour déterminer la masse de sucre exacte à ajouter au moût, il faut faire un calcul. Ce calcul se fait à partir du taux d'alcool potentiel attendu pour le vin. Ce taux d'alcool est en corrélation avec le rendement de la levure en éthanol. En général, il est compris entre 0,016 et 0,017 kg/L de sucre pour 1 degré (% vol) d'éthanol. Pour la suite des calculs nous prendrons 0,017 kg/L pour 1 % d'éthanol et nous chercherons à avoir 15 % d'alcool.

Calcul de la quantité de sucre à ajouter :

✚ 1 % —————> 17 g/L de sucre

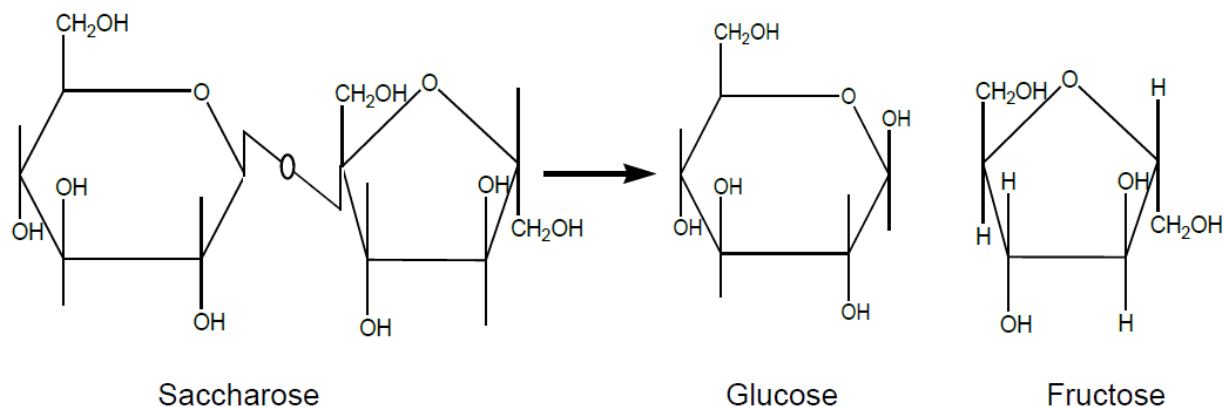
✚ 15 % —————> 255 g/L de sucre

Dans l'optique que, nous cherchons à obtenir un vin liquoreux c'est-à-dire un taux d'alcool élevé (15%vol) et un taux de sucre résiduel important (supérieur à 100mg/L) ; c'est à cet effet que nous avons calculé la chaptalisation.

Le type de sucre utilisé pour cette opération est du sucre commercial : le saccharose.

Le saccharose ne peut être assimilé directement par les levures dans la fermentation mais nous devons l'invertir en glucose et fructose par hydrolyse.

Il existe trois procédés d'obtention du sucre inverti : l'hydrolyse acide, la séparation sur résine échangeuse d'ions et enfin l'hydrolyse enzymatique.



IV-1-3-2- Le levurage

La levure utilisée est le *Saccharomyces Cerevisiae*. Cette levure est introduite à raison de 4,2 g/L de moût. Il suffit de les réhydrater 15 minutes dans 10 fois leur volume de moût à 30 °C au bain-marie pour obtenir une culture vivante et très active avant son introduction dans le moût.

IV-1-4-La fermentation du moût

Le moût a été fermenté dans des boîtes en plastiques, à température ambiante (car la température idéale en œnologie pour cette vinification est aux alentours de 20-30 °C).

Ces boîtes en plastique de 4 L 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). Dans ces fermenteurs, lors de l'encuvage du moût, il faudra laisser un vide d'environ 1/5 du volume, à cause de la formation de mousse produite par la fermentation.



FIGURE 11: FERMENTATION DU MOÛT

IV-1-5- Les traitements du vin

C'est maintenant le moment des divers traitements (physique et chimique) nécessaires afin d'assurer une bonne conservation et une bonne présentation du vin.

IV-1-5-1- La pré-filtration

La pré-filtration sur le vin a été effectuée sur passage à travers une passoire puis à travers des filtres à café, pour éliminer les débris de chair de la pomme.

IV-1-5-2- Le soutirage

L'opération de soutirage a pour but de séparer, après décantation, le vin clair des lies qui sont au fond du récipient. Il se fait par le transvasement du vin d'un récipient à un autre.

IV-1-5-3-Clarification

Pour la clarification de ce vin, l'emploi de l'albumine d'œuf a été le plus concluant.

C'est un agent collant. Il est constitué de protéines chargées positivement qui neutralisent les particules colloïdales chargées négativement. Cette neutralisation provoque la précipitation de particules colloïdales puis leur sédimentation.

Après le collage, au lieu de laisser le soin à la sédimentation naturelle de rassembler le dépôt de colle, ce qui demande deux à trois semaines avant de procéder au soutirage, il est préférable de faire intervenir la centrifugation pour une clarification rapide.

IV-1-5-4- Mise en bouteille

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

VI-2- Essaies expérimentales

Durant les expériences que nous avons menées sur la vinification de la pomme, nous avons effectués quatre expériences (4).

IV-2-1- Conditions expérimentales

Les conditions de vinification pour chaque essai sont résumées dans le tableau qui suit:

Expérience Paramètre	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Quantité de pommes (kg)	2	2	2	2
°Brix de la pulpe	10,6	10,8	10,6	10,8
Rapport eau/pomme	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Volume du moût (L)	2,78	3,24	2,79	3,25
Quantité de sucre ajouté (chaptalisation) (g/L)	255	255	255	255
°Brix du moût	36,0	36,2	36,0	36,2
Acidité du moût (papier pH)	[3 ; 4]	[3 ; 4]	[3 ; 4]	[3 ; 4]

TABLEAU 5: CONDITION EXPERIMENTALE DE VINIFICATION

- ✚ Expérience N°1 : avec épluchage et adjonction de citron pour protéger la pomme de l'oxydation.
- ✚ Expérience N° 2 : sans épluchage et adjonction de citron.
- ✚ Expérience N° 3 : avec épluchage.
- ✚ Expérience N° 4 : sans épluchage.

Nous avons effectués chaque expérience avec 2kg de pomme.

REMARQUE :

- ✓ La chaptalisation se fait avec une inversion du sucre par hydrolyse acide.
- ❖ Sucre inversé :

Sous l'action de la chaleur et d'un acide le saccharose mélangé à de l'eau se scinde en deux. Il donne alors une molécule de fructose et glucose. C'est le sucre inverti.

❖ Processus de fabrication :

Il nous faut 1kg de saccharose, 480ml d'eau et 10ml de jus de citron.

- 1) Faire bouillir le mélange sucre, eau et citron
 - 2) Chauffer jusqu'à 114°C
 - 3) Faire refroidir à température 25-27°C avant de le verser dans le moût.
- ✓ Pour ne pas perturber le milieu de fermentation, nous n'avons pas effectués des mesures qu'à la fin de la fermentation.
 - ✓ La fermentation a durée 10jours pour les expériences N°3 et N°4. Nous avons constaté que pour les expériences N°1 et N°2, la fermentation a pris beaucoup de temps à démarrer et la fermentation ne s'est pas arrêtée qu'à 22jours.

IV-2-2- Les mesures finales :

Les valeurs de degré brix, pH et de l'alcool final sont résumées dans le tableau suivant :

Essai Paramètre	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	Normes AFNOR : Décret n° 2009-1306 du 27 octobre 2009 / NOR: AGRT0912391D
pH	3	3	[3 ; 4]	[3 ; 4]	< 4
°Brix	8,6	8,7	10,5	10,7	
Degré alcoolique (%vol)	11	11	15	15	12 - 16

TABLEAU 6: MESURES FINALES

OBSERVATION :

- ✓ L'expérience N°1 et N°2 n'ont pas été concluant avec un taux d'alcool de 11%vol car ils n'ont pas été protégés par l'acide citrique (il y a une sensation de vinaigre).
- ✓ L'expérience N°3 et N°4 correspond à nos objectif tel que avec un degré d'alcool de 15%vol et un degré brix inférieur à 10, nous avons obtenu de vin liquoreux.

D'après la comparaison des résultats d'analyses aux normes AFNOR. Nous pouvons en conclure que le vin de pomme (expérience N°3 et N°4) obtenu est classé dans la catégorie des vins liquoreux.

IV-3- rendement expérimentale :

En tenant compte de tous les intrants pour l'élaboration de ce vin, le rendement est calculé par la formule suivante :

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

Avec :

+ m_f : masse finale du produit

+ $\sum m_i$: masse des matières intrants

Désignation	Masse incorporé (g)	Masse final du produit (g)
Pommes	2013	2012
Eau	1001	
Sucre	828	
Levure	17,43	
Total	3859,43	

*TABLEAU 7: CALCUL DU RENDEMENT DE LA FABRICATION DU
VIN DE POMME LIQUOREUX*

Le rendement est :

$$\eta = \frac{2012}{3859,43} \times 100$$

$$\eta = 52,14\%$$

Ainsi, le rendement de la transformation de pomme en vin est de 52,14 %. Le volume du vin obtenu est de 1,88 L.

Conclusion générale

Au terme de cette étude, la transformation de la pomme en vin, présente de nombreux avantages et de nouvelles perspectives pour l'exploitation fruitière à Madagascar.

La pomme est un fruit facile à transformer car elle possède des caractéristiques favorables à la fermentation de la pomme en vin. Les essais expérimentaux ont montré que plusieurs paramètres spécifiques au fruit doivent être respectés pour parvenir à de bons résultats et des produits conformes et puis, il faut aussi bien respecter les termes des conditionnements à la fabrication du vin (température de fermentation...) pour que les résultats soient bons.

Faut de temps, à l'étude expérimentale, nous n'avons pas pu faire des analyses sensorielles et l'analyse physico-chimique du produit. Cette étude a des impacts tout aussi bénéfiques tant pour le milieu naturel que pour le milieu humain.

De nombreux procédés sont encore possibles en vue de sa transformation. Nous encourageons vivement, tous ceux qui s'intéressent à la transformation des fruits tropicaux de poursuivre leurs recherches jusqu'à la vulgarisation de ces produits.

Références bibliographiques et webographiques

- [1]ANDRIAMAHANDRY, S. (2006). Contribution à la valorisation des bananes : fabrication de vin de banane.
- [2]Caroline , B. (19 juin 2013). Les Rosés dans le Monde. Bordeaux.
- [3]Eric , O. (s.d.). Introduction à "l'OEnologie".
- [4]EXPRESS DE MADAGASCAR. (2016). VAKINANKARATRA-La production de pomme régresse.
- [5]Lanyan, A., & Vathis, N. (s.d.). LES ETAPES DE LA FABRICATION DU VIN.
- [6]LEGRAS, M. (2003). LA CHIMIE DU VIN.
- [7]RANDRIAMANGA ANDONIRINA, C. (2012). Contribution à la valorisation des fruits de spondias cytharea sonn (sakomanga).
- [8]RANDRIANARISON, A. (1999-2004). Contribution à la valorisation de l'ananas d'Arivonimamo : cas du vin et des liqueurs d'ananas.
- [9]RATOVONDRAHONA, A. (2011). Contribution à la valorisation de l'ampalibe.
- [10]Ribéreau-Gayon, P. (s.d.). L'histoire de l'oenologie à Bordeaux.
- [11]Toussaint , F. (2003). La vinification des vins blancs.
- [12]Toussaint, F. (2003). La vinification des vins rosés.
- [13]TSELANY, T. (2010). Contribution à la valorisation de la papaye en vin.
- [14]http://www.oeno.tm.fr/extraits/wod/clst/2571x2870x2879n2884_vRub/2571x2870x2879x2880x2884.html
- [15]<http://www.auduteau.net/oenologie/v27.shtml>
- [16]<http://vinestrie.ca/kit-de-depart-pour-la-fabrication-de-votre-vin-maison/>
- [17]<http://www.tourisme-valdecher-staignan.com/decouvrir/terroir-et-artisanat/nos-viticulteurs/366481-decouverte-des-vins---label-vignobles-et-decouvertes>
- [18] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Pomme_\(fruit\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pomme_(fruit))
- [19]<http://tpelevinduraisinalabouteille.e-monsite.com/pages/introduction-1.html#KVJofyq2Y0tlzX17.99>
- [20]https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_la_pomme
- [21]www.aprifel.com/fiche-nutri-produit-composition-pomme,26.html
- [22]https://fr.m.wikipedia.org/wiki/sucre_inver

ANNEXE 1:

Détermination du degré alcoolique

(Méthode physique : par capillarité)

1. Principe

L'appareil utilisé est le vinomètre. C'est un tube capillaire en verre équipé d'un entonnoir. Le tube est gradué de 0 à 15 ° d'alcool en volume. Il mesure directement le taux d'alcool contenu dans le vin.

Ce petit appareil étant étalonné à 20 °C, donc les mesures se feront à cette température.



FIGURE 12: VINOMÈTRE

2. 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 poser sur une surface sèche ;
- Du sommet du tube, le liquide descend et se stabilise après 2 à 3 min au niveau d'une graduation correspondant au pourcentage d'alcool.

Pour les vins doux et les vins forts, il est nécessaire de le diluer préalablement (10mL de vin avec 10mL d'eau). Le résultat sera multiplié par 2.

ANNEXE 2 :

Détermination de la teneur en matière sèche soluble

La matière sèche soluble ou résidu sec soluble est la concentration en saccharose d'une solution aqueuse. Cette concentration est exprimée en masse ou en degré Brix. 1°Brix correspond à une concentration en sucres de 1 g pour 100 g de solution.

1. Appareillage

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



FIGURE 13: REFRACTOMÈTRE

2. Mode opératoire

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

TABLE DES MATIERES

Contenu

REMERCIEMENTS	I
SOMMAIRE.....	III
GLOSSAIRE.....	IV
ACRONYMES.....	V
NOTATIONS ET UNITES.....	VI
LISTE DES ILLUSTRATIONS	VII
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES	2
Chapitre I-GENERALITES SUR LA POMME [12] [18] [20]	3
I-1-Historique	3
I-2-Description	3
I-4- Liste des variétés des pommes	5
I-5-Production et localisation à MADAGASCAR [4]	6
I-6-Caractéristiques physico-chimique de la POMME[21].....	8
I-7- Utilisation	10
Chapitre II-L'ŒNOLOGIE [3].....	11
II-1-Définition [7]	11
II-2-Généralité du vin [8] [9]	11
II-3-Etapes de la fabrication du vin	11
II-4-La fermentation alcoolique	15
II-5- La fermentation malolactique [6] [10].....	18
II-6- Contrôle et surveillance de la fermentation [6]	19
II-7- La composition du vin [6] [7].....	20

II-8-L'analyse chimique et organoleptique du vin[15]	21
II-9- L'énergie calorifique du vin [6]	23
Chapitre III- LES VINS DE FRUITS	24
III-1- Définition et Description [9]	24
III-2- Historique [7]	24
III-3- Etapes de fabrication du vin des fruits [7]	25
III-4- Les analyses et contrôles [1] [6] [7]	25
DEUXIÈME PARTIE ETUDESEXPERIMENTALES	31
Chapitre IV- Le vin de pomme	32
IV-1- Procédé de vinification de la pomme	32
VI-2- Essaies expérimentales	36
IV-3- rendement expérimentale :	39
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	41
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBGRAPHIQUES.....	42
ANNEXES.....	VIII
TABLE DES MATIERES	X

Auteur : SOLOHERINIAINA Tongasoa Albert

Nombre de pages : 42

Nombre de tableaux : 7

Nombre de figures : 13



TITRE :

« Contribution à la fabrication de vin de pomme »

RÉSUMÉ :

Cette étude concerne la transformation des pommes en vin pour les valoriser un peu plus. La transformation de ces fruits en vin requiert des techniques œnologiques adaptées. Le produit issu de ce procédé a donné un vin liquoreux titré à 15 % d'alcool. Les techniques de transformation en vin comprennent les étapes de la fabrication, les procédés de vinification, les analyses et contrôles, les fermentations. À l'issue des essais expérimentaux, le procédé de fabrication de vin de pomme comprend les étapes suivant : prétraitement du moût, le traitement du moût, fermentation du mout, traitement du vin et enfin stockage ou la mise en bouteille (vieillessement). Les résultats et le rendement total sont établis.

Mots-clés : pomme, vinification, chaptalisation, fermentation, sucre

TITLE:

« Contribution to the manufacture of apple wine »

SUMMARY:

This survey concerns the transformation of the apples in wine to valorize them a few more. The transformation of these fruits into wine requires appropriate oenological techniques. The product descended of this process gave a syrupy wine titled to 15% of alcohol. Wine transformation techniques include the stages of production, vinification processes, analyzes and controls, fermentations. At the end of the experimental trials, the apple wine manufacturing process includes the following steps: pretreatment of the must, treatment of the must, fermentation of the must, treatment of the wine and finally storage or bottling (aging). The results and the total return are established.

Keywords: apple, vinification, chaptalisation, fermentation, sugar

Rapporteur: Professeur RAKOTOSAONA Rijalalaina

Adresse de l'auteur : Lot 0906-E-100 Antsirabe Nord