



# Synthèse des Méthodes de Réduction d'Alcool des Vins

Mai 2017

Maria Camila Merino Franco

## Sommaire

I.	Introduction	Page 3
II.	La Levure	Page 3
	a. Types et voies métaboliques	
	b. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> et autres levures	
III.	Production du vin	Page 4
IV.	Innovations pour diminuer la teneur en alcool du vin	Page 5
	a. Souches de Levures	
	b. Pré-Fermentation	
	c. Fermentation	
	d. Post-Fermentation	
V.	Conclusion	Page 13

## **I. Introduction**

Le vin est une boisson qui provient de la fermentation alcoolique des raisins frais ou de moût de raisin. Des recherches archéologiques indiquent que la culture des raisins et la fabrication du vin ont commencé en Mésopotamie il y a 6000-8000 ans (Cornell 2008). Depuis lors, le vin est devenu un patrimoine culturel mondial. Le vin a toujours représenté un élément culturel important. Les grecs avaient Dionysius, leur propre dieu du vin, les romains le fabriquaient dans tout le bassin méditerranéen, les chrétiens le considéraient comme le sang du Christ, les espagnols l'ont apporté aux Amériques, etc. Dans la vie moderne, le vin continue à exercer son importance culturelle, mais aussi économique, spécialement en France. La France est le deuxième pays consommateur de vin au monde, après les Etats-Unis, un pays avec une population 4.8 fois supérieure, la viticulture est le premier secteur agricole en France en valeur, et le vin est le deuxième secteur d'exportation français ce qui rapporte à la France 7,9 Milliards d'Euros par an (Vin & Société). Le marché du vin est essentiel pour le bien-être de l'économie Française, raison pour laquelle il faut surveiller sa production et sa consommation.

La teneur en alcool des vins a constamment augmenté des années 1980s de 1-2% v/v chaque décennie. Avant, c'était rare de trouver un vin avec 14% v/v d'alcool tandis que maintenant un vin avec 16% v/v d'alcool est courant (Varela 2015). Cette augmentation du degré d'alcool est présumée avoir différentes causes. Parmi elles on note le réchauffement global ou les changements de pratiques agricoles et de temps de récolte des raisins. Pourtant, le marché du vin est orienté vers les vins à teneur en alcool plus basse. Ceci est à cause des politiques de prévention pour la santé publique, de la préoccupation croissante du consommateur pour sa santé, et des taxes sur les produits alcoolisés dans certains pays (Tilloy 2015). Afin d'atténuer les effets négatifs possibles de ces changements et pour maintenir une ample variété des vins sur le marché, plusieurs procédés technologiques ont été testés pour réduire l'alcool du vin sans changer son arôme et sa perception organoleptique. Ce document décrira la fabrication du vin et les différentes méthodes de réduction d'alcool des vins avec leurs bénéfices et désavantages respectifs.

## **II. La Levure**

Les levures sont des organismes unicellulaires, eucaryotes, et hétérotrophes. Elles sont présentes sur les peaux des raisins mûrs. Il existe 93 espèces qui ont été trouvées sur 49 variétés de cépages

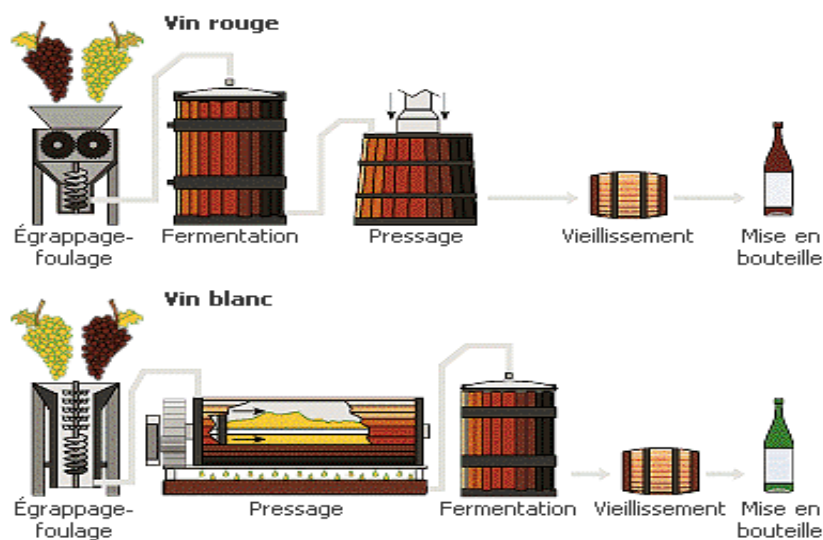
(Barata et al., 2008). Pourtant, bien qu'elles soient présentes en grandes variétés, un petit nombre de types dominant l'espèce. L'espèce la plus présente pour la fermentation des raisins, est *Saccharomyces Cerevisiae* grâce à sa résistance à de fortes concentrations en alcool, mais d'autres types sont également présents dans la fermentation, comme *Hansenias-Pora*, *Pichia*, *Candida genera* et *Kloeckera*, qui dominent au début du procédé (Gonzales et al. 2013). Chaque type de levure apporte des qualités spécifiques pendant la fermentation et l'utilisation de différentes souches pour la fabrication de vin d'alcool réduit est toujours un sujet de recherche.

Les levures métabolisent les sucres, comme le glucose et le fructose, pour produire de l'énergie (sous forme d'une molécule appelée Adénosine Triphosphate ou ATP) dont elles ont besoin selon deux métabolismes différents : la respiration aérobie ou la fermentation anaérobie. La voie choisie dépend des conditions environnementales ; en présence de dioxygène et d'un niveau modéré de sucre elles choisissent la respiration aérobie. Ceci est dû à l'électronégativité de l'atome d'oxygène qui attire les électrons à travers une chaîne de transport qui produit 32 molécules d'ATP par chaque molécule de glucose. Par contre, la fermentation anaérobie ne produit que 2 molécules d'ATP, et de l'éthanol. Dans la fabrication du vin, bien qu'il y ait du dioxygène la concentration en sucre est si haute qu'elle empêche la respiration aérobie et les levures utilisent plutôt la voie métabolique fermentaire pour produire l'énergie, c'est l'effet Crabtree.

### **III. Production du vin**

Pour bien comprendre les technologies utilisées pour réduire la teneur en alcool du vin, il est important de connaître les étapes du procédé de la production du vin. La première étape est la culture et récolte des raisins. Normalement, les raisins sont récoltés quand ils sont mûrs. Le temps de récolte des raisins affecte la teneur en sucre, ce qui affecte directement la teneur en alcool : si le temps de récolte est prolongé, la teneur en sucre sera plus haute (Pickering 2000). Aussi, les climats plus chauds produisent des raisins plus sucrés, mais la récolte précoce des raisins peut introduire des goûts « verts » indésirables (Vejarano 2012). La deuxième étape de la fabrication du vin est le broyage et pressage, pendant cette étape les raisins sont foulés et égrappés. La troisième étape est le pressage ou macération fermentation. Ici commence la différence entre la fabrication du vin rouge et blanc (Graphique 1). Pour la fabrication du vin rouge ou rosé, les raisins sont macérés et laissés fermenter pendant 4-10 jours (ou autour d'une

demi-journée pour le rosé). Après cette étape ils sont pressés. Pour le vin blanc, les raisins sont immédiatement pressés pour éviter un contact prolongé entre le moût et les pellicules des raisins qui contiennent les composés de couleur puis sont directement fermentés. Quelques fois, après être pressé, le moût du vin rouge est soumis à la fermentation malolactique. La quatrième étape comprend la clarification du vin. La clarification est réalisée par filtrage ou collage pour retirer les déchets et résidus du vin. La dernière étape est le vieillissement du vin, suivi par la mise en bouteille (FranceAgriMer).



Graphique 1. Vinification du vin rouge et blanc. (Maison Désiré)

#### IV. Innovations pour diminuer la teneur en alcool du vin

Il y a nombreuses études et solutions techniques qui traitent de la réduction du taux d'alcool dans le vin. Ces technologies ou stratégies peuvent être classées en 4 catégories (Tableau 1) : les modifications biotechnologiques des Levures, les modifications des étapes de pré-fermentation, les modifications des étapes de fermentation, et les modifications des étapes de post-fermentation.

Tableau 1 : Différentes stratégies employées pour la réduction du taux d'alcool dans les vins (Schmidtke 2012)

Étape de production	Principes	Technologies
Pré- Fermentation	Réduction des sucres	Récolte des Raisins avant maturité Dilution de moûts Ultra / Nano Filtration des sucres
Pendant Fermentation	Réduction de la production d'alcool	Manipulation du métabolisme utilisé par les levures Nouvelles souches de Levures Barrage de fermentation Stripping
Post Fermentation	Séparation de l'alcool (avec ou sans procédés membranaires)	Osmoses Reverse Nano et Ultra Filtration Distillation sous-vide Colonne à cône rotatifs

#### a. Les modifications biotechnologiques des Levures

L'espèce de levure *Saccharomyces Cerevisiae* est la plus utilisée pour la fabrication du vin grâce à son efficacité à convertir les sucres en alcool, à sa fiabilité, et aux autres composés qu'elle libère pendant la fermentation et qui donnent au vin des goûts spécifiques et recherchés. Pour cette raison, il est préférable de la garder comme le principal acteur dans la fermentation du vin. Pourtant, élaborer des souches qui produisent moins d'éthanol est un sujet intéressant de recherche. C'est important de le faire sans la modification génétique pour réduire le taux d'utilisation d'OGM (Organismes Génétiquement Modifiés) qui a mauvaise presse auprès des

consommateurs. Une alternative est l'ingénierie évolutionnaire qui utilise des milieux de croissance sélectifs pendant plusieurs générations pour produire une souche avec de caractéristiques désirées. L'ingénierie évolutionnaire des levures pourrait être utilisée pour favoriser la voie métabolique des Pentose-phosphate (PP), ce qui réduirait la quantité de carbone disponible pour synthétiser l'éthanol (Cadière 2011). En effet, la levure utilise deux grands mécanismes pour métaboliser le glucose : la respiration cellulaire et la fermentation alcoolique. Pendant la respiration cellulaire, la majorité des sucres traversent la voie de la glycolyse et le Cycle Krebs pour former de l'ATP et du Dioxyde de Carbone (CO<sub>2</sub>), mais un petit pourcentage des sucres contourne cette voie et est redirigé vers la voie des Pentoses Phosphate (PP). Dans cette voie d'autres molécules sont produites, comme le CO<sub>2</sub>, le Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate (NADPH), et le Ribose-5-Phosphate, dont elles ont besoin pour former leur ADN et ARN (Acide Désoxyribonucléique et Acide Ribonucléique, molécules qui contiennent l'information génétique des êtres vivantes). D'autre part, un des six carbones de la molécule de sucre est perdu sous la forme de dioxyde de carbone, ce qui réduit les carbones disponibles pour la fabrication d'alcool (Tilloy et. al. 2015). C'est pourquoi il serait intéressant de favoriser la déviation des sucres vers la voie de PP pour diminuer le taux d'alcool dans le vin. Ainsi, il faudrait augmenter de 38% l'utilisation de cette voie pour réduire la teneur en alcool de 1% (Bes 2009). Une souche de levure a été créée qui à travers l'évolution adaptative favorise la voie des PP. Mais, cette souche n'a pu augmenter d'à peine 13% l'utilisation de la voie des PP ce qui n'a permis qu'une réduction d'alcool finale très faible, de l'ordre de 0,13%. Bien que cette méthode n'ait pas réussi à diminuer le taux d'alcool de manière significative, ces souches présentent toujours beaucoup d'intérêt car elles produisent de grandes quantités de molécules aromatiques.

Pendant la fermentation, 92% des sucres comme le glucose sont utilisés pour la fabrication d'éthanol et dioxyde de carbone. Le reste de ces sucres sont utilisés pour la production de glycérol, de biomasse, et d'autres molécules aromatiques et volatiles (Tilloy et. al. 2015). Pour cette raison, une autre stratégie est de trouver une souche de *S. Cerevisiae* qui produit beaucoup de glycérol. Ceci a été réalisé par culture d'une souche sous conditions hyper-osmotiques, en utilisant du KCl comme agent stressant. Après 200 générations une souche qui produisait moins d'éthanol et plus de glycérol a été isolée, et en plus elle a produit moins d'acétate. La fermentation du moût avec cette souche a permis d'obtenir un vin présentant une réduction

d'éthanol de 1.3% (Tilloy et. al. 2014), ce qui a confirmé que l'évolution adaptative constituait une méthode alternative efficace pour générer des souches de levure qui produisent moins d'éthanol et qui ne sont pas génétiquement modifiées.

#### **b. Les modifications de Pre-Fermentation**

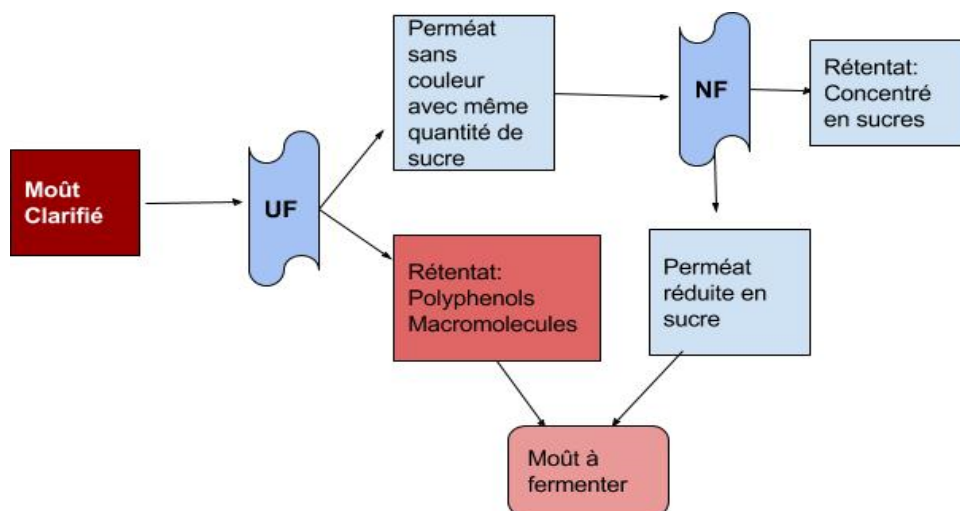
La quantité finale d'alcool dans les vins après fermentation est déterminée par la quantité de sucres dans le moût de raisins. Ainsi diminuer cette concentration initiale en sucres pourrait permettre de diminuer le degré d'alcool des vins.

Une possibilité serait de récolter les raisins avant qu'ils arrivent à maturité, phase pour laquelle la quantité de sucre est maximale. En revanche, à cause de la sous-maturation des raisins plusieurs composés importants pour le développement organoleptique des vins seraient perdus et l'acidité augmenterait de manière trop importante, ce qui produirait un vin de faible qualité (Pickering 2000).

Une autre option serait de diluer le moût avec de l'eau ou du vin désalcoolisé. Néanmoins, la dilution avec l'eau affecte d'autres propriétés du vin comme la couleur, les arômes, et la quantité de tannins (Varela 2015), et bien que la dilution avec le vin sans alcool ne cause pas de différence significative d'un point de vue sensoriel, le verrou est règlementaire (Bes 2009).

En 2012, une réglementation européenne interdisant l'utilisation des procédés membranaires pour réduire la teneur en sucre (RTS) des moûts a été levée et depuis lors cette méthode a été développée. Cette approche, qui utilise des membranes pour la nano ou l'ultra filtration est prometteuse mais dépend des propriétés des membranes à retenir les sucres sans retenir d'autres composés comme les polyphénols (Garcia-Martin et. al 2009). Une approche de nano filtration en deux étapes a permis une réduction d'alcool dans les vins de 1.8% v/v mais avec une perte de couleur et des différences de goût (Garcia-Martin et al. 2010). Cependant, un autre procédé membranaire, nommé REDUX<sup>®</sup> et breveté par l'entreprise Bucher Vaslin, a permis l'obtention de meilleurs résultats avec un couplage de nano et d'ultra filtration (Graphique 2).





Graphique 2. Description du Procès REDUX® de couplage de NF et UF.

Ce couplage, qui doit être fait juste avant la fermentation, consiste en l’ultrafiltration du moût de raisin clarifié ce qui génère un perméat sans couleur et un rétentat de polyphénols et d’autres macromolécules. Le perméat est ensuite passé vers une membrane de nanofiltration. Le rétentat obtenu alors consiste en une solution concentrée en sucre (400g/L-1). Le perméat de la NF et le rétentat de la UF sont mélangés en un moût réduit en sucres. Ce moût permet la fabrication d’un vin avec un taux d’alcool réduit de 2-3% moins et un profil gustatif à peine différent (Bes 2009). Pour réduire la teneur d’alcool à 1% il est nécessaire que 20% du moût soit traité par REDUX®, et le procédé permet une accumulation de polyphénols (El Rayess 2015). Pourtant, cette approche cause une perte importante de volume de moût de 7% pour chaque pourcentage d’alcool diminué. Cette perte financière, en revanche, peut être compensée avec la possibilité de valorisation des sucres résultants du rétentat de la NF (Cottureau 2011).

### c. Les Technologies Pendant la Fermentation

D’abord, le barrage de fermentation précoce est une stratégie logique pour réduire la teneur en alcool. Quoique la qualité des vins fabriqués par cette méthode peut être haute, il fonctionne mieux avec les vins traditionnellement doux à cause de la quantité élevée de sucres résiduels (Pickering 2000). En plus, il est nécessaire de stabiliser microbiologiquement ces vins à cause de ces sucres résiduels avec une étape de pasteurisation ou l’addition de sulfite avec un risque de perte de composés volatiles ou d’arôme (Schmidtke 2011).

Ensuite, une deuxième option est l'extraction de l'alcool en cours de fermentation qui peut être effectuée par distillation sous vide ou par stripping. L'objectif de ces technologies serait d'enlever l'alcool avant que les composés d'arôme soient en totalité synthétisés. Pour le stripping, la vapeur d'eau alcoolisée serait condensée puis désalcoolisée par une autre méthode pour être ensuite réintroduite. Evidemment, la limitation de ce procédé est la nécessité de le coupler avec une méthode de désalcoolisation pour le condensat. La distillation sous vide donne aux vins une qualité de saveur comparable au vin témoin mais elle est contrainte réglementairement (Bes 2009). De plus ces deux traitements demandent une intervention précise en période de vendages, ce qui rend leur mise en œuvre difficile (Escudier 2005).

#### **d. Les Technologies Post-Fermentation**

Les approches post-fermentation consistent en l'enlèvement d'éthanol et leur succès dépend d'un équilibre entre l'énergie nécessaire, la quantité d'éthanol enlevée, et l'impact sur les composés aromatiques et volatils du vin. Les technologies post-fermentation pour la réduction en teneur d'alcool sur les vins sont les plus abouties

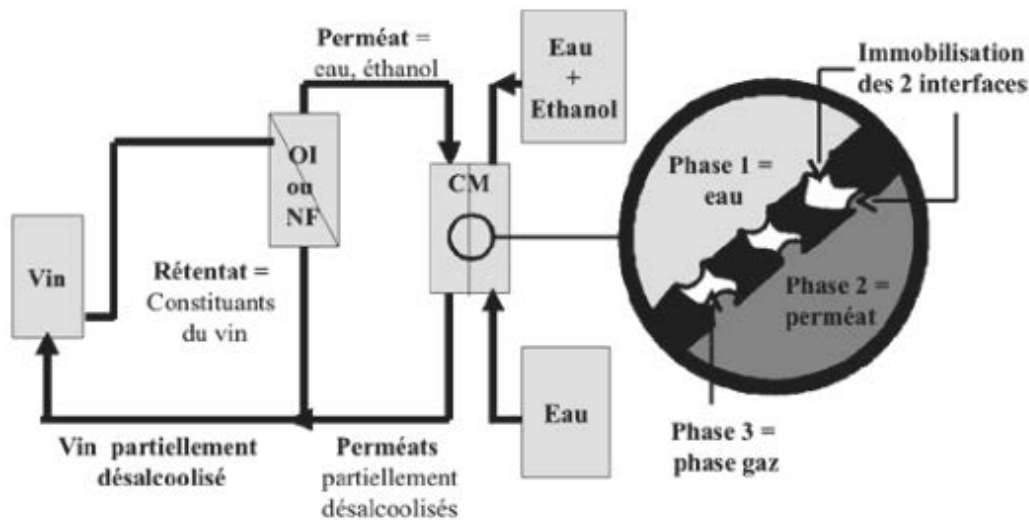
La distillation est la méthode thermique de réduction d'alcool sur les vins (Pickering 2000). Une méthode de distillation du vin qui a été créée aux Etats-Unis en 1930 et fonctionne effectivement sur une colonne à cônes rotatifs (CCR). Les colonnes à cônes rotatifs sont des appareils composés d'une colonne verticale qui tournent à 350 tours par minute et possède des cônes inversés rotatifs intercalés avec des cônes stationnaires. Le vin est ajouté au-dessus et il passe de cônes en cônes grâce à la gravité. La force centrifuge des rotations crée un film mince de vin et les composées volatiles sont extraites par entraînement par un gaz de stripping comme le nitrogène. Grâce à cela et à la pression dans la colonne, ces composées volatiles sont évaporées à températures relativement basses (28 degrés) et peuvent être séparés du vin liquide (Schmidtke 2012). Pour la désalcoolisation du vin ce procédé est répété avec le vin de-aromatisé à plus hautes températures (38 degrés) ce qui enlève l'alcool. Puis, le vin totalement ou partialement désalcoolisé qui résulte de ce deuxième tour est mélangé avec les composés aromatiques récoltés au premier tour (Schmidtke 2012). Ce procédé est le même quel que soit la quantité d'alcool désiré à enlever, totale ou partielle (Pickering 2000). En plus, cette technique de CCR réduit les dommages thermiques possible et conservent l'arôme. Cependant elle demande des appareils supplémentaires comme des condensateurs, des pompes, des contrôleurs de température etc. Ces

appareils augmentent le coût d'investissement, ce qui peut poser un problème pour les petits viticulteurs. (Ozturk 2014). Une autre méthode de distillation est la distillation sous-vide, qui est effectuée de deux manières différentes pour enlever l'alcool partiellement du lot total ou pour enlever totalement l'alcool suivi d'un rajout d'alcool. La deuxième option donne de meilleurs résultats. Cette approche de distillation est souvent couplée avec la filtration membranaire (Bes 2009).

La filtration membranaire est une technologie largement utilisée. La filtration membranaire est constituée de l'Osmose Inverse (OI) et la Nanofiltration (NF). L'Osmose Inverse est la stratégie la plus utilisée pour réduire la teneur en alcool des vins car elle permet le maintien de températures basses (de 5-10°C) pendant son utilisation ce qui permet une meilleure conservation du goût du vin (Pickering 2000). Les technologies membranaires sont souvent couplées avec les contacteurs à membranes, et comme mentionné-ci dessus la distillation, pour pouvoir enlever l'alcool de manière efficace sans perdre les autres constituants importants. Les couplages faits sont normalement l'osmose inverse avec la distillation (OI-D), la Nanofiltration distillation (NF-D), la Nanofiltration- contacteur à membrane (CM-NF). Le couplage le plus efficace est l'osmose inverse avec les contacteurs à membranes (OI-CM) (Escudier 2005). Les contacteurs à membranes seuls (CM) sont parfois utilisés aussi.

Le couplage de l'osmose inverse ou de la nano filtration avec la distillation pour désalcooliser les vins est faite en deux étapes. La première inclue l'élimination des solvants à travers une membrane. L'osmose inverse ou nano filtration produit un mélange d'eau, alcool, potassium et acides organiques. Puis, ce mélange est distillé et l'alcool est séparé du reste de vin.

Les contacteurs membranaires sont des carters qui contiennent des membranes hydrophobes avec des pores remplies d'air. D'un côté le perméat et de l'autre l'eau. Grâce à cette différence de concentration en éthanol, l'éthanol du perméat se transfère du côté de l'eau à travers de l'évaporation osmotique. Ce phénomène continue jusqu'à ce que la concentration en alcool soit égale de chaque côté de la membrane. De cette manière, la quantité d'alcool du perméat est réduite, néanmoins, cette méthode ne permet pas d'enlever tout l'alcool. Normalement, le procédé de CM est fait après l'utilisation de l'OI ou la NF (Graphique 3).



Graphique 3. Description des Procès de Couplage pour enlever l'alcool du vin. (Bes 2009).

Le Nanofiltration donne des résultats différents de l'Osiose Inverse, et chacun a ses avantages et désavantages. La NF est plus rapide et enlève plus d'alcool par volume de vin que l'OI, par contre elle laisse passer plus de composés aromatiques dans le perméat qui sont perdus après (Bes 2009). Malgré cette perte, la perception organoleptique des vins traités par NF est similaire à celle des vins traités par OI (Al Rayess 2015). L'Osiose Inverse consiste en une membrane semi-perméable qui laisse passer l'éthanol et l'eau, ce qui produit un vin concentré. Pour maintenir la concentration en composés stable il faudrait rajouter de l'eau dans ce concentré, ce qui peut poser des problèmes aux pays qui interdisent l'addition d'eau dans les vins. Pourtant, le couplage de l'OI avec CM ou la distillation peut résoudre ce problème. L'eau alcoolisée, produit par OI, est ensuite distillée ou traitée par CM pour la séparer de l'éthanol et est réintroduite dans le vin. L'osiose inverse a beaucoup de bénéfices : elle opère à température ambiante, ne requière pas l'ajout de produits chimique, et le vin produit a un profil aromatique comparable au vin témoin (El Rayess 2015). Les couplages OI-CM et NF-CM limitent la désalcoolisation aux environs de 2-3% (Bes 2009).

Enfin, ces approches post-fermentation réussissent à réduire la teneur d'alcool des vins mais aussi à garder les composés aromatiques du vin qui ont un profil sensoriel similaire aux vins témoins jusqu'à une réduction d'alcool de 2% v/v. Une réduction plus haute produit des différences notables dans le goût et arôme (Varela 2015). Donc, c'est toujours un défi de

perfectionner ces méthodes pour pouvoir obtenir un vin à teneur réduite d'alcool indiscernable des vins témoins du point de vu sensoriel.

## **V. Conclusion**

Le vin est une boisson importante avec de grandes problématiques économiques et culturelles, spécialement en France. A cause des changements de température, des méthodes agricoles, et autres raisons, le degré d'alcool des vins augmente constamment chaque an ce qui pose des risques de santé publique. Il y existe plusieurs méthodes pour réduire la teneur en alcool des vins. Ces méthodes incluent des technologies de modification des levures comme l'évolution adaptive, des technologies utilisées dans le moût avant la fermentation qui se centrent sur la réduction des sucres, quelques technologies pendant la fermentation mais qui sont difficiles à effectuer, et des technologies post-fermentation qui se concentrent sur l'extraction d'alcool directement. Ces dernières technologies sont les plus satisfaisantes. Les obstacles à vaincre pour la réduction d'alcool des vins les plus importants sont le coût des procédès, les règlementations de fabrication du vin, et le fait qu'il est important de ne pas enlever les autres composés aromatiques du vin avec l'alcool. Un objectif essentiel pour la fabrication des vins à teneur en alcool réduite est d'obtenir une perception organoleptique indiscernable des vins qui ne sont pas traités. Quelques procédés ont atteint cet objectif, par exemple le couplage Nanofiltration et Contacteurs à Membranes a permis de réduire le taux d'alcool d'un 2% en gardant un profil aromatique similaire au témoin. Pourtant, aucune méthode de réduction n'a encore complètement réussi à enlever un grand pourcentage d'alcool sans affecter les autres composées tout en garantissant un bas coût Il est important de continuer les recherches dans ce sujet.

## Références Bibliographiques

Aguera Evelyne, Bes Magali, Roy Aline, Camarasa Carole, Sablayrolles Jean-Marie. "Partial Removal of Ethanol During Fermentation to Obtain Reduced-Alcohol Wines." *American Journal Of Enology and Viticulture*. March 2010, Volume 31, Issue 1, Pages 53-60.

Bes, Magali. "Les différentes Stratégies Microbiologiques et Technologiques pour la Production de Vin à Teneur Réduite en Alcool." Unité expérimentale de Pech Rouge. Octobre 2009. *Maîtrise de la Teneur en Alcool des Vins*.

Ozturk Burcu ; Anli Ertan. "Different techniques for reducing alcohol levels in wine: A review." *BIO Web of Conferences*, 01 January 2014, Vol.3, pp.02012

Cadière Axelle, Aguera Evelyne, Caillé Soline, Ortiz-Julien Anne, Dequin Sylvie. "Pilot-Scale Evaluation the enological traits of a novel, aromatic wine yeast strain obtained by adaptive evolution." *Food Microbiology*, Vol 32, Issue 2, pg. 332-337. 2012.

Cadière Axelle, Ortiz-Julien Anne, Camarasa Carole, Dequin Sylvie. "Evolutionary Engineered *Saccharomyces Cerevisiae* Wine Yeast Strains With Increased in Vivo Flux Through the Pentose Phosphate Pathway". *Metabolic Engineering*, Volume 13, Issue 3, May 2011, Pages 263-271, ISSN 1096-7176.

Catarino Margarida, Mendes Adélio. "Dealcoholizing wine by membrane separation processes." *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Volume 12, Issue 3, July 2011. Pages 330-337.

Cornell University, Division of Rate and Manuscript Collection. "Song of the Vine: A History of Wine." 2008. Web. <http://rmc.library.cornell.edu/ewga/exhibition/introduction/>.

Cottureau Philippe. "Désalcoolisation Partielle de Vins: Nouvelle Pratique Oenologique." IVF Rhône-Méditerranée. 2011. *Institut Français de La Vigne Et Du Vin*. En Ligne.

Diban, Nazely ; Athes, Violaine ; Bes, Magali ; Souchon, Isabelle. "Ethanol and Aroma Compounds Transfer Study for Partial Dealcoholization of Wine Using Membrane Contactor". *Journal of Membrane Science*, 2008, Vol.311(1), pp.136-146.

Ehsani Maryam, Fernández Maria, Biosca Josep, Julien Anne, Dequin Sylvie. "Engineering of 2,3-Butanediol Dehydrogenase To Reduce Acetoin Formation by Glycerol-Overproducing, Low-Alcohol *Saccharomyces Cerevisiae*." *Applied and Environmental Microbiology*. May 2009, pages 3196-3205.

El Rayess Youssef, Mietton-Peuchot Martine. "Membrane Technologies in Wine Industry: An Overview." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. March 2015. Vol. 56, Issue 12, Pages 2005-2020.

Escudier Jean-Louis. “Vins de Qualité à Teneur Réduite en Alcool.” *Colloque de cloture du programme national de recherché en alimentation et nutrition humaine PNRA*. Edition 2005. Pages 55-61.

Escudier Jean-Louis. “Programme de recherche Vins De Qualité à Teneur Réduite en Alcool (VDQA)”. INRA, UE Pech Rouge. Octobre 2009. *Maîtrise de la Tenur en Alcool Des Vins*.

FranceAgriMer. “La vinification.” FranceAgriMer Etablissement National Des Produits de l’Agriculture et de la Mer. <http://www.franceagrimer.fr/filiere-vin-et-cidriculture/Vin/La-filiere-en-bref/Mieux-connaître-le-vin/De-la-vigne-au-vin/La-vinification>

García-Martína , L. Palacioa , P. Prádanosa , A. Hernández\*, M. Ortega-Herasb, S. Pérez-Magariñob, D.C. González-Huerta. “Evaluation of Several Ultra- and Nanofiltration Membranes for Sugar Control in Winemaking”. *Desalination*, 2009, Vol. 245(1), pp. 554-558.

Garcia-Martin, N., Perez-Magarino, S., Ortega-Heras, M., Gonzalez-Huerta, C., Mihnea, M., Gonzalez-Sanjose, M.L., Palacio, L., Pradanos, P. and Hernandez, A. (2010) “Sugar reduction in musts with nanofiltration membranes to obtain low alcohol-content wines”. *Separation and Purification Technology* **76**, 158–170.

Heux Stéphanie, Sablayrolles Jean-Marie, Cachon Rémy, Dequin Sylvie. “Engineering a *Saccharomyces Cerevisiae* Wine Yeast That Exhibits Reduced Ethanol Production during Fermentation under Controlled Microoxygenation Conditions.” *Applied and Environmental Microbiology*. Septembre 2006. P 5822-5828.

Maison Désirée. “La Fabrication Du Vin.” <http://www.maisondesire.com/PBCPPlayer.asp?ID=381246> .

Pickering, Gary J. “Low- and Reduced-Alcohol Wine: A Review.” *Journal of Wine Research*, 01 July 2000, Vol.11(2), p.129-144. Taylor & Francis Group.

Ramon Gonzalez, Manuel Quirós, Pilar Morales. “Yeast respiration of sugars by non-Saccharomyces yeast species: A promising and barely explored approach to lowering alcohol content of wines.” *Trends in Food Science & Technology*, Volume 29, Issue 1, January 2013, Pages 55-61, ISSN 0924-2244.

Schmidtke Leigh, Blackman John, Agboola Samson. “Production Technologies for Reduced Alcoholic Wines.” *Journal of Food Science*. Janvier 2012. Volume 71, Issue 1. Pages 25-41.

Tilloy, Valentin, Cadière Axelle, Ehsani Maryam, Dequin Sylvie. “Reducing Alcohol Levels in Wines Through Rational and Evolutionary Engineering of *Saccharomyces Cerevisiae*”. *Internation Journal of Food Microbiology*. November 2015. Volume 213, Pages 49-58.

Tilloy, Valentin, Ortiz-Julien Anne, Dequin, Sylvie. “Reduction of Ethanol Tield and Improvement of Glycerol Formation by Adaptive Evolution of the Wine Yeast *Saccharomyces*

Cerevisiae Under Hyperosmotic Conditions”. *Applied and Environmental Microbiology*, 2014, Vol. 80(8), p.2623 [Peer Reviewed Journal]

Varavuth Satit, Jiratananon Ratana, Atchariyawut Supakorn. “Experimental Study on Dealcoholization of Wine by Osmotic Distillation Process.” *Separation and Purification Technology*. Volume 66, Issue 2, April 2009, Pages 313-321.

Varela C, DRY P.R., Kutyna, Francis I.L., Henschke P.A, Curtin C.D., Chambers P.J. “Strategies for reducing alcohol concentration in wine.” *Australian Journal of Grape and Wine Research*. Volume 21, 2015, Pages 670-679.

Varela, C. “The impact of non-saccharomyces yeasts in the production of alcoholic beverages . *Appl Microbiol Biotechnol* (2016). 100: 9861. doi:10.1007/s00253-016-7941-6

Vejarano R, Morata A, Loira I, Gonzales M.C., Suárez-Lepe J.A. “Theoretical Considerations About Usage of Metabolic Inhibitors as Possible Alternative to Reduce Alcohol Content of Wines From Hot Areas.” *Eur Food Res Technol* 2013. 237: 281. doi:10.1007/s00217-013-1992-z

Vin et Société. “Se Mobiliser pour le vin: Chiffres clefs de la filière vin.” Web. <http://www.vinetsociete.fr/se-mobiliser-pour-le-vin/chiffres-clefs-de-la-filiere-vin>

Youzhong Liu, Sandrine Rousseaux, Raphaëlle Tourdot-Maréchal, Mohand Sadoudi, Régis Gougeon, Philippe Schmitt-Kopplin & Hervé Alexandre. “Wine microbiome: A dynamic world of microbial interactions”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2017. 57:4, 856-873, DOI: 10.1080/10408398.2014.983591