

Impact de la réduction d'alcool sur la perception sensorielle des vins et acceptabilité par les consommateurs

Sophie Meillon

▶ **To cite this version:**

Sophie Meillon. Impact de la réduction d'alcool sur la perception sensorielle des vins et acceptabilité par les consommateurs. Sciences du Vivant [q-bio]. AgroParisTech, 2009. Français. NNT : 2009AGPT0068 . pastel-00005778

HAL Id: pastel-00005778
https://pastel.hal.science/pastel-00005778

Submitted on 10 May 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

N° /__/__/__/__/__/__/__/__/__/__/

THÈSE

pour obtenir le grade de

Docteur

de

l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech)

Spécialité : Sciences de l'alimentation

présentée et soutenue publiquement
par

Sophie MEILLON

le 18 décembre 2009

IMPACT DE LA REDUCTION D'ALCOOL SUR LA PERCEPTION SENSORIELLE DES VINS ET ACCEPTABILITE PAR LES CONSOMMATEURS

Directeur de thèse : **Marc DANZART**

Co-directeur de thèse : **Pascal SCHLICH**

Travail réalisé : CESG, UMR 1214 Sciences du Goût, F-21000 Dijon

Devant le jury :

M. Ulrich FISCHER, Professeur, DLR Rheinpfalz, Allemagne……	**Président**
Mme Rosires DELIZA, Docteur, EMBRAPA, Rio de Janeiro, Brésil ……	**Rapporteur**
Mme Isabelle LESSCHAEVE, Docteur, Vineland, Ontario, Canada……	**Examinateur**
M. Marc DANZART, Professeur, Agro Paris Tech, Paris, France……	**Examinateur**
M. Pascal SCHLICH, Docteur, INRA, Dijon, France……	**Examinateur**
Mme Nathalie JACQUET, Ingénieur, Pernod Ricard, Créteil, France……	**Membre invitée**

L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech) est un Grand Etablissement dépendant du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, composé de l'INA PG, de l'ENGREF et de l'ENSIA
(décret n° 2006-1592 du 13 décembre 2006)

Les quatre aveugles et l'éléphant (fable hindoue)

Quatre aveugles rencontrent un éléphant pour la première fois de leur vie. Ils s'en approchent précautionneusement, mais avec une grande curiosité.
Le premier saisit par hasard la trompe et déclare « un éléphant c'est comme un serpent ! ». Le deuxième effleure une des défenses et réplique « Non, un éléphant ressemble à un croissant de lune ! ». Le troisième se heurte à une patte et rétorque « Vous vous trompez, un éléphant c'est comme un arbre ! ». Le quatrième empoigne la queue et s'exclame « Bien sur que non, un éléphant ressemble à une corde ! ».
Les quatre hommes finissent par entrer en conflit, chacun étant persuadé que lui seul a raison et que les trois autres ont tort…

Remerciements

A toi ma thèse,

Cette thèse m'a permis d'aller à la rencontre de moi-même, d'apprendre à mener un projet à terme, de prendre confiance en moi, de découvrir la force du travail en équipe, de découvrir mes limites, de développer mon sens bien caché de l'organisation, de découvrir les grands plaisirs de la dégustation du vin, d'approfondir mes connaissances dans le domaine passionnant que représentent les sciences du goût, d'apprivoiser et surpasser mon stress démesuré de l'oral (et il y a encore du boulot…), de me confronter à la réalité du "monde merveilleux de la recherche", d'apaiser ma curiosité sans fin, de développer un esprit de synthèse, d'apprendre à me remettre en question, de savourer les délices de la rédaction, de découvrir les abysses mais également les profondeurs et les joies des relations humaines…

Bref, si c'était à refaire, je la referai volontiers cette foutue thèse…

A vous mes collègues et collaborateurs,

Cette thèse a surtout été le fruit de belles rencontres et collaborations. Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers de nombreuses personnes sans qui ce travail n'aurait pu aboutir.

Je souhaite tout d'abord remercier Marc Danzart, mon directeur de thèse, pour m'avoir permis d'effectuer cette thèse.

Du côté du Centre Européen des Sciences du Goût :

Pascal Schlich pour sa bonne humeur, son ouverture d'esprit, sa curiosité, ses grandes intuitions et sa confiance. Toujours partant pour élaborer un nouveau protocole, toujours débordant d'idées, il a su m'encadrer tout en me laissant une grande liberté dans l'orientation et l'organisation de mes travaux. Je suis également reconnaissante pour sa volonté de valoriser et mettre en avant les travaux de ses doctorants… Sans oublier les discussions passionnées et les précieux conseils statistiques, méthodologiques et viniques qui m'ont beaucoup aidée à progresser.

Ce fut un grand plaisir de mettre au point et préparer les séances d'analyse sensorielle en compagnie de Christine Urbano. Une énergie débordante, une rigueur impitoyable, une maîtrise des logiciels d'acquisition de données implacable, une efficacité redoutable… Mais surtout un rire remarquable… C'est avec un sourire nostalgique que je repense à toutes ces "prises de têtes" lors de la préparation des séances, ces coups de stress (parfois de frayeur), ou encore les fous rires en cuisine ou en déplacement.

Je n'oublierai pas de remercier Valentine Dugas et David Viala pour avoir largement contribué à la mise au point des expérimentations et la réalisation des séances, par le biais de leur stage. Merci pour leur enthousiasme, leur bonne humeur, leur soutien et leur efficacité.

Je tiens à remercier Catherine Pédron et Sylvie Cordelle pour leur aide précieuse et leur efficacité lors de la préparation des séances ou lors de mes grandes interrogations d'ordre logistique. Merci encore pour leur disponibilité et leur gentillesse.

Les résultats issus de cette thèse ont été en grande partie obtenus grâce à la persévérance et l'assiduité des panélistes. Merci encore pour leur enthousiasme et leur grande sympathie.

Sans oublier la joyeuse bande du Liris avec qui j'ai partagé des moments très forts et qui a largement contribué à égayer mon quotidien et à faire de ma thèse une grande partie de plaisir : Aude, Christine, Eric, Caroline R., Marcela, Coralie, Amélie, Nadra, Elodie, Marine, Michel T & V, Magali, Audrey, Bérengère, Sandrine, Sylvie, Caroline L, Cédric, Julie.
Je souhaite tout particulièrement remercier Eric et Coralie, mes colocataires de bureau, pour avoir supporté mes phases d'espoir et de désespoir et avec qui j'ai partagé des tendres moments de complicité. Merci à Eric d'avoir répondu patiemment à mes questions perpétuelles sur les statistiques et merci à Coralie d'avoir pris le temps de relire toute ma thèse, à la recherche des nombreuses fautes perdues.
Merci également à Christine et Aude avec qui j'ai lié une profonde amitié, qui je l'espère, durera.

Du côté du Centre de Recherche Pernod Ricard

Je tiens à remercier Nathalie Jacquet de m'avoir accueillie au sein du CRPR tout en m'accordant une grande liberté dans l'organisation de mon travail. Merci pour son soutien, sa confiance, sa pertinence, son enthousiasme et son sourire.

Ce fut un grand plaisir de travailler aux côtés de Geneviève Guillot. J'ai beaucoup apprécié sa gentillesse, sa bienveillance, ses éclats de rire, son soutien, son positivisme, son sens de la répartie et ses histoires incroyables, notamment celle de « la dinde bleue de noël ». Je crois que c'est avec Geneviève que je détiens le record du nombre de fous rires à l'heure.

J'étais heureuse de faire la connaissance de Michel Brûlfert, compatriote des fous rires à l'heure des repas de midi, mais également un de mes plus grands collaborateurs pour le dénombrement de tous les petits lapins vivant sur les pelouses du CRPR.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Dominique Gornikowski pour son aide, son efficacité et sa bonne humeur lors du recrutement et la préparation de l'expérimentation à domicile. Sans oublier Carole et Binta pour leur aide et leur motivation lors de la mise en colis et l'étiquetage des 700 bouteilles…

Du côté du projet VDQA

Un grand merci à Jean-Louis Escudier, coordinateur du Projet VDQA, pour m'avoir accueillie, impliquée et intégrée au sein de ce vaste projet.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Magali Bes et Amélie Roy qui se sont « collées » à la réalisation fastidieuse des nombreux litres de vins désalcoolisés, toujours livrés en temps et en heure malgré les délais escomptés !

Merci à Rémi Cottereau pour les nombreuses informations qu'il m'a communiquées sur les procédés de désalcoolisation des vins et sur la législation des VDQA.

Les membres du comité et du jury de thèse

Merci à Isabelle Lesschaeve, Marc Danzart, Patrick Desmarest et Pascal Schlich de m'avoir guidée, critiquée et conseillée tout au long de ces trois années de thèse.

Merci à Ulrich Fischer, Rosires Deliza, Isabelle Lesschaeve, Marc Danzart, Nathalie Jacquet et Pascal Schlich d'avoir pris le temps de lire et évaluer mon manuscrit mais également d'avoir apporté un éclairage nouveau à mes travaux grâce à leurs critiques constructives.

A vous mes « supporteurs »,

Cette thèse, je la dois également à mes proches qui m'ont toujours soutenue, qui ont dû me supporter dans tous les sens du terme, et qui m'ont permis de déconnecter et relativiser.

Un grand merci à mes parents et mon frère pour leur soutien et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail de thèse et, à mes études de façon générale. Merci de m'avoir ouvert l'esprit et d'avoir attisé ma curiosité depuis ma plus jeune enfance.

Merci à mon doudou pour son soutien, sa patience, son écoute, sa légèreté, son calme et son positivisme. Merci de m'avoir épargné les tâches ménagères et la cuisine lors des derniers mois de rédaction (la bonne excuse !).

Sans oublier mes amis et ma famille avec qui j'ai passé d'agréables moments et à qui je tiens énormément.

Table des matières

INTRODUCTION **1**

CHAPITRE 1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE **9**

1. VINS A TENEUR REDUITE EN ALCOOL : LES PROCEDES TECHNOLOGIQUES 11

1.1 Petite mise au point autour de l'alcool *11*

1.1.1 Alcool, éthanol et alcool éthylique 11

1.1.2 Teneur en alcool, degré alcoolique, titre volumique et alcoolémie 12

1.2 Etapes générales de la vinification *12*

1.3 Diminution du taux de sucre dans le moût *13*

1.3.1 Sélection variétale et vendanges précoces 13

1.3.2 Méthodes enzymatiques 14

1.3.3 Méthodes séparatives sélectives 14

1.4 Limitation de la production d'alcool lors de la fermentation alcoolique *15*

1.4.1 Arrêt précoce de la fermentation 15

1.4.2 Utilisation de levures à faible rendement éthanol 15

1.5 Réduction de la teneur en alcool dans le vin fini *16*

1.5.1 Procédés thermiques et distillation 16

1.5.2 Procédés membranaires sélectifs 17

1.6 Vins à teneur réduite en alcool et législation française/européenne *18*

1.7 Synthèse *19*

2. DE LA PERCEPTION SENSORIELLE A LA CONSOMMATION DU VIN 20

2.1 Mécanisme de la perception sensorielle : reflet de la réalité *20*

2.2 Perception sensorielle du vin *21*

2.2.1 Perception olfactive du vin 21

2.2.1.1 Mécanisme de la perception olfactive 21

2.2.1.2 Arômes et odeurs du vin 22

2.2.2 Perception gustative du vin 23

2.2.2.1 Mécanisme de la perception gustative 23

2.2.2.2 Les saveurs du vin 24

2.2.3 Perception trigéminale du vin 25

2.2.3.1 Mécanisme de la perception trigéminale 25

2.2.3.2 Sensations somesthésiques du vin 25

2.3 Facteurs influençant la perception sensorielle du vin *26*

2.3.1 Interactions sensorielles 26

2.3.1.1 Cadre théorique 26

2.3.1.2 Interactions sensorielles reportées dans le vin 27

2.3.2 Patrimoine génétique et état physiologique 28
2.4 Vins et préférences 29
2.4.1 Vins et préférences : dimension sensorielle 29
2.4.2 Vins et préférences : importance de la dimension cognitive 30
2.5 Les consommateurs de vins 32
2.5.1 Appréciation et consommation du vin : un processus d'apprentissage 32
2.5.2 Consommation du vin en baisse et évolution de la consommation 34
2.5.3 Caractérisation des consommateurs de vins 35
2.6 Synthèse 38
3. ALCOOL, PERCEPTION ET REPRESENTATIONS 39
3.1 Perception sensorielle de l'éthanol pur 39
3.1.1 Composante qualité : sensation, goût, et odeur de l'éthanol 39
3.1.2 Composante intensité : seuils de détection et perception de l'intensité 41
3.1.3 Composante hédonique : propriétés sensorielles de l'éthanol, préférences et consommation 43
3.2 Perception sensorielle de l'éthanol incorporé dans une matrice 45
3.2.1 Impact de l'éthanol sur le flux salivaire 45
3.2.2 Interactions éthanol/composés aromatiques 45
3.2.2.1 Interactions physico-chimiques 46
3.2.2.2 Interactions perceptuelles 46
3.2.3 Interactions éthanol / saveurs 47
3.2.4 Interactions éthanol / sensations 48
3.2.5 Seuil de détection de l'éthanol incorporé dans une matrice 49
3.3 Images et représentations de l'alcool dans le vin 50
3.4 Synthèse 51

CHAPITRE 2. QUESTIONS DE RECHERCHE ET PRESENTATION DE LA DEMARCHE 53

1. IDENTIFICATION DES AXES ET QUESTIONS DE RECHERCHE 55
2. PRESENTATION DE LA DEMARCHE GENERALE 57
2.1 Choix des méthodologies d'analyse sensorielle 57
2.2 Choix des vins et évolution de l'espace produit 58
3. DEROULEMENT DES EXPERIMENTATIONS : TROIS ETUDES SUCCESSIVES 61

CHAPITRE 3. IMPACT DE LA REDUCTION D'ALCOOL SUR LA PERCEPTION SENSORIELLE DES VINS 63

1. ETUDE PRELIMINAIRE : UNE DIFFERENCE SENSORIELLE EST-ELLE PERCEPTIBLE ENTRE LES VINS TEMOINS ET LES VINS DESALCOOLISES ? 65
1.1 Objectifs 65
1.2 Matériel et méthodes 65
1.2.1 Procédure générale 65
1.2.2 Les sujets 66

1.2.3 Les vins 66
1.2.4 Analyse des données 67
1.3 Résultats 67
1.4 Discussion 68
1.5 Conclusion 69
2. DESCRIPTION DES DIFFERENCES SENSORIELLES INDUITES PAR LA REDUCTION D'ALCOOL DANS LES VINS ROUGES : ARTICLE 1 71
3. DESCRIPTION DES DIFFERENCES SENSORIELLES INDUITES PAR LA REDUCTION D'ALCOOL DANS LES VINS BLANCS 93
3.1 Objectifs 93
3.2 Matériel et méthodes 93
3.2.1 Les vins 93
3.2.2 Procédure 94
3.2.2.1 Profil sensoriel comparatif 94
3.2.2.2 Dominance Temporelle des Sensations 95
3.2.3 Analyse des données 96
3.2.3.1 Profil 96
3.2.3.2 DTS 97
3.3 Résultats 97
3.3.1 Profil sensoriel 97
3.3.1.1 Performance des panels 97
3.3.1.2 Description des vins 98
3.3.2 DTS 100
3.4 Discussion 102
3.4.1 Impact de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception des vins blancs 102
3.4.1.1 Impact de l'abaissement de la teneur en alcool sur la perception des vins 102
3.4.1.2 Impact du traitement par osmose inverse sur la perception des vins 104
3.4.2 Faible différences sensorielles entre les vins : contribution du DTS au profil 104
3.5 Conclusion 106
4. IMPACT DE LA REDUCTION D'ALCOOL SUR LA PERCEPTION DE LA COMPLEXITE ET LA TEMPORALITE DES SENSATIONS DANS LES VINS ROUGES ET LIEN AVEC LES PREFERENCES: ARTICLE 2 107

CHAPITRE 4. APPRECIATION ET ACCEPTABILITE DES VINS A TENEUR REDUITE EN ALCOOL 133

1. APPRECIATION ET ACCEPTABILITE DES VINS A TENEUR REDUITE EN ALCOOL EN SITUATION DE DEGUSTATION CONTROLEE : ARTICLE 3 135
2. IMPORTANCE RELATIVE DES DIMENSIONS SENSORIELLES ET COGNITIVES DANS L'ACCEPTABILITE DES VINS A TENEUR REDUITE EN ALCOOL EN SITUATION REELLE DE CONSOMMATION : ARTICLE 4 159

DISCUSSION GENERALE 189

1. SYNTHESE ET DISCUSSION DES RESULTATS ISSUS DE CE TRAVAIL 191
1.1 Impact de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception sensorielle des vins 191

1.2 Acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool : une affaire de goût ou d'image ? *194*

1.2.1 Appréciation des vins à teneur réduite en alcool 194

1.2.2 Impact de l'information sur l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool 195

2. IMPLICATIONS, LIMITES ET PERSPECTIVES DE CE TRAVAIL 197

2.1 Validité et généralisation des résultats issus de ce travail de thèse *197*

2.2 Réduction d'alcool dans le vin : faut-il l'afficher ou faire déguster les vins ? *198*

2.3 Perspectives méthodologiques et ouverture sur la dégustation du vin *199*

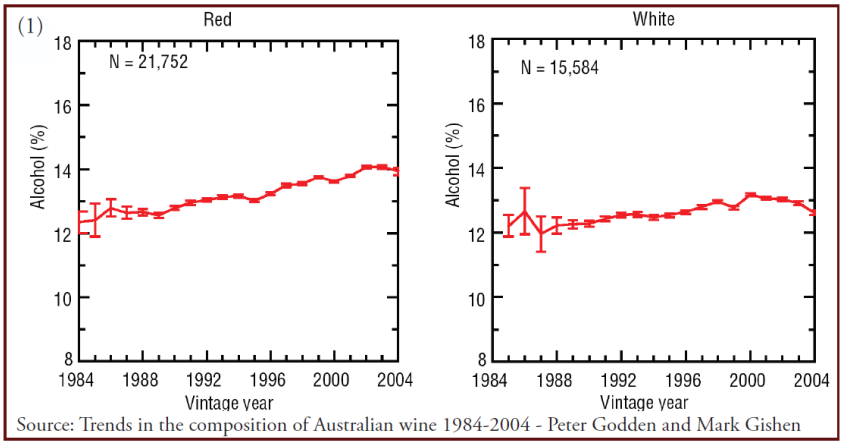
ANNEXES **203**

RÉFÉRENCES **209**

INTRODUCTION

Introduction

Depuis une trentaine d'années, une hausse générale de la teneur en alcool des vins est constatée au niveau mondial et plus particulièrement dans les pays méridionaux. Il existe pour l'instant peu de données chiffrées illustrant cette augmentation, mais il est bien établi que dans les années 70, les vins titraient en moyenne entre 11 et 12 % et qu'il n'est plus rare de nos jours de rencontrer des bouteilles affichant un taux d'alcool de 14 %. L'Institut Australien du Vin a réalisé des travaux sur les modifications de la composition des vins australiens entre 1984 et 2004, à partir de 56000 analyses sur 15000 échantillons de vins, et a mis en évidence une augmentation significative de la teneur en alcool des vins (Conibear, 2006) **(Figure 1)**. Entre 1984 et 2004, bien que le pH soit resté stable, la teneur en alcool des vins rouges est passée de 12.4 % à 14 %. Pour les vins blancs, la teneur en alcool a augmenté jusqu'en 2000 (13.2 %) puis a décliné jusqu'à 12.5 % en 2004. Des chiffres similaires, provenant de la Californie (figure 1), montrent que le degré alcoolique des vins est passé de 12.5 % en 1978 à 14 % dans les années 1980, pour atteindre un record à 14.8% en 2001 (tous cépages confondus). En Californie, la maison Martinelli propose actuellement un Zinfandel affichant un taux à 17,4 %.



(2) ALCOHOL & SUGAR LEVELS IN CALIFORNIA
From CA Grape Crush Report District 4 – All varieties

Year	Alcohol
1971	12.5%
1973	12.7%
1975	13.2%
1976	13.7%
1978	14.0%
1981	13.7%
1983	13.1%
1986	13.3%
1990	13.5%
1992	13.8%
1997	14.4%
1999	14.6%
2001	14.8%

Figure 1. Evolution de la teneur en alcool dans les vins en Australie (1) et en Californie (2). Extrait de Conibear, H. (2006)

L'origine de cette hausse des degrés n'est pas encore bien établie, mais il semblerait que les deux causes principales soient le réchauffement climatique d'une part et l'évolution des techniques viticoles associée à la demande accrue des consommateurs pour des vins de plus en plus qualitatifs d'autre part.

Le réchauffement climatique, et plus particulièrement l'élévation des températures, contribue à l'augmentation de la teneur en alcool des vins par une élévation du taux de sucres accumulé dans les baies de raisins. Duchêne et Schneider (2005), du côté des vignobles alsaciens, ont constaté une augmentation significative de la teneur en sucre des raisins (Riesling) à la récolte

depuis les années 70. Cette élévation a conduit à un gain de 0.08 % d'alcool par an, entre 1970 et 2005, soit un gain de presque 1 degré tous les dix ans.
Les attentes actuelles des consommateurs, tournées vers des vins de plus en plus concentrés, aux arômes plus expressifs, contribuent également à la hausse des degrés. En effet, afin de répondre à ces attentes, les vignerons mettent en place une politique de qualité, qui se traduit par une évolution des pratiques viticoles vers la concentration des raisins. De nombreuses possibilités sont offertes aux vignerons comme le retard de la date des vendanges afin d'atteindre une maturité optimale polyphénolique des raisins, la taille spécifique des vignes ou encore le choix de cépages améliorateurs (Conibear, 2006).

Ces vins riches en alcool deviennent difficiles à boire au quotidien et bon nombre de consommateurs, conditionnés par les campagnes de lutte contre l'alcoolémie (santé et sécurité routière), recherchent des boissons alcooliques plus légères, mieux adaptées au mode de consommation moderne. Parallèlement, le changement des habitudes de consommation, dû à l'évolution des modes de vie, entraîne de nouvelles attitudes de consommation. Le vin, associé à la fête, la convivialité et le plaisir mais également à l'alimentation et la santé, n'est plus consommé de façon régulière, mais plutôt de façon occasionnelle. Le contexte économique de la filière du vin est ainsi marqué par une baisse de la consommation et incite à une diversification de la production vers des produits innovants afin de relancer la consommation.
La combinaison de tous ces facteurs a amené les chercheurs ainsi que les professionnels du vin à développer des techniques pour réduire la teneur en alcool dans les vins et l'on commence à voir apparaître des produits partiellement désalcoolisés sur le marché international du vin. Cependant, très peu de données sont encore disponibles sur les technologies employées pour partiellement réduire la teneur en alcool de ces vins. Il y a également une absence de données sur les conséquences de la réduction d'alcool sur la qualité finale des vins (conservation, goût, etc…) et sur l'acceptabilité par les consommateurs.

C'est dans ce contexte qu'a été crée le projet VDQA (Vins de Qualité à teneur réduite en Alcool), labellisé en 2005 par l'agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du Programme National de Recherche en Alimentation et nutrition humaine (PNRA). Ce projet transversal, coordonné par Jean Louis Escudier (INRA, Pech Rouge), comporte un volet technologique visant à optimiser les procédés de production de vins à teneur réduite en alcool, un volet socio-économique visant à définir le marché de ces produits et un volet sensoriel, visant à étudier les conséquences sensorielles de la réduction d'alcool.

Le travail de thèse présenté ici a été également financé par la société Pernod Ricard dans le cadre d'un contrat CIFRE et s'inscrit entièrement dans le cadre du projet VDQA, et plus exactement dans le volet sensoriel, coordonné par Pascal Schlich.

L'objectif principal de ce travail de thèse est d'étudier l'impact d'une réduction partielle d'alcool sur la perception sensorielle et sur l'acceptabilité des vins. Cet objectif sera traité en apportant des éléments de réponse aux 4 questions suivantes :

- La réduction partielle d'alcool dans le vin est-elle perçue ?
- Si oui, quelles sont les conséquences de la réduction d'alcool sur la perception sensorielle des vins ?
- Cette modification sensorielle est-elle appréciée par les consommateurs ?
- Indépendamment de la composante sensorielle, les vins à teneur réduite en alcool sont-ils acceptés par les consommateurs ?

La présentation de ce travail de thèse s'articulera selon cinq grands chapitres dans lesquels la majorité des études et leurs résultats associés seront présentés sous forme de publications scientifiques acceptées ou soumises dans des journaux internationaux à comité de lecture.
Le premier chapitre présentera une synthèse bibliographique en lien avec les objectifs de la thèse. Le thème de la réduction d'alcool et son impact sur la perception des vins étant particulièrement vaste, la partie bibliographique ne pourra pas être exhaustive et sera abordée selon les trois thèmes suivants : les procédés technologiques employés pour la réduction partielle d'alcool dans le vin, la perception sensorielle et la consommation du vin, la perception sensorielle et psychologique de l'alcool. De cette revue bibliographique découleront les questions de recherche et la problématique de ce travail de thèse, présentées dans la deuxième partie. Les travaux mis en œuvre pour répondre à la problématique seront présentés, essentiellement sous formes d'articles scientifiques, dans les deux parties suivantes selon la thématique de la perception sensorielle de la réduction d'alcool dans le vin et la thématique de l'appréciation et l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool. Enfin, la dernière partie s'attachera à synthétiser, discuter et prendre du recul sur l'ensemble des travaux et résultats.

Valorisations issues de ce travail de thèse

Certains des travaux de cette thèse ont fait l'objet de communication dans des revues scientifiques ou des congrès internationaux.

Publications

- Meillon, S., Urbano, C., Schlich, P. (2009). Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines. *Food Quality and Preference, 20(7): 490-499*
- Meillon, S., Urbano, C., Schlich, P. (2008). Goût et acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool. *Compte-rendu de l'académie de l'agriculture, 94, n°5*
- Meillon, S., Dugas, V., Urbano, C., Schlich, P. Preference and acceptability of partially dealcoholized white and red wines among consumers and professionals. Accepté – *American Journal of Enology and Viticulture*
- Meillon, S., Viala, D., Medel, M., Urbano, C., Guillot, G., Schlich, P. Impact of partial alcohol reduction in wine on perceived complexity and temporality of sensations and link with preference. *Soumis – Food Quality and Preference*
- Meillon, S., Urbano, C., Guillot, G., Schlich, P. A methodological approach to simultaneously measure the relative sensory and information impact of alcohol reduction on the overall liking of wines in real life settings. *Soumis – Food Quality and Preference*

Communications orales

- Meillon, S*., Urbano, C., Cordelle, S., Schlich, P. (2008). Impact of partial alcohol reduction by reverse osmosis on static and temporal sensory perception of red wines. In Wine Active compounds Symposium. Beaune, France, March 27-29
- Meillon, S*., Urbano, C., Cordelle, S., Schlich, P. (2008). Impact of partial alcohol reduction by reverse osmosis on static and temporal sensory perception of Syrah wines. In International Syrah Symposium. Lyon, France, May 13-14
- Meillon, S., Urbano, C., Schlich, P*. (2008). Goût et acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool. In Séances de l'Académie de l'Agriculture. Les marchés viticoles Français face à la concurrence. Paris, France, November 3
- Meillon, S., Urbano, C., Schlich, P*. (2008). Perception sensorielle et acceptabilité par les consommateurs des vins à teneur réduite en alcool. In Journées scientifiques de l'IFR 92. Qualité des aliments et sensorialités. Dijon, France, November 26
- Meillon, S*., Mandran, N., Meillon, B., Urbano, C., Schlich, P. (2008). The potential of eye tracking techniques in consumer and sensory researches. In EuroSense - 3rd European Conference on Sensory and Consumer Research. Hambourg, Germany, September 7-10

- Meillon, S*., Urbano, C., Guillot, G., Schlich, P. (2009). A methodological approach to simultaneously measure the relative sensory and information impact of alcohol reduction on the overall liking of wines in real life settings. In 3rd Annual Meeting of the American Association of Wine Economists. Reims, France, June 18-20
- Meillon, S*., Urbano, C., Guillot, G., Schlich, P. (2009). A methodological approach to simultaneously measure the relative sensory and information impact of alcohol reduction on the overall liking of wines in real life settings. In 8th Pangborn Sensory Science Symposium. Florence, Italy, July 26-30
- Meillon, S.*, Urbano, C., Schlich, P. (2009). Goût et acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool. In Congrès EUROVITI. Montpellier, France, December 2-3

Posters

- Meillon, S*., Urbano, C., Cordelle, S., Schlich, P. (2007). Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines. In 7th Pangborn Sensory Science Symposium. Minneapolis, USA, August 12-16
- Meillon, S*., Viala, D., Medel, M., Urbano, C., Guillot, G., Schlich, P. (2007). Use of Temporal Dominance of Sensation method to understand perception of complexity and quality - Application to partially dealcoholized wines. In 8th Pangborn Sensory Science Symposium. Florence, Italy, July 26-30

CHAPITRE 1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Vins à teneur réduite en alcool : les procédés technologiques

Les techniques d'obtention des Vins à Teneur Réduite en Alcool (VTRA) sont disponibles depuis le début des années 1900. Les plus utilisées actuellement reposent exclusivement sur des méthodes extractives de type membranaire et distillatoire mais il existe une multitude d'approches possibles, plus ou moins explorées et validées par les industriels et chercheurs.
Ce chapitre présentera les techniques les plus étudiées et ne sera pas exhaustif. Dans un premier temps, une petite mise au point sera effectuée sur le vocabulaire employé autour du thème « alcool ». Ensuite, un rappel général et bref des différentes étapes de la vinification sera effectué afin de comprendre l'utilisation des techniques de désalcoolisation décrites par la suite.

1.1 Petite mise au point autour de l'alcool

1.1.1 Alcool, éthanol et alcool éthylique

Alcool est le terme employé dans le langage courant pour désigner l'éthanol. En réalité, cette dénomination est un abus de langage car au sens chimique du terme, le mot alcool désigne l'ensemble des composés organiques dans lesquels un groupe hydroxyl (OH) est lié à un atome de carbone, lui-même relié à d'autres atomes de carbone ou d'hydrogène. Ces composés, ayant pour formule générale $C_nH_{2n+1}OH$, sont très nombreux et ne sont pas tous propres à la consommation. En particulier, le méthanol (CH_3OH) est toxique et mortel à haute dose.
L'éthanol, également nommé alcool éthylique, est un cas particulier des alcools avec pour formule chimique C_2H_5OH (figure 2). Il est souvent appelé alcool car il rentre dans la composition de toutes les boissons alcoolisées.

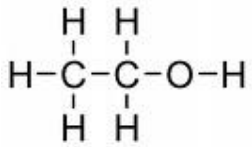


Figure 2. Formule développée de l'éthanol (alcool éthylique)

Ce composé est obtenu de façon naturelle, par la métabolisation de sucres d'origines diverses (grains, fruits, etc.…) sous l'action des levures. Cette réaction, communément appelée fermentation alcoolique, consiste en la transformation des sucres fermentescibles en éthanol et en gaz carbonique avec dégagement de chaleur: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$.

Dans le présent manuscrit, la mention du terme alcool réfèrera soit au composé éthanol, soit à une boisson alcoolisée contenant de l'éthanol.

1.1.2 Teneur en alcool, degré alcoolique, titre volumique et alcoolémie

Après l'eau (80-85 %), l'alcool est le constituant quantitativement le plus important du vin (10-15 %). La richesse alcoolique du vin, mais également de toutes les boissons alcoolisées, est indiquée par son titre volumique, autrement dit par sa teneur en alcool ou son degré alcoolique. Cet indice, exprimé en %, correspond au volume en mL d'éthanol pur (alcool) contenu dans 100 mL de boisson. Ainsi, il y a 12 mL d'éthanol pur dans 100 mL d'un vin affichant un degré alcoolique de 12%, soit 90 mL d'éthanol pur dans une bouteille de vin (750 mL) à 12 %. Actuellement, la législation internationale impose l'affichage du degré alcoolique sur les fûts des détaillants et sur les étiquettes des bouteilles.
L'alcoolémie exprime la concentration d'alcool dans le sang. Le taux d'alcoolémie correspond, à un instant donné, à la quantité d'alcool pur contenue dans un litre de sang. Il s'exprime en grammes d'éthanol pur par litre. Une fois ingéré, l'alcool diffuse très rapidement dans l'organisme du sujet, passant de son appareil digestif à son système circulatoire et se retrouvant alors véhiculé par le sang. Le taux d'alcoolémie est très variable d'un sujet à l'autre. Il est fonction de plusieurs facteurs tels que la quantité d'alcool ingérée, le poids du sujet et le moment de l'ingestion. La nature des aliments ingérés, le sexe et l'état de santé du sujet sont également susceptibles de faire varier le taux d'alcoolémie.

1.2 Etapes générales de la vinification

La vinification correspond à l'ensemble des étapes nécessaires à la transformation du jus de raisin (moût) en vin. Certaines étapes sont nécessaires, mais d'autres sont facultatives et vont plus ou moins contribuer au développement du profil aromatique et gustatif final du vin. Les étapes décrites ci-dessous retracent brièvement le devenir du raisin, de la vigne au produit final qu'est le vin, et sont nécessaires pour comprendre les différentes approches mises en œuvre pour l'obtention des VTRA. Elles ont été rédigées et synthétisées d'après le traité d'œnologie de Ribéreau-Gayon *et al.* (2004) et le manuel de la connaissance et travail du vin de Blouin et Peynaud (2001).

La vinification commence avec les vendanges. Une fois arrivé à maturité, le raisin est récolté manuellement ou mécaniquement. Le choix de la date de vendange est stratégique puisqu'il va déterminer la qualité du vin. Il est défini parcelle par parcelle, d'après l'équilibre entre le sucre et l'acidité des baies de raisin.
Après avoir été vendangés, les raisins sont rapidement transportés au chai où ils sont triés, foulés et égrappés. Le foulage consiste à faire éclater les raisins sans écraser les pépins afin qu'ils libèrent leur jus (contenu dans la pulpe) et l'égrappage permet d'éliminer les rafles afin de limiter les arômes herbacés qu'elles peuvent apporter. Cette dernière étape est facultative et dépend de la maturité de la rafle.
Les étapes suivantes diffèrent selon l'élaboration des vins rouges et des vins blancs. Dans le cas du vin blanc, les raisins sont pressurés, débourbés puis encuvés afin de débuter la

fermentation alcoolique, tandis que dans le cas du vin rouge, les raisins subissent une étape de macération et de fermentation alcoolique avant d'être pressurés. Le rôle de la macération est de faire migrer dans le moût, les substances aromatiques colorantes (anthocyanes) et tanniques présentes dans les pellicules, pépins et parfois les rafles. Comme expliqué précédemment, la fermentation alcoolique est la transformation des sucres naturels du raisin (glucose et fructose) en éthanol par les levures. Il est établi que 16.8 grammes de sucres fermentés apportent 1 degré d'alcool (Dequin, 2008). Ainsi, plus la teneur en sucres du moût est élevée et plus la teneur en alcool finale sera élevée. La fermentation alcoolique s'accompagne de dégagement carbonique et d'une augmentation de la température de la cuve. Des produits secondaires comme l'acide acétique, l'acide citrique et le glycérol sont également métabolisés. Cette étape est terminée lorsque la teneur en sucre du moût est inférieure à 2g/l dans le cas des vins secs.
Le moût fermenté est ensuite soutiré, clarifié et stabilisé par addition d'anhydride sulfureux (SO_2). Généralement en rouge et parfois en blanc et rosé, le vin subit ensuite sa phase d'élevage avec une deuxième fermentation : la fermentation malolactique. Cette fermentation, provoquant une désacidification naturelle du vin, est due à des bactéries lactiques présentes naturellement dans le moût. Ces bactéries transforment l'acide malique en acide lactique, qui est plus agréable en bouche et apporte une stabilité au vin. Le vin est ensuite stocké dans des cuves en bois, béton ou inox ou dans des fûts de chêne puis embouteillé.

D'après cette description générale des différentes étapes de la vinification, il apparaît plusieurs moyens d'actions possibles pour réduire la teneur en alcool des vins. Ces moyens d'actions peuvent être mis en œuvre tout au long du processus de la vinification selon trois stratégies différentes : la réduction de la teneur en sucre dans le moût, la limitation de la production d'alcool au cours de la fermentation alcoolique et la réduction de la teneur en alcool dans le vin final.

1.3 Diminution du taux de sucre dans le moût

1.3.1 Sélection variétale et vendanges précoces

La stratégie de réduction du taux de sucre dans le moût peut se faire en amont, directement au niveau de la vigne, en choisissant des cépages à faibles taux de sucres à maturité ou encore en récoltant les raisins avant maturité lors des vendanges (Pickering, 2000). L'unité expérimentale de Pech'Rouge (INRA) travaille actuellement sur la sélection de cépages avec des faibles taux de sucres à maturité mais avec un fort potentiel phénolique et aromatique. Ils ont sélectionné quatre cépages (2 blancs et 2 rouges) résistants aux maladies fongiques et présentant une maturité aux environs de 10% d'alcool probable (Escudier, 2009). Ces cépages doivent maintenant être validés en procédant à des ré-encépagements du vignoble et des vinifications à taille réelle. En ce qui concerne la récolte précoce des raisins, cette technique

ne donne pas de résultats satisfaisants. D'après Pickering (2000), vendanger le raisin alors qu'il n'est pas encore arrivé à maturité conduit à des vins à plus faible teneur en alcool mais de faible qualité sensorielle, avec des arômes « verts » et une acidité inacceptable.

La diminution du taux de sucres peut également se faire directement sur le moût, avec des méthodes enzymatiques ou physiques. Ceci permet de limiter les problèmes d'arômes ou d'acidité liés au manque de maturité des raisins.

1.3.2 Méthodes enzymatiques

L'utilisation d'enzymes pour la production de vins à teneur réduite en alcool a été introduite par Villetaz (1986) et Heresztyn (1987). L'enzyme utilisée, appelée glucose oxidase (GOx), est ajoutée dans le moût et diminue sa teneur en sucres en catalysant l'oxydation du D-Glucose en D-Gluconolactone en présence de dioxygène. Dans un second temps, le gluconolactone est hydrolysé en acide gluconique. Les sucres fermentescibles du moût étant approximativement composés de 50 % de glucose et 50% de fructose, l'utilisation de la GOx permet de réduire de moitié la teneur en alcool potentielle du vin final (Pickering, 2000). L'analyse chimique de vins blancs produits avec cette technique a montré une réduction de 40 % du potentiel alcoolique. Cette réduction d'alcool était accompagnée d'une augmentation de la teneur en acides glucuroniques, esters et acides gras (Pickering *et al.*, 1999a ; Pickering *et al.*, 1999b). L'analyse sensorielle de ces mêmes vins a montré que la perception des sensations en bouche et des arômes n'était pas affectée par un tel traitement enzymatique (Pickering *et al.*, 1999c). Cependant, les vins traités avec la GOx étaient perçus plus acides, probablement à cause de l'accumulation de l'acide glucuronique, et les auteurs recommandent un ajout de sucre pour équilibrer cette acidité. Les limites de ce traitement résident dans la législation d'une part, car le GOx n'est pas un additif autorisé dans la fabrication des vins, mais également dans la limite technologique d'utilisation de ce traitement aux seuls vins blancs.

1.3.3 Méthodes séparatives sélectives

Les méthodes physiques de réduction de la teneur en sucre des moûts reposent sur des techniques membranaires. Les procédés membranaires sont définis comme des procédés de séparation en phase liquide par perméation du produit à traiter au travers d'une membrane, sous l'action d'un gradient de pression. Les membranes sont constituées de matériaux poreux dont les diamètres de pores diminuent progressivement lorsque l'on passe de la microfiltration (MF) à l'ultrafiltration (UF), à la nanofiltration (NF) et enfin à l'osmose inverse (OI) (Maurel, 1989). Ces techniques mettent en jeu un flux tangentiel, c'est-à-dire que le liquide à traiter circule tangentiellement à la membrane, limitant l'accumulation des composés retenus et le colmatage (Massot *et al.*, 2008). Il est à noter que dans le cas de l'osmose inverse, la membrane utilisée n'est pas microporeuse mais dense et sans porosité

apparente. La sélectivité de cette membrane résulte d'un mécanisme de solubilisation-diffusion (Maurel, 1989).

La société Bucher Vaslin a breveté un procédé membranaire en deux étapes pour le désucrage partiel des moûts. Ce procédé, commercialisé sous le nom Redux®, associe l'ultrafiltration et la nanofiltration. La première étape d'ultrafiltration permet d'extraire un moût incolore, de même concentration en sucres que le moût initial, et la deuxième étape permet de concentrer ce moût par nanofiltration (Massot *et al.*, 2008). Le perméat récupéré, essentiellement constitué d'eau et d'acides, est ensuite réincorporé dans le moût traité. D'après Cottereau *et al.*(2006), la principale contrainte de ce procédé est d'ordre économique avec une perte de volume d'environ 7 % par degré potentiel retiré. Mietton-Peuchot *et al.* (2008) ont constaté une modification du rapport partie solide/partie liquide lors de la cuvaison, accompagnée d'une augmentation des teneurs en composés phénoliques, tanniques, anthocyanes et potassium.

1.4 Limitation de la production d'alcool lors de la fermentation alcoolique

1.4.1 Arrêt précoce de la fermentation

La technique la plus simple pour limiter la production d'alcool au cours de la fermentation alcoolique est d'arrêter la fermentation plus tôt. Cette technique conduit à des vins à plus faible teneur en alcool, mais avec un profil aromatique et gustatif non satisfaisant. Pickering (2000) décrit cette méthode comme restrictive, car elle ne s'applique pas sur tous les types de vins, et conseille de l'utiliser sur des vins à caractère plutôt sucré. La teneur en sucres résiduels de ces vins étant élevée, une stabilisation du vin par une pasteurisation et une addition de SO_2 sont nécessaires.

1.4.2 Utilisation de levures à faible rendement éthanol

L'utilisation de levures à faible rendement en éthanol est une autre possibilité pour obtenir des VTRA. Cependant, la faible diversité dans les rendements des levures limite l'approche de sélection parmi les souches œnologiques existantes. Palacios *et al.* (2007), cités par Dequin (2008), ont étudié le rendement alcoolique de 60 souches de levures commerciales dans des conditions de laboratoire standardisées. Ils ont montré une diminution potentielle du degré alcoolique inférieure à 0.5 % avec une variation de la quantité de sucres nécessaires à la formation d'un degré d'alcool de 16.5 à 17 grammes selon les souches de levure.

Les approches basées sur l'ingénierie métabolique sont actuellement les plus performantes pour diminuer le rendement en éthanol des levures. Elles permettent de remodeler le métabolisme des levures de façon orientée, en écartant les sucres ou les intermédiaires glycolytiques (Dequin, 2008). Différentes stratégies ont été étudiées, comme l'oxydation des sucres en gluconolactone et H_2O_2 par l'expression de la glucose oxydase d'Aspergillus Niger

(Malherbe *et al.*, 2003), la déviation du pyruvate vers la formation d'acide lactique par l'expression d'une lactate deshydrogénase bactérienne (Dequin et Barre, 1994) ou encore la diminution intracellulaire du NADH, essentiel à l'activité de l'alcool deshydrogénase fermentaire, par l'expression d'une NADH oxydase bactérienne (Heux *et al.*, 2006). Ces approches s'avèrent efficaces pour diminuer le rendement en alcool mais présentent des effets secondaires négatifs pour le vin. En effet, il y a généralement une accumulation de métabolites indésirables, liés à la réorientation des flux, ou encore une accumulation de métabolites oxydés, lorsqu'une oxygénation est nécessaire à la réaction. Une stratégie potentiellement intéressante par la maîtrise des effets secondaires a été mise en évidence. Elle permet une réduction de la teneur en alcool de 1.5 à 2 % et repose sur la déviation du flux carboné vers la production de glycérol par la surexpression de la glycerol-3-phosphate déshydrogénase (Michnick *et al.*, 1997 ; Remize *et al.*, 2000). Le glycérol, sous-produit important de la fermentation alcoolique, est intéressant car il est insipide mais participe à la rondeur du vin, voire à sa viscosité lorsque sa concentration est supérieure à 25g/l (Dequin, 2008). Cette déviation s'accompagne d'une production importante de composés indésirables (acétate et acétoïne) mais maitrisable par l'utilisation de techniques d'ingénierie métabolique. Une stratégie consistant à réorienter le métabolisme des sucres vers la voie des pentoses phosphates est actuellement en cours d'étude (Escudier, 2009) mais n'a pas encore donné de résultats satisfaisants pour l'obtention de VTRA.

1.5 Réduction de la teneur en alcool dans le vin fini

Afin d'atteindre une maturité phénolique idéale, il est généralement nécessaire d'effectuer une vinification traditionnelle, puis de retirer l'alcool du vin fini par des techniques de séparations sélectives comme la distillation ou les procédés membranaires. Deux stratégies de traitement peuvent être envisagées. Soit l'alcool est partiellement éliminé sur l'ensemble du volume à traiter, soit il est éliminé en quantité plus importante sur une petite partie du volume qui sera ensuite réassemblée au volume total.

1.5.1 Procédés thermiques et distillation

Les procédés thermiques utilisant soit des évaporateurs ou des colonnes de distillation sont les plus couramment utilisés pour réduire la teneur en alcool des vins (Pickering, 2000). Jusqu'à récemment, les procédés de désalcoolisation nécessitaient un chauffage et une évaporation de 50 à 70 % du vin pour un taux de réduction d'alcool inférieur à 0.5%. Le chauffage du vin est un facteur limitant car il altère la qualité finale du vin. L'apparition et le développement des techniques d'évaporation sous vide a permis de retirer l'alcool avec des températures de chauffage plus faibles et d'éviter une altération conséquente du vin. Des distillations à moins de 50°C sont maintenant possibles et intéressantes avec un principe de traitement du vin en deux étapes (Cottereau, 2005). La première étape consiste à faire passer le vin sur la colonne

et à extraire les composés très volatils dans une petite fraction alcoolique. La deuxième étape, par un deuxième passage du vin sur la colonne, permet de retirer l'alcool. La fraction aromatique retirée lors de la première étape est ensuite réintroduite dans le vin désalcoolisé. Ce traitement est utilisé de façon industrielle aux USA et en Australie sous le nom de Spinning Cone Column (SCC), autrement dit colonnes à cônes rotatifs. Il a été développé aux USA dans les années 30 et met en œuvre une distillation mécanique particulière, effectuée sous vide (Pickering, 2000). Le vin s'écoule sur des cônes empilés qui tournent à une vitesse déterminée. Sous l'effet de la force centrifuge, le liquide est transformé en une couche mince et turbulente, balayée dans le sens inverse par un flux de vapeur qui entraîne les composés volatils du vin. L'alcool nécessaire est ainsi éliminé, mais également les arômes les plus volatils qui sont ensuite réinjectés dans le vin partiellement désalcoolisé. D'après Sykes *et al.* (1992) et Pyle (1994), cette technique a l'avantage d'être efficace au niveau du taux d'alcool retiré, mais également au niveau énergétique, de mettre en jeu un faible entraînement et de pouvoir être utilisée avec des vins à forte viscosité. D'après Pickering (2000), cette technique est utilisée pour ajuster finement la teneur en alcool de certains vins de qualité premium. Un désavantage majeur du SCC, selon Pickering (2000), serait la nécessité de chauffer le vin à une température d'environ 38°C. Un autre désavantage de cette technologie est qu'elle met en œuvre un équipement coûteux et volumineux qui ne peut être possédé par les vignerons et nécessite de passer par un système de sous-traitance. A notre connaissance, il n'existe aucune société possédant ce type de technologie en France.

1.5.2 Procédés membranaires sélectifs

Le procédé le plus utilisé pour réduire la teneur en alcool des vins est un procédé membranaire d'osmose inverse (Pickering, 2000), basé sur le principe de la recherche d'équilibre des systèmes (figure 3). Ce principe stipule que deux fluides contenant des concentrations différentes en solides dissous et entrant en contact l'un avec l'autre, se mélangent naturellement jusqu'à ce que la concentration soit uniforme. Lorsque ces deux mêmes fluides sont alors séparés par une membrane semi-perméable, les solides sont retenus par la membrane et ne peuvent pas traverser pour uniformiser la concentration. C'est alors le fluide contenant la concentration la plus faible qui va traverser la membrane pour rejoindre le fluide avec la concentration la plus élevée (osmose). Ce mouvement de fluide entraîne un équilibre du système avec une concentration du fluide le moins concentré et une dilution du fluide le plus concentré. Lorsque cet équilibre est atteint, le niveau d'eau est plus élevé du côté du fluide initialement le plus concentré et cette différence de niveau est appelée pression osmotique (Maurel, 1989). En appliquant une pression excédant la pression osmotique sur la colonne de fluide, le phénomène est inversé avec un mouvement du fluide dans le premier compartiment, tandis que les solides dissous ne passent pas : c'est le phénomène d'osmose inverse (OI).

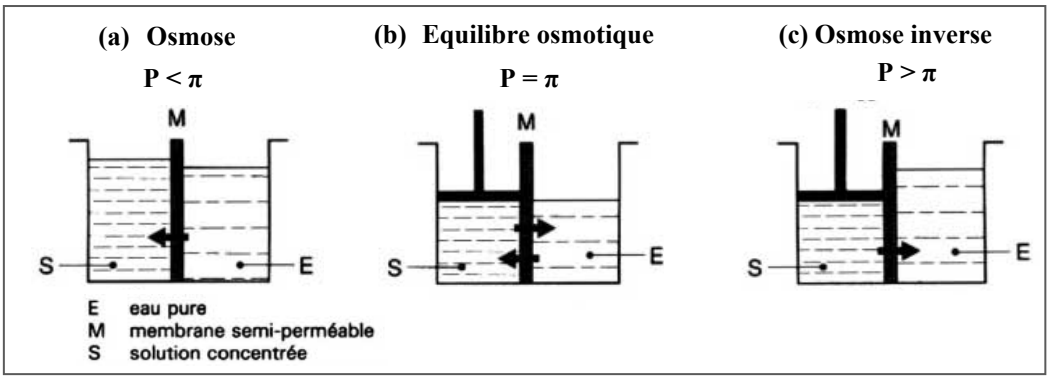


Figure 3. Principe de l'osmose inverse. Extrait et arrangé de Maurel (1989)

Dans le cas de la réduction de la teneur en alcool des vins, le processus s'effectue en trois étapes. Dans un premier temps, le vin est traité par osmose inverse en circuit fermé jusqu'à l'obtention du degré alcoolique souhaité. A la sortie de l'osmoseur, le vin est séparé en deux flux : le perméat et le concentrat. Le perméat contient les composés à faibles poids moléculaires pouvant passer à travers la membrane (eau et éthanol) et le concentrat contient tous les autres composés ayant été retenus par la membrane (sucre, tannins, glycérine, etc…). Certains arômes (esters, aldéhydes), acides organiques et le potassium peuvent diffuser à travers la membrane avec l'eau et l'éthanol (Pickering, 2000). Plus le degré alcoolique final souhaité est faible, plus le traitement d'osmose inverse est long et plus la perte de ces derniers composés risque d'être importante.

Afin que la réduction d'alcool soit effective, il est nécessaire d'ajouter au vin osmosé un volume d'eau équivalent à celui éliminé par osmose inverse. L'ajout d'eau dans le vin (mouillage) étant interdit par la législation française, le seul moyen est de récupérer l'eau endogène du vin osmosé et de la réincorporer au vin final (Cottereau, 2005). Ceci permet de retrouver un extrait sec (minéraux) proche du vin initial. L'eau présente dans le perméat est alors séparée de l'éthanol par une étape de distillation ou par passage dans un contacteur à membrane (évaporation osmotique) puis assemblée au vin osmosé.

1.6 Vins à teneur réduite en alcool et législation française/européenne

La désalcoolisation partielle des vins a été introduite en 2004 dans le Code International des pratiques œnologiques de l'Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV) (Résolution OENO 10/2004). Elle est admise à condition que le titre alcoolémique ne soit pas diminué de plus de 2 % et que le vin à traiter soit exempt de défauts organoleptiques. L'élimination de l'alcool peut s'effectuer par des techniques soustractives.

A ce jour, la règlementation Européenne vient d'autoriser la réduction d'alcool dans les vins par des techniques soustractives, à condition que le pourcentage d'alcool retiré ne dépasse pas les 2 %. La pratique œnologique est décrite dans l'appendice 10 du règlement n°606 du 10 Juillet 2009 et applicable au 1er Août 2009. Par contre, la diminution de la teneur en sucres des moûts par des techniques extractives reste interdite. Il est cependant possible d'obtenir

une dérogation auprès de la DGCCRF, selon un certain nombre de règles et de contraintes (article 4 du règlement CE - 606/2009), pour appliquer les techniques extractives sur moût ou pour dépasser la limite des 2 % d'alcool retiré. Les produits partiellement désalcoolisés dans le cadre de ces dérogations pourront être commercialisés dans les pays de l'Union Européenne, sous réserve d'une information préalable entre les services officiels des Etats membres concernés. Dans le cadre des vins d'Appellation (AOC), une autorisation préalable auprès de l'INAO et du syndicat concerné est nécessaire.

1.7 Synthèse

Il existe une multitude de techniques, plus ou moins efficaces, pour partiellement réduire la teneur en alcool des vins. Le tableau 1 synthétise les différents moyens d'actions possibles tout au long du processus de vinification.

Actuellement, les techniques faisant intervenir la réduction de la teneur en sucres des moûts et la limitation de la production d'alcool au cours de la fermentation ne sont pas encore satisfaisantes du point de vue de la qualité finale du vin obtenu et/ou de la législation. Ce sont les techniques extractives effectuées sur vin fini, de type SCC et osmose inverse, qui sont les plus adaptées et les plus utilisées sur le marché mondial du vin. Cependant, le SCC requiert un équipement coûteux et volumineux et il n'est actuellement pas disponible en France. L'osmose inverse est donc la technologie la plus adaptée pour réduire la teneur en alcool des vins français.

VIGNE	→ Choix des cépages
Vendange	→ Récolte des raisins à faible maturité
RAISINS	
Foulage / Egrappage Macération / Pressurage	
MOÛT	→ Dilution → Techniques soustractives → Techniques enzymatiques
Fermentation alcoolique	→ Sélection de levures à faible rendement en alcool → Arrêt anticipé de la fermentation
MOÛT FERMENTÉ	
Soutirage / Pressurage Fermentation malolactique Elevage	
VIN	→Techniques soustractives → Dilution
Vieillissement Conditionnement	
VIN CONDITIONNÉ	

Tableau 1. Présentation des différents moyens d'obtention des VTRA tout au long des étapes de la vinification

2. De la perception sensorielle à la consommation du vin

2.1 Mécanisme de la perception sensorielle : reflet de la réalité

Afin de percevoir son environnement et de pouvoir réagir en conséquence, l'être humain est équipé de capteurs sensoriels. Ces capteurs constituent une interface entre le sujet et le monde extérieur et quelle que soit la stimulation extérieure, ils mettent en jeu les mêmes mécanismes sensoriels.

Lorsque les capteurs sensoriels rentrent en contact avec un stimulus, les informations engendrées sont amplifiées, puis transmises au système nerveux central sous forme de signaux électriques (Mac Leod et Sauvageot, 1986) après avoir été progressivement filtrées, réduites et stabilisées. Ces informations électriques sont caractérisées d'une part par une masse globale d'activité, correspondant à l'intensité, et d'autre part par une répartition spatiale de cette activité, correspondant à la qualité (Mac Leod, 1998). A leur arrivée au niveau du système nerveux central, ces informations forment une image sensorielle qui est confrontée simultanément à la mémoire (identification de la stimulation), au centre du plaisir, et à la conscience (Narçon, 2001). Le plaisir, fonction physiologique procurée par l'activité d'un noyau situé dans l'hypothalamus, n'est associé à aucune modalité sensorielle particulière (Mac Leod, 1992). Il est cependant lié à la représentation que l'individu se fait de son environnement (croyances, valeurs) et aux stimulations qui semblent l'avoir procuré (Narçon, 2001).

L'intégration de toutes les informations, en provenance des différents récepteurs sensoriels, mais également en provenance de la mémoire, de la conscience et du centre du plaisir, est perçue par l'individu comme un message global. Le contexte dans lequel a été perçu le stimulus ainsi que l'état psychologique et physiologique de l'individu ont une influence sur l'intégration des différentes informations (Narçon, 2001). L'individu prend alors conscience des sensations qu'il perçoit selon trois composantes : la nature de la sensation (composante qualitative), son intensité (composante quantitative) et le plaisir qu'elle induit (composante hédonique). Il agit alors en conséquence, par une réponse comportementale consciente ou inconsciente comme consommer ou non un produit, baisser ou augmenter le volume de la musique, etc... D'après Mac Leod (1998), il est difficile pour l'individu de dissocier les composantes hédoniques et sensorielles qualitatives et quantitatives car elles sont confondues.

Ainsi, ce que perçoit l'être humain est le reflet de la réalité. Il perçoit une représentation des choses, et non les choses elles-mêmes (Mac Leod, 1998).

Dans le cadre de la dégustation du vin (chimioréception), les goûts et les odeurs perçues par chaque individu dépendent autant de son génome que des molécules odorantes ou sapides qui le stimulent. Contrairement à la vision et à l'audition, il n'existe pas d'observateur standard et

chaque individu, en fonction de son patrimoine génétique, de son état physiologique, de ses expériences et de son environnement a une perception différente des produits. La difficulté de cette discipline réside dans la difficulté à communiquer, à échanger et à s'accorder car il n'existe pas de référentiel sensoriel commun à tous les individus.

2.2 Perception sensorielle du vin

Après l'eau, l'alcool est en proportion le composé le plus présent dans le vin. L'alcool est principalement de l'éthanol mais on y trouve également du glycérol, du sorbitol et du butylène glycol. Le vin contient également des sucres, des acides, des composés phénoliques , des composés aromatiques et des sels minéraux (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2004). Tous ces composés participent et interagissent dans la couleur, le goût, l'arôme et la texture du vin.

Dans le présent manuscrit, ne seront détaillées que les perceptions olfactives (arômes), gustatives (saveurs) et trigéminales (sensations somesthésiques) du vin.

2.2.1 Perception olfactive du vin

2.2.1.1 Mécanisme de la perception olfactive

L'olfaction est la fonction sensorielle qui correspond à la perception des substances odorantes. Cette fonction est assurée par les neurones olfactifs présents dans la muqueuse nasale. Ces neurones spécialisés présentent des cils à l'extrémité des dendrites qui baignent dans la couche de mucus tapissant la cavité nasale, un corps cellulaire situé dans le premier tiers de la muqueuse, et un axone communiquant avec le bulbe olfactif et dont la partie externe, ciliée, aboutit dans l'épithélium olfactif (Morrison et Moran, 1995).
Les molécules odorantes arriveraient au contact de ces neurones soit directement par diffusion dans le mucus (molécules hydrosolubles), soit indirectement avec une prise en charge par des protéines de transport (*odor binding protein* ou OBP) dans le cas des molécules odorantes hydrophobes (Flower, 1996).
En tant que ligands, les molécules odorantes se couplent avec les récepteurs olfactifs et cela génère alors un signal nerveux transmis, traité et intégré au niveau du bulbe olfactif, situé dans la région préfrontale du cerveau (Kratskin, 1995). Chaque type de récepteur olfactif possède une sensibilité particulière et ainsi, une molécule donnée active un ensemble unique de récepteurs. Les axones des neurones olfactifs portant le même récepteur convergent vers une même structure synaptique (glomérule) localisée au sein du bulbe olfactif. Cette activation « géographique » se traduit ensuite par un motif spatiotemporel nerveux particulier au sein du bulbe olfactif et interprété comme une odeur ou un arôme par le cerveau.
Selon la voie empruntée par les composés odorants pour atteindre l'épithélium olfactif, deux termes différents sont employés pour décrire la sensation finale (norme ISO 5492, 1992). Le terme odeur est utilisé lorsque les composés odorants empruntent la voie orthonasale (directe)

par flairage et le terme arôme est employé lorsque les composés odorants empruntent la voie rétronasale (indirecte) par l'arrière de la cavité buccale, après mise en bouche du produit.

2.2.1.2 Arômes et odeurs du vin

La quantité de molécules odorantes identifiées dans le vin est considérable et fait encore l'objet de nouvelles découvertes. D'après Rapp (1998), il y aurait entre 600 et 800 composés aromatiques présents dans le vin. Ces composés sont généralement classés selon leur origine en trois grandes familles : les arômes primaires, secondaires et tertiaires.

Les arômes primaires ou variétaux proviennent directement de la baie de raisin et sont inscrits dans le code génétique du cépage. Ils peuvent être caractéristiques d'un cépage mais sont également influencés par le terroir et les conditions de vinification. Ces arômes peuvent être initialement présents dans le raisin et passer directement dans le jus pendant l'étape de pressurage comme par exemple les terpènes (linalol, géraniol, nérol, etc…), composés aromatiques particulièrement importants dans les baies et vins de Muscat (Gunata, 1999). Mais la plupart du temps, les arômes primaires sont présents dans la baie à l'état de précurseurs et sont révélés par l'intermédiaire de réactions enzymatiques (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2004). Par exemple, la β-ionone à l'odeur typique de violette et la β-damascenone à odeur fruitée sont issues entre autres, de la dégradation des caroténoïdes inodores (Pineau *et al.*, 2007).

Les arômes secondaires ou fermentaires sont issus de transformations moléculaires, liées à l'activité des microorganismes, pendant les fermentations alcooliques ou malolactiques. Lors de la fermentation alcoolique, les levures produisent principalement des composés aromatiques de la famille des alcools comme le tryptophol à l'odeur de rose ou l'octenol à l'odeur de champignon. Elles produisent également des esters comme l'acétate d'isoamyle à l'odeur caractéristique de banane, des acides, des aldéhydes, des lactones, etc…(Ribéreau-Gayon *et al.*, 2004). Les arômes produits par les bactéries lactiques lors de la fermentation malolactique ne sont pas encore bien connus. Seul le diacétyl, à l'odeur caractéristique de beurre, a été clairement identifié et étudié (Pozo-Bayon *et al.*, 2005).

Les arômes tertiaires se développent au cours de l'élevage des vins en cuves ou en fût de chêne mais également dans les bouteilles. La naissance de ces arômes est fortement liée aux réactions d'oxydo-réductions auxquelles le vin est soumis. Dans le cas de l'élevage en fût de chêne, il y a diffusion des molécules aromatiques issues du bois de chêne dans le vin, comme la whiskey lactone, la vanilline, le furfural ou l'eugénol (Rodriguez-Bencomo *et al.*, 2008). Ces composés présentent des odeurs typiques de grillé, vanille, noix de coco et fumée.

Etant donné la multitude des composés aromatiques présents dans le vin, la non-uniformité de perception des arômes parmi les individus et la variabilité sémantique, la description du vin est une tâche complexe. Les composés aromatiques ne sont pas perçus un par un et le mélange

est perçu comme un tout, de façon globale. Afin de fournir aux dégustateurs un référentiel sémantique aromatique commun, Ann Noble a développé la roue des arômes® du vin en 1990 (figure 4). Cette roue rassemble et classifie les arômes les plus rencontrés dans le vin par grande famille (végétal, fruité, boisé, chimique, épicé, microbiologique, etc…). Les termes aromatiques sont disposés en trois rangées circulaires qui vont du plus général au centre (Végétal) au plus spécifique à l'extérieur (Poivron).

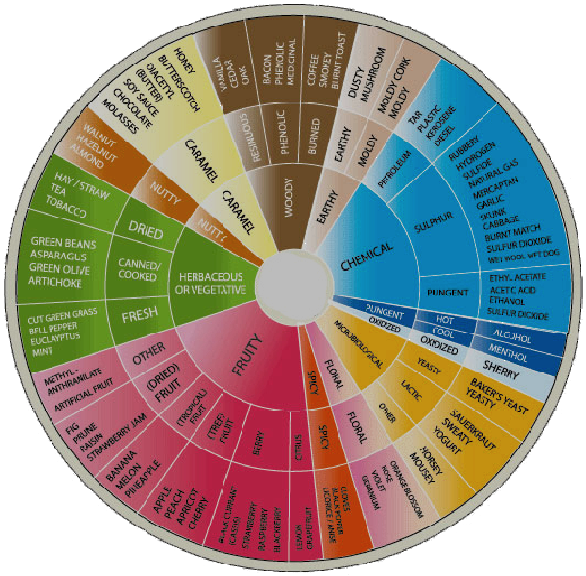


Figure 4. Illustration de la roue des arômes développée par Ann Noble en 1990

2.2.2 Perception gustative du vin

2.2.2.1 Mécanisme de la perception gustative

La perception des stimuli gustatifs (saveurs) chez l'homme passe par des cellules sensorielles regroupées dans des structures sphériques appelées bourgeons gustatifs ou papilles gustatives. Ces cellules non neuronales sont situées principalement sur la langue, mais on en dénombre également, en moindre importance, sur l'épithélium du palais, du larynx, du pharynx et de l'épiglotte. Chez l'homme, on dénombre environ 8000 bourgeons du goût dans la cavité buccale, mais ces chiffres sont variables en fonction des individus (Delorme et Flückiger, 2003).

Les composés sapides doivent être dissous dans la salive pour pouvoir être captés par des récepteurs spécialisés au sein des bourgeons. Les récepteurs responsables des perceptions salées et acides sont de simples canaux ioniques qui transforment en impulsion électrique le passage sélectif de particules à travers les membranes biologiques. En revanche, la perception des saveurs sucrées et amères est assurée par un récepteur protéique qui interagit avec les composés sapides (Margolskee, 1995).

Les stimuli physiques du système gustatif ont été largement étudiés mais on ne connaît pas avec précision les propriétés moléculaires et structurales des substances à l'origine des

sensations gustatives. On sait cependant que les différentes saveurs sont perçues par tous les bourgeons gustatifs, quelle que soit leur localisation (Thorngate, 1997).

Traditionnellement, les saveurs sont regroupées en cinq classes : sucré, acide, salé, amer et umami, mais en réalité, le système est plus complexe et ces cinq classes ne suffisent pas à traduire la diversité des sensations gustatives perçues.

2.2.2.2 Les saveurs du vin

Les trois principales saveurs rencontrées dans le vin sont le sucré, l'acide et l'amer.

Dans le domaine agro alimentaire, la saveur sucrée a pour stimulus de référence le saccharose. Ce composé est présent dans les baies de raisins mais n'est présent dans le vin qu'à l'état de traces car il a été hydrolysé en deux sucres fermentescibles : le glucose et le fructose. Ce sont ces deux sucres réducteurs qui sont majoritairement à l'origine de la perception de la saveur sucrée dans le vin. Le fructose présente un pouvoir sucrant supérieur à celui du glucose et la saveur sucrée peut varier en fonction du rapport glucose/fructose (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2004). Ces deux sucres sont métabolisés par les levures lors du processus de fermentation alcoolique et si la fermentation n'est pas totale, ils sont encore présents dans le vin sous forme de sucres résiduels. Leur concentration dans les vins secs est généralement inférieure à 2 ou 3 g/l mais peut atteindre 100 g/l dans les vins doux. D'après Thorngate (1997), le glycérol et l'éthanol pourraient également participer, mais de façon minime, à la perception de la saveur sucrée dans le vin.

Par ailleurs, le vin contient plus d'une centaine d'acides différents, ce qui en fait une des boissons naturelles les plus acides (Peynaud et Blouin, 2006). Certains acides proviennent des baies de raisins comme l'acide tartrique (acide majoritaire), l'acide malique et l'acide citrique. D'autres proviennent des réactions de fermentation comme l'acide lactique, l'acide succinique et l'acide acétique. La perception de l'acidité dépend de la nature et la force de l'acide. Dans le cas du vin, l'acidité perçue est principalement due à l'acide tartrique (Thorngate, 1997).

De nombreux composés responsables de la perception de l'amertume ont été identifiés comme la caféine, la quinine chlorhydrate et le phenylthiocarbamide (PTC). Dans le cas du vin, les principaux composés responsables de l'amertume sont les composés phénoliques avec notamment les flavan-3-ols et plus particulièrement la (+)-catéchine, la (-)- épicatéchine et leurs polymères (Thorngate, 1997 ; Kielhorn et Thorngate, 1999). Le tyrosol, composé non-flavanoïde, dérivé de la tyrosine, pourrait également participer à la perception de l'amertume (Thorngate, 1997). D'après Sarni-Manchado et Cheynier (2006), le seuil de détection des flavan-3-ols monomériques dans l'eau serait de l'ordre de 20 à 300 mg/l. L'éthanol pourrait également participer à la perception de l'amertume des vins, d'après Mattes et Di Meglio (2001).

2.2.3 Perception trigéminale du vin

2.2.3.1 Mécanisme de la perception trigéminale

Le système trigéminal, concernant à la fois la sphère orale et nasale, rend compte de la sensibilité somesthésique et transmet des informations thermiques, tactiles, proprioceptives, kinesthésiques et algiques (douleur). Ainsi, sont perçues les sensations métalliques, de fraîcheur, d'astringence, de texture, de brûlant, de piquant et d'irritant (Delorme et Flückiger, 2003).

Ces informations sont transmises par l'intermédiaire du nerf trijumeau, constitué de trois ramifications principales. La ramification du nerf lingual, innervant la cavité buccale et une partie de la langue, permet la transmission des sensations thermiques, tactiles et algiques. Le nerf ethmoïde innerve la cavité nasale et transmet les sensations de fraîcheur (menthol) et d'irritations (éthanol). La dernière ramification concerne le nerf ciliaire et innerve les yeux.

2.2.3.2 Sensations somesthésiques du vin

Les principales sensations somesthésiques perçues dans le vin sont l'astringence, la rondeur et la chaleur.

L'astringence est une sensation tactile (Breslin *et al.*, 1993) généralement décrite comme asséchante et rugueuse dans la cavité orale. Cette sensation n'est pas confinée à un endroit particulier de la bouche et de la langue mais est perçue comme un stimulus diffus qui met du temps à se développer pleinement. D'un point de vue chimique, l'astringence résulte de la liaison et la précipitation des tannins (polyphénols) du vin avec les protéines et les glycoprotéines de la salive (Kielhorn et Thorngate, 1999). Le mécanisme subséquent de perception de l'astringence n'est pas encore clairement élucidé et plusieurs hypothèses ont été proposées. L'interaction entre les tannins et les protéines salivaires pourrait former une couche fine qui agirait comme une barrière hydrophobe et assècherait la bouche. Une autre hypothèse évoque la liaison tannins-protéines qui modifierait les propriétés lubrifiantes de la salive, limitant la quantité de salive produite et conduisant à des changements dans la composition des protéines (Kallithraka *et al.*, 1998).

L'astringence du vin est induite par les tannins et plus particulièrement par les polymères de flavan-3-ols (proanthocyanidines ou tannins condensés) (Thorngate, 1997). La différence de perception de l'astringence dans les vins blancs (faible) et rouges (forte) est directement liée à la concentration de ces composés. En effet, les vins blancs présentent des teneurs en proanthocyanidines inférieures à 100 mg/l tandis que les vins rouges présentent des teneurs importantes, de l'ordre de 1500 à 2000 mg/l (Flanzy, 1998). D'après Brossaud *et al.* (2001), l'intensité de la sensation astringente serait corrélée au nombre d'unités constitutives (degré de polymérisation) de ces tannins. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que l'affinité

entre les protéines et les polymères de flavan-3-ols augmente avec le degré de polymérisation (Marcheix *et al.*, 2005).

La perception du « corps » est un descriptif couramment utilisé dans le cadre de la dégustation du vin. Le corps semble exprimer une sensation de texture, mais il n'existe malheureusement pas de définition consensuelle, même entre les experts du vin. Ce manque de consensus explique probablement le peu d'études sensorielles réalisées sur cette sensation. Gawel *et al.* (2007) ont défini la perception du corps avec leur panel entraîné comme « l'impression globale de lourdeur et de consistance du vin en bouche ». D'après Jackson (2002), la perception du corps serait étroitement liée à la concentration en sucres dans le vin mais cette hypothèse n'a pas été encore démontrée. Le glycérol participerait également à cette perception mais Gawel *et al.* (2007) n'ont pas mis en évidence de corrélation significative entre la teneur en glycérol et celle-ci. Dans cette étude, une corrélation significative et positive a cependant été mise en évidence entre la perception du corps et la teneur en alcool dans certains vins.

La perception de chaleur dans le vin est entièrement provoquée par l'éthanol. Gawel *et al.* (2007) ont montré que l'augmentation de la teneur en alcool du vin (de 11.6 à 13.6 %) conduisait à une augmentation significative de la perception de la chaleur.

2.3 Facteurs influençant la perception sensorielle du vin

2.3.1 Interactions sensorielles

2.3.1.1 Cadre théorique

Lorsqu'un sujet consomme un aliment ou une boisson, les informations relatives aux différentes modalités sensorielles impliquées sont relayées au niveau du cerveau et la perception globale de la flaveur résulte de l'intégration de ces différents signaux (Hewson et al., 2008). Il est maintenant admis que des interactions peuvent avoir lieu entre une même modalité mais également entre plusieurs modalités sensorielles. Un exemple d'interaction intra-modalités serait l'effet suppressif du sucre sur la perception de l'acidité (Curtis *et al.*, 1984). Un exemple d'interaction inter-modalités serait l'effet du son sur la perception pétillante de boissons gazeuses (Zampini et Spence, 2005) ou encore l'augmentation de la perception des arômes par l'addition de saveurs sucrées, acides ou salées (Bonnans et Noble, 1993; Pfeiffer *et al.*, 2006 ; Lawrence *et al.*, 2009). Cette augmentation de la perception des arômes par les saveurs est réciproque (Lawrence et al., 2009) mais pas systématique car elle dépend de la congruence de l'association arômes-saveurs (Dalton *et al.*, 2000; Diamond *et al.*, 2005). L'association d'arômes évoquant des produits salés avec des saveurs sucrées est par exemple un mélange non congruent.

L'étude des mécanismes à l'origine des interactions a montré qu'elles pouvaient prendre place à différents niveaux. Certaines interactions peuvent avoir lieu directement au niveau du

produit, avec une interaction physico-chimique entre les différents constituants de la matrice. Par exemple, il a été montré que la modification des constituants de la matrice alimentaire conduisait à des variations dans la libération des composés volatiles (Da Porto *et al.*, 2006) ou à des modifications de la viscosité (Walker, S., 2000). D'autres interactions, d'ordre neurologique et psychologique/cognitive, peuvent avoir lieu au niveau du sujet en train de consommer le produit. Les interactions d'ordre neurologique ont été démontrées avec des enregistrements cellulaires effectués chez le singe (Rolls et Baylis, 1994). Dans cette étude, les auteurs ont mis en évidence que l'intégration provenant de plusieurs modalités sensorielles est réalisée en présence de neurones multimodaux, présents dans le cortex orbito-frontal, qui reçoivent les informations sensorielles convergentes. Ces résultats ont été confirmés par une étude de neuro-imagerie effectuée par Small et Prescott (2005). Les auteurs ont présenté à des sujets des stimulations unimodales (goût ou odeur seuls) et bimodales (goût et odeur simultanés) et les résultats indiquent une différence nette dans l'activation des chemins neuronaux entre les deux types de stimulation, et ce, particulièrement dans le cortex orbito-frontal. Les interactions sensorielles d'ordre cognitives et psychologiques sont maintenant bien établies avec la démonstration qu'une odeur imaginée influence la perception du goût et des odeurs. Djordjevic *et al.* (2004) ont montré que l'habilité à détecter des concentrations faibles en sucres est légèrement meilleure lorsqu'une odeur de fraise est imaginée que lorsqu'une odeur non congruente de jambon est présentée.

2.3.1.2 Interactions sensorielles reportées dans le vin

Mise à part quelques exceptions, les études sur les interactions sensorielles se sont limitées à des solutions binaires, voire ternaires, et à des stimuli sensoriels bimodaux. Ces modèles simples sont utiles pour comprendre les mécanismes sous-jacents dans les interactions, mais ils ne permettent pas de comprendre et prédire les propriétés sensorielles d'aliments et boissons plus complexes comme le vin. Deux travaux ont cependant été recensés sur l'étude des interactions complexes dans des vins modèles. Fontoin *et al.* (2008) ont étudié l'effet du pH, de l'éthanol et de l'acidité sur la perception de l'astringence et l'amertume des tannins des pépins de raisin. Les résultats ont montré que la perception de l'astringence diminue lorsque le pH et la teneur en alcool augmentent. La variation de la teneur en acide tartrique à pH constant n'a pas eu d'effet sur la perception sensorielle globale. Jones et al. (2008) ont étudié l'influence des interactions entre les protéines, les polysaccharides, les composés volatiles, le glycérol et l'éthanol du vin sur les propriétés sensorielles dans des solutions de vins modèles. Les résultats ont montré que c'est la variation de la concentration en composés volatiles et en éthanol qui a eu les effets les plus importants sur la perception des arômes et des sensations en bouche. Plusieurs descripteurs aromatiques ont été significativement affectés par la teneur en protéines, en alcool et en glycérol et cela, seulement lorsque la concentration en composés volatiles était faible. La perception globale des arômes a été

légèrement diminuée par les polysaccharides mais positivement influencée par la présence du glycérol.
Des études ont également été relevées sur les interactions d'ordre psychologique dans la perception du vin. La plus connue est celle de Morrot *et al.* (2001) à propos de l'illusion perceptuelle entre l'odeur et la couleur du vin. Dans cette étude, 54 étudiants en œnologie ont été soumis à un test de description d'un vin blanc et d'un vin rouge, qui était en fait le même vin blanc coloré en rouge grâce à des colorants naturels ne modifiant pas le goût du vin. L'analyse lexicale des termes employés dans la description des deux vins a montré que le vin blanc coloré en rouge a été décrit comme un vin rouge alors que ce même vin blanc avait été décrit comme un vin blanc, en l'absence de coloration. Les auteurs en concluent que la couleur du vin fournit aux sujets des informations sensorielles induisant en erreur leur processus cognitif et leur capacité à évaluer et identifier les arômes du vin.

2.3.2 Patrimoine génétique et état physiologique

Il existe au sein de la population une variabilité interindividuelle importante dans la perception des odeurs et des goûts. Cette variabilité, d'origine physiologique ou génétique, pourrait contribuer à expliquer certaines préférences et certains comportements de consommation du vin.

En ce qui concerne l'état physiologique, il est bien connu qu'une inflammation des muqueuses nasales (rhume) entraine un déficit dans la perception des odeurs et arômes. Le pH buccal et l'état salivaire ont également une influence sur la perception sensorielle. D'après Peynaud et Blouin (2006), il existe des variations non négligeables au sein de la population en termes de pH buccal et ces variations seraient à l'origine des différences de perception et de préférences du vin en bouche. Fischer *et al.* (1994) et Kallithraka *et al.* (2001) ont montré que la composition en protéines et le flux salivaire avaient également un impact sur la perception temporelle de l'astringence.
Le patrimoine génétique joue également un rôle important dans la perception des goûts et des odeurs. Plusieurs travaux ont mis en évidence une grande variabilité dans la perception de certains composés aromatiques (Lawless *et al.*, 1995 ; Walker, J.C. *et al.*, 2003). Cette variabilité pourrait venir en partie d'anosmies spécifiques à certaines molécules, directement liées au patrimoine génétique. En guise d'exemples, certaines personnes ne perçoivent pas l'odeur de l'androsterone (Bremner *et al.*, 2003), d'autres ne perçoivent pas l'odeur de la l-carvone (Pelosi et Viti, 1978) et d'autres encore l'odeur de l'isobutyraldehyde (Amoore *et al.*, 1976). Fox (1931) a également mis en évidence, de façon accidentelle, des variations génétiques dans la perception de l'amertume du 6-n-propylthiouracil (PROP). Le seuil de détection de ce composé varie selon les individus et conduit à une distribution tri-modale de la population : les « non tasters », les « tasters » et les « supertasters ». D'après Bartoshuk *et al.* (1996), les « supertasters » seraient plus sensibles aux saveurs sucrées, amères et à la

sensation de chaleur induite par la capsaïcine et l'alcool. Prescott et Swain-Campbell (2000) ont d'ailleurs reporté que l'éthanol était plus irritant pour les « supertasters » que pour les « non tasters ». Pickering *et al.* (2004) ont également montré que la perception de l'acidité, l'astringence et l'amertume des vins rouges était influencée par la sensibilité au PROP. Cette différence de perception entre les « tasters » et « non tasters » pourrait provenir d'une différence dans l'anatomie de la langue des individus. En effet quelques études ont montré une corrélation positive entre l'intensité de la perception amère du PROP et le nombre de papilles gustatives fungiformes (Bartoshuk *et al.*, 1994 ; Miller et Reedy, 1990).
D'après Bachmanov *et al.* (2003, pour revue), la sensibilité au PROP serait liée avec les préférences et pourrait expliquer les comportements de consommation envers les boissons alcoolisées.

2.4 Vins et préférences

2.4.1 Vins et préférences : dimension sensorielle

Contrairement à la majorité des filières de l'industrie alimentaire, la filière vin a tendance à guider et orienter la production de ses vins vers une qualité sensorielle commerciale, déterminée par des experts, sans tenir compte du goût des consommateurs.
Les consommateurs de vins, submergés par le nombre croissant de références proposées par les grandes surfaces, caves ou négociants, ont des difficultés à effectuer leurs choix et l'utilisation de labels de qualité (médailles, 1er cru) est un moyen de les aider dans leur processus de décision (Schiefer et Fischer, 2008). Cependant, la qualité sensorielle du vin étant un facteur difficile à évaluer objectivement par de simples mesures chimiques, les résultats de concours de dégustation effectués par des dégustateurs professionnels sont souvent utilisés pour inférer cette qualité. Afin de vérifier l'utilité et l'efficacité de ces labels pour le consommateur, Schiefer et Fischer (2008) ont comparé le processus d'attribution de médailles effectué par des experts professionnels et par des consommateurs allemands. Les résultats n'ont pas montré de concordance significative entre les évaluations des consommateurs et celles des experts. Cependant, les consommateurs avec des connaissances élevées sur le vin et s'estimant sensoriellement compétents présentaient des évaluations similaires à celles des experts. Les auteurs remettent ainsi en cause l'utilité des évaluations effectuées par les experts pour inférer la qualité des vins destinés à des consommateurs novices.

Ainsi, c'est seulement depuis quelques années que l'avis du consommateur commence à être pris en compte et peu d'études ont été réalisées dans le but de comprendre les dimensions sensorielles qui guident les préférences des buveurs de vin. Ces études passent généralement par l'utilisation de techniques de cartographie des préférences (Schlich et Mc Evan, 1992) en associant des descriptions sensorielles réalisées par des panels entraînés à des scores

d'appréciation hédonique déterminés par des consommateurs. Afin de mettre en évidence les dimensions sensorielles potentielles pour l'explication des préférences, Lesschaeve (2008) a relevé et examiné les résultats de six études de cartographie des préférences effectuées sur le vin. Ces études, conduites en Amérique du Nord, présentaient des objectifs et donc des protocoles très différents, mais ont permis de dégager quelques tendances sensorielles communes impliquées dans le développement des préférences. Les consommateurs de chacune des études provenaient de régions différentes et présentaient des profils différents et les vins étaient également très différents avec deux études réalisées sur du vin rouge et quatre réalisées sur du vin blanc. Afin de simplifier l'étude des résultats, l'auteur a considéré seulement les éléments moteurs des préférences (positifs ou négatifs), indépendamment des segments de consommateurs identifiés. Dans le cas du vin rouge, une étude portait sur des Merlot uniquement et l'autre portait sur sept variétés différentes. La seule dimension sensorielle « motrice » commune aux deux études était la dimension vanille/boisé. D'après les auteurs de l'une des deux études (Frost et Noble, 2002), les vins rouges avec des profils aromatiques intenses (vanille/boisé, fruits rouges, ou encore légumes) étaient significativement préférés au vins moins aromatiques et/ou acides en bouche. Cette préférence pour les vins concentrés en arômes serait probablement la cause et/ou la conséquence de la tendance actuelle à la production et la commercialisation de vins de plus en plus concentrés, particulièrement dans les pays du nouveau monde. Dans le cas du vin blanc (Chardonnay), les études examinées ont mis en évidence trois dimensions sensorielles communes liées aux préférences : fruité, épicé et vanille/boisé. Il est à noter que la dimension vanille/boisé a été identifiée comme moteur des préférences pour les deux types de vins blancs et rouges.
Une des six études examinée (non publiée par l'auteur) a été réalisée avec des vins de Riesling dans des conditions d'évaluation à l'aveugle puis avec information (millésime, appellation, taille de l'étiquette, etc…). Des résultats différents ont été obtenus d'une condition d'évaluation à l'autre. En effet, lorsque les vins étaient évalués à l'aveugle, deux segments de consommateurs ont été mis en évidence. Ces segments étaient guidés soit par les notes aromatiques de raisin, miel, cerise, melon soit par des notes de raisin, pêche et citron. Lorsque les vins étaient évalués avec information, un troisième segment a été identifié, guidé par la note pomme cuite et le caractère sherry. Ce résultat montre que la perception des qualités sensorielles du produit est largement influencée par les facteurs extrinsèques (packaging, information, design) et la dimension cognitive est importante dans la formation des préférences chez les consommateurs.

2.4.2 Vins et préférences : importance de la dimension cognitive

L'évaluation hédonique des vins est généralement effectuée à l'aveugle, en partant du principe que les propriétés sensorielles sont le facteur le plus important dans le développement des préférences. Cependant, dans des conditions de consommation réelles, les

vins ne sont pratiquement jamais présentés à l'aveugle, mais avec des attributs extrinsèques ayant un impact non négligeable sur l'appréciation globale du produit, tels que le design du packaging (bouteille, étiquettes), l'information (Appellation, AOC, millésimes, médailles) et le prix. De plus, en situation d'achat normal en grande surface, le consommateur ne peut généralement pas goûter les vins et ne dispose que des facteurs extrinsèques pour effectuer son choix. Lange (2000) a étudié l'impact de l'information sur la qualité perçue de quatre vins de Bourgogne en faisant varier l'appellation d'origine, le millésime et le producteur et a montré que ces facteurs extrinsèques étaient plus importants que les qualités sensorielles dans l'évaluation de la qualité globale des vins. Dans une autre étude, réalisée sur des champagnes, Lange *et al.* (2002) ont montré que les consommateurs classaient les champagnes selon la hiérarchie du marché lors d'une évaluation hédonique avec information, alors qu'ils étaient incapables de discriminer ces mêmes champagnes lors d'une évaluation hédonique à l'aveugle.

La théorie indique qu'avant de consommer un produit pour la première fois, les consommateurs ont tendance à se fier à ses caractéristiques extrinsèques pour inférer sa qualité (Speed, 1998), conduisant à la formation inconsciente d'attente hédonique. Une fois le produit consommé, les attentes hédoniques et les qualités sensorielles perçues sont intégrées et combinées pour former une appréciation globale (Lange *et al.*, 2002). Anderson (1973) a défini l'infirmation comme l'écart entre la qualité attendue et la qualité perçue et a proposé deux modèles principaux pour décrire comment cette infirmation influence la perception du produit. Dans la majorité des études, le modèle d'assimilation a été mis en évidence avec un ajustement de l'attitude (augmentation de la qualité perçue) en direction des attentes (positives). Ce phénomène d'assimilation a été reporté pour des évaluations hédoniques mais également pour des évaluations sensorielles (Cardello et Sawyer, 1992 ; Deliza et Macfie, 1996 ; Kahkonen *et al.*, 1996; Lange *et al.*, 1999; Schifferstein *et al.*, 1999). Quelques études ont cependant montré un phénomène de contraste avec un ajustement de l'attitude (diminution de la qualité perçue) dans la direction opposée aux attentes, révélant un impact négatif de l'information. Ce phénomène de rejet semble apparaître lorsque l'écart entre la qualité attendue et la qualité perçue est trop important (Zellner *et al.*, 2001; Yeomans *et al.*, 2008).
L'interprétation théorique des phénomènes d'assimilation/contraste pourrait être expliquée par un mécanisme étudié en psychologie sociale selon lequel les individus sont plus ou moins enclins à accepter d'exprimer des jugements qui s'écartent des opinions acquises (Schifferstein *et al.*, 1999). D'après cet auteur, les phénomènes d'assimilation et de contraste ne sont pas symétriques et mettent en jeu deux processus cognitifs différents. Dans le cas de l'assimilation, c'est la théorie de la dissonance cognitive qui est mise en avant (Hovland *et al.*, 1957). Cela signifie que devant l'inconfort que représente le décalage entre la qualité attendue et la qualité intrinsèque du produit, le consommateur a tendance à ajuster ses préférences entre les deux évaluations. Dans le cas du contraste, l'information est supposée créer chez les

individus une attente de stimulation, qui est mise à l'épreuve par l'expérience réelle (Helson, 1964). Par exemple, une expérience désagréable avec un produit bien connu peut créer un sentiment de déception qui renforce le décalage perçu.

Peu d'études ont été effectuées sur le vin, mais il est bien établi que les attentes induites par les facteurs extrinsèques jouent un rôle très important dans la perception de la qualité sensorielle finale du produit. L'étude de Brochet et Morrot (1999) illustre bien ce propos. Dans cette étude, 57 étudiants en œnologie ont été soumis au même vin, mais présenté dans deux conditionnements différents : bouteille étiquetée grand cru et bouteille étiquetée vin de table. 50 étudiants sur 57 ont noté plus sévèrement le vin de table (8/20 de moyenne) que le grand cru (13/20) et seulement six d'entre eux ont découvert le stratagème.

2.5 Les consommateurs de vins

2.5.1 Appréciation et consommation du vin : un processus d'apprentissage

L'appréciation des boissons alcoolisées n'est pas innée. D'après Rozin et Vollmecke (1986), ces boissons ne sont pas palatables et leur appréciation résulte d'un processus d'apprentissage encore méconnu.

L'enquête Vinifhlor-Crego réalisée en 2005 sur 4036 personnes a montré que 55 % des Français disent ne pas aimer le goût du vin, et pourtant seulement 40 % de ces mêmes Français sont non consommateurs de vin. Cela signifie que 15 % des répondants consomment du vin sans en apprécier le goût. Ce chiffre doit être en réalité plus important car les consommateurs essaient généralement d'être cohérents dans leur réponse par peur du jugement. D'après Couderc *et al.* (2008), une bonne partie des buveurs de vins consomment ce produit « soit par habitude, soit par convention, mais pas nécessairement par goût personnel ». Olsen *et al.* (2007) parlent de socialisation du vin. La socialisation du consommateur réfère au processus longitudinal par lequel les consommateurs apprennent les compétences et les attitudes qui leur permettent de participer au marché de la consommation (Ward *et al.*, 1990). L'étude de la socialisation des consommateurs permet de comprendre comment les enfants acquièrent des connaissances sur les produits et exercent leur compétence dans la décision de consommer ce produit ou non. Les jeunes enfants acquièrent la plupart de leur connaissance et comportement de consommation par l'intermédiaire de leurs parents mais, une fois adolescents, ils apprennent par l'intermédiaire de leurs pairs (amis, groupes) et des institutions sociales comme la télé et les magazines (Olsen *et al.*, 2007).

Dans le cas du vin, cette boisson présente des propriétés sensorielles (amertume, arômes végétaux) qui sont typiquement dépréciées par les enfants (Drewnowski, 1997; Birch, 1999). Avec l'âge, cette boisson tend à être plus appréciée et c'est généralement au cours de la vie adulte qu'elle devient vraiment appréciée. En effet, d'après l'enquête Vinifhlor-Crego 2005, environ 79 % des 15-24 ans déclarent ne pas aimer le goût du vin. Ils ne sont plus que 57 % à

ne pas aimer le goût du vin entre 25 et 34 ans, 52 % entre 35 et 44 ans et 48 % entre 45 et 54 ans (Couderc *et al.*, 2008). Il existe par ailleurs une différence importante en termes d'appréciation du goût du vin en fonction du sexe. Environ 55 % des hommes déclarent aimer le goût du vin contre seulement 35 % chez les femmes (Couderc *et al.*, 2008).

A notre connaissance, peu d'études se sont intéressées à comprendre le processus d'apprentissage d'appréciation du vin. D'après Couderc *et al.* (2008), en France, l'initiation au vin a lieu vers l'âge de 13 ans. Elle se fait généralement dans le cadre familial, avec du vin rouge (66%) et c'est le père, figure centrale de cette initiation, qui sert le premier verre de vin. Il est admis que les consommateurs de vins débutants ont tendance à préférer au départ les vins sucrés et fruités (Lesschaeve, 2008). L'évolution des préférences vers d'autres styles de vins serait influencée par l'environnement social et culturel, mais également par la mode et les images véhiculées par le vin. Le vin est généralement associé à des valeurs sociales et symboliques qui peuvent modifier les habitudes de consommation (Lesschaeve, 2008).

Olsen *et al.* (2007) ont étudié le phénomène de socialisation du vin sur une cohorte de 5939 sujets américains et ont montré des disparités importantes en termes d'apprentissage selon les générations. En effet, les générations 1900-1945 et 1977-1999 ont le plus fréquemment déclaré avoir débuté leur consommation avec des vins rouges tandis que la génération 1965-1977 a commencé avec des vins rafraichissants et la génération 1946-1964 avec des vins sucrés et pétillants ou encore des vins fruités. Cependant, les quatre générations tendent à consommer plutôt du vin rouge après leur période d'apprentissage. D'après les auteurs, ce phénomène serait attribuable à une croyance populaire aux US selon laquelle les vins blancs et rosés seraient moins « sophistiqués » que les vins rouges. Il nous semble qu'il existe la même croyance en France car les vins rosés et les vins blancs sucrés sont généralement considérés comme des vins « faciles », peu complexes, dédiés aux consommateurs débutants et « ignorants ». Dans l'étude de Olsen *et al.* (2007), la génération la plus jeune (1977-1999) est d'ailleurs celle qui apprécie le plus les vins blancs sucrés.

En ce qui concerne les raisons de la consommation initiale de vin, les quatre générations ont indiqué qu'elles avaient commencé à consommer du vin car c'est la boisson qui va le mieux avec les aliments. Elles ont également débuté leur consommation car elles aiment le goût du vin et car leur entourage (amis, famille, collègues) buvait du vin. La génération la plus jeune (1977-1999) présentait la moyenne la moins élevée pour le goût du vin et la plus élevée pour l'entourage. Les quatre générations associent l'image du vin à la relaxation. Pour les deux générations les plus âgées, la seconde image la plus citée est la santé, tandis que pour les deux plus jeunes générations, la seconde image la plus citée est la sophistication. Il est à noter que les deux plus jeunes générations voient le vin comme un produit « sexy ».

2.5.2 Consommation du vin en baisse et évolution de la consommation

D'après la note de conjoncture mondiale rédigée en Octobre 2007 par l'Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV), la consommation mondiale du vin est en baisse depuis le début des années 80. Elle est passée d'environ 280 millions d'hectolitres à un minimum de 215 millions d'hectolitres au milieu des années 90 mais depuis, elle a arrêté de décroître pour se redresser lentement (figure 5).

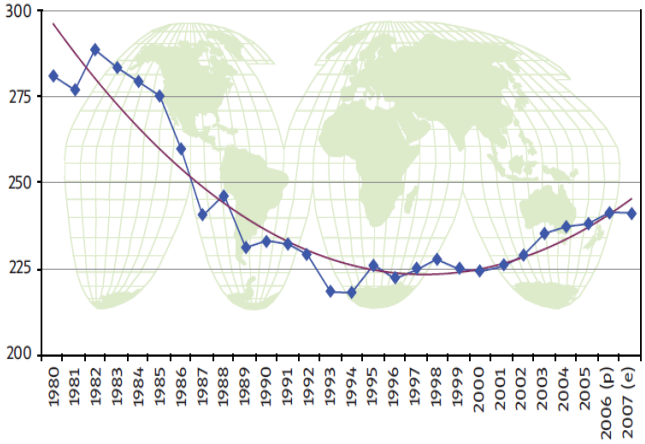


Figure 5. Consommation mondiale de vin de 1980 à 2007 en millions d'hectolitres. Source : OIV, note de conjoncture mondiale (2007). (p) : prévision, (e) : estimation

Derrière cette diminution nette de la consommation mondiale, se cachent des tendances très différentes selon les pays en termes d'évolution de la consommation. En réalité, la consommation en vin des principaux pays producteurs de vin comme la France, l'Italie et l'Espagne a fortement diminué entre 1975 et 2006, mais elle a été compensée par une augmentation de la consommation dans les pays non producteurs européens (Royaume-Uni, Belgique, Pays Bas, Danemark) (figure 6). Elle a aussi été compensée par une croissance de la consommation dans les pays producteurs du Nouveau Monde comme l'Australie, l'Argentine et les Etats-Unis.

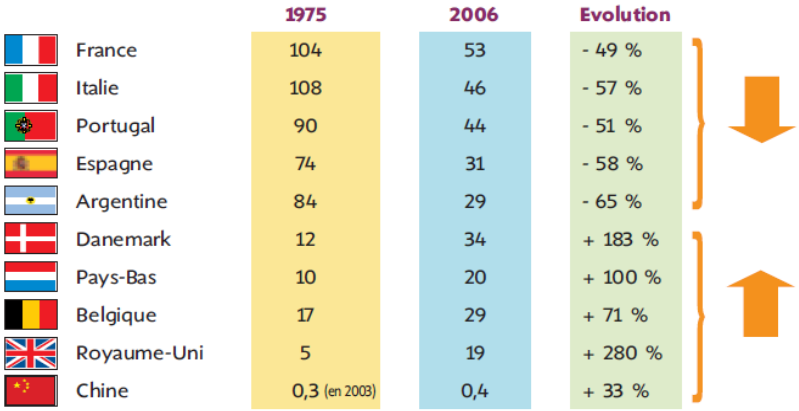


Figure 6. Evolution de la consommation de vin (l/an) par habitant des principaux pays consommateurs. Source : Veille concurrentielle VINHIFLOR 2007, données OIV

Comme dans tous les pays traditionnellement viticoles, la France est touchée de façon importante par la baisse de la consommation de vin, avec une diminution de 49 % entre 1975 et 2006. Une enquête sur la consommation du vin en France (ONIVINS-INRA-CREGO

2005), effectuée sur 4026 personnes, montre que la part des non consommateurs de vins est en progression significative. Elle est passée de 19 % en 1980 à 38 % en 2005. Couderc *et al.* (2008) expliquent cette baisse de la consommation par la multiplication de l'offre qui s'est opérée ces trente dernières années en termes de contextes et de produits. « La routine du repas ordinaire, limitée au vin rouge et à l'eau du robinet, a laissé place à des consommations plus variées, faites d'eau en bouteille, d'eau aromatisée, de soda et de soft drink, de thé glacé ou de jus de toutes natures… » .

L'enquête ONIVINS-INRA-CREGO met également en évidence un changement dans les habitudes de consommation françaises. En effet, la consommation régulière (tous les jours ou presque) diminue et fait place à une consommation plus occasionnelle (≤ 1 à 2 fois/semaine), davantage tournée vers le plaisir et la qualité, pour des occasions exceptionnelles et festives. La proportion des consommateurs réguliers a décliné de 63 % à 33 % entre 1980 et 2005. En d'autres termes, le consommateur de vin boit moins, mais mieux. D'après Couderc *et al.* (2008), le vin et plus particulièrement le vin rouge, a « troqué son statut de produit populaire » au profit d'un statut plus ciblé en termes de contexte de consommation (repas socialisé, non ordinaire) et de consommateurs (hommes, niveau d'éducation élevé, aisés). Les auteurs attribuent ce changement de statut à la montée progressive de la qualité du vin avec un développement très important des segments premium et super premium.

Face à ces constats, l'OIV préconise à la fois une diminution des surfaces plantées (campagne d'arrachage des vignes) et de façon concomitante une augmentation de la consommation, en encourageant les producteurs à mieux répondre aux attentes du marché (stratégies marketing, innovation, etc.…).

2.5.3 Caractérisation des consommateurs de vins

D'après les paragraphes précédents, le goût du vin ne semble pas être un paramètre essentiel pour débuter la consommation car il est généralement peu apprécié par les jeunes. C'est l'environnement social et culturel ainsi que l'image, la dimension symbolique et le statut véhiculés par le vin qui permettent d'outrepasser le « mauvais » goût du vin et de passer au stade de l'appréciation et de la consommation. Ainsi, la consommation du vin passe par un processus social et l'on peut se demander s'il existe un profil type de consommateurs de vin.

Les études ont généralement montré que les consommateurs de vins tendent à présenter des modes de vie plus sains et un niveau socioéconomique plus élevé que les consommateurs de bière ou spiritueux (Gronbaek *et al.*, 1995 ; Rimm et Stampfer ; Becker, U. *et al.*, 2002). Cependant, la caractérisation globale des consommateurs de vin reste difficile car il existe de nombreux facteurs qui interagissent entre eux comme l'âge, la fréquence de consommation, le sexe, le niveau socioculturel, etc...

La segmentation des consommateurs est un outil indispensable pour la compréhension des différents comportements de consommation. D'après Couderc *et al.* (2008), l'implication à

l'égard du vin est un bon prédicteur des comportements d'achat et de consommation et permettrait de diviser la population consommatrice en deux segments : les impliqués et les non impliqués. Cette variable mesure la relation du consommateur au vin et reflète à la fois l'importance et l'intérêt portés au produit, mais également le plaisir lié à la situation d'achat et de consommation de ce produit. C'est un indicateur intéressant dans le domaine du marketing car il reflète le fondement de la motivation et permet d'expliquer les différents aspects comportementaux chez les consommateurs. Dans le cadre de l'enquête Vinifhlor-Crego 2005, les résultats ont montré que le vin est un produit de consommation typiquement masculin avec 53 % des hommes qui se disent impliqués, contre 28 % chez les femmes. Le degré d'implication augmente avec l'âge mais s'affaiblit après 60 ans. Le degré d'implication est également lié positivement avec le niveau de revenu. Hollebeek *et al.* (2007) ont étudié l'impact de l'implication sur les intentions d'achat de vins du nouveau monde et ont montré que les consommateurs avec la plus forte implication étaient plus réceptifs à l'information sur l'origine du vin. Ils ont également montré que les consommateurs les moins impliqués étaient plus attentifs aux prix des vins et accordaient plus d'importance aux prix discount. Ce dernier résultat confirme la conclusion de Lockshin *et al.* (2006) selon laquelle les consommateurs avec une faible implication pour le vin utilisent d'avantage l'information du prix, mais également des médailles dans une situation de choix de vin.

Quelques études marketing ont essayé de segmenter les consommateurs de vins selon leurs « styles de vie » relatifs. Le « style de vie » est un concept relativement récent, utilisé dans l'étude des consommateurs et se définit comme le modèle selon lequel chaque personne vit et dépense son temps et son argent. Il reflète ainsi les activités d'un individu, ses intérêts et ses opinions, en fonction de ses données démographiques (Honkanen *et al.*, 2004).

Bruwer *et al.* (2002) ont adapté cette approche au domaine du vin afin de segmenter les consommateurs selon leur style de vie lié au vin. Avec cet outil, Bruwer et Li (2007) ont interrogé aléatoirement 401 foyers dans le sud de l'Australie et ont mis en évidence 5 segments de consommateurs :

- Segment 1 : Le consommateur de vins connaisseur et conservateur (19.2 %)

Ce consommateur de vin est plutôt un homme (57 %), âgé, bien éduqué et bien rémunéré. Il boit du vin rouge de façon fréquente. C'est un consommateur impliqué et connaisseur en vin. Il achète généralement son vin, de façon spontanée, dans des magasins de vins spécialisés mais 20% des ses achats sont réalisés en cave ou sur internet. C'est le consommateur qui présente le plus gros budget dédié au vin.

- Segment 2 : Le consommateur de vins orienté « plaisir » et social (16.2%)

Cette consommatrice de vin, plutôt jeune, est généralement de sexe féminin. Elle aime boire un verre de vin blanc ou pétillant lors de soirées avec des amis, au bar ou au restaurant. Elle voit le vin comme un produit sophistiqué et c'est sa boisson préférée. Bien qu'elle recherche

des informations lors de ses achats de vins et demande aussi de l'aide aux vendeurs, elle achète généralement des marques qu'elle a déjà rencontrées auparavant.

- Segment 3 : Le consommateur de vins basique (23.5 %)

Ce consommateur, le plus souvent un homme, boit du vin parce qu'il aime ça. Il n'y a pas de rituel accompagnant sa consommation : s'il y a du vin, il en prendra un verre, sinon il prendra de la bière. Il cherche rarement des informations lorsqu'il achète du vin. Il boit soit du vin blanc, soit du vin rouge selon ce qu'il y a de disponible, et a une légère préférence pour le vin rouge.

- Segment 4 : Le consommateur de vin mature et ayant du temps (18.2%)

Ce consommateur âgé et masculin boit du vin depuis un certain temps. Il commence à avoir plus de temps pour lui, à apprendre plus sur le vin et à essayer des vins nouveaux et différents. Il lit des documents sur le vin et utilise cette connaissance pour acheter ses vins. Il a tendance à être connaisseur et a un intérêt pour la provenance du vin. Il a une petite cave à la maison et entretient quelques rituels avec la consommation du vin.

- Segment 5 : Le consommateur de vins « jeune cadre » (22.9%)

Ce jeune consommateur, plutôt une femme, boit régulièrement du vin, mais surtout dans le cadre de son activité professionnelle (business). Elle a un intérêt pour le vin qu'elle manifeste par un comportement typique de connaisseurs et a probablement une petite cave à la maison. Elle achète les vins de façon plutôt spontanée et a une préférence pour le vin rouge, peut-être parce que ses collègues de travail masculins préfèrent également le vin rouge.

Cette approche de segmentation des consommateurs de vin est intéressante puisqu'elle met en évidence des types de consommation très variés. Elle invite à revoir le discours unique sur le vin, dicté par les professionnels de la filière, et l'on peut se demander si les attentes de ces différents segments sont réellement de même nature.

2.6 Synthèse

Le vin est un produit complexe. Il contient de nombreux composés qui influencent et interagissent sur la perception de son goût. Cette perception du goût, propre à chaque individu, dépend du niveau d'expertise, du patrimoine génétique, de l'état physiologique et du niveau d'exposition et d'apprentissage. Elle est également largement influencée par les facteurs extrinsèques avec lesquels le produit est présenté aux consommateurs.

Par ailleurs, le goût du vin, jugé amer, astringent et brûlant, n'est pas apprécié de façon innée. C'est l'environnement social et culturel, ainsi que l'image, la dimension symbolique et le statut véhiculés par le vin qui permettent d'outrepasser son « mauvais » goût et de passer au stade de l'appréciation et de la consommation. La dimension cognitive est importante dans la formation des préférences vis-à-vis du vin et les caractéristiques extrinsèques de la bouteille de vin, par les attentes qu'elles induisent, ont un impact non négligeable sur l'appréciation globale du produit.

La figure 7 résume le processus de perception et de formation des préférences vis-à-vis du vin.

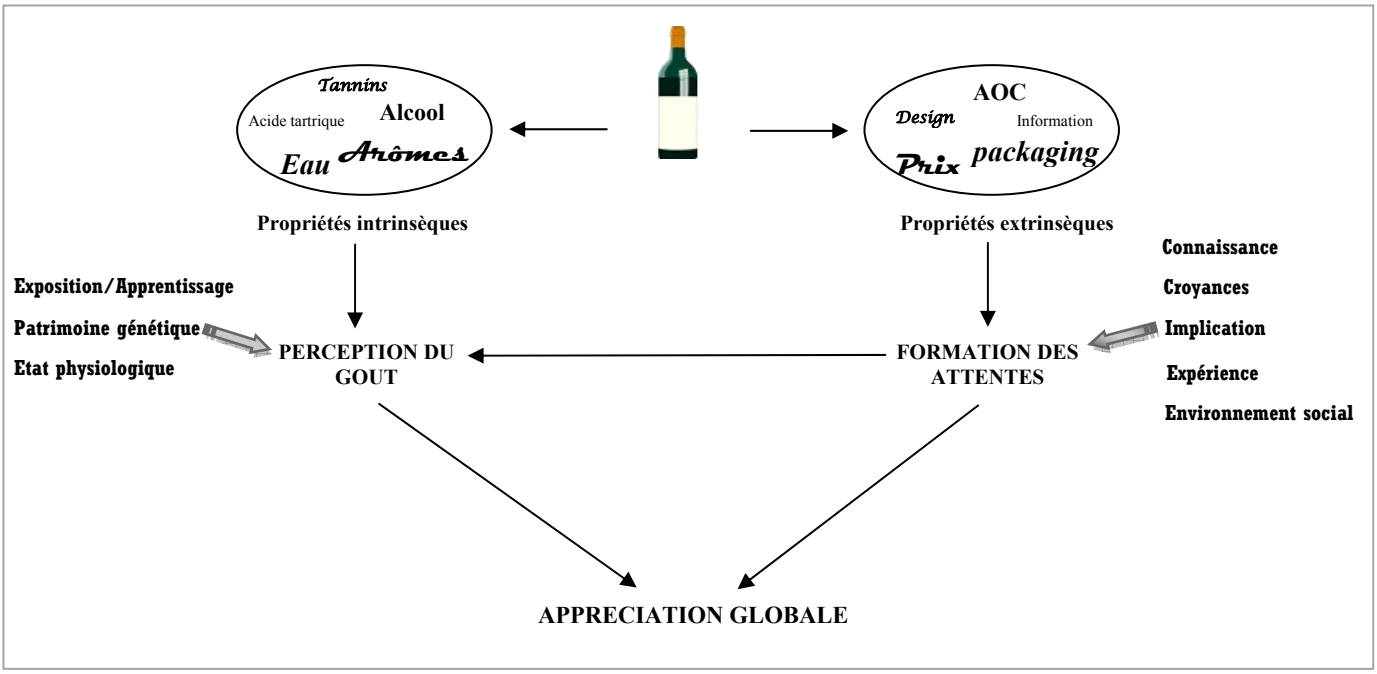


Figure 7. Synthèse du processus de perception et de formation des préférences vis-à-vis du vin par les consommateurs

3. Alcool, perception et représentations

3.1 Perception sensorielle de l'éthanol pur

Une sensation, qu'elle soit visuelle, olfactive ou gustative, est perçue selon trois composantes : la nature de la sensation (composante qualitative), son intensité (composante quantitative) et le plaisir qu'elle induit (composante hédonique). Les trois paragraphes suivants aborderont la perception sensorielle de l'éthanol pur selon ces trois composantes.

3.1.1 Composante qualité : sensation, goût, et odeur de l'éthanol

Trois systèmes sensoriels indépendants sont impliqués dans la perception de l'éthanol : le système gustatif (goût), le système olfactif (odeur, arôme) et le système trigéminal (sensations).

Tandis que de nombreuses études ont été menées sur le goût de l'éthanol, peu ont été réalisées sur l'odeur et les sensations trigéminales induites par l'éthanol. D'après Jackson (2002), l'éthanol possède une odeur douce. Cometto-Muniz, J. Enrique et Cain (1990) et Laska *et al.* (1997) ont montré, avec des sujets anosmiques, que ce composé provoquait également une sensation nasale trigéminale qualifiée comme brûlante et piquante. Lorsqu'il est introduit en bouche, l'éthanol induit en plus de son goût une sensation de chaleur, particulièrement perceptible au fond de la gorge (Jackson, 2002), voire une sensation de brûlure lorsque la concentration atteint les 21 % (Wilson *et al.*, 1973).

L'une des premières expérimentations pour déterminer le goût de l'éthanol a été réalisée par Hellekant (1967) chez le chat. Dans cette étude, des enregistrements électro-physiologiques ont montré que l'éthanol stimulait les fibres nerveuses de la perception du sucré et de l'amertume. Des études électro-physiologiques et comportementales, effectuées quelques années plus tard chez des sujets non humains, ont confirmé que le goût de l'éthanol était sucré mais ont donné des résultats divergents sur l'amertume. Hellekant *et al.* (1997) ont montré que l'éthanol stimulait les fibres nerveuses de la perception du goût sucré, mais pas de l'amertume chez le singe, tandis que Di Lorenzo *et al.* (1986) ont montré que l'éthanol stimulait les deux types de fibres chez les rongeurs.
Bien qu'il ait été évoqué par Robinson (1994) que l'éthanol pur n'a pas de goût chez les humains, la majorité des études indiquent le contraire. Cependant, la qualification de ce goût n'est à ce jour pas clairement identifiée et les études reportées indiquent des résultats divergents. Certaines études ont montré que le goût de l'éthanol est amer (Mattes et Di Meglio, 2001), tandis que d'autres concluent que le goût de l'éthanol est sucré (Wilson *et al.*,

1973; Hoopman *et al.*, 1993), et d'autres encore qu'il est majoritairement amer mais également légèrement sucré (Scinska *et al.*, 2000).

La divergence de conclusions entre les différentes études ne nous semble pas contradictoire puisque chacune des études a été effectuée avec des concentrations d'éthanol différentes et il semblerait que le goût de l'éthanol varie en fonction de sa concentration.
En effet, Wilson *et al.* (1973) indiquent qu'à partir de 4.2 %, l'éthanol est perçu sucré par la majorité des sujets. Quelques sujets indiquent également percevoir des notes « amandes » et légèrement amères, mais les effectifs ne sont pas mentionnés par les auteurs. Entre 4.2 et 21.2 % d'éthanol, les solutions sont perçues de plus en plus sucrées et la qualité de la perception finit par se transformer en amer-sucré pour les concentrations les plus élevées. Enfin, au dessus de 21.2 % d'alcool, les sujets perçoivent une sensation brûlante.
Dans l'étude de Scinska *et al.* (2000), six solutions d'éthanol dont la teneur variait entre 0.3 et 10% ont été présentées à 20 sujets sains. Chacune de ces solutions a été décrite comme amère par la majorité des sujets. La fréquence de citations du descripteur amer était cependant significativement plus élevée pour les solutions à 6 et 10% que pour les solutions à 0.3 et 0.6%. La solution d'éthanol à 10% a été décrite comme amère par la totalité des sujets mais 30 % des sujets la décrivaient également comme sucrée et/ou acide. Afin de clarifier cette perception acide et/ou sucrée de l'éthanol, ces mêmes auteurs ont effectué avec les mêmes sujets, des tests de similarité entre une solution d'éthanol à 10% et des solutions modèles variant en quinine (0 à 0.005%) et additionnées soit de saccharose (3%) soit d'acide citrique (1%). Les résultats ont montré que l'addition de saccharose dans des solutions de quinine augmentait significativement leur similarité avec une solution d'éthanol à 10%, tandis que l'addition d'acide citrique les diminuait significativement. Les auteurs en ont donc conclu que l'éthanol avait un goût amer mais également sucré.
Dans l'étude conduite par Mattes et Di Meglio (2001) l'année suivante, l'éthanol présenté avec une concentration équivalente au seuil individuel de détection de chaque sujet (≈1%), a été évalué comme amer par 61% des sujets, salé par 21% des sujets, acide par 12% des sujets et sucré par 6% des sujets (n=50). Lorsque la concentration en éthanol était augmentée d'un pas au dessus du seuil de détection individuel, 72% des sujets ont indiqué une prédominance du goût amer, suivi du goût acide (7%), sucré (5%) et salé (1%).

La non uniformité des réponses des sujets suggère d'après Mattes et Di Meglio, une variété individuelle dans la perception de l'éthanol. La source de cette variabilité n'est pas connue, mais d'après les résultats de ces mêmes auteurs, elle ne serait pas attribuable au sexe, à la sensibilité au PROP et au niveau d'exposition à l'éthanol des sujets. Nous pensons que l'hétérogénéité des réponses pourrait être due à une différence de perception d'une part, mais également à une mauvaise verbalisation des sujets sur leur sensation, puisque les sujets impliqués dans toutes ces études étaient plutôt naïfs et n'étaient pas entraînés à la description sensorielle.

3.1.2 Composante intensité : seuils de détection et perception de l'intensité

Le seuil de détection est un concept théorique de la psychophysique qui définit la limite sensorielle en dessous de laquelle un individu ne parvient plus à détecter une stimulation. Du fait de la variabilité du rapport signal/bruit, ce seuil ne peut être déterminé que de manière probabiliste. Il est généralement défini comme l'intensité du stimulus conduisant à une fréquence de détection de 50 %.

L'éthanol étant une sensation olfactive, trigéminale et gustative, les seuils de détection ont été déterminés séparément pour ces trois types de perceptions. Le tableau 2 récapitule les différents seuils de détection de l'éthanol relevés dans la littérature, déterminés en phase liquide (éthanol dans eau) et exprimés en % vol/vol. Les seuils d'irritation nasaux et oculaires (système trigéminal) ont été déterminés soit avec des sujets anosmiques qui ne perçoivent pas les odeurs (Cometto-Muniz, J. Enrique et Cain, 1990 ; Cometto-Muniz, J.E. et Cain, 1995) soit en introduisant le stimulus dans la cavité nasale droite ou gauche des sujets et un échantillon blanc (eau) dans l'autre cavité nasale (Mattes et Di Meglio, 2001). Etant donné qu'il est possible de latéraliser les stimuli trigéminaux, mais pas les stimuli olfactifs, cette dernière technique permet de dissocier la perception de l'irritation de la perception du stimulus global. Il est à noter qu'aucune référence n'a été reportée concernant le seuil d'irritation en bouche (système trigéminal) et ceci probablement à cause de la difficulté dans la mise en œuvre de la méthodologie afin de dissocier la perception du goût de la perception de l'irritation en bouche.

Tableau 2. Récapitulatif des seuils de détection de l'éthanol reportés dans la littérature, déterminés en phase gazeuse et exprimés en % vol/vol

Auteurs	Olfactif	Irritation nasale	Irritation oculaire	Gustatif
Cometto-Muniz, J. Enrique et Cain (1990)	10^{-2}	3		
Cometto-Muniz, J.E. et Cain (1995)	4×10^{-3}		6	
Mattes et Di Meglio (2001)	3.63×10^{-4}	1.09×10^{-3}		1.43
Mattes (1994)				0.88
Settle (1979)				1.8
Martin et Pangborn (1970)				1.8

Devos *et al.* (1990) ont recensé 17 travaux consacrés à la détermination du seuil de détection olfactif de l'éthanol dans l'air et proposent un seuil moyen de 2.88×10^{-2} ml d'éthanol par litre d'air. Ce chiffre est cependant difficilement comparable avec les résultats des autres études dont les solutions n'ont pas été préparées en phase gazeuse mais en phase liquide.

Le tableau 2 montre une fluctuation importante dans la détermination des seuils de détection olfactifs et des seuils d'irritation avec une variation pouvant aller jusqu'à un facteur 100. Cependant, dans toutes les études relevées, le seuil de détection olfactif de l'éthanol est toujours moins élevé que celui de l'irritation. Les seuils de détection gustatifs de l'éthanol reportés dans la littérature sont un peu plus homogènes et le seuil moyen de détection semble

être situé entre 1 et 2 %. Malgré la variabilité importante dans la détermination des seuils, l'ensemble des études publiées suggère que l'ordre croissant de sensibilité à l'éthanol des trois systèmes de perception serait le suivant : olfactif < irritation nasale (trigéminal) < goût.

La fluctuation importante dans la détermination des seuils de détection vient probablement des différentes méthodes utilisées, mais également d'une grande variabilité individuelle entre les sujets. Mattes et Di Meglio (2001) ont montré que le seuil de détection de l'éthanol en bouche était significativement plus élevé chez les hommes (1.68%) que chez les femmes (1.19%). Cette différence de perception entre les hommes et les femmes ne s'est pas avérée significativement différente dans le cas de la perception olfactive et trigéminale de l'éthanol.
Mattes (1994) a également reporté une association significative entre la sensibilité sensorielle à l'éthanol et son niveau d'exposition. Le seuil de détection gustatif de l'éthanol de 20 sujets, plus ou moins buveurs d'alcool, a été déterminé à l'aide de la méthode 2-AFC et les sujets qui ne consommaient pas ou que très rarement de l'alcool, présentaient un seuil de détection significativement plus bas que les consommateurs réguliers. Ces résultats sont en accord avec d'autres données sur des sujets humains qui ont montré que les sujets alcooliques présentaient un seuil de détection gustatif de l'éthanol significativement plus élevé que les sujets non alcooliques (Settle, 1979; Rissanen *et al.*, 1987). Patel *et al.* (2004) ont montré que l'ingestion d'éthanol chez des sujets sains induisait une augmentation immédiate et significative du seuil de détection olfactif de l'éthanol, mais pas d'autres composés aromatiques comme l'alcool phenyl ethylique (odeur de rose). Dans cette étude, les seuils de détection olfactifs de ces deux composés ont été mesurés chez 16 sujets après leur avoir administré, soit du jus de raisin sans alcool, soit du jus de raisin additionné d'alcool, afin d'atteindre un taux d'alcool dans le sang d'environ 0.7 g/l. Bien que les mécanismes physiologiques soient méconnus, les auteurs expliquent cette diminution sélective du seuil de détection de l'éthanol par des mécanismes d'adaptation ou d'habituation spécifiques au niveau des récepteurs de l'odorant.

La manière dont croît l'intensité de la sensation induite par l'éthanol lorsque sa concentration augmente a été peu étudiée. Sauvageot (1997) a effectué une épreuve de Magnitude Estimation avec 17 sujets. Cette épreuve consistait à demander aux sujets de noter l'intensité d'une solution de référence à 5% puis d'attribuer à 5 solutions, dont la teneur en éthanol variait entre 2 et 12%, une note d'intensité proportionnelle à l'intensité de référence. L'adoption de la loi de Stevens ($I=kC^n$) pour exploiter ces résultats a permis de déterminer une pente de Stevens légèrement inférieure à un (0.90) lorsque les évaluations étaient effectuées par flairage et sensiblement supérieure à un (1.31) lorsque les évaluations étaient effectuées avec mise en bouche. L'auteur en conclut que l'intensité croît plus rapidement en bouche que par flairage.

3.1.3 Composante hédonique : propriétés sensorielles de l'éthanol, préférences et consommation

A notre connaissance, une seule étude évalue l'appréciation sensorielle déclarative de l'éthanol (Scinska et al., 2000). Dans cette étude, 20 sujets ont évalué le caractère hédonique de six solutions d'éthanol, dont la concentration variait entre 0.3 et 10% sur des échelles non structurées (10 cm) allant de « pas du tout plaisant » à « très plaisant ». Cette étude a été réalisée dans le but d'examiner le lien entre la préférence à l'alcool et le goût du sucré et n'a d'ailleurs pas mis en évidence de corrélation significative entre ces deux paramètres. Les résultats des évaluations hédoniques ont indiqué que l'appréciation de l'éthanol pur, en solution aqueuse, diminue significativement lorsque sa concentration augmente (figure 8). Cependant, lorsque l'on se focalise sur la solution préférée de chacun des sujets, on peut voir une distribution bi voire tri-modale, indiquant une grande hétérogénéité dans les préférences vis-à-vis de la concentration en éthanol.

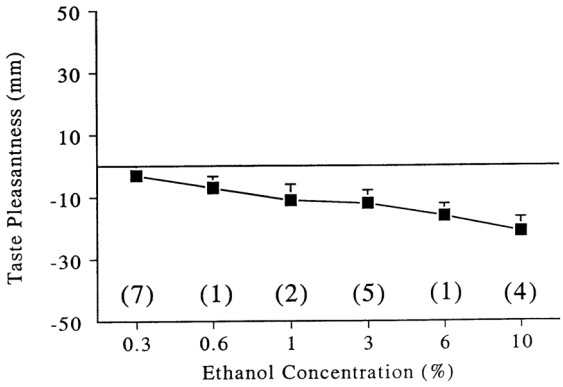


Figure 8. Evolution de l'appréciation de l'éthanol en solution aqueuse en fonction de sa concentration. Les nombres entre parenthèses correspondent au nombre de sujets ayant préféré une solution donnée. Extrait de Scinska et al. (2000)

Cette étude donne des indications sur l'appréciation sensorielle de l'éthanol pur, mais l'éthanol n'étant pratiquement jamais consommé ainsi, les résultats sont déconnectés de la réalité et difficilement transposables à des boissons alcoolisées plus complexes.

Les propriétés hédoniques associées au goût de l'éthanol ont été proposées plusieurs fois pour expliquer le comportement de consommation de ce composé. Quelques études effectuées chez le rat et la souris ont mis en évidence que les propriétés sensorielles de l'éthanol influençaient son niveau d'ingestion. Des rongeurs avec une forte préférence pour les solutions alcoolisées consomment des quantités plus importantes de solutions sucrées (saccharose, saccharine) que des rats ou des souris avec une préférence plus faible pour ces substances (Bachmanov *et al.*,1996a ; Bachmanov *et al.*, 1996b ; Kampov-Polevoy *et al.*, (1999) pour revue). Cette interaction entre la consommation de substances sucrées et la préférence pour l'éthanol a été peu étudiée mais confirmée chez l'humain (Kampov-Polevoy *et al.*, 1998). Cet auteur a montré que des sujets alcooliques préféraient significativement les concentrations élevées en

sucres comparés à des sujets témoins. Afin de comprendre si cette association était due à un phénomène d'exposition ou avait une origine génétique, ce même auteur est allé plus loin en étudiant l'association entre la réponse hédonique au goût sucré et l'existence de cas d'alcoolisme dans la famille (Kampov-Polevoy *et al.*, 2003). Cette étude a montré que les sujets avec une histoire d'alcoolisme d'origine paternelle appréciaient environ cinq fois plus le sucre que les sujets sans histoire d'alcoolisme d'origine familiale. Les auteurs ont obtenu les mêmes conclusions dans une deuxième étude réalisée l'année suivante (Kampov-Polevoy *et al.*, 2004) et en concluent que ces résultats supportent l'hypothèse selon laquelle les préférences pour les solutions les plus sucrées seraient associées à une prédisposition génétique à l'alcoolisme.

Toutes ces études convergent dans le même sens, mais elles fournissent seulement des corrélations entre la consommation d'éthanol et de substances sucrées et ne permettent pas de conclure quant au lien entre les propriétés sensorielles de l'éthanol et son ingestion. Blednov *et al.* (2008) ont directement étudié le rôle du goût dans la consommation d'éthanol en montrant qu'une manipulation génétique de la perception du goût sucré conduisait à une modification des préférences et de la consommation d'alcool. Dans cette étude, des souris mutantes sur lesquelles il manquait un gène pour l'expression des bourgeons du goût sucré et pour la transduction du goût sucré ont montré des scores de préférences pour l'éthanol et pour la saccharine (sucré) significativement plus bas que des souris normales. Ces mêmes souris consommaient effectivement et significativement moins d'éthanol dans un test de choix entre deux bouteilles que des souris normales. Kampov-Polevoy et al. (1999 for review) ont avancé une hypothèse indépendante du goût pour expliquer ce mécanisme d'association entre la consommation de composés sucrés et la consommation d'alcool. Ils supposent l'existence d'un substrat neurochimique commun dans le système nerveux central qui régit le « circuit de récompense » (satisfaction) des sucres et de l'éthanol. Plusieurs études confirment cette hypothèse en mettant en évidence un lien significatif entre une consommation excessive de sucres et d'alcool et le système opioïde interne (Kampov-Polevoy et al., 1999 for review).

Fréquemment, la palatabilité de l'éthanol est mesurée par une simple mesure de la consommation. Si un sujet humain ou non humain boit beaucoup d'éthanol, il en est déduit qu'il aime le goût et inversement, s'il évite la consommation d'éthanol, il en est déduit qu'il n'apprécie pas son goût. De telles conclusions, bien que logiques, ne sont pas supportées par des travaux indiquant que la palatabilité et la consommation de l'alcool peuvent être dissociées expérimentalement. Lorsque qu'une solution alcoolisée est présentée à un sujet, la décision de consommer ou non de l'alcool est certes basée sur la perception sensorielle du produit, mais également sur des facteurs expérientiels non négligeables. L'alcool présente des propriétés olfactives et gustatives qui guident vraisemblablement un organisme lors d'un premier contact avant son ingestion. Mais une fois l'alcool consommé et passé à travers le système digestif, ses effets post-ingestifs (positifs ou négatifs) peuvent influencer une

consommation ultérieure. Par conséquent, les tests de préférences usuels par mesure du volume consommé permettent difficilement d'évaluer le poids du sensoriel et le poids du post-ingestif.

Par exemple, l'éthanol présente une valeur calorique non négligeable et ainsi, une augmentation significative de sa consommation pourrait refléter une tentative de l'animal d'obtenir des calories (Richter, 1940 cité par Kiefer et Dopp, 1989). Des études effectuées avec des rats ont montré que les préférences se développent après une exposition répétée et les propriétés sensorielles de l'éthanol sont dans ce cas associées aux conséquences métaboliques de son ingestion (Kiefer *et al.*, 1994). La nature de cette association entre propriétés sensorielles et conséquences post-ingestives est probablement différente d'une personne à l'autre et explique la non congruence des études. Des variabilités individuelles importantes dans les réponses physiologiques et comportementales de l'éthanol ont été mises en évidence chez l'homme (Chutuape et De Wit, 1994). Notamment, des différences dans le métabolisme de l'alcool ont été notées, comme par exemple l'accumulation d'acétaldéhyde après avoir ingéré de l'alcool, qui est particulièrement élevée chez les Orientaux et les natifs américains (Kalow, 1982 cité par Mattes, 1994).

3.2 Perception sensorielle de l'éthanol incorporé dans une matrice

3.2.1 Impact de l'éthanol sur le flux salivaire

Dans une étude sur l'impact de l'éthanol sur la réponse salivaire de la parotide, Martin et Pangborn (1971) ont montré que la sécrétion du flux salivaire augmentait avec la concentration en éthanol (4.8%, 11.4%, 19% et 47.5%). Elles ont également montré que le flux salivaire était significativement plus important lorsque l'éthanol était présenté dans du vin que dans de l'eau (6%, 12% et 20%). Cette sécrétion salivaire, plus importante en présence de vin, serait due à l'acide tartrique. Dans le cas du vin à 12%, l'ajout d'éthanol (20%) a permis de diminuer significativement le flux salivaire. Cette diminution significative du flux salivaire par l'ajout d'éthanol dans des solutions modèles d'acide tartrique a été confirmée par Hyde et Pangborn (1978). Les auteurs expliquent cette diminution de la réponse salivaire avec l'ajout d'éthanol par une dilution de l'acidité ou par une anesthésie de la langue par l'alcool. De par les résultats, les auteurs ont suggéré une interaction possible de l'éthanol sur la perception des autres composés du vin (acides, tannins).

3.2.2 Interactions éthanol/composés aromatiques

La libération des arômes dans le vin dépend de la concentration des composés volatiles mais également des interactions entre ces composés et les autres constituants du vin. L'éthanol est le composé volatile le plus abondant dans le vin et pourrait modifier la libération des composés aromatiques mais également leur perception sensorielle (Goldner *et al.*, 2009).

3.2.2.1 Interactions physico-chimiques

Quelques études se sont intéressées à l'effet de l'alcool sur la libération statique et dynamique des composés aromatiques et s'accordent sur le fait que l'éthanol est responsable de la rétention des arômes (Conner et al. 1998 ; Conner et Paterson, 1999 ; Perpète et Collin, 2000 ; Hartman *et al.*, 2002 ; Burgering *et al.*, 2009 ; Goldner et al., 2009). Perpète et Collin (2000) ont d'ailleurs mis en évidence que l'odeur défectueuse de moût, caractéristique de la bière sans alcool, ne serait finalement pas imputable à la dégradation insuffisante des aldéhydes par les levures en raison d'une fermentation limitée, mais à une diminution de la rétention des aldéhydes par l'absence d'éthanol.

Ces résultats sont cependant à nuancer puisque certains auteurs ont montré que la rétention de l'éthanol était variable selon les composés aromatiques. En effet, Le Berre *et al.* (2007) ont effectivement montré que la volatilité de la whiskey lactone, composé odorant caractéristique du boisé dans le vin, était significativement plus basse lorsque ce composé était incorporé dans une solution additionnée d'éthanol (12%) que dans une solution aqueuse, mais cette diminution de la volatilité n'a cependant pas été confirmée avec l'acétate d'isoamyle. Goldner et al. (2009) ont montré que l'augmentation de la teneur en alcool diminuait la libération de la majorité des composés aromatiques mais augmentait celle de l'éthyle phényle acétate.

Burgering et al. (2009) ont confirmé cette tendance avec une étude *in vivo* dans laquelle l'effet de l'éthanol sur la libération des composés aromatiques était étudié en mesurant la concentration en arômes libérés directement dans la cavité nasale des sujets avec l'appareil MS-Nose. Les sujets devaient mettre en bouche sept solutions hydro-alcooliques dont la concentration en éthanol variait entre 2.5 et 40 % et contenant un même mélange de cinq odorants, tout en suivant un protocole précis de dégustation. Les résultats ont montré que l'effet de la teneur en alcool variait selon les composés aromatiques. L'éthanol diminue significativement la libération de l'hexanoate d'éthyle, de l'acétate d'éthyle et du trans-2-nonénal mais n'a aucun effet sur la rétention du linalol et du 2,5-diméthylpyrazine. Tandis que la concentration des arômes dans l'espace nasal diminue rapidement une fois la boisson avalée, celle de l'éthanol persiste dans la cavité nasale pendant 24 secondes. Les auteurs indiquent que cette persistance près des récepteurs olfactifs pourrait avoir un impact sur la perception sensorielle aussi bien au niveau des récepteurs qu'au niveau neurologique.

3.2.2.2 Interactions perceptuelles

Burgering et al. (2009) ont mis en évidence l'existence d'interactions perceptuelles entre l'alcool et les composés aromatiques via l'utilisation d'un olfactomètre. Cet appareil transmet des pulsations aromatiques d'un composé précis directement dans le nez des sujets. Les auteurs ont d'abord transmis une première pulsation de butyrate d'éthyle, puis une deuxième pulsation d'éthanol et enfin une dernière pulsation d'un mélange butyrate d'éthyle et d'éthanol dans le nez des sujets et leur ont demandé de décrire chacune des pulsations. Le

butyrate d'éthyle seul a été perçu et décrit comme « bonbons » ou fruités, l'éthanol seul comme doux, éthéré et piquant et le mélange des deux composés comme chaleureux et « semblable au cognac ».
Dans le but d'étudier les interactions perceptuelles entre l'éthanol et les arômes, Le Berre et al. (2007) ont fait évaluer, par des sujets entraînés, l'intensité odorante perçue de différents mélanges d'acétate d'isoamyle et de whiskey lactone présentés soit dans une solution aqueuse, soit dans une solution hydro-alcoolique (12%). Les résultats indiquent une interaction éthanol-arômes avec un effet synergique de l'odeur boisée sur l'odeur fruitée observé dans les solutions aqueuses et disparaissant dans les solutions hydro-alcooliques.
Escudero *et al.* (2007) et Goldner et al. (2009) ont montré que l'augmentation de la teneur en éthanol dans des vins rouges diminuait significativement la perception des arômes fruités. Goldner et al. (2009) ont également montré que l'augmentation de la teneur en alcool induisait une augmentation significative de la perception des notes herbacées. Ces deux résultats sont probablement liés à l'impact de l'éthanol sur la libération et la rétention des composés aromatiques exposés dans le chapitre précédent.

3.2.3 Interactions éthanol / saveurs

En 1970, Martin et Pangborn ont montré que l'augmentation de la teneur en alcool (4, 8, 12 et 16%) augmentait significativement la perception amère de la quinine chlorhydrate. Cette augmentation de la perception amère avec l'augmentation de la teneur en alcool a été confirmée par Fischer et Noble (1994) dans des vins blancs et par Vidal *et al.* (2004), Jones *et al.* (2008) et Fontoin *et al.* (2008) dans des solutions de vins modèles. Fischer et Noble (1994) ont d'ailleurs noté qu'une augmentation d'éthanol de 8 à 11 % et de 11 à 14 % induisait une augmentation de la perception amère respective de 51 % et 41%. Dans une étude sur la perception temporelle de l'amertume, Noble (1994) a confirmé l'effet significatif de l'alcool sur l'intensité de perception de l'amertume mais a également noté une augmentation significative de la durée de la perception amère avec l'augmentation de la teneur en alcool.

L'éthanol semble également avoir un impact sur la perception du sucré mais les études donnent des résultats parfois contradictoires. Berg *et al.* (1955) ont montré qu'une solution contenant 8 % de saccharose et 10 % d'éthanol est perçue aussi sucrée qu'une solution de saccharose à 10 %. Ce résultat a été corroboré par Martin et Pangborn (1970) qui ont montré que l'addition d'éthanol (de 4 % à 24 %) dans des solutions de saccharose augmentait significativement l'intensité de perception sucrée. Hoopman *et al.* (1993) ont montré que l'augmentation de la teneur en alcool de 0 à 10% augmentait la perception du sucré de différentes solutions de sucres (sacharose, fructose, sorbitol, xylitol). Cependant, pour des variations de teneur en alcool de 10 à 30%, l'augmentation de la teneur en alcool diminuait la perception sucrée de ces mêmes solutions.

L'éthanol a un impact controversé sur la perception de l'acidité. Martin et Pangborn (1970) ont montré qu'il diminuait la perception acide de solutions d'acide citrique tandis que Fischer et Noble (1994) ont montré qu'il n'avait pas d'impact sur la perception de vins modèles, excepté au pH 3.2 où l'augmentation de la teneur en alcool de 8 à 10% diminuait significativement la perception de l'acidité.

L'impact de l'éthanol sur la perception du salé a été très peu étudié, probablement car cette saveur est peu impliquée dans les boissons alcoolisées. La seule étude relevée dans la littérature (Martin et Pangborn, 1970) a montré que l'éthanol diminuait la perception salée de solutions de chlorure de sodium.

3.2.4 Interactions éthanol / sensations

Dans la profession vinicole (œnologue, vignerons, sommeliers…), il est généralement admis que l'éthanol participe à la perception du « corps » du vin. Quelques études ont montré que la teneur en éthanol était fortement et linéairement corrélée à des mesures physiques de la viscosité et de la densité (Pickering *et al.*, 1998 ; Nurgel et Pickering, 2005). Cette corrélation linéaire n'a cependant pas été clairement constatée entre la teneur en alcool et des mesures perceptives de la densité et de la viscosité. Pickering *et al.* (1998) ont été les premiers à étudier l'impact de l'éthanol sur la perception de ces deux paramètres avec des vins blancs dont la teneur en alcool variait de 0.3 % à 14 %. Ils ont montré que bien que la teneur en alcool était corrélée avec la perception de l'intensité maximale de la viscosité et de la densité, ces deux paramètres étaient respectivement mieux expliqués par des modèles quadratiques et cubiques. L'intensité maximale de la viscosité a été observée pour une teneur en alcool de 10 % et celle de la densité pour une teneur de 12%. Nurgel et Pickering (2005) ont mis en évidence un effet linéaire positif mais modéré (r=0.20) de la teneur en alcool sur la perception de ces deux paramètres sur des vins modèles variant entre 0 et 14 % d'éthanol. Gawel *et al.* (2007) n'ont pas noté d'impact significatif de la teneur en alcool sur la perception de la viscosité mais ils ont travaillé avec des séries de vins blancs dont la variation de la teneur en alcool était beaucoup moins importante que dans les études précédentes (de 11.6 % à 13.5 %). Ils ont par contre noté une corrélation positive significative entre la teneur en alcool et la perception du corps dans deux séries de vins sur trois. La perception du corps était définie par les panélistes de cette étude comme « l'impression globale de lourdeur et de consistance du vin en bouche ». L'ensemble de ces études suggère que l'alcool participe à la perception en bouche de la viscosité et de la densité du vin, mais cet effet n'est probablement pas perceptible pour des variations d'alcool inférieures à 3 %.

Bien que l'éthanol soit généralement reconnu pour apporter aux boissons alcoolisées un caractère chaud, voire brûlant en bouche, peu d'études se sont intéressées à mesurer ce phénomène. Les deux seules études relevées dans la littérature ont montré qu'une élévation de la teneur en alcool d'environ 11.6 à 13.5% dans des vins blancs (Gawel et al., 2007) et de 11 à

13% dans des vins modèles (Jones *et al.*, 2008) induisait une augmentation significative de la perception de « chaleur » en bouche.

Deux études ont été rapportées sur l'impact de l'éthanol sur la perception de l'astringence (Vidal *et al.*, 2004 ; Fontoin *et al.*, 2008). Fontoin *et al.*(2008) ont fait varier la teneur en alcool (0, 7, 11 et 15%) dans des solutions de vins modèles contenant 4 g/l d'acide tartrique et 2g/l de tannins. Les résultats ont montré que la perception de l'astringence diminuait significativement et linéairement lorsque la teneur en alcool augmentait. Ces résultats confortent la tendance observée par Vidal *et al.* (2004), dans des solutions modèles, d'une diminution de l'intensité astringente perçue pour les concentrations élevées en alcool (15%). Fontoin *et al.* essaient d'expliquer ce résultat soit par une augmentation possible de la viscosité des solutions modèles avec l'augmentation de la teneur en alcool (Pickering *et al.*, 1998), soit par une augmentation de la lubrification en bouche avec l'éthanol, limitant la perception de friction dans la cavité orale. Les auteurs n'excluent pas la possibilité que l'éthanol, par son goût amer et sucré, équilibre la perception de l'astringence.

3.2.5 Seuil de détection de l'éthanol incorporé dans une matrice

D'après Sauvageot (1997), « il est généralement admis que le seuil de perception de l'éthanol est plus élevé quand il est déterminé dans un support réel que dans un support neutre ». En effet, les constituants du support peuvent avoir un effet tampon en masquant les sensations provoquées par l'éthanol (amer, chaleur, sucré).

O'Mahony et Davies (1978) ont d'ailleurs montré que l'addition de 1 % d'éthanol (concentration normalement perçue en solution pure) à un xérès n'était pas perçue par l'ensemble des sujets. Une étude effectuée sur la bière a montré que le seuil de perception de l'éthanol dans une bière « fade » était de 2.15 % (Meilgaard, 1993). Quatre études ont été rapportées sur le seuil de détection de l'éthanol dans le vin. Filipello (1955) et Hinreiner *et al.* (1955) ont montré que le seuil de détection de l'éthanol se situe aux alentours de 4 % dans du vin de table. Sauvageot (1997) a déterminé un seuil de perception de 3 % (comparaison 15-12%) avec des vins de Muscat et Urbano *et al.* (2007) ont déterminé un seuil de 3 % dans des vins rouges du Languedoc (14-11 %) et de 4 % dans des vins blancs du Languedoc (14-10 %). Yu et Pickering (2008), dans une étude plus récente, ont montré qu'une variation de la teneur en alcool de 1 % dans des vins de Chardonnay et Zinfandel était perçue de façon significative par les consommateurs. Ce dernier résultat est surprenant car il est du même ordre de grandeur que le seuil de détection de l'éthanol pur. Les différences individuelles obtenues dans cette étude semblent beaucoup trop importantes pour pouvoir conclure à un seuil moyen aussi bas. Les auteurs ne donnent malheureusement pas la distribution détaillée des seuils individuels mais ils donnent le seuil le plus bas et le seuil le plus élevé pour chacun des vins. En guise d'exemple, dans le cas du chardonnay à 11.56 %, les auteurs trouvent un seuil moyen de 1.20 % d'éthanol avec un seuil individuel le plus bas de 0.22 % et le plus haut de

4.94 %. De plus, les sujets de cette étude savaient que la différence entre les échantillons provenait de la teneur en alcool. Il est bien connu qu'il faut effectuer ce type de tests à l'aveugle, sans information préalable sur l'objet de l'étude, afin de ne pas influencer les sujets. Lorsque le sujet sait sur quoi porte la différence, il se focalise dessus et la détection devient plus aisée. Pour finir, les différents vins de l'étude ont été obtenus en ajoutant simplement de l'éthanol à des vins de base à environ 11.5 % et non par ajout d'un mélange hydro-alcoolique croissant. Cela veut dire que les échantillons dans lesquels a été rajouté de l'éthanol ont été dilués par rapport au vin de base. Il y a donc un effet de la teneur en alcool combiné à un effet de dilution dans ces vins et les conclusions sont donc biaisées.

3.3 Images et représentations de l'alcool dans le vin

D'après Blouin et Cruège (2008), la majorité des vins étaient auparavant vendus et achetés « au degré-hecto ». C'est-à-dire que le prix variait selon le produit « degré alcoolique x volume » et dans ces conditions, la valeur marchande était directement liée au degré alcoolique du vin. Les vins alcoolisés étant plus chers, ils étaient considérés comme meilleurs. De nos jours, le degré alcoolique représente encore, pour beaucoup de consommateurs, une expression importante de la qualité du vin et ceci, de façon probablement excessive (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2004). Cette association degré d'alcool/qualité du vin a été probablement guidée par les dégustateurs de vins professionnels qui attribuent généralement de meilleures évaluations aux vins concentrés et donc alcoolisés.

Cependant, depuis quelques années, le changement d'attitude envers le style de vie et la santé ont influencé la consommation des boissons alcoolisées et un mouvement de consommateurs envers les boissons à faible taux d'alcool est en train d'apparaître. (Smith et Mitry, 2007 pour revue). Mais, d'après Pickering (2000), les consommateurs de vin et la filière du vin elle-même, ont tendance à adopter une attitude de mépris envers les vins réduits en alcool (de 0.5% à 6.5%). Ces attitudes négatives seraient encouragées et guidées par les nombreux « critiques » et figures clés de la filière vin qui jouent un rôle important de leader d'opinion.
D'Hauteville (1994) a étudié l'acceptabilité du concept « vins à faible teneur en alcool » dans trois pays européens et a montré un rejet important de la part des consommateurs. L'Allemagne présentait le taux de rejet le plus important, suivie par la France et enfin par le Royaume-Uni. Au Royaume-Uni, le taux de rejet était tout de même élevé avec seulement 25 % des consommateurs qui acceptent le concept des « vins à faible teneur en alcool ». D'après les résultats de l'enquête sur l'ensemble des trois pays, il existerait une croyance négative chez les consommateurs rejetant le concept, selon laquelle le manque d'alcool altérerait le goût du vin.
Ces études concernent des vins dont la teneur en alcool ne dépasse pas les 7 % et l'on peut se demander si le taux de rejet des vins dont la réduction d'alcool ne serait que partielle (vins à

environ 10-11 %) serait aussi fort que celui des vins à plus faible teneur en alcool. Aucune donnée n'a cependant été relevée sur cette question.

3.4 Synthèse

L'éthanol est un composé important dans la perception sensorielle des boissons alcoolisées puisqu'il apporte à lui seul un goût amer et/ou sucré et une sensation de chaleur, mais aussi puisqu'il interagit avec les autres composés et peut modifier leur perception.

Le nombre d'études portant sur la perception sensorielle de l'éthanol est assez limité. Ceci s'explique probablement par le fait que dans les boissons alcoolisées, la fraction non éthanol a un impact important sur la perception du produit final et l'extrapolation à des boissons complexes semble difficile. Les études rapportent parfois des résultats contradictoires et ceci s'explique probablement par la variabilité interindividuelle dans la perception de ce composé mais également par la variété des disciplines abordant cette thématique (psychologie comportementale, médecine, génétique, analyse sensorielle).

L'image associée à la teneur en alcool des vins a un rôle non négligeable pour les consommateurs et il semblerait que le concept des vins à faible taux d'alcool soit perçu négativement.

CHAPITRE 2. QUESTIONS DE RECHERCHE ET PRESENTATION DE LA DEMARCHE

1. Identification des axes et questions de recherche

La revue bibliographique présentée au cours du premier chapitre a permis de constater qu'il existe une multitude de techniques, plus ou moins efficaces, pour partiellement réduire la teneur en alcool des vins. De toutes ces techniques, l'osmose inverse est la plus adaptée pour être utilisée en France.

Cependant, il y a une absence de données concernant les conséquences de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception sensorielle du vin. La littérature suggère que l'éthanol est un composé important dans la perception sensorielle du vin. Il apporte à lui seul un goût amer et/ou sucré et une sensation de chaleur, mais il interagit également avec les composés du vin en modifiant leur perception. De plus, la technologie d'osmose inverse peut provoquer une perte de composés tels que les esters, les acides organiques ou le potassium et avoir un impact sur la perception sensorielle des vins.

Il est donc important de comprendre en quoi les équilibres gustatifs et aromatiques du vin peuvent être modifiés par une réduction de la teneur en alcool par osmose inverse.

Notre premier axe de recherche a consisté à étudier l'impact de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception sensorielle du vin.

Par ailleurs, aucune étude n'a été relevée sur les conséquences de la réduction d'alcool par osmose inverse sur l'appréciation et l'acceptabilité des vins par les consommateurs. D'après la littérature, les consommateurs ont a priori tendance à rejeter l'idée d'un vin allégé en alcool (< 7%), en invoquant une infériorité gustative par rapport aux vins traditionnels. La dimension cognitive intervient de façon importante dans la formation des préférences vis-à-vis du vin, et les caractéristiques extrinsèques de la bouteille de vin, par les attentes qu'elles induisent, peuvent impacter fortement la perception et l'appréciation globale du produit.

Il est donc important d'évaluer si les modifications sensorielles induites par la réduction d'alcool dans le vin sont appréciées par les consommateurs. Il est également primordial d'évaluer si le concept des vins à teneur réduite en alcool est accepté par les consommateurs, et d'étudier comment cette acceptabilité interagit avec l'appréciation sensorielle dans la formation du jugement global d'appréciation du vin.

Notre second axe de recherche s'est attaché à étudier l'impact de la réduction d'alcool sur l'appréciation et l'acceptabilité du vin.

Les deux axes de recherche identifiés n'ayant jamais été abordés dans la littérature, la démarche de recherche a été plutôt de type exploratoire avec peu d'hypothèses mais de nombreuses questions.

La liste des questions qui ont été abordées tout au long de ce manuscrit, pour chacun des deux axes de recherche, est présentée dans les encadrés respectifs ci-dessous.

Impact de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception sensorielle des vins

- **Q_1** : Une différence sensorielle est-elle perceptible entre les vins d'origine et les mêmes vins partiellement désalcoolisés ?
- **Q_2** : Quelle est la nature et l'intensité de cette différence sensorielle ?
- **Q_3** : Cette différence est-elle induite par l'abaissement du taux d'alcool ou par les effets secondaires du traitement d'osmose inverse ?
- **Q_4** : La réduction d'alcool impacte-t-elle la perception de la complexité des vins ?
- **Q_5** : Est-il envisageable de mettre en place des stratégies de compensation sensorielle ?
- **Q_6** : L'impact sensoriel de la réduction d'alcool est-il le même sur les vins rouges et les vins blancs ?

Appréciation et acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool

- **Q_7** : Les consommateurs apprécient-ils le goût des vins à teneur réduite en alcool ?
- **Q_8** : Quelles sont les attentes des consommateurs par rapport aux vins à teneur réduite en alcool ?
- **Q_9** : Les consommateurs acceptent-ils le concept des vins à teneur réduite en alcool ?
- **Q_{10}** : Quel est l'impact relatif du goût et de l'information dans l'appréciation des vins à teneur réduite en alcool ?
- **Q_{11}** : Existe-t-il des différences dans l'appréciation et l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool entre les hommes et les femmes ? Entre les jeunes et les personnes âgées ? Entre les novices et les experts ? Entre les consommateurs de vins réguliers et occasionnels ?
- **Q_{12}** : Y a-t-il une différence d'appréciation et d'acceptabilité entre les vins rouges et blancs à teneur réduite en alcool ?

2. Présentation de la démarche générale

2.1 Choix des méthodologies d'analyse sensorielle

Les questions de recherche identifiées ont permis d'aborder la thématique de l'impact de la réduction d'alcool sur la perception des vins de façon globale, depuis la perception sensorielle des produits jusqu'à leur appréciation et acceptabilité par les consommateurs. Cette « transversalité » a impliqué le choix et l'application de méthodologies d'analyse sensorielle très variées mais bien spécifiques pour chacune des questions abordées.

- Perception sensorielle de la réduction d'alcool dans le vin (Q_1)

Il s'agit de déterminer si le sujet perçoit une différence sensorielle entre le vin témoin et le vin désalcoolisé. Cette question peut être investiguée par l'utilisation d'épreuves sensorielles discriminatives, dont l'objectif est de détecter l'absence ou la présence de différences sensorielles entre deux produits (Touraille, 1998). Dans le cas d'une utilisation avec des boissons alcoolisées, il était préférable de sélectionner une méthode impliquant un nombre limité de dégustations. L'épreuve du test triangulaire a été choisie.

- Description des différences sensorielles induites par la réduction d'alcool dans le vin (Q_2)

Le but est de qualifier et quantifier, par une description objective, les modifications sensorielles induites par la désalcoolisation des vins. La méthode du profil sensoriel conventionnel (ISO 13299, 2003), faisant intervenir des panels de sujets entraînés, a été sélectionnée pour répondre à cet objectif. Afin de compléter les descriptions effectuées avec cette méthode, une méthodologie descriptive temporelle a également été employée : la Dominance Temporelle des Sensations (Pineau *et al.*, 2009). En effet, d'après Noble (1995), les études temporelles seraient essentielles pour décrire les modifications induites par la réduction d'alcool dans les vins.

- Mesure de la complexité dans les vins à teneur réduite en alcool (Q_4)

Ce point a pour objectif d'évaluer si la complexité perçue dans le vin est affectée par la réduction d'alcool. Dans le domaine du vin, il est bien établi qu'un vin complexe est un vin de qualité. Cependant, mises à part quelques études qualitatives (Charters et Pettigrew, 2007), il n'y a pas de données pour soutenir cette hypothèse. D'après Medel *et al.* (2009), la complexité perçue dans le vin serait reliée à huit dimensions sensorielles, telles que le nombre d'arômes perçus, la familiarité, l'homogénéité, l'harmonie, l'équilibre, la facilité à identifier les sensations, la puissance et la persistance. Ces auteurs ont développé un questionnaire dont l'objectif est de mesurer la complexité perçue dans le vin ainsi que ses huit dimensions associées. Nous avons choisi d'appliquer ce questionnaire pour l'étude des vins à teneur réduite en alcool.

- Appréciation et acceptabilité des consommateurs (Q_7, Q_8, Q_9, Q_{10}, Q_{11})

Il s'agit d'évaluer si les consommateurs apprécient et acceptent les vins à teneur réduite en alcool. Dans ce but, des tests hédoniques à l'aveugle et avec information (Lange, 2000) ont été effectués avec les mêmes consommateurs. Le test hédonique à l'aveugle permet de mesurer l'appréciation strictement sensorielle en isolant la composante sensorielle tandis que le test avec information permet de mesurer l'acceptabilité en évaluant l'impact de l'information sur l'appréciation du produit. Un développement méthodologique a également été effectué afin de mesurer le poids de chacune de ces composantes sur l'appréciation globale des vins à teneur réduite en alcool en situation réelle de consommation.

Le développement des préférences est un phénomène dynamique dans le temps et une exposition répétée avec un produit peut conduire à un changement dans son appréciation à long terme (Sulmont-Rossé *et al.* , 2008). Cependant, nous avons décidé de nous focaliser sur l'appréciation et l'acceptabilité à court terme des vins à teneur réduite en alcool afin de comprendre quelle sera la réaction des consommateurs lorsqu'ils seront confrontés pour la première fois avec ce type de produits.

2.2 Choix des vins et évolution de l'espace produit

L'ensemble des expérimentations effectuées pour répondre aux questions de recherche ont fait l'objet de trois études différentes. Pour des raisons pratiques de disponibilité et de conservation des vins, chaque étude a été effectuée avec une série de vins différente, produite à partir de vins témoins millésimés de l'année précédente. Cette stratégie présente l'inconvénient de limiter la comparaison des résultats inter-études mais a l'avantage d'avoir pu faire évoluer l'espace produit au fil des études, en fonction des résultats obtenus. Les taux de désalcoolisation, le type de vin témoin à désalcooliser ainsi que les techniques de désalcoolisation ont donc été réajustés au cours des études et ont conduit à l'élaboration de trois séries de vins différentes, présentées et synthétisées dans le tableau 3.

Tableau 3. Présentation des trois séries de vins étudiées

Série	Cépages	Millésime	Provenance	Technique de désalcoolisation	Taux de désalcoolisation	Effets étudiés
Série 1	Chardonnay Sauvignon Merlot Syrah	2005	Languedoc-Roussillon	OI + Distillation	-1.5 %, -3 %	Réduction d'alcool Osmose inverse Teneur en alcool
Série 2	Chardonnay Syrah	2006	Languedoc-Roussillon	OI + CM	-4.5%	Réduction d'alcool
Série 3	Syrah	2007	Australie	OI + CM	-2%, -4 %, -5.5%	Réduction d'alcool Complémentation sucre

*OI=Osmose inverse / CM=Contacteur à membrane

- Choix et évolution des taux de réduction d'alcool dans les vins

Actuellement, la législation Européenne sur les vins n'autorise pas une réduction d'alcool par osmose inverse supérieure à 2%, mais dans le cadre de nos recherches, il était important de ne pas se limiter à cette réglementation, afin de mener les travaux à bien, tout en gardant à l'esprit qu'une évolution de la législation sera toujours possible.

Le processus de désalcoolisation nécessitant un volume de vin et un nombre d'heures de travail conséquents, il n'était économiquement pas possible d'effectuer de pré-tests afin de déterminer les taux de désalcoolisation idéaux, correspondant aux seuils minimaux de perception par les consommateurs. Les taux de désalcoolisation de la première série de vins ont donc été choisis de façon exploratoire et arbitraire, en se basant sur les résultats d'études rapportés dans la littérature (Filipello, 1955 ; Hinreiner *et al.*, 1955 ; Urbano *et al.*, 2007). Ces études suggèrent qu'une réduction d'alcool de -3 % v/v dans le vin est perçue par les consommateurs mais celles-ci ont été réalisées sur des vins dont seule la teneur en alcool variait, par ajout d'un mélange hydro-alcoolique, et ne prennent pas en compte l'effet de l'osmose inverse qui peut aussi altérer l'équilibre gustatif du vin. Il a donc été estimé par extrapolation que le seuil différentiel de perception induit par l'effet combiné de la variation du taux d'alcool et de l'osmose inverse devait être inférieur au seuil différentiel induit par le seul effet de la variation d'alcool (3 %).

La première série de vins a donc été réalisée avec des taux de désalcoolisation de -1.5 % et -3 %. Par la suite, les effets de la désalcoolisation observés avec cette première série de vins étant faibles, le taux d'alcool retiré a été augmenté à -4.5 % pour la deuxième série de vins et à -5.5 % pour la troisième série de vins.

- Evolution des styles de vins à désalcooliser (Q_6, Q_{12})

Afin de comparer les effets induits par la réduction d'alcool sur les vins blancs et les vins rouges, deux cépages blancs (Chardonnay et Sauvignon Blanc) et deux cépages rouges (Merlot et Syrah) ont été étudiés sur l'ensemble des expérimentations.

La première série de vins désalcoolisés a été effectuée avec ces quatre cépages pour obtenir une première vision d'ensemble. Le nombre de cépages étudiés a ensuite été progressivement réduit à deux pour la deuxième série de vins (Chardonnay et Syrah) et à un (Syrah) pour la troisième série de vins.

Les vins témoins utilisés dans les deux premières séries, en provenance du Languedoc-Roussillon, ont été jugés peu aromatiques par de nombreux consommateurs. Afin d'étendre le champ d'application des résultats obtenus avec ces deux séries, il a été décidé de travailler avec un vin témoin plus aromatique, en provenance d'Australie, pour la troisième série.

- Evolution des techniques de désalcoolisation

La première série de vins a été réalisée en combinant l'osmose inverse à une étape de distillation tandis que les deux dernières séries de vins ont été effectuées en combinant

l'osmose inverse avec un passage dans un contacteur membranaire (CM). Le contacteur membranaire est préférable à la distillation car il ne fait pas intervenir de traitement thermique et permet de traiter le vin en continu, mais il n'était pas disponible lors de l'élaboration de la première série de vins.

- Effet de l'osmose inverse vs. effet de la teneur en alcool (Q_3)

L'effet sensoriel de la réduction d'alcool peut être imputable à la variation du taux d'alcool mais également au traitement technologique par osmose inverse. Afin d'étudier ces deux effets séparément, un vin reconstitué a été élaboré pour la première série de vins, en désalcoolisant le vin témoin de -3 % puis en y rajoutant l'alcool et l'eau enlevés. Par comparaison avec le vin témoin, ce vin permet d'étudier l'effet du traitement par osmose inverse, indépendamment du taux d'alcool retiré.

- Effet d'une complémentation sur la perception des vins à teneur réduite en alcool (Q_5)

La législation est très restrictive sur l'ajout de composés dans les vins mais il était important de ne pas se limiter à cela dans le cadre de nos recherches. La littérature suggérant que l'éthanol a un goût amer et/ou sucré, nous avons choisi de complémenter les vins à teneur réduite en alcool avec des composés sucrés, plus appréciables en général que les composés amers. Afin d'étudier si une complémentation en sucre permettrait de compenser les effets de la réduction d'alcool, un vin complémenté a été élaboré pour la troisième série de vins, en rajoutant du sucre de raisins, à raison de 8.44 grammes par litre, dans le vin désalcoolisé de -5.5 %.

3. Déroulement des expérimentations : trois études successives

Trois études ont été réalisées avec chacune des séries de vin. Chacune d'entre elles regroupe plusieurs expérimentations et a été développée en fonction des résultats de la précédente. La figure 9 présente les expérimentations effectuées pour chacune des trois études et synthétise le cheminement logique pour passer de l'une à l'autre. Les expérimentations dont l'encadré est de couleur blanche, jaune et rose seront abordées dans le chapitre 3 tandis que les expérimentations dont l'encadré est de couleur verte et mauve seront présentées dans le chapitre 4.

La première étude, de type exploratoire mais transversale, a permis de répondre aux questions Q_1, Q_2, Q_3, Q_6, Q_7, Q_9, Q_{11} et Q_{12} et de tirer les premières conclusions sur la perception sensorielle des vins à teneur réduite en alcool et sur leur appréciation et acceptabilité par les consommateurs. A partir de ces conclusions, les possibilités d'amélioration concernant l'élaboration des vins désalcoolisés ont été identifiées, ainsi que les questions de recherche à approfondir pour les études suivantes. La deuxième étude a été mise en place avec la série de vins n°2 afin d'examiner la thématique de l'appréciation et l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool et de répondre aux questions Q_7, Q_8, Q_9, Q_{10}, Q_{11}, et Q_{12} tandis que la troisième étude a été mise en place avec la série de vins n°3 pour approfondir la thématique de la perception sensorielle des vins à teneur réduite en alcool et de répondre aux questions Q_1, Q_2, Q_4, Q_5, Q_6.

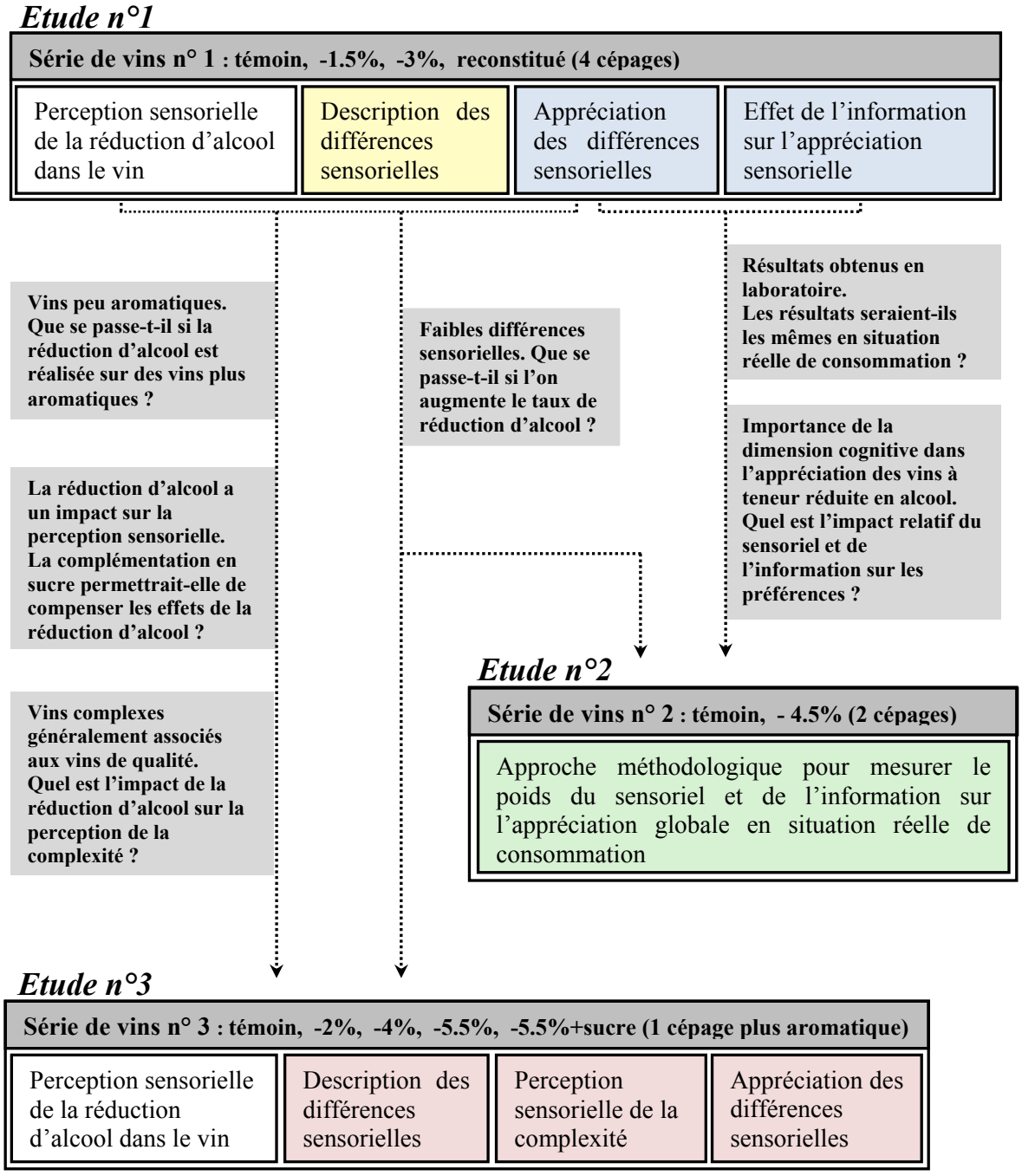


Figure 9. Présentation des expérimentations réalisées dans chacune des études et de la démarche logique employée pour passer d'une étude à l'autre

Légende : correspondances entre les expérimentations et les chapitres du manuscrit

- Chapitre 3, partie 1
- Chapitre 3, partie 2 (article 1), partie 3
- Chapitre 3, partie 4 (article 2)
- Chapitre 4, partie 1 (article 3)
- Chapitre 4, partie 2 (article 4)

CHAPITRE 3. IMPACT DE LA REDUCTION D'ALCOOL SUR LA PERCEPTION SENSORIELLE DES VINS

1. Etude préliminaire : une différence sensorielle est-elle perceptible entre les vins témoins et les vins désalcoolisés ?

1.1 Objectifs

L'objectif de cette première partie est de déterminer si une différence sensorielle est perçue entre les vins témoins et les vins désalcoolisés.
La question de la détection de différences sensorielles entre deux produits fait appel à des méthodologies sensorielles discriminatives. Parmi toutes les méthodologies discriminatives existantes, notre choix s'est porté sur le test triangulaire car il implique un nombre limité de dégustations. En effet, le vin présentant un arrière goût important (tannins, alcool), un nombre de dégustations élevé pourrait entraîner une fatigue sensorielle et une diminution de la sensibilité gustative. De plus, une ingestion répétée d'alcool pourrait occasionner une baisse d'attention et de concentration de la part des sujets.

Au vu de la littérature (Filipello, 1955 ; Hinreiner *et al.*, 1955 ; Urbano *et al.*, 2007), nous faisons l'hypothèse qu'une différence sensorielle est perçue entre un vin témoin et le même vin désalcoolisé de -3% par osmose inverse. Nous supposons également qu'au dessus d'un taux de réduction d'alcool de -3%, une différence sensorielle est perçue entre le vin témoin et le vin désalcoolisé.
Effectuée dans un but préliminaire, cette partie a fait l'objet d'expérimentations modestes, avec un nombre limité de sujets et de comparaisons de produits.

1.2 Matériel et méthodes

1.2.1 Procédure générale

Le principe de l'épreuve triangulaire à choix forcé (ISO 4120) consiste à présenter aux sujets trois échantillons de produits, dont deux sont identiques et le troisième est différent. Le sujet doit goûter chacun des échantillons puis déterminer quel est le produit qui est différent des deux autres parmi les trois échantillons.
Effectuée dans un but préliminaire et exploratoire, la réalisation des tests triangulaires n'a pas fait l'objet d'un recrutement spécifique mais opportuniste des sujets. En effet, lorsqu'un groupe de sujets dont l'effectif était supérieur à 30 venait visiter le laboratoire et souhaitait faire quelques dégustations, nous en avons profité pour leur faire pratiquer des tests triangulaires sur les vins désalcoolisés. En tout, deux groupes de sujets ont chacun participé à une séance de dégustation de 20 minutes. Chaque groupe a effectué une série de quatre tests triangulaires avec des vins différents. Le vin étant un produit alcoolisé persistant, il nous

semblait préférable qu'un même sujet n'effectue pas plus de quatre tests triangulaires pour obtenir des résultats valides.
Toutes les dégustations ont été effectuées dans des cabines de dégustation standardisées avec une température contrôlée (20 ± 1°C) et sous lumière rouge afin de masquer la couleur des vins. Les données ont été collectées avec le logiciel Fizz (Biosystemes, Couternon, France).

1.2.2 Les sujets

Le premier groupe de sujets (n=32) regroupait 21 hommes et 11 femmes, âgés entre 35 et 55 ans. Ces sujets étaient des étudiants, personnels du centre et visiteurs, interceptés dans le hall du Centre Européen des Sciences du Goût à Dijon.
Le deuxième groupe de sujets (n=41) était constitué de 26 hommes et 15 femmes, âgés entre 25 et 41 ans, faisant partie d'une association dijonnaise à but économique et culturel.
Le premier groupe a effectué les tests triangulaires sur la série de vin n°1, le matin à 11h, tandis que le deuxième groupe a effectué les tests sur la série de vins n°3, le soir à 18h.

1.2.3 Les vins

Le premier groupe de sujets a effectué quatre tests triangulaires avec la série de vins n°1. Afin de tester notre hypothèse selon laquelle une différence sensorielle est perçue entre le vin témoin et le vin désalcoolisé de -3% (T-3 %), il a été décidé de comparer le vin témoin et le vin T-3 % pour chacun des quatre cépages de la série n°1. La teneur exacte des huit vins étudiés est indiquée dans le tableau 4.

Tableau 4. Teneur en alcool (% v/v) exacte des vins comparés par le groupe 1

	Chardonnay	Sauvignon	Merlot	Syrah
Témoin	14.2 %	13.6 %	13.4 %	12.7 %
T- 3%	11.3 %	10.5 %	10.2 %	9.6 %

Le deuxième groupe de sujets a effectué 4 tests triangulaires avec la série de vins n°3. Afin d'évaluer quel taux de réduction est perçu différent du vin témoin, il a été décidé de comparer le témoin et T-5.5 %, le témoin et T-4 %, le témoin et T-2 % et les deux vins désalcoolisés T-2 % et T-4 %. La teneur en alcool exacte de chacun des vins est indiquée dans le tableau 5.

Tableau 5. Teneur en alcool (% v/v) exacte des vins comparés par le groupe 2

	Syrah
Témoin	13.4 %
T-2 %	11.5 %
T-4 %	9.5 %
T-5.5 %	7.9 %

Afin d'atteindre une température de service de 14°C± 1°C pour les vins blancs et de 20°C ± 1°C pour les vins rouges, les bouteilles de vins étaient retirées de la chambre froide la veille des évaluations et laissées dans un réfrigérateur tempéré (vins blancs) ou à température

ambiante (vins rouges). Toutes les bouteilles étaient débouchées une heure avant les évaluations et l'absence d'odeur « bouchonnée » était vérifiée par l'expérimentateur.
Les vins (40 ml) étaient présentés dans des verres noirs et recouverts avec des boites de pétri pour éviter la perte d'arômes.
Pour chaque paire de vins comparée (A-B) au sein d'une triade, les six arrangements possibles (AAB ABA BAA BBA BAB ABB) ont été présentés le même nombre de fois et l'ordre de présentation des quatre triades a été équilibré selon un carré latin de Williams. Dans le cas des tests triangulaires effectués avec la série de vins n°3, le temps imparti pour réaliser les dégustations était strictement limité à 20 minutes. Dans l'optique où le temps imparti n'était pas suffisant pour réaliser les quatre tests triangulaires, la triade Syrah témoin / T-5.5 % a été présentée en option, à la fin, aux sujets les plus rapides.
Il était demandé aux sujets de se rincer la bouche entre chaque test triangulaire, avec des crackers sans sel afin d'enlever les tannins rémanents dans la cavité buccale, puis avec de l'eau d'Evian afin d'éliminer le goût des crackers.

1.2.4 Analyse des données

Pour chaque test triangulaire, la proportion de réponses correctes a été déterminée ainsi que la probabilité associée de dépasser selon la loi binomiale (p=1/3) la proportion observée.

1.3 Résultats

Pour des raisons d'erreurs de manipulation de la part de deux sujets, les triades Chardonnay témoin / T-3 % et Syrah T-2 % / T-4 % présentent chacune une donnée manquante. En raison d'un manque de temps pour effectuer les quatre tests triangulaires, la triade Syrah témoin / T-6 % présente seulement dix-sept réponses.
Pour chaque triade, la proportion de réponses correctes ainsi que la probabilité associée (loi binomiale, p=1/3) sont indiquées dans le tableau 6.

Tableau 6. Proportion de réponses correctes aux tests triangulaires et probabilité associée (loi binomiale, p=1/3)

	Triades	Cépages	$Nb_{rep\ correct}$ / $Nb_{rep\ total}$	$P_{value\ \alpha}$
Série de vin n°1	Témoin / T-3%	Chardonnay	17/31	**0.01**
	Témoin / T-3%	Sauvignon	14/32	0.14
	Témoin / T-3%	Merlot	15/32	0.08
	Témoin / T-3%	Syrah	14/32	0.14
Série de vin n°3	Témoin / T-2%	Syrah	16/41	0.27
	Témoin / T-4%	Syrah	19/41	**0.06**
	Témoin / T-5.5%	Syrah	12/17	**0.002**
	T-2% / T-4%	Syrah	14/40	0.47

Les résultats des tests triangulaires effectués entre les vins témoin et T-3% de la série de vins n°1 indiquent que seul le Chardonnay présente une proportion de réponses correctes

significative. Les proportions de réponses correctes obtenues pour les triades Merlot, Sauvignon et Syrah tendent cependant à être significatives. Ces résultats suggèrent qu'une réduction d'alcool de -3 % par osmose inverse, est plus ou moins perceptible selon le style de vin à étudier.

Les résultats des tests triangulaires effectués avec la série de vins n°3 (Syrah) indiquent qu'une différence sensorielle significative a été perçue entre le vin témoin et les vins désalcoolisés de -4 % et -5.5 % mais pas entre le vin témoin et le vin désalcoolisé de -2 %. Ils montrent également que les vins T-2 % et T-4 % n'ont pas été perçus significativement différents. Ces résultats suggèrent que l'intensité de perception des différences sensorielles induites par la réduction d'alcool dans le vin est proportionnelle au degré d'alcool retiré. Une réduction d'alcool de -2 % par osmose inverse n'est pas perceptible alors qu'une réduction d'alcool supérieure ou égale à -4% est perçue de façon significative.

1.4 Discussion

Contrairement à ce qui était attendu au vu de la littérature (Filipello, 1955 ; Hinreiner *et al.*, 1955 ; Urbano *et al.*, 2007), la perception de la différence sensorielle entre le vin témoin et le même vin désalcoolisé de -3 % par osmose inverse ne semble pas toujours flagrante. Il est intéressant de noter que, parmi tous les sujets ayant participé aux tests triangulaires, aucun n'a deviné que la différence sensorielle perçue entre les vins provenait d'une différence de teneur en alcool.

Notre résultat est cependant difficilement comparable avec la littérature car nous n'avons pas cherché à mesurer un seuil différentiel afin de répondre à la question « à partir de quel seuil la réduction d'alcool par osmose inverse est perçue dans le vin » mais à déterminer si une différence sensorielle est perçue entre un vin témoin et un vin désalcoolisé par osmose inverse. La mesure des seuils différentiels nécessite l'utilisation d'une méthodologie adaptée et lourde à mettre en place que nous avons volontairement choisie de ne pas appliquer. D'après O'Mahony (1995), l'utilisation des tests triangulaires n'est pas aussi simple qu'elle n'y paraît puisque les résultats ne sont pas stables et dépendent de la séquence de présentation des échantillons mais également de la stratégie cognitive employée par le sujet. La moindre modification dans les consignes données aux sujets pourrait induire un changement radical de leurs performances et biaiser l'interprétation des résultats. Les conclusions d'études triangulaires sont donc délicates et doivent être manipulées avec précaution.

Les résultats issus des tests triangulaires de la série de vins n°1 suggèrent que la perception des différences sensorielles entre le vin témoin et le vin désalcoolisé de -3 % est variable selon le style de vins étudié. Le vin est un produit complexe puisqu'il contient de nombreux constituants dont les proportions varient de façon importante d'un produit à l'autre. Plusieurs types d'interactions peuvent prendre place entre l'éthanol et les différents composés du vin et expliquer la variabilité observée entre les différents cépages.

1.5 Conclusion

Les deux séries de tests triangulaires effectuées en guise d'étude préliminaire ne permettent pas de conclure à partir de quel seuil la réduction d'alcool par osmose inverse est perçue dans le vin. Elles permettent cependant d'évaluer l'intensité des différences sensorielles entre les vins témoins et les vins désalcoolisés et de se faire une idée de l'espace produit à étudier par la suite. Les résultats suggèrent qu'une différence sensorielle est significativement perceptible entre un vin d'origine et le même vin désalcoolisé de -4%. Cette différence devient plus ou moins perceptible entre un vin témoin et le même vin désalcoolisé de -3% par osmose inverse, selon le type de vin étudié. Contrairement à ce qui était attendu, cette différence sensorielle n'est pas évidente et il conviendra d'utiliser des méthodologies adaptées et sensibles pour la décrire.

2. Description des différences sensorielles induites par la réduction d'alcool dans les vins rouges : Article 1

L'étude précédente a permis de mettre en évidence qu'une différence sensorielle est plus ou moins perceptible entre un vin témoin et le même vin désalcoolisé de -3% par osmose inverse. Par l'utilisation de méthodologies adaptées, cet article s'attache à décrire les différences sensorielles induites par la réduction d'alcool dans les vins rouges de la série n°1 (taux de désalcoolisation ≤ -3%).

ARTICLE 1

Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines

S. Meillon[1,2], C. Urbano[2], P. Schlich[2]

[1] Centre de Recherche Pernod Ricard, 120 av Marechal Foch, 94015 Créteil, France
[2] INRA, UMR Sciences du Goût (1214), 15 rue Hugues Picardet, 21000 Dijon, France

Publié, Food Quality and Preference, 2009, 20(7): 490-499

Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines

S. Meillon[1,2], C. Urbano[2], P. Schlich[2]

[1] Centre de Recherche Pernod Ricard, 120 av Marechal Foch, 94015 Créteil, France
[2] INRA, UMR Sciences du Goût (1214), 15 rue Hugues Picardet, 21000 Dijon, France

ABSTRACT

In this study, effect of partial alcohol reduction on the sensory modification of red wines was investigated. A Merlot and a Syrah wine were partially dealcoholized using reverse osmosis technique to span a range of three different alcohol contents (14% - 10%) by grape variety. Preliminary triangle tests indicated the existence of very slight differences between the dealcoholized wines of the study. Therefore, adapted descriptive methodologies had to be used. In a first step, wines were described with a comparative sensory profile by 16 trained panellists on 15 sensory attributes. Then, the same panellists profiled the wines with the TDS technique, which consists in identifying and rating sensations perceived as dominant repeatedly until the perception ends.

Analysis of variance of the classical descriptive data confirmed the existence of subtle sensory differences among wines from a given grape variety with only three and five discriminated attributes for Merlot and Syrah, respectively. Analysis of TDS curves emphasized twice more discriminated attributes and pointed up temporal differences between wines that did not appear with the conventional sensory profile. Used together these methods appeared as promising as they resulted in complementary and complete descriptions of wines.

Effect of dealcoholization was variable from one grape variety to another one. The constant effects of alcohol reduction, common to both Merlot and Syrah were the perception decrease of heat sensation, the substitution of heat sensation in attack by astringent (Merlot) or red fruits (Syrah) sensations, the decrease of bitter sensation after attack to the expense of fruity sensations, and the decrease of length in mouth. In case of Merlot, texture and astringency sensations were also affected by alcohol reduction whereas for Syrah, sweet sensation was affected. Wine is a complex product lying on a fragile balance and the least parameter modification induces variable effects according to the type of wines. Several kinds of interactions between ethanol and wine component must take place and make difficult the generalization of alcohol reduction effect on the sensory perception of wines.

KEYWORDS

Temporal dominance of sensations, dealcoholized wines, subtle differences, reverse osmosis.

1. Introduction

Global warming, viticulture progress and customer demand in aromatic wines have lead to an international production of more and more alcoholized wines. The Australian Wine Research Institute noticed a consistent alcohol increase in their wines. Alcohol levels of red wines have grown from 12.4% to 14% between 1984 and 2004 (Grenache and Shiraz average 15%) although pH has remained static. Similar statistics from California showed that average alcohol levels have raised in wines (all types of varieties) from 12.5% in 1978 to 14,8% in 2001 (Conibear, 2006).

More and more wine consumers complain about these high alcohol wines that are getting too heavy and strong to drink. Besides, this increase of alcohol content in wine is maybe not negligible from the viewpoints of individual alcohol intake and harmful effects of alcohol on health and behaviour. All these facts have led to an international interest from wine business for reducing and restoring the alcohol content of their wines to the initial level observed more than 40 years ago (about 11%). Many techniques have been developed to partially reduce alcohol content in wines. The currently most used techniques are reverse osmosis and spinning cone column. Reverse osmosis lies on a membrane filtration principle whereas spinning cone column lies on a distillation one. These techniques are particularly used by American and Australian wine producers who are stimulated by the potential for savings in taxes on their reduced alcohol content. But does the removal of alcohol affect the sensory quality of wines?

Currently, no studies are available to answer this question. It is though known that ethanol plays an important role in wine perception by bringing texture and gustative sensations but also by interacting with wine components. According to many studies, the taste of ethanol near or above threshold is both bitter (Martin and Pangborn, 1971; Scinska et al., 2000; Mattes and Di Meglio, 2001) and sweet (Scinska et al., 2000; Wilson et al., 1973). In 1970, Martin and Pangborn showed that an increase of alcohol content enhances the perception of bitterness in model solutions varying in citric acid, sucrose, quinine and ethyl alcohol. This finding has been confirmed by Fisher and Noble (1994) in white wines and Vidal et al. (2004) and Fontoin et al. (2008) in wine model solutions. In further temporal study (Noble 1994), ethanol was also found to enhance the bitterness perception but also the bitterness duration.

Concerning other sensations, Martin and Pangborn (1970) emphasized that ethanol slightly enhances the sweetness of sucrose and depressed the sourness of citric acid and the saltiness of sodium chloride. Fointoin et al. (2008) showed with wine model solutions varying from 0 % to 15 % in ethanol that perception of astringency linearly decreased as the level of ethanol increased. According to Pickering et al. (1998), ethanol content is commonly assumed to be strongly correlated with the palate fullness (body) attributes of viscosity and density in wines but there is a notable absence of sensory data to support this assertion. They carried out a temporal study on white wines to check the effect of ethanol content on the perception of

"fullness". Ethanol content was highly correlated with perceived intensity and physical measurements of viscosity and density but it was best described by quadratic and cubic models (intensity maxima around 10% and 12%). This result was not corroborated by Nurgel and Pickering (2005) which found in model ice solutions that perceived density and viscosity were minimally affected by changes in ethanol content. Le Berre et al. (2007) studied the impact of ethanol on the physico-chemical and perceptual interactions between woody and fruity odorant mixtures in aqueous and hydro-alcoholic solutions. Physico-chemically, a significant reduction in whiskey lactone (woody component) volatility was found in hydro-alcoholic solutions. Perceptually, a synergy effect by the woody on the fruity odour was observed in aqueous solutions which disappeared with the addition of ethanol. Authors finally conclude as "a reduction in alcohol content in wine can affect the aromatic bouquet, especially by reinforcing perceptual interactions between woody and fruity wine odorants but also by modifying their chemical proportions".

Taken together, all these results let thinking that alcohol reduction in wines would not be without consequence on the sensory perception of wines. It is thus important to understand how gustative and aromatic balance of wines could be affected by an alcohol content reduction.

Preliminary triangle tests indicated the existence of subtle differences between the dealcoholized wines of the study. Therefore, adapted descriptive methodologies had to be used to accurately describe the effect of alcohol reduction on the wine sensory quality. Temporal methodologies seem well suited as wine is a complex product that procures dynamic sensory experiences. Many descriptive terms used by wine experts as attack, length in mouth, finish, persistence, aftertaste point out this temporality of perceived sensations during wine tasting. Noble (1995) noticed in its publication that to fully characterize changes induced by alcohol removal in wines, temporal studies would be essentials.

The currently most used temporal methodology is time-intensity (TI). This method consists in recording one by one the intensity evolution of given attributes (Lee and Pangborn, 1986). According to Pineau et al. (2009), TI is interesting but since only one attribute can be evaluated at a time, it is a time-consuming method which has to be carried out with a limited number of attributes or products. Moreover, the continuous assessment of temporal changes in the perception of a single-attribute is known to induce a halo-dumping effect (Clark and Lawless, 1994) with a carryover from perceived attributes to the one being evaluated. To overcome these drawbacks, Pineau et al. (2009) developed a new method called Temporal Dominance of Sensations which consists in identifying and rating sensations perceived as dominant until the perception ends. This method does not require a long training and enables to evaluate several attributes in the same time. It has been successfully used to describe temporality of sensations in wines by Pessina et al. (submitted for publication).

The main objective of this study was to describe the impact of partial dealcoholization by reverse osmosis on the sensory perception of Merlot and Syrah wines. This study is a part of the "Vin De Qualité à teneur réduite en Alcool (VDQA)" project which aims at optimizing partial alcohol reduction processing in wines. A second objective of this work was to investigate the use of TDS method to describe subtle differences in wines.

2. Materials and methods

2.1. Wines

Two grape varieties were studied: Merlot and Syrah. For each grape variety, wines were partially dealcoholized from standard ones to get wines with different final alcohol contents.
Both standard wines were produced in Languedoc Roussillon region (France) and bought (in bulk) in cooperative wineries from the same region (Merlot: Arzens and Syrah: Fleury). For both grape varieties, wine making was a conventional one, free of oak treatment and from 2005 vintage.

2.1.1 Wine dealcoholization

Wines were dealcoholized by the experimental unit INRA of Pech'Rouge in Narbonne. Fabrication of partially dealcoholized wines was performed in three steps:

Step 1: wine dealcoholization by reverse osmosis
One hundred and twenty litres of the wine to be treated is reincirculated at high pressure trough a reverse osmosis system up to the alcoholic degree wanted. Reverse osmosis is based on the tendency of smaller molecules to pass under high pressure through a semi-permeable membrane more readily than larger molecules. Wine is separated in two flows: permeate and concentrate. Permeate flow containing the low molecular weight components which pass through the semi-permeable membrane (water/ethanol and possibly some flavour compounds) and the concentrate which is retained by the membrane and contains almost all of the vinous components. The lower the wanted alcoholic degree of wine, the longer the time of this step.

Step 2: dealcoholization of permeate by distillation
Alcohol contained in the permeate is removed by a distillation step in order to reintroduce the endogenous water to the wine.

Step 3: osmosed wine and dealcoholized permeate assembling
The endogeneous water free of alcohol (less than 0.2%) is reintroduced to the osmosed wine to get a close dry extract as the initial wine.

2.1.2 Wine samples

For each grape variety, three wines were made from a standard one (stand) leading to four wines by varietals (120 l for each wine).

Two wines were partially dealcoholized of respectively 1.5 (-1.5%) and 3 % (-3%) and one wine called reconstituted (rec) was first dealcoholized of 3% then was added the removed alcohol obtained after the distillation step. This wine allows us to differentiate the effect of reverse osmosis from the effect of alcohol content on the sensory perception of wines.
The alcohol content of wines was variable from Merlot to Syrah but approximatively spanned a range of 13% to 10%. Exact alcohol contents of wines are given in table 1.

Table 1. Exact alcohol content (%) of the studied wines

Wines	Merlot	Syrah
Standard	13.37	12.67
S – 1.5 %	11.75	11.08
S – 3 %	10.24	9.65
Reconstituted	13.23	12.06

After dealcoholization process, sulphur dioxide content was readjusted in each wine modality to get a value close to 30 mg SO2 by litre. Wines were then manually (hand-drawn) vacuum bottled (750 ml, Altec® corks) after a filtration step (0.5 microns).
Bottles were then stored in a cold and dark room at 10 °C. They were removed from the cold room and let at room temperature 24 h before each evaluation in order to reach a serving temperature of 20 °C ± 1 °C. Wines were uncorked 1 h prior to the evaluation and checked free of cork taint by the panel leader.

2.2. Preliminary tests

Before starting with wine descriptions, preliminary triangle tests were carried out with 32 wine consumers to get an idea of the studied product space. In a first time, standard wines and -3% wines were compared, assuming that the sensory differences between these wines should be the most important of the studied sensory space. Results of binomial test indicated the existence of slight differences between these wines, almost imperceptible by judges (Merlot: $p = 0.08$ and Syrah: $p = 0.14$). Other wine comparisons were thus not carried out as the differences should be less significant.

2.3. Procedure

Sixteen wine consumers (nine women and seven men), aged 29-65 years were selected according to their results to discrimination, ranking and recognition tests. Eleven of them already participated to sensory profile studies. The sixteen panellists received a training period of 16 one hour sessions and were paid for their involvement.
In a first step, they were trained during 13 sessions to sensory profile then to the TDS method during 3 sessions.
Evaluations took place in isolated sensory booths, at a standardized temperature (20 °C ± 1°C) and under red light to mask wine colour. Wine samples were randomly coded and presented according to Williams Latin Square to balance presentation order.

2.3.1. Sensory profiling

In the first session, panellists were presented with the sensory profile principles and with the physiology of the olfactory and gustatory system. Then, they tasted the eight wines of the study and generated attributes. The eleven following sessions were consecrated to the reduction of the descriptor list (2 sessions), the performance training (2 sessions) thanks to discrimination, ranking and recognition tests, the presentation of references and realization of consensus by alternating group discussion (3 sessions) and attribute rating sessions (4 sessions). Attribute rating sessions resulted in only two discriminated attributes (heat and red fruits) and confirmed the existence of weak sensory differences between the different wines among a grape variety. Panellists indicated that monadically rating intensity of descriptors was difficult for them as differences between products were too weak. Thus, after several group discussions, it was decided to evaluate the four wines of a grape variety in comparison. References were presented in first sessions to define and illustrate training attributes. Then, they were finally removed as they were too strong for the studied sensory space. Indeed, differences between wines were too weak compared to the intensity of references so they were first decreased in intensity but subjects still did not manage to discriminate slight differences existing between wines. In agreement with panellists, references were not kept to illustrate intensity but only quality of descriptors (table 2).

Table 2. List of descriptors used for the sensory profile of Merlot and Syrah dealcoholized wines

Descriptors	Merlot	Syrah	References (in water) or definition
O Alcohol	X	X	5 % ethanol (v/v)
O Black currant	X		10 % blackcurrant syrup (v/v), Vedrenne
O Red fruits (strawberry, cherry, raspberry)	X	X	5 % strawberry + 5 % cherry syrups (v/v), Monin
O Roasted (coffee, burnt)	X	X	10 % coffee syrup (v/v), Monin
O Spicy (cinnamon, clove)	X	X	10 % cinnamon syrup (v/v), Monin
O Undergrowth (humus, mold)		X	10 g/l moist soil
O Vanilla		X	10 % vanilla syrup (v/v), Monin
O Woody	X	X	8 g/l oak chips (2 days in red wine)
Acid	X	X	0.43 g/l citric acid
Bitter	X	X	0.006 g/l quinine chlorhydrate
Sweet	X	X	4 g/l saccharose
Astringency	X	X	0.6 g/l tannic acid
Heat (alcohol)	X	X	8 % ethanol (v/v)
Texture (body)	X	X	Feeling of thickness in the mouth
Red fruits (strawberry, cherry, raspberry)	X	X	5 % strawberry + 5 % cherry syrups (v/v), Vedrenne
Woody	X		8 g/l oak chips (2 days in red wine)
Undergrowth		X	Taste of soil/ mold in the mouth

* O indicates ortho-nasal descriptors

In agreement with panellists, two lists of descriptors adapted to each grape variety range were selected: six odours, eight oral sensations for the Merlot and seven odours, eight oral sensation for the Syrah (table 2). Ortho-nasal descriptors are indicated with O in the table.

Wine profile evaluations took place in four sessions in order to get two replications. Panellists compared the four wines of a given grape variety range at each session. The intensity of each

sensation was rated on a paper questionnaire using a 10 cm unstructured scale going from weak to strong (light to thick for texture attribute). All the scales were presented on the same page so that panellists could rate several attributes in one tasting. Panellists started with the olfactory description by swirling then smelling wines then finished with the gustative description by putting wines in mouth. Comparative measures present the disadvantage of enhancing the number of tasting and thus, quickly tiring subjects. So, to balance the fact that last descriptors could be less well noted due to fatigue, descriptor order presentation was balanced for each panellists in each of the two description steps (olfactory and gustative).
Wines were presented in black tulip-shaped glasses (40 ml) covered with petri dishes, for the olfactory description and in plastic opaque cup (30 ml) for the gustative description. Quantities of wines were calculated so that panellists could swallow all the wines without worrying about being drunk. Panellists were instructed to have a break and to rinse their mouth when they wanted first with unsalted crackers as tannin palate cleanser then with Evian water.

2.3.2. TDS

In the first session, panellists were introduced to the notion of temporality of sensations and to the TDS method. They were presented with a tasting protocol inspired from Pessina et al. (submitted for publication). This protocol consisted in three successive actions at well-defined time. At zero second, panellist had to put the wine in mouth and start scoring. At 12 seconds, he had to perform three aspirations by drawing air through the wine. At 20 seconds, panellist had to make three clicking of the tongue then to swallow the wine. Data acquisition automatically stopped after 120 seconds but panellist could stop it as soon as he felt no more sensations. Panellists were then asked to apply the tasting protocol with the eight wines of the study and to note on a paper all the mouth sensations they felt during the tasting. The 10 more cited terms were selected and kept for further TDS evaluations. The two following sessions were consecrated to the descriptor list adjustment and to the TDS training by alternating discussions and evaluations. The final list of descriptors was identical for both Merlot and Syrah and was constituted with three flavors: acid, bitter and sweet, three sensations: astringency, heat and pungent and four aromas: blackcurrant, red fruits, spices and woody.
Wine TDS evaluation took place in three sessions in order to have three replications. In each session, the eight wines of the study were monadically presented in plastic opaque cups (10 ml) according to a design balanced plan.
Data acquisition was realized with the Fizz Software (BIOSYSTEM, Couternon, France) with a period of 500 milliseconds. On computer screen, panellists were shown the list of 10 descriptors associated with unstructured scales (30 cm) going from weak to strong. Panellists simultaneously put all the cup content in mouth and started the software acquisition by clicking on a "start button". Once the chronometer started, they identified and rated the

intensity of sensations they perceived as dominant while performing the tasting protocol. The evaluation ended when panellists did not perceive sensation anymore and the chronometer was stopped. A two minutes break was enforced between samples while panellists had to rinse their mouth with unsalted crackers then Evian water. Descriptor order presentation was different for each panellist to balance the fact that first descriptors of the list could be more cited.

2.4. Data analysis

All statistical analysis used SAS software release 9.1 (SAS institute Inc., Cary, NC).

2.4.1. Sensory profile

Two-way mixed model ANOVA with interaction treating panellists and interaction as random effects and wine as fixed effect were carried out to determinate discriminating attributes and to detect disagreement between panellists.

Panellist performance was also checked by assessing the individual capacity of discrimination and the consensus with the group. Individual capacity of discrimination was evaluated with a one-way model ANOVA treating wine effect by panellist. Consensus with group was checked carrying out Kendall test ($\alpha = 20\%$). This test is based on Kendall coefficient that counts products pairs that are graded in the same order between the considered panellist and the mean of the group. So, the more products are graded in the same order between panellists, the higher this coefficient.

To complete analysis of products, multiple means comparisons were performed with Student Newman-Keuls test (SNK) at $p < 0.05$. To visualize differences between wines while taking account of subject notation heterogeneity Canonical Variance Analysis (CVA) was carried out with most significant attributes having a probability of product effect < 0.15 (two replicates averaged). Confidence ellipses (90%) were drawn around each product of the CVA assuming that individual assessments can be projected as supplementary points on the map.

2.4.2. TDS

For each evaluated product and each time, dominant rates were calculated by attributes (Pineau et al., 2009; Labbe et al., 2009). These rates are obtained by dividing the number of citations of an attribute (all replications) by the number of judges and the number of replications. Since one panellist can have only a single dominant attribute at each time, sum of the dominance rates over attributes is equal to one at each time. The higher the dominant index, the better the agreement among panellists. The corresponding TDS curves were displayed on the same graph carrying out a spline based smoothing.

Two other curves were displayed on the graph to help us with the interpretation (Pineau et al., 2009; Labbe et al., 2009). The first one called "chance level" represents the dominance rate

that an attribute can obtain by chance (1/number of attributes). The second one called "significance", based on a binomial test, expresses the smallest value of the proportion being significantly (p=0.05) higher than the chance level. When the TDS curves go from between the chance and the significance levels to above the latter, they are consistent at panel level.
TDS difference curves (Pineau et al., 2009) were also carried out in order to compare wines. These curves are drawn by subtracting time by time dominance rates from one wine or average dominance rates of several wines to other wines. Dominance rates differences between wines are calculated then plotted, only when significantly different from 0. Based on a classical test used to compare binomial proportions, limit of difference significance was also determined then plotted on the same graph.

2.4.3 Effect of dealcoholization by reverse osmosis treatment

The global effect of dealcoholization by reverse osmosis on wine sensory quality can be divided in two distinct effects: the alcohol content effect and the reverse osmosis treatment effect.
To check alcohol content effect, a comparison of the alcoholized wines (standard and reconstituted wines) to the two dealcoholized wines (-1.5% and -3%) was carried out. As the -3% is twice more reduced in alcohol in comparison with the -1.5%, its weigh was twice important in the determination of the dealcoholized wines mean. Weighting of each wines was performed as follows: 1.5 * "standard" + 1.5 * "reconstituted" – 1 * "-1.5 %" – 2 * "-3 %". Contrast tests, considering interaction as an error term, at $p < 0.05$ were carried out to determinate if alcoholized wines means are significantly different from reduced wines means (profile) whereas TDS differences curves between alcoholized and reduced wines were carried out with dominance rate (TDS) (Pineau et al., 2009). On these curves, positive dominant rates describe alcoholised wines whereas negative dominant rates describe dealcoholized wines.
To dissociate effect of reverse osmosis treatment from effect of alcohol content, standard wines were compared to reconstituted wines as they present the same alcohol content. Student tests, considering interaction as an error term, at $p < 0.05$ were carried out for profile data whereas TDS differences curves were performed with dominance rate (TDS) (Pineau et al., 2009). On these curves, positive dominant rates describe standard wine whereas negative dominant rates describe reconstituted wine.

3. Results and discussion

3.1. Sensory profile

Table 3 shows the mixed ANOVA p-value results of the comparative profile data of Merlot and Syrah.

Table 3. Sensory attributes of Merlot and Syrah wines showing p value from two-way ANOVA

Attributes	Merlot P_{Wine}	Syrah P_{Wine}
Oalcohol	**0.006**	0.494
Oblackcurrant	**0.057**	-
Ored fruits	**0.075**[a]	0.491
Oroasted	0.102	0.403
OSpices	0.501	0.025
OVanilla	-	0.973
Oundergrowth	-	**0.015**
Owoody	**0.067**	-
Acid	**0.053**	0.910
Astringency	0.137[a]	0.270
Bitter	0.187	0.701
Heat	**0.006**	**0.003**[a]
Red fruits	0.487	**0.003**
Sweet	0.648	**0.016**
Texture	**0.085**[a]	0.435
Undergrowth	-	0.563[a]
Woody	0.396	-

[a]Attributes with significant wine by panellist interaction

Before going with analysis of the results, a validation performance step is necessary to check any disagreement between panellists. Wine * Panellist interactions were significant ($p \leq 0.05$) for three attributes: Ored fruits, texture and astringency in case of Merlot and for two attributes: heat and undergrowth for Syrah. Kendall test showed that only texture attribute presents a high disagreement with five panellists among 16 significantly not following the consensus.

Wine effects were significant ($p \leq 0.05$) for only three attributes (heat, acid and Oalcohol) for Merlot, and for five attributes (heat, red fruits, Oundergrowth, sweet, Ospices) for Syrah. It can be noticed that for merlot, four attributes present a probability inferior to 0.1 showing a tendency for these attributes to be discriminated. Results of one-way model ANOVA treating wine effect by panellist showed a general lack of discrimination of panellists with an average by attributes of respectively 2.6 and 1.7 discriminating panellists for Merlot (min: 1 and max: 6) and Syrah (min: 0 and max: 3). As the disagreement between panellists is not important, this lack of discrimination confirms the existence of subtle sensory differences between the evaluated products.

The first two axis of Merlot CVA (figure 1) account for 85.8% of the variance ratio. The first axis is principally explained by heat, Oalcohol, Oblackcurrant and acid attributes whereas the second axis is strongly correlated with Oroasted, Owoody and Ored fruits attributes. The first axis significantly separates standard Merlot from -1.5% Merlot and -3% Merlot, reconstituted Merlot being intermediary between these wines. The second axis significantly splits the reconstituted merlot from the others. The description is coherent since Standard Merlot is perceived as more heat and Oalcohol than -1.5% Merlot and -3% Merlot. Standard Merlot is also perceived as more fruity (Ored fruits and Oblackcurrant). Reconstituted Merlot is

perceived as less Oroasted as the other wines. Merlot -1.5% and Merlot-3% are very close and principally characterised as less heat and Oalcohol.

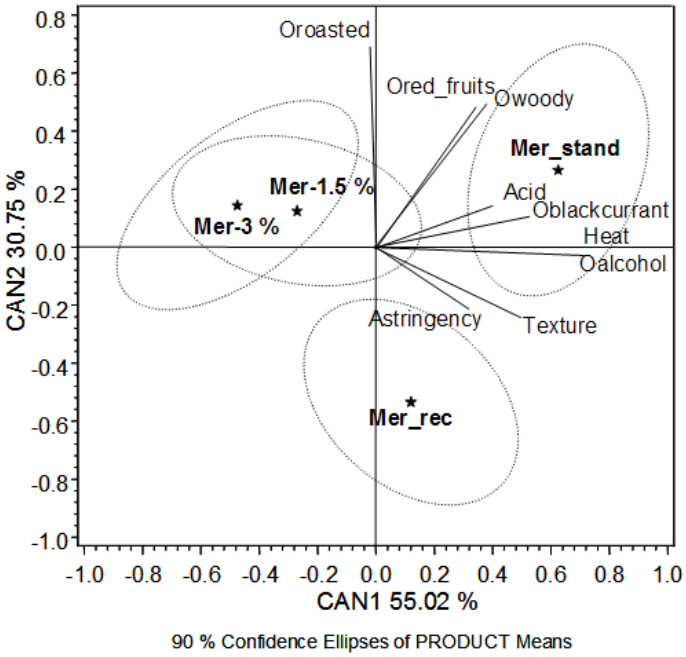


Figure 1. CVA of Merlot wines with p-product <0.15 attributes

The first two axis of Syrah CVA results (figure 2) account for 98.9% of the variance ratio. The first axis is principally explained by red fruits, Ospices, heat and sweet attributes whereas the second axis is correlated with Oundergrowth and heat. The first axis clearly separates -3% Syrah from the others which are perceived as more red fruits and less Ospices. The second axis separates -3%, -1.5% and reconstituted Syrah from standard Syrah which is perceived as more Oundergrowth.

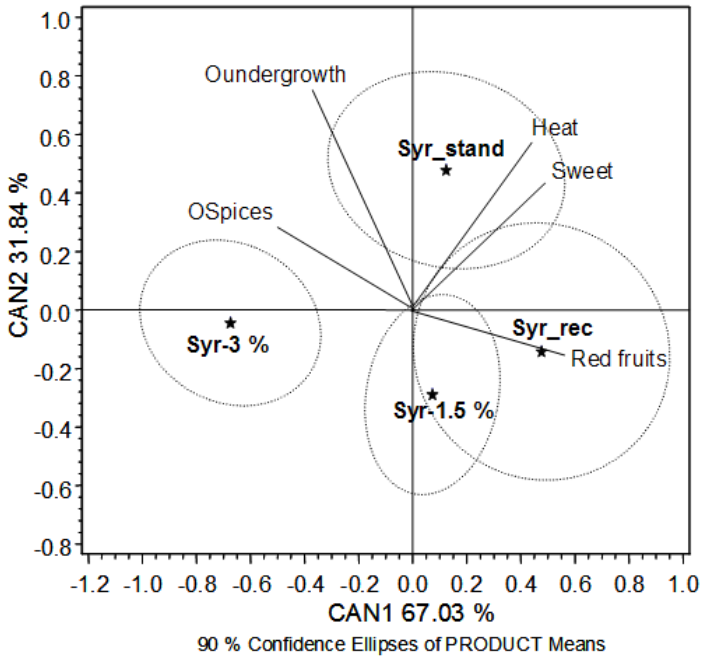


Figure 2. CVA of Syrah wines with p-product <0.15 attributes

3.2. TDS

TDS curves of standard, -1.5%, - 3% and reconstituted Merlot are respectively presented on figure 3A, 3B, 3C and 3D.

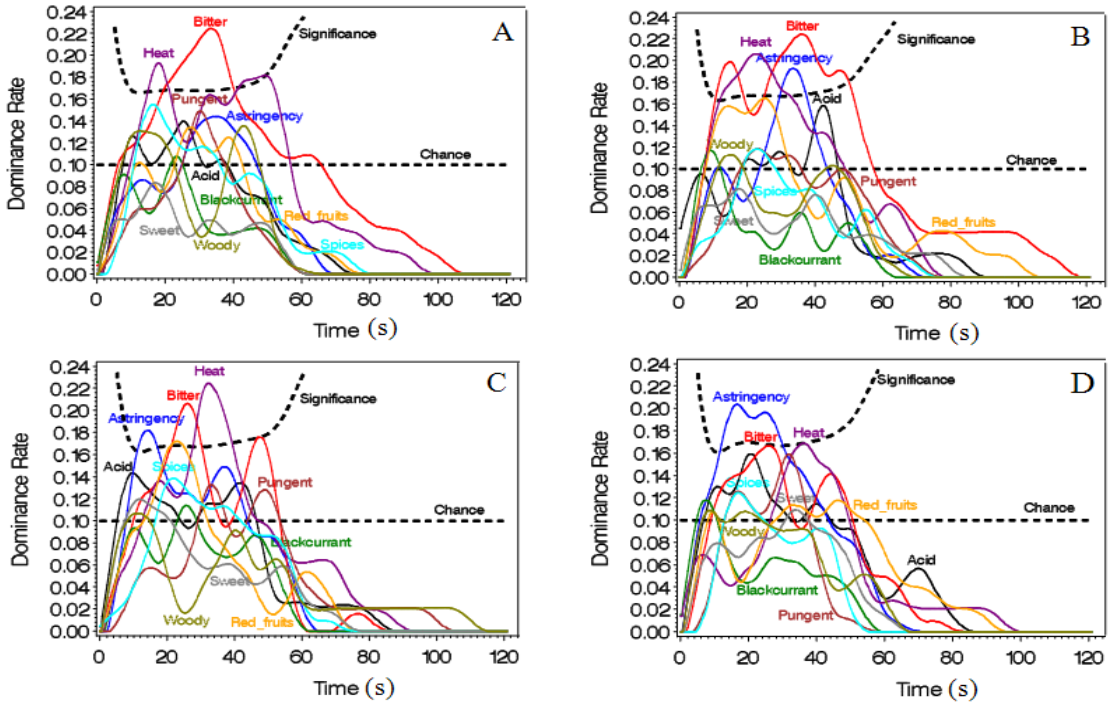


Figure 3. TDS curves of Merlot wines. A: Standard Merlot – B: Reconstituted Merlot – C: -1.5% Merlot – D: -3% Merlot

Standard Merlot is characterized by significant heat and bitter dominances whereas Merlot -3% presents significant astringent then heat dominances. Reconstituted and -1.5% Merlot were described by panellists as significantly dominated by bitter, heat and astringent sensations but apparition sequence of these sensations were not similar. In case of reconstituted Merlot, the wine was first perceived as bitter until 16 s then, as heat until 26 s. The final of this wine was characterized by simultaneous bitter and astringent sensations. In -1.5% Merlot, astringent sensation was dominant until 18 s, then relayed by bitter and red fruits sensation until 30 s and heat sensation until 40 s. The final was perceived as bitter.

TDS curves of standard, -1.5%, -3% and reconstituted Syrah are respectively presented on figure 4A, 4B, 4C and 4D. Standard Syrah was first dominated by acid sensation (non significant) until 14 s then was significantly perceived as heat then bitter until the end. -3% Syrah was characterized by significant acid, red fruits, bitter and astringency dominances whereas Syrah -1.5% was significantly dominated by bitter sensation. Reconstituted Syrah significantly presented woody, bitter, astringency and heat dominances.

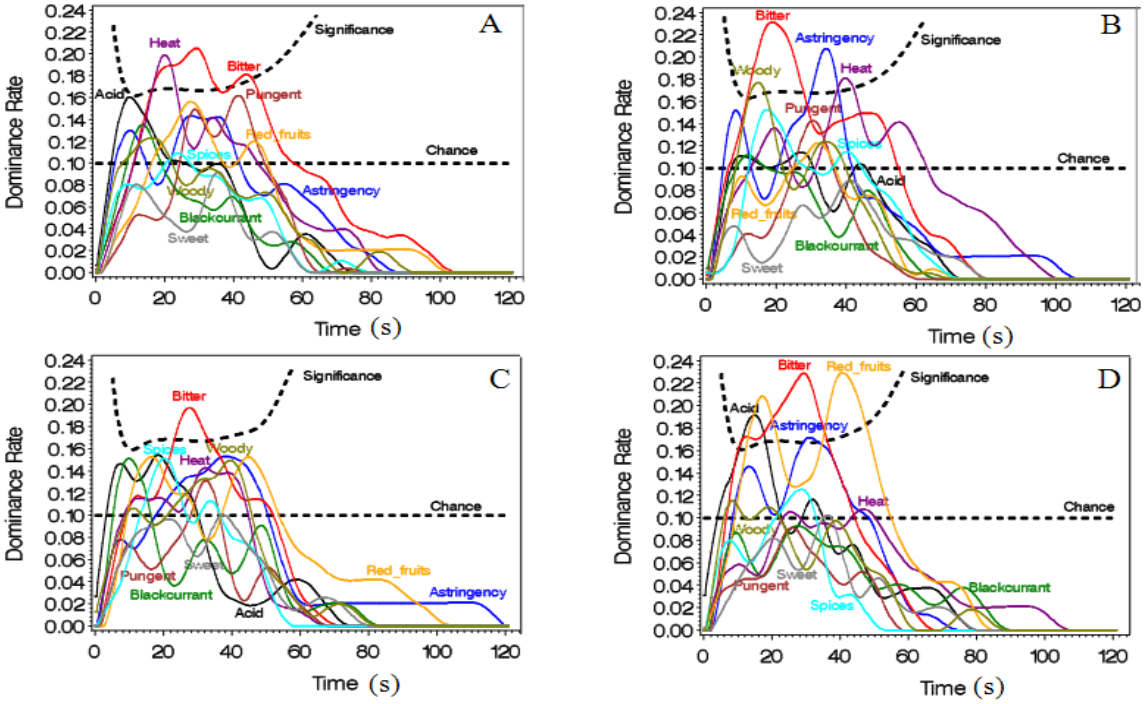


Figure 4. TDS curves of Syrah wines. A: Standard Syrah – B: Reconstituted Syrah – C: -1.5% Syrah – D: -3% Syrah

3.3. Effect of dealcoholization by reverse osmosis treatment

The global effect of dealcoholization by reverse osmosis on wine sensory quality can be divided in two distinct effects: the alcohol content effect and the reverse osmosis treatment effect.

3.3.1. Alcohol content effect

In case of Merlot, contrast test results (profile) showed that alcohol reduction induced a perception decrease of olfactory notes as alcohol ($p=0.0006$) and blackcurrant ($p=0.03$) and a perception decrease of gustative sensations as texture ($p=0.01$) and heat ($p=0.001$). The decrease of texture would support the assertion that alcohol participates to the palate fullness of wines (Pickering et al., 1998) and the decrease of heat seems coherent as alcohol is known for its hotness.

TDS differences curves (figure 5) indicated that in attack alcoholized Merlot wines are perceived as "heat" whereas reduced Merlot wines are perceived as astringent. The alcohol content reduction should highlight the astringent perception to the expense of "heat" perception in attack. After the "heat" attack, alcoholized Merlot wines are perceived as bitter until the perception ends whereas reduced wines are perceived as "blackcurrant" then "red fruits". The long perception of bitterness in alcoholised wines confirms the Noble (1994)'s finding about increase of bitter perception duration with alcohol content. The graph suggested that alcoholised wines are longer in mouth. This observation was confirmed with a contrast

test performed on the end time perception comparing weighted means of dealcoholized and reduced Merlot (p = 0.06).

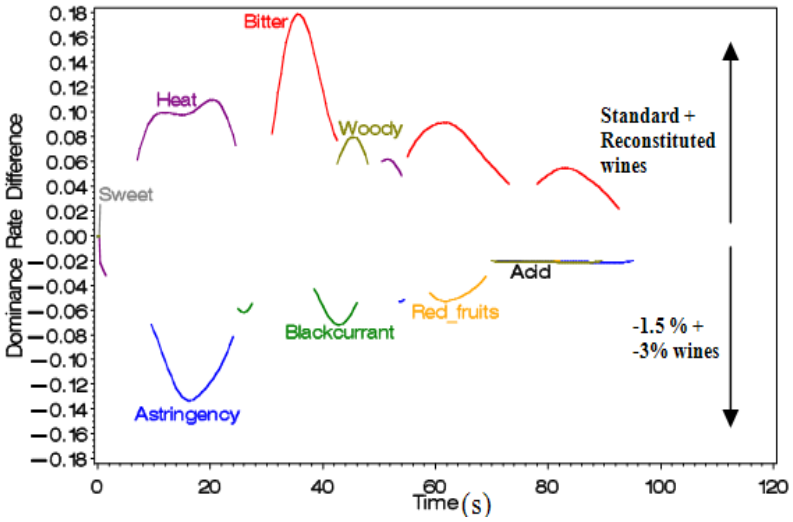


Figure 5. TDS difference curves of Merlot alcoholized and dealcoholized wines

In case of Syrah, contrast test results (profile) showed that alcohol reduction induced a perception increase of spices odour (p=0.02). A significant perception decrease of gustative sensations as "heat" (p=0.0003), "sweet" (p=0.002) and "red fruits" (p=0.02) was also highlighted. The diminution of sweet perception with alcohol content reduction is coherent with the results of Martin and Pangborn (1970). "Red fruits" was not taken into account as the details of means suggested that the effect significance is not imputable to the alcohol content. Indeed, the multiple comparison test (LSD) indicated that reconstituted and -1.5% are significantly higher in red fruits than standard and -3%. No explanation was found to explain this result.

TDS difference curves (figure 6) indicated that alcoholized Syrah wines are first perceived as "heat" in attack then pungent, "spices", "astringent" and "bitter in finale. Reduced Syrah wines are first perceived as "acid", "red fruits" and "sweet" in attack, and then they are dominated by "woody" sensation at 40 seconds. They finished with a "blackcurrant" finale. The graph also suggested that alcoholized wines are longer in mouth. This observation was confirmed with a contrast test, performed on the end time perception comparing weighted means of dealcoholized and reduced Syrah (p = 0.04).

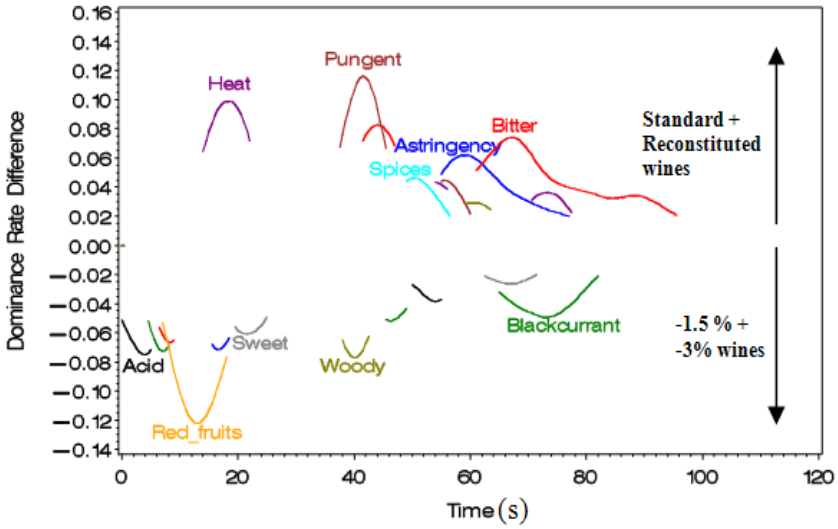


Figure 6. TDS difference curves of Syrah alcoholized and dealcoholized wines

3.3.2. Reverse osmosis effect

According to Student test results (profile) of Merlot, reverse osmosis treatment would reinforce orthonasal perception of aromas from the standard with an increase of woody (p=0.02) and red fruits (p=0.02) odours in reconstituted wine. Reverse osmosis treatment would also modify the balance of standard wine with a significant increase of acid perception (p=0.03). TDS curves (Figure 7) did not highlight strong and significant effect of reverse osmosis treatment.

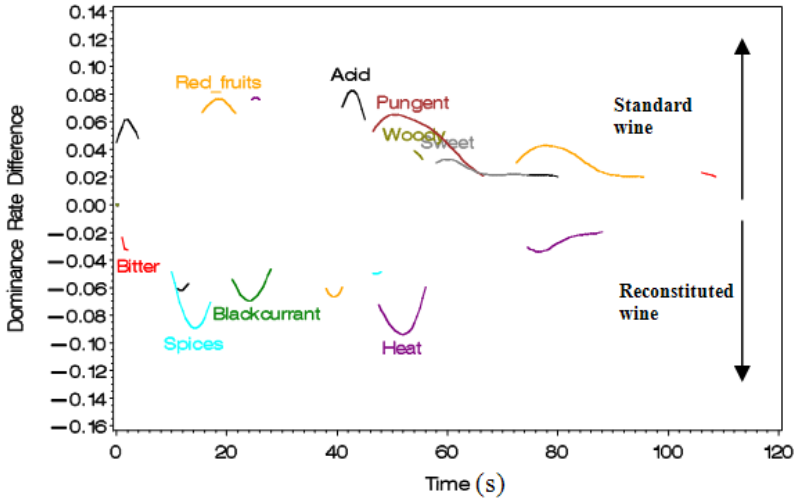


Figure 7. TDS difference curves of standard and reconstituted Merlot wines

According to Student test results (profile) of Syrah, reverse osmosis treatment increased the orthonasal perception of undergrowth (p=0.01). It also decreased the retronasal perception of red fruits (p=0.01), probably by modifying the balance of standard wine. TDS curves (Figure 8) did not highlight strong and significant effect of reverse osmosis treatment.

The perception increase of some orthonasal aromas induced by reverse osmosis in Merlot and Syrah is not explained.

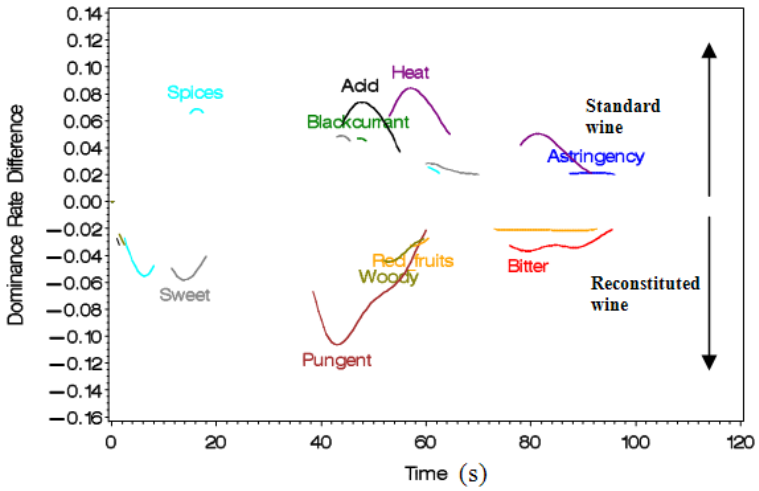


Figure 8. TDS difference curves of standard and reconstituted Syrah wines

3.4. Contribution of TDS to the sensory profile

TDS appeared as an interesting method as it brought complementary information on products that were not emphasized with the conventional sensory profile. Tables 4 and 5 respectively recapitulate and compare results obtained on gustative sensations with both methods for Merlot and Syrah.

For both grape varieties, TDS enabled to differentiate products on twice more attributes than sensory profile (tables 4 and 5). One explanation could be that for the profile, panellists rate the attributes intensity at the end of the tasting, after having integrated several parameters (intensity, duration, time) and memorized their perception on all the sensory experience. Compared to TDS, this task is less instinctive even quite difficult for panellists and probably lead to information loss when intensities are different but close.

Table 4. Sensory information brought by profile and TDS method on Merlot wines (only gustative attributes)

Effects on the perception	Information brought by Profile (means intensity)	Information brought by TDS (dominant citations)
Alcohol reduction effect	- Decrease of heat intensity - Decrease of texture intensity	- Attack : appearance of astringent sensation to the expense of heat and bitter dominant sensation - After the attack, appearance of fruity sensations to the expense of bitter sensation - Decrease length in mouth
Reverse osmosis treatment effect	- Increase of acid intensity	-

It is interesting to notice that some discriminating attributes of the sensory profile (acid for Merlot and sweet for Syrah) did not significantly appear with TDS. One justification could be that these attributes were really not dominant and did not draw the attention of panellists during TDS evaluation. This emphasizes that TDS does not permit to know the evolution of weaker intensity sensations (not dominant).

Table 5. Sensory information brought by profile and TDS method on Syrah wines (only gustative attributes)

Effects on the perception	Information brought by Profile (means intensity)	Information brought by TDS (dominant citations)
Alcohol reduction effect	- Decrease of heat intensity - Decrease of sweety intensity	- Attack : appearance of red fruits, acid and sweet sensations to the expense of heat sensation - After the attack, appearance of woody and blackcurrant sensations to the expense of and pungent, astringent and bitter sensations. - Decrease length in mouth
Reverse osmosis treatment effect	- Decrease of red fruits intensity	-

TDS cannot replace sensory profile as it only enables evaluation of dominant sensations. However, it brought supplementary pertinent temporal information that are not measurable with the conventional sensory profile. These methods are really complementary as they use different way to describe products with different focus for panellists. Used together, they enable a complete description of products. Once panellists have been trained on the products sensory evaluation, time to familiarize with TDS procedure is not so long and no more than three sessions are required to train them. It is advised to not train them too much in order to avoid the phenomena's of individual typed-response also observed in time-intensity methods (Pineau et al., 2009). In TDS, this phenomenon is characterized by a tendency for subjects to quote descriptors in the same order for all products.

In the present papers, three replications were performed for TDS evaluation but analysis of data from any pair of these three replicates gave the same results, showing that two replicates would have been sufficient.

Further investigations are though required to improve TDS method and particularly to take into account scores given by subjects in the elaboration of the TDS curves. Indeed, it is important to keep in mind that TDS curves are not related with intensity but with number of time that an attribute has been cited. It is naturally conceived that the more an attribute presents a high intensity, the more it will be perceived then cited by panellists and the higher will be its dominant rate. However, if products are characterized by several high-intensity attributes, panellists cannot cite all the attributes in the same time and are obliged to make a choice. This choice will have an impact on the final dominant rate. Other investigations would be to develop statistic ways to evaluate panellist performance in term of repeatability, discrimination and agreement with the panel but also to assess statistical differences globally over two products.

4. Conclusion

In this study, sixteen panellists described the effect of partial dealcoholization of Merlot and Syrah wines with first a comparative sensory profile (static method) then with the TDS

method (dynamic method). Results brought two main conclusions, one oriented on products and the other one oriented about methodology.

Concerning products, effect of dealcoholization was variable from one grape variety to another one. The constant effects of alcohol reduction, common to both Merlot and Syrah was the perception decrease of heat sensation, the substitution of heat sensation in attack by astringent (Merlot) or red fruits (Syrah) sensations, the decrease of bitter sensation after attack to the expense of fruity sensations, and the decrease of length in mouth. In case of Merlot, texture and astringency sensations were also affected by alcohol reduction whereas for Syrah, sweet sensation was affected. A perception decrease of some olfactory notes was noticed in Merlot whereas an increase perception of spices odor was underlined in Syrah.

Wine is a complex product lying on a fragile balance and the least parameter modification induces variable effects according to the type of wines. Several kinds of interactions between ethanol and wine component must take place and make difficult the generalization of alcohol reduction effect on the sensory perception of wines. Jones et al. (2008) showed a strong and complex interaction between wine components by varying ethanol, glycerol, polysaccharide, protein and volatile contents in white wine model solution. Furthermore, according to Keast et al. (2003), interactions may not only take place at the physical level, but also at the receptor and cognitive level.

Hedonic blind tests have thus to be carried out on the same wines to check if modifications induced by alcohol reduction on wine perception are well appreciated and accepted by wine consumers.

As far as the methodology part is concerned, preliminary triangle tests indicated that studied products presented subtle sensory differences. This result has been confirmed by the small number of discriminating attributes obtained both by comparative profile and TDS. TDS enables to differentiate products with twice more attributes than profile. TDS seems to be a promising method in the description of weak-sensory-difference products as it emphasized differences between products that did not appear with the comparative sensory profile thanks to temporal component. However, some effects noticed with the profile were not highlighted with TDS. This underlined a drawback of TDS that only focuses on dominant sensations and that cannot replace sensory profile when it comes to properly estimate intensities of sensations.

TDS is easy to implement after a sensory profile and enable to gather pertinent complementary temporal information. Further investigations are thus still required to improve the statistical part of this method in terms of evaluation of panellist performance and product discrimination.

Acknowledgments

This work was carried out with the financial support of the "Agence Nationale de la Recherche" under the program: "Vin de Qualité à teneur réduite en Alcool (VDQA)" and with the support of the Taste-Nutrition-Health Competitive Cluster Vitagora.

References

Clark, C.C. and H.T. Lawless. (1994). "Limiting response alternatives in TI scaling: an examination of the halo-dumping effect". Chemical Senses 19: 583–594

Conibear Helena. (2006). "Rising alcohol levels in wine - is this a cause for concern?"AIM Digest, 18: 4

Fischer, U. and A. C. Noble (1994). "The Effect of Ethanol, Catechin Concentration, and pH on Sourness and Bitterness of Wine". American Journal of Enology and Viticulture 45(1): 6-10

Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P.L., Glories, Y. (2008). "Effect of pH, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution". Food Quality and Preference 19: 286-291

Jones, P.R., Gawell, R., Francis, I.L., Waters, E.J. (2008). "The influence of interactions between major white wine components on the aroma, flavour and texture of model white wine". Food Quality and Preference 19 : 596-607

Keast, R. S. J., Bournazel, M., Breslin, P.A.S. (2003). "A psychophysical investigation of binary bitter-compound interactions". Chemical Senses 28 : 301-313

Labbe, D., Schlich, P., Pineau, N., Gilbert, F., Martin, N. (2009). "Temporal dominance of sensations and sensory profiling: A comparative study". Food Quality and Preference 20: 216-221

Le Berre, E., Atanasova, B., Langlois, D., Etiévant, P., Thomas-Danguin, P. (2007). "Impact of ethanol on the perception of wine odorant mixtures". Food Quality and Preference 18(6): 901-908

Lee III, W. E. and R. M. Pangborn (1986). "Time-intensity: The temporal aspects of sensory perception". Food Technology 40(11): 71-78 & 82

Martin, S. and R. M. Pangborn (1970). "Taste interaction of ethyl alcohol with sweet, salty, sour and bitter compounds". Journal of the science of food and agriculture 21: 653-655

Martin, S. and R. M. Pangborn (1971). "Human paroïd secretion in response to ethyl alcohol". Journal of Dental Research 50: 485-490

Mattes, R. D. and D. DiMeglio (2001). "Ethanol perception and ingestion". Physiology and Behaviour 72(1-2): 217-229

Noble, A. C. (1994). "Bitterness in wine". Physiology and Behaviour 56(6): 1251-1255

Noble, A. C. (1995). "Application of Time-Intensity Procedures for the Evaluation of Taste and Mouthfeel". American Journal of Enology and Viticulture 46(1): 128-133

Nurgel, C. and G. Pickering. (2005). "Contribution of glycerol, ethanol and sugar to the perception of viscosity and density elicited by model white wines" .Journal of Texture Studies 36(3): 303-323

Pessina, R., C, Patron, C., Pineau, N., Piombino, P., Moio, L., Schlich, P. (Submitted for publication). Measuring Temporality of sensations in wine. Food Quality and Preference.

Pickering, G. J., Heatherbell, D. A., Vanhanen, L.P., Barnes, M.F. (1998). "The Effect of Ethanol Concentration on the Temporal Perception of Viscosity and Density in White Wine". American Journal of Enology and Viticulture 49(3): 306-318

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., et al. (2009). "Temporal dominance of sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity". Food Quality and Preference 20 (6): 450-455

Scinska, A., Koros, E., Habrat, B., Kukwa, A., Kostowski, W., Bienkowski, B. (2000). "Bitter and sweet components of ethanol taste in humans". Drug and Alcohol Dependence 60(2): 199-206

Vidal, S., Courcoux, P., Francis, L., Kwiatkowski, M., Gawel, R., Williams, P., Waters, E., Cheynier, V. (2004)."Use of an experimental approach for evaluation of key wine components on mouth-feel perception". Food Quality and Preference, 15: 209-217

Wilson, C. W. M., O'Brien, C., MacAirt, J.G. (1973). "The effect of metronidazole on the human taste threshold to alcohol". British Journal of Addiction. 68: 99-110

3. Description des différences sensorielles induites par la réduction d'alcool dans les vins blancs

3.1 Objectifs

L'étude précédente, réalisée au Centre Européen des Sciences du Goût (CESG) avec un panel externe, a permis de décrire les différences sensorielles induites par la réduction d'alcool dans les vins rouges de la série de vins n°1. La présente étude, réalisée avec un panel interne du Centre de Recherche Pernod Ricard (CRPR), s'est focalisée sur les différences sensorielles induites par la réduction d'alcool dans les vins blancs de la série de vins n°1.
Comme pour l'étude précédente, cette étude descriptive a été effectuée en combinant l'utilisation successive du profil sensoriel comparatif et du DTS.

3.2 Matériel et méthodes

3.2.1 Les vins

Deux cépages blancs ont été étudiés : Chardonnay et Sauvignon Blanc. Pour chaque cépage, trois vins ont été réalisés à partir d'un vin témoin, conduisant à un total de quatre vins par variété. Les vins témoins ont été achetés en vrac dans une coopérative viticole de la région du Languedoc-Roussillon (Fleury). Ils ont été produits de façon conventionnelle, sans passage en fût de chêne, à partir de la récolte de raisins de l'année 2005.
Les vins témoins ont été respectivement désalcoolisés de -1.5 % et de -3% pour obtenir deux vins désalcoolisés à environ 12.5 % (T-1.5 %) et 11 % (T-3 %). Un troisième vin, appelé reconstitué, a été produit en désalcoolisant les vins témoins de -3% puis en y rajoutant l'alcool et l'eau enlevés. Ce vin permet d'étudier l'effet du traitement par osmose inverse, indépendamment de la teneur en alcool des vins.
La teneur en alcool des huit vins étudiés est indiquée dans le tableau 7.

Tableau 7. Teneur en alcool (% v/v) des vins étudiés

	Chardonnay	Sauvignon
Témoin	14.2 %	13.6 %
T – 1.5%	12.5 %	12.2 %
T- 3%	11.3 %	10.5 %
Reconstitué	13.5 %	13.3 %

Après le processus de désalcoolisation, la teneur en dioxyde de soufre a été réajustée dans chaque vin pour obtenir une valeur de 30 mg de SO_2 par litre. Les vins ont ensuite été embouteillés (sous vide) manuellement après avoir été filtrés et les bouteilles ont été stockées dans une chambre froide à 10°C ± 1. Afin d'obtenir une température de service des vins de 14°C ± 1°C, les bouteilles étaient retirées de la chambre froide 24h avant chaque évaluation

puis laissées dans un réfrigérateur tempéré. Toutes les bouteilles étaient débouchées une heure avant les évaluations et l'absence d'odeur « bouchonnée » était vérifiée par l'expérimentateur.

3.2.2 Procédure

Les descriptions sensorielles ont été réalisées avec le panel interne du CRPR. Ce panel, basé sur le principe du volontariat, est régulièrement sollicité pour effectuer des profils sensoriels et DTS de boissons alcoolisées dont le vin. Son effectif, variable selon les études, est fonction de la disponibilité et de la volonté de participer des panélistes.
Le temps imparti pour chaque séance étant limité à 45 minutes, il n'était pas possible de faire évaluer l'ensemble des huit vins blancs au sein de la même session et il a été décidé d'étudier chaque cépage successivement. Dans un premier temps, huit panélistes (5 femmes et 3 hommes) âgés entre 33 et 59 ans, ont décrit les quatre vins de Chardonnay puis dans un deuxième temps, 10 panélistes (8 femmes et 2 hommes) âgés entre 32 et 59 ans ont décrit les quatre vins de Sauvignon. Les panélistes étaient différents d'une étude à l'autre et seulement cinq d'entre eux ont pu participer aux deux expérimentations.
Pour chaque cépage, les vins ont tout d'abord été analysés par la méthode du profil sensoriel puis par la méthode du DTS. Chacune des méthodes a fait l'objet de 6 séances d'entraînements hebdomadaires, soit un total de 12 séances pour chaque cépage. Les évaluations ont été effectuées dans des cabines de dégustation standardisées, avec contrôle de la température à 20°C ± 1°C, et sous lumière rouge afin de masquer la couleur des vins. Les vins ont été codés aléatoirement et présentés selon un carré Latin de Williams. Les données ont été collectées avec le logiciel Tastel (ABT Informatique, France).

3.2.2.1 Profil sensoriel comparatif

Pour chaque cépage, les panélistes ont suivi six séances d'entraînement puis ont effectué deux séances de mesure afin d'obtenir une répétition des paramètres évalués.

Les sujets étant régulièrement entraînés à détecter et identifier des sensations gustatives et olfactives dans les boissons alcoolisées, les séances d'entraînement ont été uniquement consacrées à l'établissement d'une liste de descripteurs discriminants et consensuels. La première séance a été dédiée à la dégustation des quatre vins d'un cépage donné puis à la génération de descripteurs adaptés à cet espace produit. Les séances suivantes ont permis de réduire et ajuster la liste des descripteurs par l'alternance de séances d'évaluation des vins et de séances de discussion avec le groupe. La connaissance des descripteurs gustatifs étant sensée être acquise par les panels internes du CRPR, des références ont été présentées seulement pour illustrer les descripteurs olfactifs. Ces références étaient constituées d'arômes commandés à des fabricants spécialisés et présentés dans des petits flacons de 5 mL.
A la fin de l'entraînement, deux listes de descripteurs adaptées à chaque espace produit ont été mises en place. Dans le cas du Chardonnay, la liste était constituée de six descripteurs

olfactifs : fruité (fruits blancs type pêche), pamplemousse, floral (lila), confiture (fruits cuits), acétique (acide), fumée (bois) et de six descripteurs gustatifs : fruité, cendres froides, acide, amer, astringent, aqueux. Dans le cas du Sauvignon, la liste était constituée de six descripteurs olfactifs : fruité (fruits blancs type pêche), pamplemousse, caramel, floral (lila), bière, soufre (allumettes) et de quatre descripteurs gustatifs : amer, persistant (longueur en bouche), fruité, floral.

Les séances de mesure ont été réalisées en comparatif et les panélistes devaient noter l'intensité perçue de chaque sensation sur des échelles continues quantifiées aux extrémités par les termes faible et fort. Les panélistes commençaient par évaluer les descripteurs olfactifs en agitant, puis en sniffant les vins, puis finissaient par les descripteurs gustatifs en mettant les vins en bouche. Les évaluations en comparatif nécessitant un nombre de dégustations important, l'ordre de présentation des descripteurs a été randomisé au sein de chaque type d'évaluations (olfactif et gustatif) afin d'équilibrer le fait que les derniers descripteurs puissent être moins bien notés à cause de la fatigue sensorielle.

Les vins (40 ml) étaient servis dans des verres à vin noirs INAO, recouverts par des boites de pétri. Les sujets pouvaient se rincer la bouche lorsqu'ils le souhaitaient avec des crackers sans sel puis avec de l'eau d'Evian. Contrairement à l'étude précédente sur les vins rouges, et pour des raisons d'application de la règlementation du CRPR, il était demandé aux panélistes d'expectorer les vins dans un crachoir prévu à cet effet.

3.2.2.2 Dominance Temporelle des Sensations

Pour chaque cépage, les panélistes ont suivi six séances d'entraînement puis ont effectué trois séances de mesure afin d'obtenir deux répétitions des paramètres évalués.

Les sujets étant déjà familiarisés avec le protocole du DTS, les séances d'entraînement ont été uniquement consacrées à l'établissement d'une liste de descripteurs discriminants et consensuels. Lors de la première séance, il était demandé aux panélistes d'appliquer un protocole gustatif spécifique sur les quatre vins d'un cépage donné puis de noter sur une feuille toutes les sensations gustatives qu'ils percevaient comme dominantes. Le protocole gustatif était le même que celui utilisé pour l'étude des vins rouges et consistait en quatre actions successives à des temps définis. A 0 seconde, le vin était mis en bouche et le chronomètre était démarré. A 12 secondes, 3 aspirations d'air étaient effectuées avec le vin en bouche et à 20 secondes, le vin était recraché après avoir réalisé 3 claquements de langue. Les séances suivantes ont permis de réduire et ajuster la liste des descripteurs par l'alternance de séances d'évaluations des vins et de séances de discussion avec le groupe.

A la fin de l'entraînement, deux listes de descripteurs gustatifs, adaptées à chaque espace produit ont été mises en place. Dans le cas du Chardonnay, la liste était constituée de huit descripteurs : acide, alcool (chaleur), amer, aqueux, astringent, cendres, confiture, fruité (type

pêche) et dans le cas du Sauvignon, la liste était constituée de 10 descripteurs : acide, alcool (chaleur), agrumes, amer, astringent, floral, fruité (type pêche), muscat, piquant, sucre.
A chaque séance de mesure, les quatre vins étaient présentés en monadique dans des gobelets en plastique (10 ml). Les panélistes devaient simultanément mettre la totalité du contenu du gobelet en bouche et démarrer l'acquisition des données en cliquant sur un bouton « Start ». Une fois le chronomètre démarré, les panélistes pouvaient identifier et noter l'intensité des sensations perçues comme dominantes, tout en exécutant le protocole gustatif. L'évaluation d'un produit était terminée lorsque le panéliste estimait qu'il ne percevait plus de sensation en bouche et le chronomètre était arrêté. L'ordre de présentation des descripteurs était randomisé afin d'équilibrer le fait que les premiers descripteurs de la liste puissent être plus souvent cités. Une pause de 2 minutes était imposée entre les échantillons, pendant laquelle il était demandé aux panélistes de se rincer la bouche avec des crackers sans sel et de l'eau.

3.2.3 Analyse des données

Les données de cette étude ont été analysées en utilisant les mêmes traitements statistiques que dans l'étude précédente sur les vins rouges. Afin d'éviter les redondances, le détail des analyses ne sera pas expliqué et il suffira de se reporter à la partie 2.4 de l'étude précédente pour se le procurer. Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel SAS version 9.1 (SAS institute Inc., Cary, NC).

3.2.3.1 Profil

Des ANOVA mixtes à deux facteurs (produit et sujet) avec interaction ont été effectuées pour chaque descripteur en considérant comme fixe le facteur produit et comme aléatoire le facteur sujet et l'interaction produit*sujet. Afin de compléter l'analyse, des tests de comparaison de moyennes des produits ont été effectués pour chaque descripteur (Newmann-Keuls, α=5 %). Des analyses en variables canoniques (AVC) de l'effet produit ont également été réalisées avec les descripteurs significatifs au seuil p=0.15.

Les performances des panélistes ont été analysées individuellement pour vérifier la validité des résultats. Le pouvoir discriminant a été déterminé avec des ANOVA individuelles à un facteur produit (α=5 %) et l'accord avec le groupe a été évalué avec la détermination des coefficients de Kendall (α=20 %).

L'effet global de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception sensorielle des vins peut être imputable à la diminution de la teneur en alcool des vins d'une part, et au traitement par osmose inverse d'autre part.
De la même façon que dans l'étude précédente, l'effet de la teneur en alcool des vins a été évalué pour chaque descripteur, en déterminant si la moyenne des vins alcoolisés est significativement différente de celle des vins désalcoolisés. Pour cela, des tests de contraste (α=5 %) ont été effectués pour chaque descripteur, en considérant l'interaction produit*sujet

comme terme d'erreur et en pondérant chacun des vins selon leur teneur en alcool : 1.5 * témoin + 1.5 * reconstitué - 1 * T-1.5% - 2 * T-3%. L'effet du traitement par osmose inverse a été évalué pour chaque descripteur par des tests de Student (α=5 %) entre les vins témoins et reconstitués, en considérant l'interaction produit*sujet comme terme d'erreur.

3.2.3.2 DTS

Comme dans l'étude précédente sur les vins rouges, les indices de dominance ont été calculés à chaque temps, pour chaque attribut et chaque produit, et les courbes DTS correspondantes ont été tracées (Pineau *et al.*, 2009). Afin de comparer les vins entre eux, des courbes DTS de différences (Pineau *et al.*, 2009) ont également été tracées après avoir soustrait, temps par temps, les indices de dominance d'un vin (ou moyenne de plusieurs vins) aux indices d'un autre vin (ou moyenne d'autres vins). Une courbe DTS de différence a été tracée entre les deux vins témoin et reconstitué et les deux vins T-1.5 % et T-3 % pour étudier l'effet de la teneur en alcool et entre le vin témoin et le vin reconstitué pour étudier l'effet du traitement pas osmose inverse.

3.3 Résultats

3.3.1 Profil sensoriel

3.3.1.1 Performance des panels

Les résultats des ANOVA mixtes à deux facteurs sont présentés dans le tableau 8 pour le Chardonnay et le Sauvignon. Les termes précédés d'un O correspondent à des descripteurs olfactifs.

Le facteur produit n'est significatif pour aucun descripteur du Chardonnay mais il est significatif pour quatre descripteurs du Sauvignon. Ces résultats suggèrent soit la présence de faibles différences sensorielles entre les produits étudiés, soit une mauvaise performance des sujets au sein des deux panels. L'étude des interactions produit*sujet indique que le panel Sauvignon présente des désaccords importants avec sept attributs sur 10 dont l'interaction est significative au risque 5%. Le panel Chardonnay est un peu moins en désaccord avec cinq attributs sur 12 dont l'interaction est significative au risque 5%. Le désaccord entre les sujets peut provenir d'une hétérogénéité dans la façon d'utiliser les échelles et, dans ce cas, il impactera peu l'interprétation des résultats. Il peut également provenir d'une mauvaise compréhension ou perception des descripteurs et dans ce cas, il est conseillé de ne pas tirer de conclusions avec les descripteurs concernés. Les résultats du test de Kendall (α=20 %) montrent que dans le cas du Sauvignon, seuls les descripteurs Ofruité et floral ont été mal compris/perçus avec 3 sujets sur 10 significativement en désaccord avec l'ensemble du groupe. Dans le cas du Chardonnay, seul le descripteur Ofruité a été l'objet d'une mauvaise compréhension/perception avec 4 sujets sur 8 significativement non consensuels avec le

groupe. Pour la suite des analyses, les descripteurs Ofruité et floral du Sauvignon et Ofruité du Chardonnay ne seront donc pas pris en compte.

Tableau 8. Probabilité associée au facteur produit (ANOVA mixtes à 2 facteurs), pour chaque descripteur

Descripteurs	Chardonnay $P_{Produit}$	Sauvignon $P_{Produit}$
O Acétique	0.86	-
O Bière	-	0.17[a]
O Caramel	-	<0.01[a]
O Confiture	0.38[a]	-
O Floral	0.66	0.20
O Fruité	0.56[a]	0.65[a]
O Fumée	0.15[a]	-
O Pamplemousse	0.32[a]	<0.01[a]
O Soufre	-	<0.01[a]
Acide	0.54	-
Amer	0.15	0.07[a]
Aqueux	0.34	-
Astringent	0.72	-
Cendres	0.23	-
Floral	-	0.34[a]
Fruité	0.25[a]	<0.01
Persistant	-	0.18

[a] Descripteurs dont l'interaction produit*sujet est significative au risque α=5%
O Descripteurs olfactifs

Les résultats des ANOVA individuelles à un facteur produit indiquent que le nombre de sujets discriminants est faible dans les deux panels avec une moyenne par descripteur de 3.8 sujets discriminants pour le panel Sauvignon et 1.58 sujets discriminants pour le panel Chardonnay. Dans le cas du Sauvignon, le nombre de sujets discriminants est cependant élevé pour les descripteurs Opamplemousse (8 sujets) et Osoufre (6 sujets) et ceci indique que les sujets sont capables de discriminer certains descripteurs.
Ces résultats suggèrent l'existence de faibles différences sensorielles entre les produits étudiés car le désaccord entre les sujets d'un même panel n'est pas important. Cependant, il n'est pas exclu que le manque de discrimination des sujets soit dû à un manque d'entraînement ou à un entraînement inadapté des panélistes.

3.3.1.2 Description des vins

Les facteurs produits n'étant jamais significatifs pour le Chardonnay, l'AVC correspondante n'a pas pu être effectuée. Dans le cas du Sauvignon, une AVC a été réalisée avec les descripteurs dont la probabilité du facteur produit est inférieure à 0.15 (figure 10). Les deux premiers axes de l'AVC représentent 96 % de la variance totale. Le premier axe sépare le vin témoin du vin reconstitué (vins désalcoolisés intermédiaires) tandis que le deuxième axe sépare les vins témoin et reconstitué des deux vins désalcoolisés. Le vin témoin a été perçu significativement plus soufré (olfactif), pamplemousse (olfactif) et fruits blancs (gustatif) que

les autres vins tandis que le reconstitué a été perçu significativement plus caramel (olfactif) que les autres vins. Les deux vins désalcoolisés, caractérisés par des notes aromatiques faibles, ont été décrits comme sensoriellement proches puisque leurs ellipses de confiance se superposent.

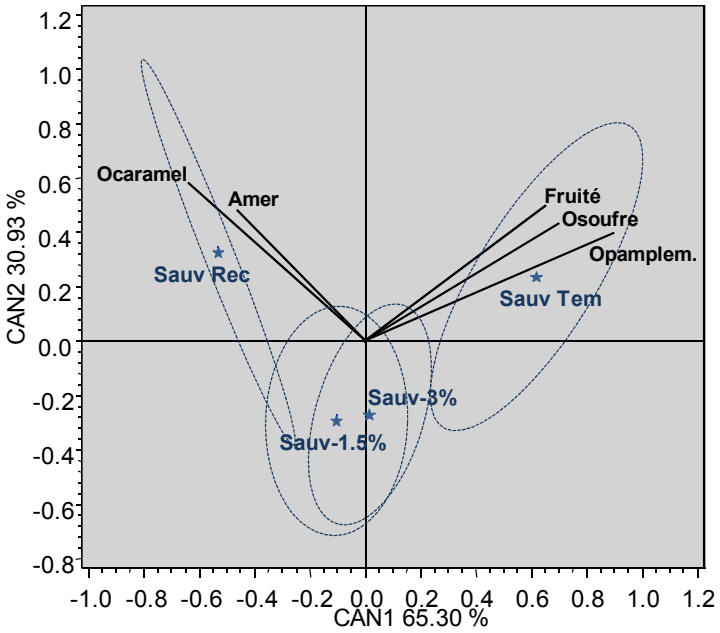


Figure 10. Carte perceptuelle (AVC) des vins de Sauvignon réalisées avec les descripteurs dont la probabilité associée au facteur produit est inférieur à 0.15

Les tests de contraste effectués entre les vins témoins/reconstitués et les deux vins désalcoolisés indiquent que l'abaissement de la teneur en alcool dans les vins de Chardonnay entraîne une diminution de la perception amère ($p=0.04$) et une augmentation de la perception aqueuse ($p=0.07$). Dans le cas du Sauvignon, l'abaissement de la teneur en alcool des vins induit une diminution de la perception de la longueur en bouche (persistance, $p=0.04$).

Les tests de Student réalisés entre le vin témoin et le vin reconstitué montrent que le traitement par osmose inverse n'a pas eu d'effet significatif sur les vins de Chardonnay. Dans le cas du Sauvignon, le traitement des vins par osmose inverse a entraîné, indépendamment de la teneur en alcool, une augmentation de la perception du caramel (olfactif, $p=0.0002$) et de l'amertume ($p=0.02$) et une diminution de la perception des arômes pamplemousse (olfactif, $p=<0.0001$), soufre (olfactif, $p=0.0004$) et fruits blancs (gustatif, $p<0.0001$).

3.3.2 DTS

Les courbes DTS des quatre vins de Chardonnay sont présentées sur la figure 11. Le vin témoin est dominé en attaque par les sensations fruitée et acide. Après déglutition, ce vin est dominé par les sensations successives, astringente, acide et alcool. Le vin reconstitué est également caractérisé par les dominances fruitée et acide en attaque. Il est ensuite dominé par l'alcool, l'acide, l'amer et le fruité en fin de bouche. Le vin désalcoolisé de -1.5 % ne présente pas de dominance marquée, excepté en attaque et en fin de bouche où il est perçu fruité. Le vin désalcoolisé de -3 % est dominé par la sensation acide en attaque, puis par la sensation fruitée.

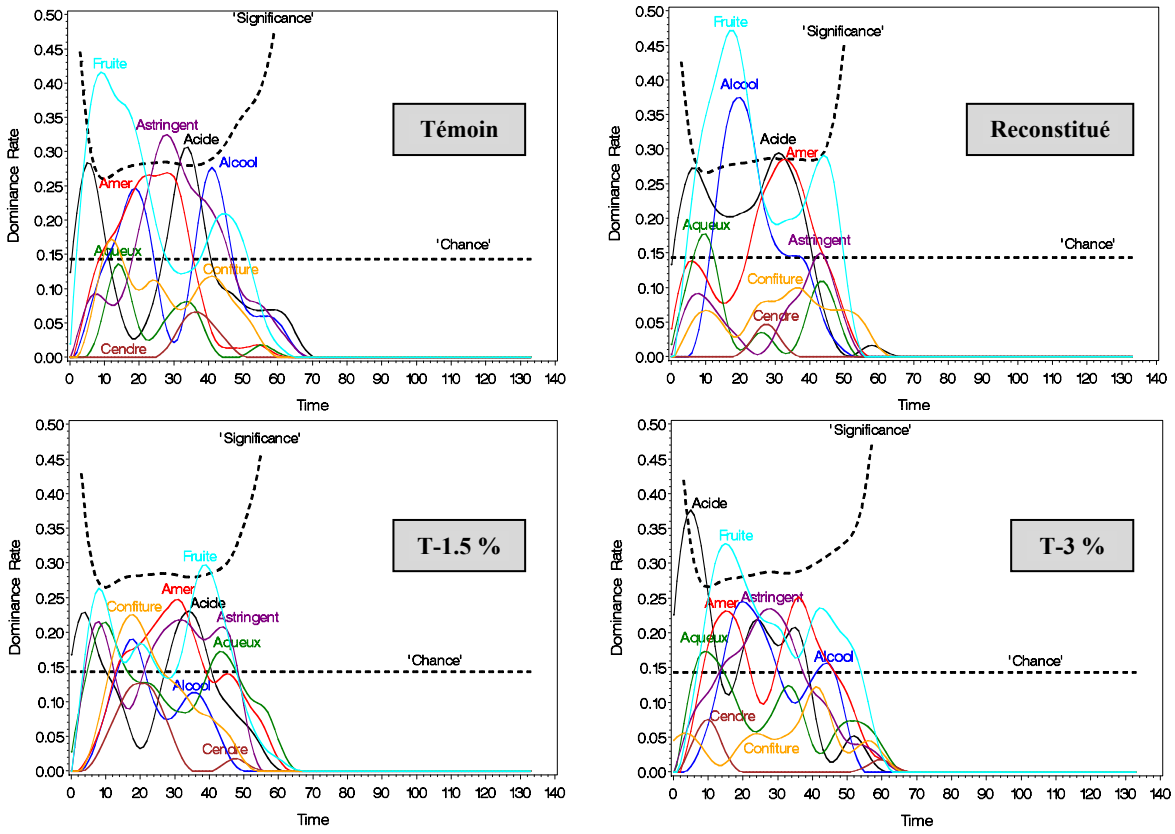


Figure 11. Courbes DTS des quatre vins de Chardonnay : témoin, reconstitué, T-1.5% et T-3%

Les courbes DTS des quatre vins de Sauvignon sont présentées sur la figure 12. Le vin témoin est dominé en attaque par les sensations acides et amères. Après déglutition, ce vin est dominé par les sensations piquante, amère, acide puis astringente. Le vin reconstitué est également caractérisé par les dominances acide et amère en attaque. Il est ensuite perçu amer pendant quelques secondes et la finale est astringente. Les deux vins désalcoolisés présentent tous deux une attaque acide et une finale amère. Le vin T-1.5 %, est dominé par une sensation fruitée après l'attaque, alors que le vin T-3 % est dominé par une sensation muscatée. La finale du vin T-3 % est également perçue acide.

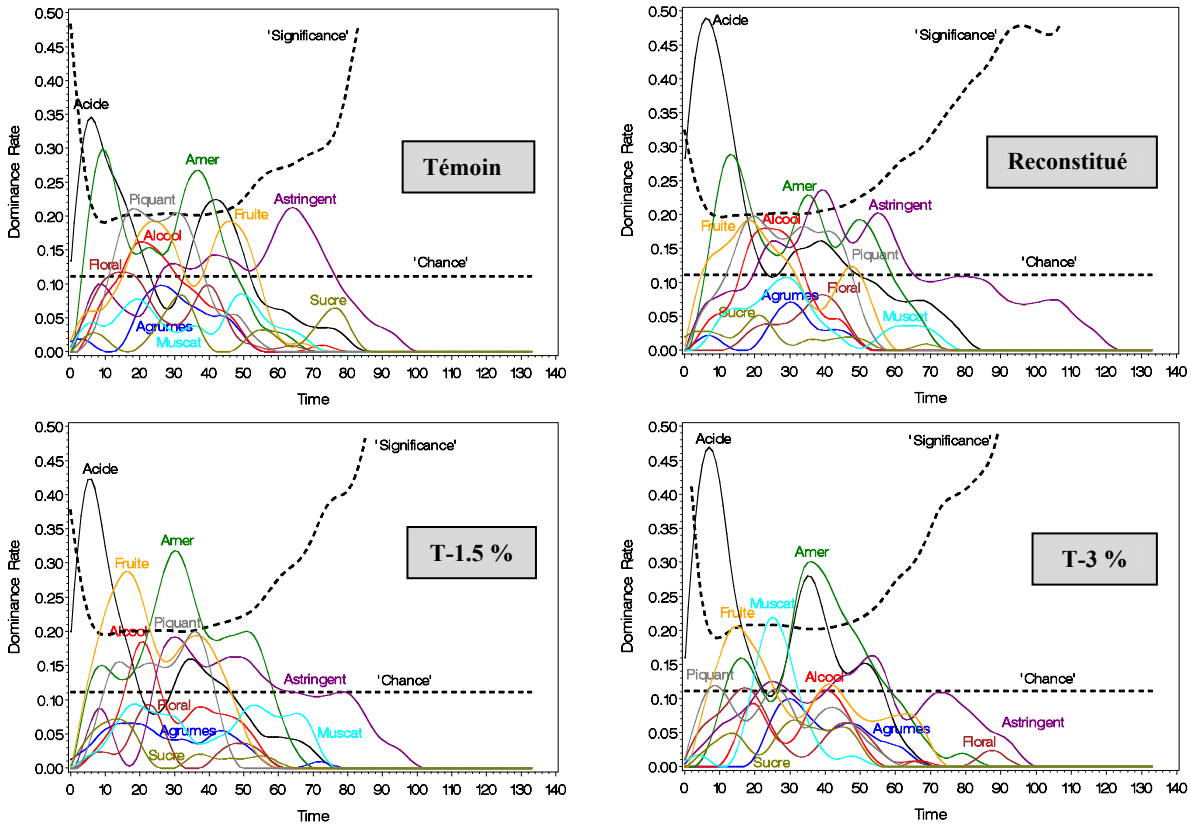


Figure 12. Courbes DTS des quatre vins de Sauvignon : témoin, reconstitué, T-1.5% et T-3%

Les courbes de différences effectuées entre les deux vins alcoolisés (témoin et reconstitué) et les deux vins désalcoolisés (figure 13) de Chardonnay suggèrent l'existence de faibles différences sensorielles entre les vins. L'abaissement de la teneur en alcool dans les vins de Chardonnay entraine la disparition de la sensation amère en attaque et également l'apparition de la dominance aqueuse aux dépens de la dominance alcool en fin de bouche. Dans le cas du Sauvignon, la diminution du taux d'alcool dans les vins entraîne une disparition des dominances alcool et amère en attaque ainsi que l'apparition des sensations dominantes agrumes et amère aux dépens des dominances florale, fruitée, acide et sucrée en fin de bouche.

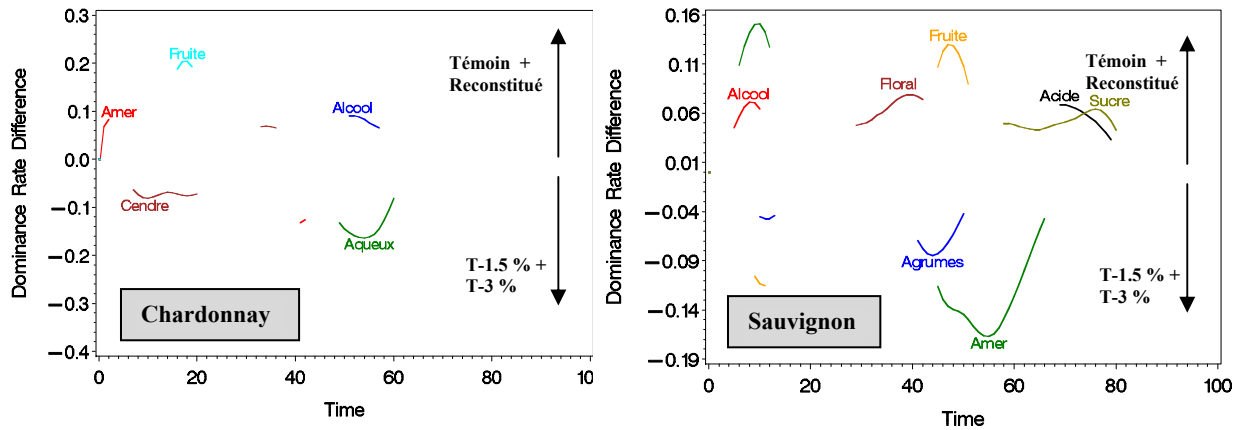


Figure 13. Courbes DTS de différences entre les deux vins témoins et reconstitué et les deux vins désalcoolisés (T-1.5 % et T-3%) pour le Chardonnay et le Sauvignon

Les courbes de différences effectuées entre les vins témoins et les vins reconstitués (figure 14) montrent que le traitement par osmose inverse induit une modification des profils temporels des vins. Dans le cas des vins de Chardonnay, l'osmose inverse entraîne la disparition des sensations dominantes astringente et alcool et favorise l'apparition des dominances aqueuse, acide et amère. Dans le cas des vins de Sauvignon, l'osmose inverse induit une disparition des notes aromatiques florale, agrumes, fruits blancs et muscat et favorise l'apparition des sensations dominantes piquantes, amères et acides.

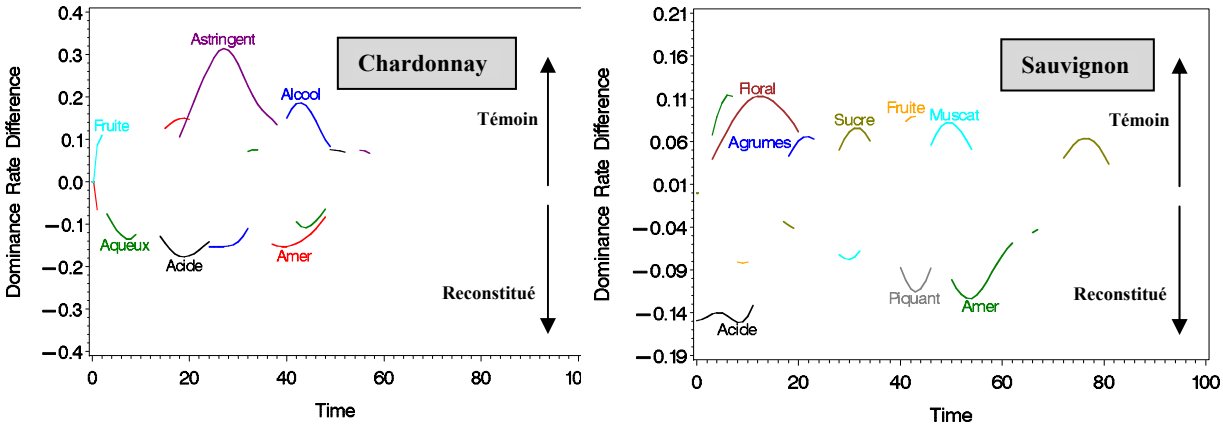


Figure 14. Courbes DTS de différences entre les vins témoins et reconstitué pour le Chardonnay et le Sauvignon

3.4 Discussion

3.4.1 Impact de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception des vins blancs

L'effet sensoriel de la réduction d'alcool dans le vin par osmose inverse peut être dû à la diminution de la teneur en alcool mais également aux conséquences secondaires du traitement par osmose inverse.

3.4.1.1 Impact de l'abaissement de la teneur en alcool sur la perception des vins

Les résultats des profils et DTS sont congruents et suggèrent que l'abaissement de la teneur en alcool a des effets variables d'un cépage à un autre. Dans le cas du Chardonnay, la diminution du taux d'alcool a entraîné une baisse de la perception amère et une augmentation de la perception aqueuse. Les résultats du DTS ont permis d'apporter des informations temporelles sur ces modifications sensorielles en montrant que la baisse de la perception amère a lieu immédiatement après avoir mis le vin en bouche (en attaque) alors que l'augmentation de la perception aqueuse a lieu en fin de bouche. L'examen des courbes DTS suggère que l'augmentation de la perception aqueuse dans les vins de Chardonnay désalcoolisés est due à une disparition simultanée de la sensation « alcool ». Dans le cas du Sauvignon, les résultats du profil sensoriel montrent que l'abaissement du taux d'alcool a entraîné une diminution de

la perception de la longueur en bouche des vins. Cette observation n'a pas été significativement confirmée par un test de contraste effectué sur les temps de perception finaux issus du DTS entre les vins alcoolisés (témoin et reconstitué) et les vins désalcoolisés (T-1.5% et T-3%), mais une tendance a été mise en évidence (p=0.10). Le DTS a également montré que la diminution du taux d'alcool dans les vins de Sauvignon entraîne une disparition des dominances alcool et amère en attaque ainsi que l'apparition des sensations dominantes agrumes et amère aux dépens des dominances florale, fruitée, acide et sucrée en fin de bouche.

La disparition de la perception amère, observée en attaque dans les vins de Chardonnay et Sauvignon désalcoolisés, confirme les résultats rapportés dans la littérature (Martin et Pangborn, 1970 ; Fischer et Noble, 1994 ; Fontoin *et al.*, 2008). Cependant, l'apparition de la sensation dominante amère en fin de bouche des vins de Sauvignon désalcoolisés est contradictoire avec cette même littérature. Les courbes DTS indiquent que cette sensation domine simultanément avec la sensation agrumes et son apparition pourrait être expliquée par un effet associatif cognitif congruent entre les arômes d'agrumes et la sensation amère.
La disparition de la sensation dominante alcool dans les vins de Chardonnay et Sauvignon désalcoolisés semble cohérente puisque l'éthanol pur induit une sensation de chaleur en bouche (Jackson, 2002). Cette disparition pourrait expliquer l'apparition simultanée de la dominance aqueuse dans les vins de Chardonnay désalcoolisés. En effet, comme la sensation de chaleur est moins importante dans ces vins, elle n'équilibre plus la perception globale du vin et laisse place à une sensation plate et aqueuse.
La diminution de la perception de la persistance en bouche des vins avec l'abaissement de la teneur en alcool, également observée dans l'étude précédente sur les vins rouges, pourrait s'expliquer par le fait que l'éthanol pur est un composé persistant. En effet, Burgering *et al.* (2009) ont montré dans une étude *in vivo*, que contrairement aux composés aromatiques, l'éthanol présente la particularité de rester significativement plus longtemps dans la cavité nasale, une fois le vin avalé. Les auteurs suggèrent que la présence continue de ce composé auprès des récepteurs olfactifs pourrait avoir un impact d'ordre physiologique et/ou neurologique sur la perception sensorielle des vins.
L'augmentation de la perception de certains composés aromatiques dans les vins de Chardonnay (cendres) et Sauvignon (agrumes) désalcoolisés et la diminution de la perception d'autres composés aromatiques dans ces mêmes vins (fruits blancs, floral) montrent que l'éthanol a un impact variable sur la perception des arômes du vin. Ces résultats ne sont pas contradictoires puisque la littérature indique que l'éthanol induit généralement une rétention des composés aromatiques (Conner et Paterson, 1999 ; Perpète et Collin, 2000 ; Hartman *et al.*, 2002) mais favorise parfois la libération de certains composés aromatiques (Le Berre *et al.*, 2007 ; Goldner *et al.*, 2009).

3.4.1.2 Impact du traitement par osmose inverse sur la perception des vins

Indépendamment de la teneur en alcool des vins, les conséquences sensorielles du traitement par osmose inverse sont variables d'un cépage à l'autre. Dans le cas du Chardonnay, les résultats du profil n'ont pas montré d'effet significatif du traitement sur la perception des vins tandis que les résultats du DTS ont mis en évidence la disparition des sensations dominantes astringente et alcool et l'apparition des dominances aqueuses, acides et amères dans le vin osmosé. Dans le cas du Sauvignon, les résultats du profil et du DTS ont été congruents et ont indiqué que le traitement par osmose inverse entraîne, indépendamment de la teneur en alcool du vin, une diminution de la perception des composés aromatiques en bouche et au nez (fruits blancs, agrumes, floral, muscat, soufre) et une augmentation de la perception des sensations amères, piquantes et acides.

La disparition de la plupart des sensations dominantes aromatiques dans le vin de Sauvignon osmosé est probablement due à la perte de certains composés aromatiques lors du traitement par osmose inverse. En effet, d'après Pickering (2000), quelques acides organiques et composés aromatiques peuvent diffuser avec l'alcool et l'eau (perméat) à travers la membrane de l'osmoseur. Ces composés ont probablement été perdus par chauffage, lors de la phase de distillation du perméat visant à séparer l'éthanol et l'eau.
L'augmentation de la perception des sensations amères piquantes et acides dans les vins osmosés est surprenante puisque le traitement par osmose inverse n'entraîne normalement pas de perte et encore moins de gain de tannins, alcool ou acide tartrique. Cette augmentation est probablement due à une rupture et une modification de l'équilibre physico-chimique du vin induite par le traitement par osmose inverse.

3.4.2 Faible différences sensorielles entre les vins : contribution du DTS au profil

Afin de comparer les résultats issus du profil sensoriel et du DTS, toutes les informations gustatives apportées par chacune des deux méthodes ont été récapitulées dans les tableaux 9 et 10 pour les vins de Chardonnay et Sauvignon. D'après l'examen de ces tableaux, il apparaît que tous les résultats observés avec le profil ont également été notés et confirmés avec la méthode du DTS, avec l'apport supplémentaire de la dimension temporelle. De plus, le DTS a permis d'apporter des informations sur les effets respectifs de la diminution de la teneur en alcool et du traitement par osmose inverse qui n'avaient pas été mises en évidence avec le profil sensoriel.

Tableau 9. Informations sensorielles apportées par le profil et le DTS sur les vins de Chardonnay (seulement les descripteurs gustatifs)

Effets sur la perception	Informations apportées par le profil	Information apportées par le DTS
Effet de la diminution de la teneur en alcool	- Diminution perception amère - Augmentation perception aqueuse	- Disparition dominance amère (attaque) - Apparition dominance aqueuse (finale) - Disparition dominance alcool
Effet du traitement par osmose inverse	-	- Disparition dominances astringente et alcool - Apparition dominances aqueuse, acide et amère

Tableau 10. Informations sensorielles apportées par le profil et le DTS sur les vins de Chardonnay (seulement les descripteurs gustatifs)

Effets sur la perception	Informations apportées par le profil	Information apportées par le DTS
Effet de la diminution de la teneur en alcool	- Diminution persistance	- Diminution persistance Disparition dominances amère et alcool (attaque) - Apparition dominances agrumes et amère (finale) - Disparition dominance florale, fruits blancs, acide et sucrée (finale)
Effet du traitement par osmose inverse	- Augmentation perception amère - Diminution perception fruits blancs	- Disparition dominance florale, agrumes, fruits blancs, et muscat - Apparition dominances piquant, amère et acide

Le vin étant un produit qui procure des sensations gustatives particulièrement dynamiques, l'application du DTS pour décrire ses caractéristiques sensorielles semble plus adaptée que celle du profil. En effet, dans le cadre d'une évaluation avec le profil sensoriel, les panélistes doivent estimer l'intensité de chaque descripteur sur des échelles continues. En sachant, que l'intensité de chaque descripteur varie de façon temporelle, le panéliste doit donc intégrer plusieurs paramètres pour estimer l'intensité globale d'un descripteur donné, tels que l'intensité maximale, la durée et le moment de la perception. Cette procédure requiert un minimum de réflexion et semble moins instinctive et spontanée que celle du DTS consistant à se focaliser uniquement sur les descripteurs dominants au cours du temps.

Le DTS apparaît comme une méthode prometteuse pour décrire la perception sensorielle des vins car il apporte des informations temporelles pertinentes que le profil ne peut pas mettre en évidence. Cependant, cette méthode se focalise uniquement sur les sensations dominantes et ne permet pas d'obtenir d'informations sur les sensations discrètes secondaires. Elle ne peut donc en aucun cas remplacer le profil sensoriel mais peut être utilisée en complément afin d'obtenir une description complète des produits.

Quelques investigations statistiques pourraient néanmoins être effectuées pour améliorer l'interprétation des résultats issus du DTS. Ces traitements pourraient inclure l'évaluation des performances des panélistes en termes de discrimination, répétabilité et accord avec le groupe ou encore l'évaluation des différences statistiques entre deux ou plusieurs produits. D'autres

recherches pourraient également être mises en place pour améliorer la procédure d'acquisition des données liée au DTS. On peut par exemple s'interroger sur la pertinence de l'utilisation des échelles continues, puisque l'intensité des descripteurs n'intervient pas dans la réalisation des courbes DTS et son évaluation demande un effort supplémentaire pour les panélistes. Le remplacement des échelles continues par des boutons cliquables semblerait plus adapté pour simplifier la tâche des panélistes et améliorer l'interprétation des résultats.

3.5 Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer, par l'utilisation successive du profil sensoriel et du DTS, l'impact de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception sensorielle de deux vins blancs (Chardonnay et Sauvignon).

Les résultats ont montré que l'abaissement de la teneur en alcool des vins blancs a un impact sur la perception sensorielle. Indépendamment de la teneur en alcool des vins, le traitement par osmose inverse a également un impact sur la perception des vins. Cependant, l'impact de ces deux composantes est variable selon le cépage étudié et cela est probablement dû à des interactions diverses entre l'éthanol et les différents constituants du vin.

Les résultats suggèrent que les taux de désalcoolisation étudiés (-1.5 % et -3%) n'ont pas un impact très marqué sur la perception sensorielle des vins blancs. Le DTS s'est révélé plus efficace que le profil pour mettre en évidence les faibles différences sensorielles entre les vins. Il serait intéressant par la suite de travailler avec des taux de désalcoolisation plus importants afin d'étendre le champ d'application des résultats de cette étude.

4. Impact de la réduction d'alcool sur la perception de la complexité et la temporalité des sensations dans les vins rouges et lien avec les préférences: Article 2

En complément des deux études descriptives précédentes, effectuées sur des vins du Languedoc-Roussillon, avec un taux de désalcoolisation n'excédant pas -3%, cet article descriptif permet d'étudier le champ d'application des résultats sur des vins rouges plus aromatiques, en provenance d'Australie, et dont le taux de désalcoolisation atteint -5.5% (série de vins n°3). La question de la mise en place de stratégies de compensation sensorielle par l'ajout de sucre dans les vins désalcolisés est également abordée.

Cet article inclut par ailleurs la mesure de la perception sensorielle des vins par les consommateurs en termes de complexité. Les préférences des consommateurs sont également recueillies afin de comprendre les liens entre la complexité perçue, la temporalité des sensations et la dimension hédonique dans les vins déalcoolisés.

ARTICLE 2

Impact of partial alcohol reduction in wine on perceived complexity and temporality of sensations and link with preference

S. Meillon[1,2], D. Viala[1,2], M. Medel[2], C. Urbano[2], G. Guillot[1], P. Schlich[2]

[1] Centre de Recherche Pernod Ricard, 120 av Marechal Foch, 94015 Créteil, France
[2] INRA, UMR Sciences du Goût (1214), 15 rue Hugues Picardet, 21000 Dijon, France

Soumis, Octobre 2009 - Food Quality and Preference

Impact of partial alcohol reduction in wine on perceived complexity and temporality of sensations and link with preference

S. Meillon[1,2], D. Viala[1,2], M. Medel[2], C. Urbano[2], G. Guillot[1], P. Schlich[2]

[1] Centre de Recherche Pernod Ricard, 120 av Marechal Foch, 94015 Créteil, France
[2] INRA, UMR Sciences du Goût (1214), 15 rue Hugues Picardet, 21000 Dijon, France

ABSTRACT

In the wine area, it is often stated that complexity is a mark of wine quality. However, except for rare qualitative studies, there are no data supporting this assumption. The main objective of this study was to investigate the impact on perceived complexity and temporality of sensations of partial alcohol reduction in wine and to link it with preference.

An Australian Syrah wine was partially dealcoholized using the reverse osmosis technique to obtain five wines with alcohol content varying between 13.5% and 8%. On one side, 71 French wine consumers evaluated their liking for these wines as well as overall perceived complexity thanks to a continuous scale, anchored with pictures, developed by Medel *et al.* (2009). They also evaluated the intensity of eight items supposed to be linked to perceived complexity in wine (familiarity, persistence, etc.). On the other side, eight trained panelists described temporality of sensations in the same wines with the TDS method, which consists in identifying and rating sensations perceived as dominant repeatedly until the perception ends. The overall complexity scale was well understood by consumers with a significant discrimination of wines according to their alcohol content. Consumer evaluations and TDS results emphasized the multidimensionality of wine complexity perception and provided some elements for its understanding.

KEYWORDS

Complexity, Liking, Alcohol-reduced wine, Temporal Dominance of Sensations (TDS)

1. Introduction

Due to global warming and viticulture progress related to customer demand in aromatic wines, alcohol content is increasing in wines (Conibear, 2006). Wine labels displaying alcohol content above 14% are increasingly common on the wine market whereas they were displaying alcohol content around 11% more than twenty years ago. These high alcohol wines are rather heavy to drink daily at mealtimes and some consumers, conditioned by the numerous government campaigns against the harmful effects of alcohol (on health and road safety) are looking for lighter alcoholic drinks. Besides, evolution of the modern lifestyle is leading to new consumption attitudes, and the wine, now linked to pleasure, quality and conviviality, is no longer consumed regularly but only occasionally. In France, the economic context of the wine area is thus marked by a decrease in wine consumption, so a diversification of production toward innovative products to restart wine consumption would be welcomed.

These factors have led researchers and wine professionals to develop techniques to reduce alcohol content in wines and some partially dealcoholized products are being introduced on the market. However, there are few data about the consequences of partial alcohol reduction on the sensory properties and quality of these wines as perceived by consumers.

Regarding perceived sensory properties, ethanol is known to have a possible influence on wine perception by bringing texture (Pickering et al., 1998), sweetness (Wilson et al., 1973), bitterness (Mattes and Di Meglio, 2001) and hotness (Gawel et al., 2007; Jones et al., 2008) but also by interacting with wine components such as aromas (Perpète and Collin, 2000; Le Berre et al., 2007; Goldner et al., 2009; Escudero et al., 2007) and tannins (Fontoin et al., 2008). Meillon et al. (2009) studied the impact of partial alcohol reduction by reverse osmosis on the sensory perception of red wines and emphasized a decrease in the perception of persistence and hotness which was substituted by astringent or red fruit sensations. In this study, temporal methodologies and accurate Temporal Dominance of Sensations (TDS) appeared well suited for the description of sensory differences induced by alcohol reduction. This method consists in identifying and rating sensations perceived as dominant until the perception ends. It was developped by Pineau et al. (2009) to overcome drawbacks of the Time-Intensity (TI) method such as the single-attribute evaluation (time-consuming) and the halo-dumping effect (Clark and Lawless, 1994) which is a carryover from perceived attributes to the one being evaluated.

Regarding perceived quality, Meillon et al. (submitted a and b) showed that alcohol-reduced wines were significantly depreciated by wine professionals, whereas there was a strong segmentation in the preference among consumers. In the wine area, it is often stated that perceived complexity is a mark of wine quality. However, apart from rare qualitative studies (Charters and Pettigrew, 2007), there are no data supporting this assumption. This absence of study may be due to the difficulty of providing a clear definition of perceived complexity in

wine and thus measuring it. Indeed, according to Medel et al. (2009), wine complexity could be related to eight sensory dimensions: familiarity, homogeneity, harmony, balance, the number of perceived aromas, the ability to identify sensations, and the strength and persistence of flavour perception. They developed a questionnaire illustrated with pictures to measure these dimensions but also the overall perceived complexity in wines. This questionnaire was successfully used with consumers and emphasized a significant but moderate link between perceived complexity in wine and persistence, strength and the number of aromas, but no significant link with liking.

Perception of complexity was however well studied in the area of art and food/beverages (Köster and Mojet for review, 2007) and the theory states that perceived complexity and liking are not linearly related but according to an inverted U-curve (Berlyne, 1967). Product appreciation thus increases as the level of complexity increases, until an optimal level (proper to everyone), after which it decreases. According to Dember and Earl (1957), this optimal liking level could be increased for more complex stimuli by exposure to complex products, because the stimuli become familiar and thus less complex to the observer (Walker, 1980). These theories were confirmed with the study of Levy et al. (2006) on orange juice.

In the traditional area of wine, we would suggest that this theory is not well adapted as products are themselves very complex. Wines are so complex that when consumers start drinking them, they must be far from their optimal liking, somewhere on the lower part of the U-invert curve, and thus generally may not like them. It is only after regular exposure and learning that consumers can appreciate wine complexity. We believe that complexity could be linearly related to liking for wine-exposed consumers but maybe not for wine novices.

The main objective of this study was (1) to investigate the impact of partial alcohol reduction in wine on perceived complexity, temporality of sensations and liking. It is expected that Partially Alcohol-Reduced Wines (PARW) will be less appreciated than non PARW as they are perceived as less complex and with fewer temporal sensations. The second objective was (2) to investigate the impact of sugar complementation in PARW on perceived complexity, temporality and liking. It is expected that sugar complementation compensates alcohol reduction by increasing the appreciation of PARW. The last objective of this study, rather methodology-oriented, was (3) to emphasize the sensory dimensions that participate in wine complexity perceived by consumers and to check any link with liking and temporal dominances of sensations. It is expected that perceived complexity is not related to liking for novice consumers and is associated to TDS curves with many sensations.

In the sparse literature dealing with partial alcohol reduction in wine (Meillon et al., 2009, submitted a and b), studies were conducted with French wines from Languedoc and with a degree of alcohol reduction not above -4.5 % v/v. It was decided for this study to go further with the degree of dealcoholization and to involve more concentrated and aromatic Syrah wines from Australia.

2. Materials and methods

2.1. Wine samples

A commercial grade Syrah wine was selected for its aromatic profile and bought (in bulk) from a winery in Australia (Adelaide). This wine undergwent oak contact (wood staves) and was from the 2006 vintage.

This wine at 13.4% was partially dealcoholized by -2%, -4% and -5.5% by the INRA experimental unit Pech Rouge, in Narbonne, leading to three different PARW at respectively 11.5%, 9.5% and 7.9%. To study the impact of sugar complementation on the perception of dealcoholized wine, a fifth complemented wine was added to the experimental design. This complemented wine was the wine at 7.9% to which was added 8.44g sugar (from grapes) per litre. These five wines will respectively be called Syrah standard, Syrah-2, Syrah-4, Syrah-5.5 and Syrah-5.5Cp.

All three dealcoholized wines were made one by one, in the same condition, using the reverse osmosis technique as in Meillon et al. (2009). For each PARW, 120 litres of the standard wine was reincirculated at high pressure through a reverse osmosis system up to the desired alcoholic degree. Wine was thus separated into two flows: the permeate which contains the low molecular weight component (water/ethanol/and possibly some flavour compounds) and the concentrate, which is retained by the membrane (almost all of the vinous components). The longer this step takes, the lower the final alcoholic degree of the wine. The permeate then undergwent treatment with a membrane contactor system, to separate water from the ethanol fraction. The endogeneous water free of alcohol (less than 0.2 %) was finally reintroduced into the osmosed wine to get a wine with a dry extract close to that of standard wine.

After the dealcoholization process, the sulphur dioxide content was readjusted in each wine to get a value close to 30 mg free SO2 per litre. Wines were manually vacuum bottled (750 ml, Altec®corks) after filtration (0.5 microns). Bottles were then stored in a cold and dark room at 10 °C. They were removed from the cold room and left to stand at room temperature 24 h before each evaluation in order to reach a serving temperature of 20°C ± 1°C. Wines were uncorked 1 h prior to the evaluation and checked for cork taint by the experimenter.

2.2 Evaluation procedure

Measurement of complexity and liking was conducted with wine consumers in order to understand consumer perception whereas measurement of TDS, which requires a minimum amount of training to be correctly used, was conducted with trained panelists.

All three evaluations took place in isolated sensory booths, at standardised temperature (20°C ± 1°C) and under red light to mask wine colour. Wines were presented in black tulip-shaped glasses covered with petri dishes to avoid aroma loss and were presented according to a Williams Latin Square plan to balance order and carry-over effects.

2.3 Measurement of perceived complexity and liking

Measurement of perceived complexity and liking was carried out in a one-hour session at the laboratory. This session was conducted in two distinct steps separated by a fifteen-minute break during which consumers had to answer a questionnaire. All sessions took place with a maximum of 16 participants and, depending on participant availability, were held either at lunchtime (12h) or in the evening (18h), as these are common consumption times for wine.
Wines (30 ml) were presented in black-tulip shaped glasses and consumers were instructed to have a break and to rinse their mouths as desired, with unsalted crackers as tannin palate cleansers then with Evian water. Data were collected using FIZZ software (Biosystemes, Couternon, France).

2.3.1 Consumers

Ninety wine consumers were recruited by phone after publication of an advert in a free local newspaper (in Dijon, Burgundy). They were selected only if they drank red wine at least once a month. Consumers were selected to maintain as good a balance as possible for gender and age criteria.
Seventy-one consumers (37 women and 34 men) finally attended the one-hour session and were paid 10 euros for their participation. Twenty of them were aged between 20 and 30 years old, twenty-eight of them were aged between 31 and 50, and twenty-three of them were over 51.

2.3.2 Step 1: monadic hedonic rating

During the first step, consumers were monadically presented with the five wines in the study. They had to taste each wine then to rate their appreciation on a continuous scale going from "I do not like this wine" to "I like this wine".

2.3.3 Break: questionnaire fulfilling

In order to seek explanations for possible consumer segmentation, some demographic data such as gender and age but also behavioural data regarding wine knowledge were collected by questionnaire which was filled out during the break. Wine knowledge has previously been shown to impact product acceptability. According to Chocarro et al. (2009), consumer knowledge is a concept involving two components: expertise and familiarity. Expertise refers "to the ability to successfully carry out product-related tasks" and familiarity "represents the accumulated number of product-related experiences".
It was decided to measure familiarity through two behavioural parameters: frequency of wine consumption and number of wine bottles owned in the cellar, which may reflect the wine purchase frequency. Expertise was measured through a 25-item quiz about wine (technology, appellation, grape variety, etc.) specially designed for the study.

2.3.4 Perceived complexity rating

To measure perceived complexity, a questionnaire developed and validated for wine evaluation by Medel et al. (2009) was used (Figure 7 in Annexe). This questionnaire has been successfully used with wine consumers. It is divided into eight items supposed to be linked to perceived complexity: familiarity, homogeneity, number of aromas, facility of description, harmony, balance, persistence and strength and one item of overall complexity. Definition of each of the eight items is given in table 1 (Medel et al., 2009).

Table 1. Definition of the 8 items expected to be linked to perceived complexity (Medel et al., 2009)

Item	Definition
Familiarity	A non surprising wine, with common aromas
Number of aromas	A rich mixture of several various aromas
Facility to describe	Easy to identify the different aromas and main sensations of this wine
Homogeneity	The different sensations blend smoothly in the mouth
Harmony	The different aromas of the wine go well together
Balance	There is no dominating sensation in the mouth
Persistence	How long the sensations remain in the mouth
Strength	How concentrated a wine is

The evaluation of each of the eight items was performed on continuous scales with anchors illustrated by pictures. The evaluation of overall complexity was performed on a continuous scale illustrated with a series of six pictures gradually complex-ordered by the addition of new forms and by asymmetrisation. According to Medel et al. (2009), the use of pictures facilitates the comprehension of items by consumers. Familiarity is however not illustrated as no suitable pictures were found to be correctly understood by the majority of consumers.
Consumers were thus once again monadically presented with the five wines in the study but with different codes and presentation order. They had to taste each wine then to rate the intensity of the 9-items questionnaire.

2.4 Measure of Temporal Dominance of Sensations

Eight trained panelists (6 women and 2 men) from an internal panel in CRPR were selected according to availability. These panelists, aged 30-56 years old, are experienced in assessing alcoholic drink, particularly wine, sensory profiles but also in the TDS method.
They received five one-hour training periods consisting in a recall of the TDS method and tasting protocol, generation then reduction of a descriptor list and TDS evaluation training.
The tasting protocol consisted of three successive actions at well-defined times. At zero seconds, panellists had to put wine in their mouths (10 ml) and start data recording. They then had to move the wine around their mouths and to swallow it at 12 s. Once the wine had been swallowed, panellists could continue wine evaluation. Data acquisition automatically stopped after 120 seconds but panellists could stop as soon as they felt no more sensations.

To generate the descriptor list, panellists were asked to apply the tasting protocol to the five wines in the study and to write down on a paper all the in-mouth sensations they felt during tasting. The 10 most cited terms were selected and retained for further TDS evaluations. Then the list was adjusted by alternating evaluations and discussions. The final list consisted of seven descriptors i.e. three tastes: acid, bitter and sweet, two sensations: astringency and heat, and two aromas: red fruit and woody. As panelists indicated that they sometimes perceived no dominant sensation, a eighth descriptor called "Nothing dominates" was added to the list, thus blocking the previous dominant sensation recording.

Wine TDS evaluation took place in three sessions in order to get three replications. In each session, the five wines in the study were monadically presented in black-tulip shaped glasses (10 ml) and data acquisition was performed with Tastel Software (ABT Informatique, France) with a period of 500 milliseconds. Panellists were shown on a computer screen the list of 7 descriptors associated with unstructured scales (15 cm), going from weak to strong. Panellists simultaneously put the entire contents of the glass into their mouths and started software acquisition by clicking on a "start button". Once the chronometer started, they identified and rated the intensity of sensations they perceived as dominant while performing the tasting protocol. The evaluation ended when panellists no longer perceived any sensation and the chronometer was stopped. A two-minute break was enforced between samples, during which panellists had to rinse their mouths with unsalted crackers then Evian water. Descriptor order presentation was different for each panellist to balance the fact that the first descriptors of the list are often more cited.

2.5 Data analysis

All statistical analysis used SAS software release 9.1 (SAS institute Inc., Cary, NC).

2.5.1 Liking, items related to complexity and overall complexity

Two-way ANOVA models (consumers + wines) were carried out on liking variables, items supposed to be related to complexity and overall complexity items to determinate discriminating variables. To complete analyses of products, box plots of liking scores were drawn and multiple means comparisons were performed with Least Significant Difference at $p < 0.05$. Effect of sugar complementation in Syrah-5.5 was determined on all variables with a paired Student test performed between Syrah-5.5 and Syrah-5.5Cp (α=5 %).

To visualize differences between wines while taking account of subject notation heterogeneity, Canonical Variate Analysis (CVA) was carried out on the items in the complexity questionnaire. Liking attribute was also added to the CVA in order to understand drivers of liking. Confidence ellipses (90%) were drawn around each product in the CVA. The location of a product on the CVA map is the average location of individual assessments

of this product. Thus the ellipse is the area where the average location could have been, with a 90% probability.

In order to highlight any relationship between complexity, liking and items related to complexity, individual scores of the different items were standardized and Pearson correlation coefficients (r) were calculated between the different items, based on the standardized scores. Significance of coefficients was tested under the null hypothesis r=0 (α=5 %).

To identify consumers potentially interested in PARW, a segmentation of overall liking was performed using the Varclus procedure in SAS (centroïd option). This segmentation was performed without Syrah-5.5Cp in order to study only the effect of dealcoholization. The consistence of the segmented group was checked with the F value of product*group interaction in a three-way split plot ANOVA model (consumers, group, product). The higher this value, the better the group consistency. To understand and explain segmented groups, a cross-tabulation of consumer characteristics (demographic and behavioral) in each segmented group was carried out and associated Khi² were calculated (α=5 %).

2.5.2 Temporal Dominance of Sensations

For each product, time and attributes, dominant index were calculated by dividing the number of citations of an attribute (all replications) by the number of judges times the number of replications (Pineau et al., 2009). The higher the dominant index, the better the agreement among panellists. The corresponding TDS curves were displayed on the same graph carrying out a spline-based smoothing. Two other curves were displayed on the graph to help us with the interpretation (Pineau et al., 2009; Labbe et al., 2009). The first one called ‘‘chance level” represents the dominance rate that an attribute can obtain by chance (1/number of attributes). The second one called ‘‘significance”, based on a binomial test, expresses the smallest value of the proportion that is significantly (p = 0.05) higher than the chance level. When the TDS curves go from between the chance and the significance levels to above the latter, they are consistent at panel level.

2.5.3 Wine knowledge

To determine wine knowledge score, all 25 items were attributed a mark (0 when false and 1 when true) then added to get a total score. This total score was then transformed into qualitative levels to facilitate data treatment (Chi-square). To do this, consumer distribution of total scores (ranging from 0 to 25) was drawn then split where a gap appeared. Three groups were thus determined with the following characteristics: low knowledge (n=21, mean=5.5), medium knowledge (n=44, mean=11.5) and high knowledge (n=8, mean=16.9). Two consumers were removed from analysis as their questionnaires were not complete.

3. Results

3.1 Liking

3.1.1 Results for the whole group of consumers

Results of the two-way ANOVA (consumer + wine) performed on the liking variable emphasized a significant wine effect (p=0.003). Detail of liking means (figure 1) shows that Syrah-5.5 was appreciated significantly less than the other wines which obtained the same hedonic scores. This result suggests that for the whole group of consumers, a reduction of alcohol content inferior or equal to 4% had no impact on overall wine liking, however when the alcohol reduction reaches the value of -5.5%, it was negatively perceived ($p<0.05$) by consumers. It is interesting to notice that complementation of Syrah-5.5 with grape sugar (Syrah-5.5Cp) significantly increased its appreciation (t-test, p=0.006) with an increase in overall liking of more than one point.

Box plots of liking scores indicate a great variation of scores around the global product mean and particularly in PARW which exhibits the largest variance compared to standard wine. Despite the small number of consumers, it was thus decided to go further with analysis through a segmentation step.

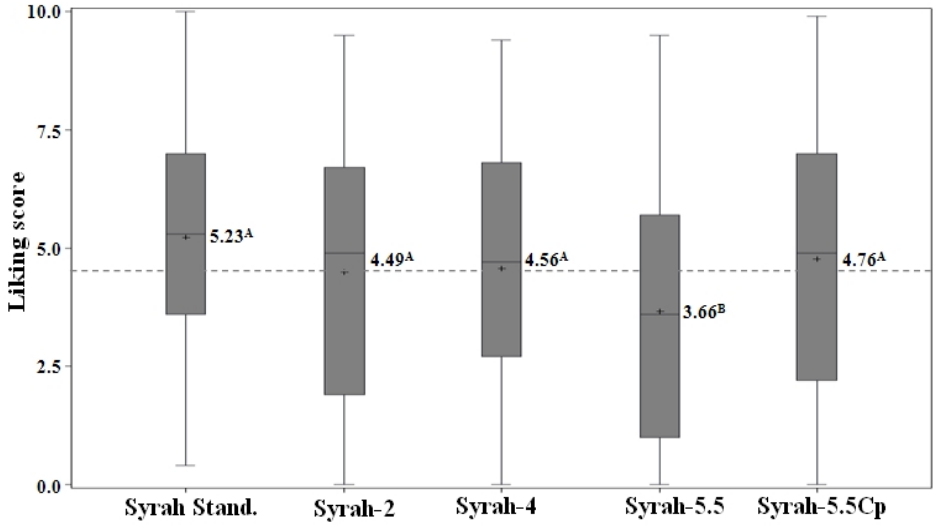


Figure 1. Box plots of liking scores and detail of liking means for the 5 wines of the study

[a] Means indicated with same letter are not significantly different (LSD test, α=5%)
Dotted line represents the overall liking mean

3.1.2 Segmentation

Results of segmentation brought to light three groups of consumers with different reactions towards alcohol-reduced Syrah wines (Fgroup*product=24.7). Considering the small number of consumers, it would have been preferable to obtain two groups of consumers but Fgroup*product was less consistent (F=19.6). Figure 2 shows the mean liking details of each of the three groups and their confidence intervals (α=5%).

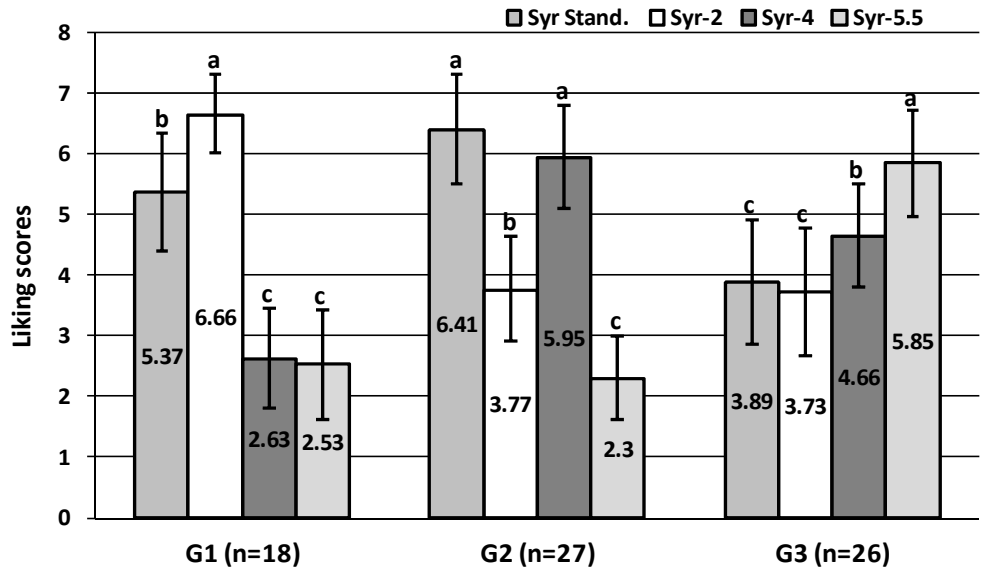


Figure 2. Wine liking means and their confidence interval (α=5%) in the three segmented groups of consumers

[a] Means with same letter within a group are not significantly different (LSD test, α=5%)

The first group (n=18) significantly and strongly appreciated Syrah-4 and Syrah-5.5 much less than Syrah-2 and the standard. However, they significantly preferred Syrah-2 to the standard. It can be said that this group presents an optimal preference for Syrah wine at about 11.5%. They appreciate it much less when the alcohol content is lower than 11.5% and to a lesser extent when the alcohol content is higher. The second group (n=27) significantly and strongly disliked Syrah-5.5 and to a lesser extent Syrah -2. However they appreciated Syrah-4 and the standard. No explanation was found for the preferences of this group. Either preferences were not driven by alcohol content or this group masked two groups of consumers with different preferences toward PARW. The last group (n=26) significantly preferred Syrah-5.5 and Syrah-4 to Syrah-2 and standard which were disliked. Syrah-5.5 was for that matter preferred to Syrah-4. It can be said that this group appreciates the sensory impact of alcohol reduction and their preferences are driven by low-alcohol content wines.

Khi² tests performed on socio-demographic and behavioral data, to characterize and understand preferences in the different groups, emphasized a significant effect of "number of wine bottles in cellar" (p=0.003). Figure 3 shows the percentage distribution of this parameter in each of the three segmented groups. Group 3 was mainly represented by consumers owning fewer than 20 bottles in their cellars whereas group 1 and 2 were mainly represented by consumers owning many bottles in their cellars. Group 2 presented more consumers with fewer than 20 bottles in their cellars than group 1. This result suggests that the more consumers dislike alcohol-reduced wine, the greater the number of wine bottles in their cellars.

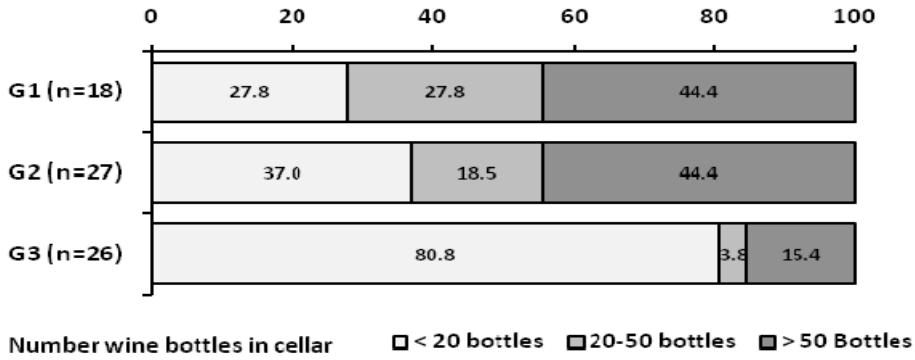


Figure 3. Percentage distribution of consumers according to their number of wine bottles in cellar in the three segmented groups of liking

3.2 Perceived complexity and items related to complexity

3.2.1 Description of wines

Results of two-way ANOVA (table 2) performed on the eight attributes related to complexity and the attribute of overall complexity emphasized six discriminated items with $p \leq 0.05$: familiarity, number of aromas, harmony, persistence, strength and complexity. This result indicates that most of the items were well and consensually understood by consumers. This result also suggests that sensory differences were perceived between the five wines in the study. The CVA plotted in figure 4 enables us to visualize these sensory differences between wines.

Table 2. P_{wine} values of two-ways model ANOVA (Consumer + Wine) performed on complexity questionnaire items

Items	P_{wine} value
Familiarity	**0.05**
Nb aromas	**<0.01**
Facility to describe	0.75
Homogeneity	0.75
Harmony	**0.05**
Balance	0.10
Persistence	**<0.01**
Strength	**<0.01**
Complexity	**<0.01**

The first two axes of CVA account for 93.8% of the total product differences (variance ratio). The first axis is correlated to perceived strength, persistence, complexity and number of aromas and separates both Syrah-2 and standard from other wines. The second axis is correlated to perceived familiarity, harmony and balance and splits Syrah-5.5Cp and Syrah-4 from Syrah-5.5, with Syrah-2 and Standard being intermediary. Syrah-2 and Standard were perceived as close, and detailed multiple means comparison indicates they were perceived as significantly more complex, persistent and strong but also with a higher number of aromas than other wines (Figure 5A). Syrah-4 and Syrah-5.5Cp were perceived as close and detailed multiple means comparison indicates they were perceived as significantly more familiar and

harmonious than Syrah-5.5 and Standard, Syrah-2 being intermediary (Figure 5B). They were also perceived as more balanced than Syrah-2 and standard, Syrah-5.5 being intermediary.

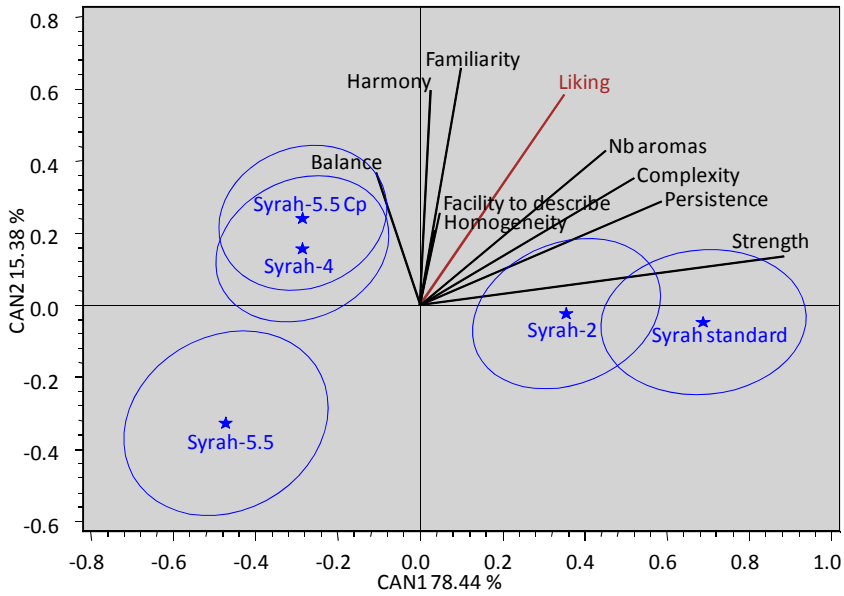


Figure 4. CVA of the five wines of the study performed with items of complexity and liking

These results suggest that alcohol reduction superior to -2% induces a decrease in the perception of complexity, persistence, number of aromas and strength in Syrah wines. However, alcohol reduction induces an increase in the perception of familiarity, harmony and balance with an optimal value at -4%. After 4%, perception of familiarity and harmony significantly decreases.

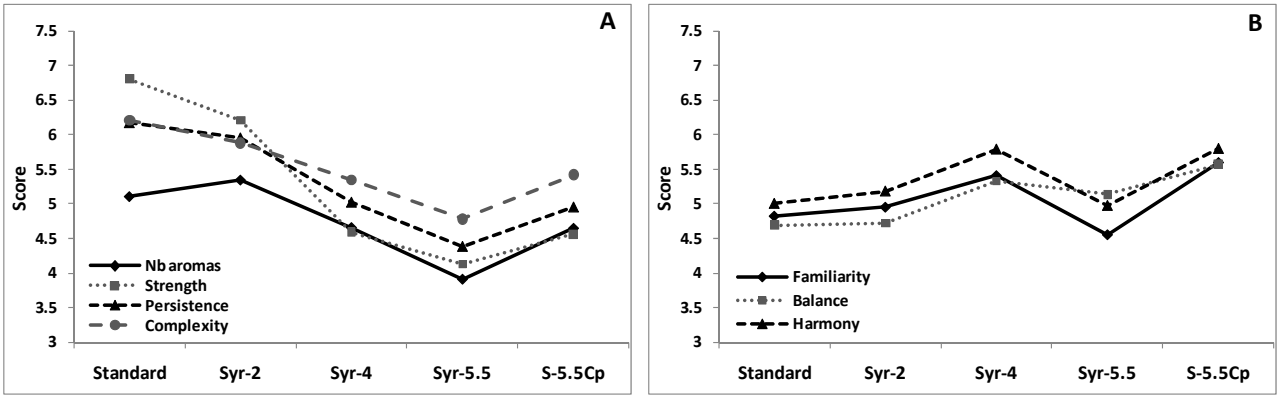


Figure 5. Detail of related-complexity and complexity items means gathered according to their way of evolution on figure A and B

Syrah-5.5 and Syrah-5.5Cp were perceived as significantly different and results of a t-test between the two wines indicated that Syrah-5.5Cp was perceived as significantly more familiar (p=0.008), harmonious (p=0.03), complex (p=0.05) and with a higher number of aromas (p=0.06) than Syrah-5.5. These results suggest that complementation of Syrah-5.5 with sugar grapes partly compensates alcohol reduction and induces a shift in its perceived

profile to Syrah-4 with an increase in the perception of familiarity, harmony, complexity and number of aromas.

3.2.2 Correlation between complexity, liking and items related to complexity

Pearson correlation coefficients and their associated p values, calculated between standardized scores of complexity, liking and items related to complexity, are presented in table 3.

Results shows that liking is weakly correlated to all items. The only significant items correlated with liking are persistency and complexity but Pearson coefficients are not superior to 0.11. This result suggests that perceived complexity and liking are thus not associated for the entire group of consumers.

Perceived overall complexity was significantly and positively correlated to perceived number of aromas, strength and persistency. This result suggests that a complex wine is a concentrated, strong wine with many aromas, which persists in the mouth. It is interesting to notice that perceived strength and persistency were strongly correlated (0.72). This result is coherent and it is easily conceivable that the taste of strongly perceived product remains a longer time in the mouth.

Homogeneity, harmony and balance were strongly correlated to each other (more than 0.70). This result seems coherent but suggests that these items may be redundant.

Table 3. Correlation coefficient Pearson (r) between standardized (by consumer) scores of overall complexity, liking and items related to complexity and their associated p value (test of the nullity of coefficient under H0: r=0)

	Liking	Familiarity	Nb aromas	Fac. descr.	Homogen.	Harmony	Balance	Persistency	Strength	Complexity
Liking	**1.00**	**0.01** 0.97	**0.09** 0.10	**0.08** 0.14	**0.06** 0.26	**0.06** 0.27	**0.07** 0.17	**0.11** 0.05	**0.05** 0.36	**0.11** 0.04
Familiarity		**1.00**	**0.42** <.0001	**0.41** <.0001	**0.43** <.0001	**0.51** <.0001	**0.37** <.0001	**0.16** 0.002	**0.10** 0.07	**0.13** 0.01
Nb aromas			**1.00**	**0.45** <.0001	**0.41** <.0001	**0.46** <.0001	**0.39** <.0001	**0.42** <.0001	**0.38** <.0001	**0.48** <.0001
Facilit. descr.				**1.00**	**0.37** <.0001	**0.42** <.0001	**0.37** <.0001	**0.18** 0.0007	**0.13** 0.01	**0.32** <.0001
Homogeneity					**1.00**	**0.79** <.0001	**0.74** <.0001	**0.12** 0.02	**-0.01** 0.96	**0.19** 0.0004
Harmony						**1.00**	**0.78** <.0001	**0.15** 0.04	**0.01** 0.85	**0.23** <.0001
Balance							**1.00**	**0.09** 0.08	**-0.06** 0.25	**0.20** 0.0001
Persistency								**1.00**	**0.72** <.0001	**0.49** <.0001
Strength									**1.00**	**0.50** <.0001
Complexity										**1.00**

3.3 Temporal Dominance of Sensations

The TDS curves of each of the five Syrah wines are presented in figure 6.

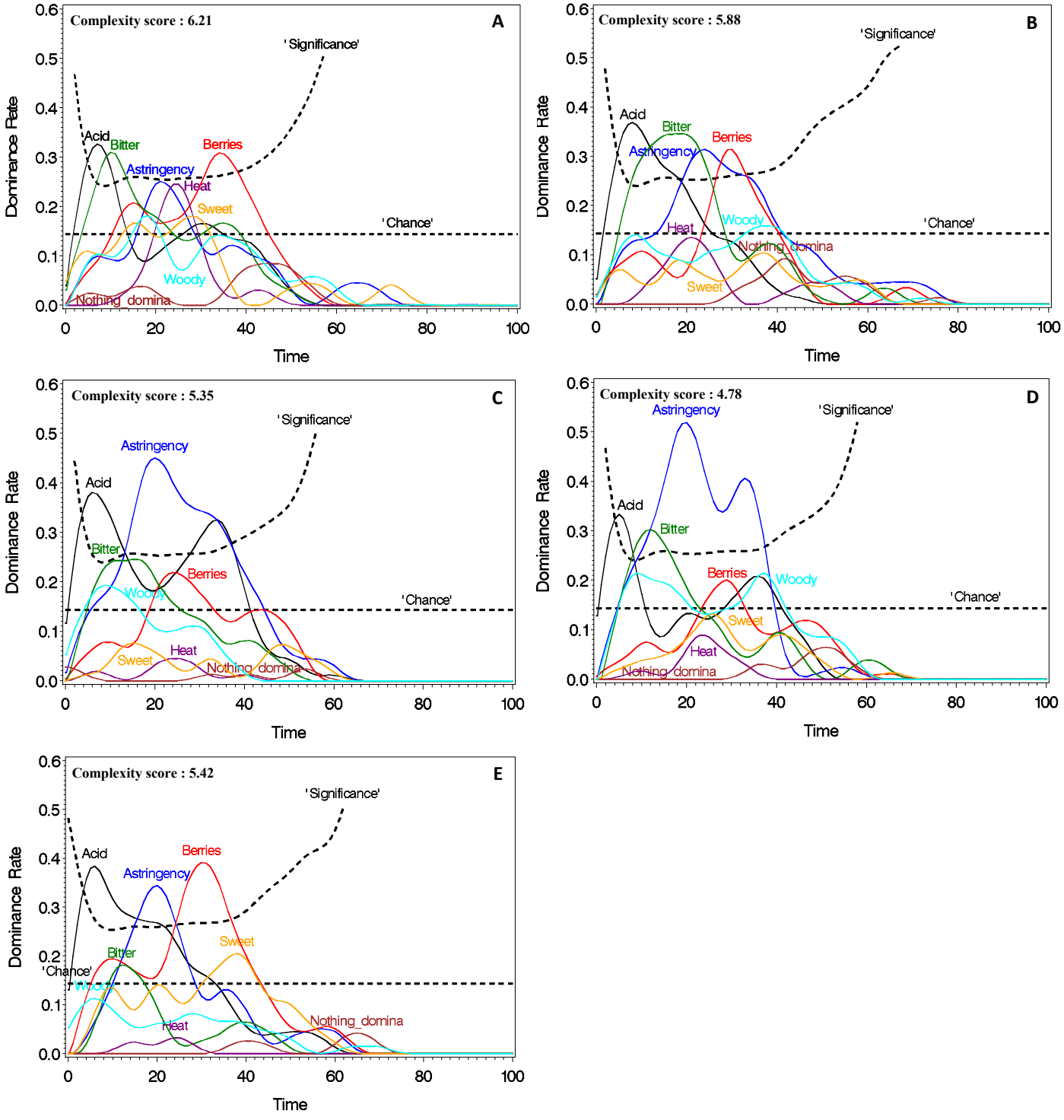


Figure 6. TDS curves and complexity scores of the five Syrah wines in the study. (A) Standard Syrah. (B) Syrah-2. (C) Syrah-4. (D) Syrah-5.5. (E) Syrah-5.5Cp

Standard Syrah was first perceived as acid then bitter in attack. Once swallowed, this wine was then dominated by astringency and heat sensations and finally by berries sensation. Syrah-2 presented the same temporal dominance profile as Standard Syrah but without the

heat sensation. Indeed, heat sensation never dominated this wine and was replaced by dominant bitter and astringency sensations. Syrah-4 and Syrah-5.5 were different from Syrah-2 and the standard with a lower number of dominant sensations but an increase in the importance of the astringency sensation. Indeed, both wines were first dominated by acid sensation in attack and to a lesser extent by a bitter sensation. Then, once swallowed, they were dominated only by astringent sensation until the end. Syrah-4 was also but to a lower extent dominated by acid sensation between 30 and 40 seconds. These results suggest that alcohol reduction in Syrah wines does not impact the perception of wine attack (acid and bitter). However it induces a decrease, or even disappearance, in perceived berries and heat dominant sensations at the expense of astringency sensation that dominates all the wine perception once wines are swallowed.

Syrah-5.5Cp was first dominated by acid sensation in attack like Syrah-5.5, but not followed by a bitter sensation. Once swallowed, it was perceived as dominated by astringency then berries sensations. These results suggest that sugar complementation of Syrah-5.5 induces a disappearance in perceived bitter sensation in attack. Sugar complementation also compensates the increase in astringent sensation induced by dealcoholization by supporting the appearance of berries sensation.

4. Discussion

4.1 Impact of alcohol reduction on wine sensory perception

Alcohol reduction induced a modification in the perception of temporality of sensations in Syrah wine. It did not impact the perception of acidity and bitterness sensations in attack but it did induce an increase in the perception of astringency sensation at the expense of berries and heat sensations once the wines were swallowed. This increase in the perception of astringency sensation at the expense of heat sensation as alcohol content decreases was already observed by Meillon et al. (2009) in Merlot but not in Syrah wines from Languedoc. However, the level of alcohol reduction was not superior to -3% in this study. Fointoin et al. (2008) previously showed in model wine solutions that perception of astringency linearly decreases as the alcohol content increased from 0% to 7%, 11% and 15%. According to the authors, this decrease in astringent perception may be explained by physico-chemical properties of ethanol that could increase perceived viscosity or decrease the perception of friction induced by tannins (decrease of lubrification in the mouth). Authors also suggested perceptual interaction to explain this result as the bitter and sweet taste of ethanol that would balance astringency perception. In accordance with the TDS curve results, we would suggest that heat sensation induced by ethanol compound (Jackson, 2002) masks and balances astringent perception of wine tannins. When alcohol is removed from wine, perception intensity of heat sensation thus decreases and gives way to astringent sensations which are no longer balanced.

Alcohol reduction superior to -2% also induced a decrease in the perception of the number of aromas, persistence, strength and complexity of Syrah wines. Alcohol reduction in wine however induced an increase in the perception of familiarity, harmony and balance with an optimal value at -4%. After 4%, perception of familiarity and harmony significantly decreased.

The decrease in the perception of number of aromas in the mouth is coherent with TDS curves that emphasize a disappearance of dominant berries sensation when alcohol content of wine is inferior to 9.5%. However, it is not coherent with literature generally reporting that ethanol is responsible for the retention of aromas (Conner et al. , 1998; Conner and Paterson, 1999; Perpète and Collin, 2000; Hartman et al., 2002; Burgering et al., 2009; Goldner et al., 2009) and for the decrease in the perception of fruitiness in red wines (Escudero et al., 2007 ; Goldner et al., 2009). We cannot exclude an effect of the reverse osmosis treatment, which could induce aroma loss. The decrease in the perception of wine persistence (length in mouth) with alcohol content reduction was already noticed by Meillon et al. (2009). Alcohol may remain a longer time in mouth than other compounds and thus lengthen the perception of wine. Burgering et al. (2009) studied in vivo the effect of ethanol on aroma release by measuring the concentration of aromas released directly into the nasal cavity of subjects with an MS-Nose instrument. Results indicated that while the concentration of aromas in the nasal cavity quickly decreases once the drink has been swallowed, that of ethanol remains in the nasal cavity for 24 seconds. Authors suggested that this continued presence of ethanol near the olfactory receptors could have an impact on sensory perception both at receptor and neurological level. The decrease of perceived strength and complexity as alcohol content decreases has to our knowledge never been studied and reported in wine. This result seems coherent as alcohol itself is a complex and intense sensory compound that brings several sensations in alcoholic beverages such as hotness (Jackson, 2002; Gawel et al., 2007), bitterness (Mattes and Di Meglio, 2001), sweetness (Wilson et al., 1973) and viscosity (Pickering et al., 1998).

The increase of perceived familiarity, balance and harmony as alcohol content decreases (not more than -4%) has to our knowledge never been reported in the literature. We cannot exclude a panel effect as the Burgundy consumers involved in this study are used to drinking Burgundy wines, which are often astringent (like dealcoholized Syrah) and with moderate alcohol content.

It is interesting to notice that none of the consumers guessed that some wines in the study were dealcoholized. This point suggests that alcohol reduction is perceptible for consumers but not obvious.

4.2 Impact of complementation on sensory perception of Syrah-5.5

Complementation of Syrah-5.5 with sugar grapes partially compensated the sensory effect of alcohol reduction with an increase in the perception of familiarity, harmony, complexity and number of aromas. The TDS curves emphasized a disappearance of perceived bitter sensation in attack and a partial substitution of the dominant astringent sensation by berries sensation. In the literature, both astringency (dryness) and bitterness of tannins were shown to be attenuated by the addition of sweeteners (Lyman and Green, 1990). According to the authors, the decrease in astringency perception could be related to an increase in salivary volume or in viscosity induced by sweeteners. The suppressive effect of bitterness/sweet mixture was widely reported in the literature and is attributed to cognitive interactions (Keast and Breslin, 2002). The appearance of berries sensation with sugar complementation is probably due to a perceptual interaction, often noticed in congruent aroma/taste mixture (Bonnans and Noble, 1993; Pfeiffer et al., 2006). It is thus interesting to notice that perception of sweet sensation was not significantly modified despite the sugar addition.

Sensory consequences of the complementation of Syrah-5.5 with grape sugar significantly increased its appreciation by the whole group of consumers. This result is interesting but remains limited as sugar addition at the end of winemaking is not authorized. It does open perspectives for the possible commercialization of sweet PARW-based products but further investigation should be carried out to know whether these new types of wines would be accepted by consumers.

4.3 Appreciation of alcohol-reduced wines

For the whole group of consumers, a reduction of alcohol content inferior or equal to -4% had no significant impact on wine liking, however when the alcohol reduction reached the value of -5.5%, it was significantly disliked by consumers. This result corroborates that of Meillon et al. (submitted a) which emphasized a significant dislike of PARW after a level of alcohol reduction superior to -4.5% in Chardonnay white wines.

However, as in Meillon et al. (submitted a), these results mask a strong segmentation of consumers and a potential consumer target that appreciates the sensory properties of red PARW was emphasized. In both studies, the number of bottles owned in the cellar was a driver of preference toward red PARW and the fewer wine bottles in their cellars consumers have, the more they appreciate the sensory properties of PARW. The number of wine bottles in cellar indirectly reflected for us wine expertise and particularly the familiarity (frequency) with purchasing wine but it may reflect more the type of wine consumed. Indeed, if this parameter really reflected the frequency of wine purchase, the parameter frequency of wine consumption would also have been significant but it was not. Consumers with many bottles in their cellars may have a preference for wines with potential for aging and thus for qualitative wines. They may behave more like wine experts in terms of wine consumption but they do not

necessarily possess considerable wine knowledge. In Meillon et al. (2009), wine professionals for that matter did not appreciate the taste of PARW. It would have been interesting to ask consumers the type of wines they are used to buying in order to check this hypothesis.
Further quantitative studies must however be performed with a larger number of consumers in order to confirm these results but qualitative studies are also necessary in order to understand in depth the link between the number of wine bottles in the cellar, expertise and dislike of dealcoholized wines.

4.4 Link between liking, complexity and items related to complexity

In the whole group of consumers, no evident linear relationship was emphasized between individual wine liking and overall perceived complexity. There was also no obvious link between individual wine liking and items supposed to be related to complexity. These results, confirming those of Medel et al. (2009), are not surprising as there was a strong segmentation of consumers in wine liking with probably different drivers of preference.
As the segmentation of consumer preference toward PARW was driven by the number of wine bottles in their cellars, it was interesting to check if correlation between liking and items was similar between consumers with few wine bottles in their cellars (<20 bottles) and consumers with a greater number of wine bottles in their cellars (>20 bottles). Pearson correlation coefficients and their associated p value were thus calculated between standardized (by consumer) scores of liking and complexity/items related to complexity for each type of consumer (table 4).

Table 4. Correlation coefficient Pearson (r) between standardized (by consumer) scores of liking and complexity and items related to complexity in each group of consumers and associated p value (test of the nullity of coefficient under H0: r=0)

	Liking < 20 bottles in cellar	Liking > 20 bottles in cellar
Familiarity	**-0.11** 0.17	**0.10** 0.23
Nb aromas	**0.06** 0.44	**0.16** 0.06
Facilit. descr.	**0.11** 0.18	**-0.01** 0.96
Homogeneity	**0.18** 0.03	**-0.06** 0.47
Harmony	**0.15** 0.07	**-0.04** 0.67
Balance	**0.13** 0.13	**-0.01** 0.94
Persistency	**-0.05** 0.56	**0.33** <.0001
Strength	**-0.09** 0.25	**0.30** <.0001
Complexity	**0.06** 0.46	**0.22** 0.009

Results indicated that correlations were weak (<0.50) for all items but sometimes significant. However, when comparing correlations between the two groups of consumers, some differences appeared. Preferences of consumers with many bottles in their cellars are mainly and significantly driven by complexity, number of aromas, persistence and strength of wines whereas preferences of consumers with few bottles in their cellars are significantly but weakly driven by homogeneity. This result suggests that consumers who are used to drinking qualitative wines would develop preferences linearly oriented toward complex wines and the statement that perceived complexity is a mark of wine quality would thus be true for this type of consumer only. This result would support the theory of Dember and Earl (1957) about the preference shift toward more complex products with the increase in complex-product exposure. Further studies with larger numbers of consumers and other type of wines should however be undertaken to validate these results.

4.5 Perception of complexity in wine

The overall perceived complexity scale was well understood by consumers with a significant discrimination of wines according to their alcohol and sugar content. Discrimination of wine complexity was greater than in Medel et al. (2009) and this was probably due to the product space which was simpler in our study as it only varied in level of alcohol and sugar content.
Consumer evaluations of items supposed to be related to complexity and TDS evaluations with trained panelists highlighted the multidimensionality of wine complexity perception and provided some elements for its understanding. Perceived complexity in wine appeared for consumers to be significantly correlated to the perception of persistence, strength and number of aromas as in Medel et al. (2009). Comparison of complexity score and TDS curves (Figure 6) confirmed the increase in the number of perceived aromas with complexity but also highlighted an increase in the number of perceived sensations and in the superimposition of sensations along time with complexity. Wines perceived as more complex by consumers displayed a more complex temporal profile. For example, standard Syrah, which was significantly perceived as the most complex wine, was described with a succession of five moderate but blended sensations whereas Syrah-5.5, perceived as the least complex wine, presented a simple temporal profile with a succession of only three dominant sensations of which one (astringency) clearly dominated the other two.
A complex wine is thus a concentrated, strong wine, with many temporal but superimposed aromas and sensations that persist a long time in the mouth. Familiarity, homogeneity, harmony and balance do not appear to be related to perceived complexity in wine but we cannot exclude a panel effect. Indeed, these terms are quite subjective and may differ from one region/country to another, depending on the wine that consumers are used to drinking. Further studies should be undertaken, with consumers from other countries or regions in order

to validate and understand in depth the meaning of wine complexity as it is currently employed by wine experts.

5. Conclusion

In this study, the impact of partial alcohol reduction in Syrah wine on the perception of overall complexity and temporality of sensations was investigated and linked to preference. Results emphasized a significant decrease in the perception of complexity, number of aromas, persistence and strength as alcohol content decreases and a significant modification of perceived temporality of sensations with the replacement of sensations of heat and berries by a dominant astringent sensation. Alcohol reduction in wine also impacted in a non-linear way the perception of familiarity, harmony and balance.

Appreciation of partially dealcoholized wines was not uniform and a strong segmentation of consumers was highlighted, mainly driven by the number of wine bottles owned in their cellars.

Temporal Dominance of Sensations curves provided some elements for the understanding of wine complexity and highlighted the multidimensionality of this term.

Further studies should however be carried out with other wine styles and types of consumers, the better to define and understand wine complexity, which is frequently employed by wine experts to describe wines qualitatively.

Acknowledgments

This work was carried out with the financial support of the "Agence Nationale de la Recherche" under the program: "Vin de Qualité à teneur réduite en Alcool (VDQA)" and with the support of the Taste-Nutrition-Health Competitive Cluster Vitagora.

ANNEXE

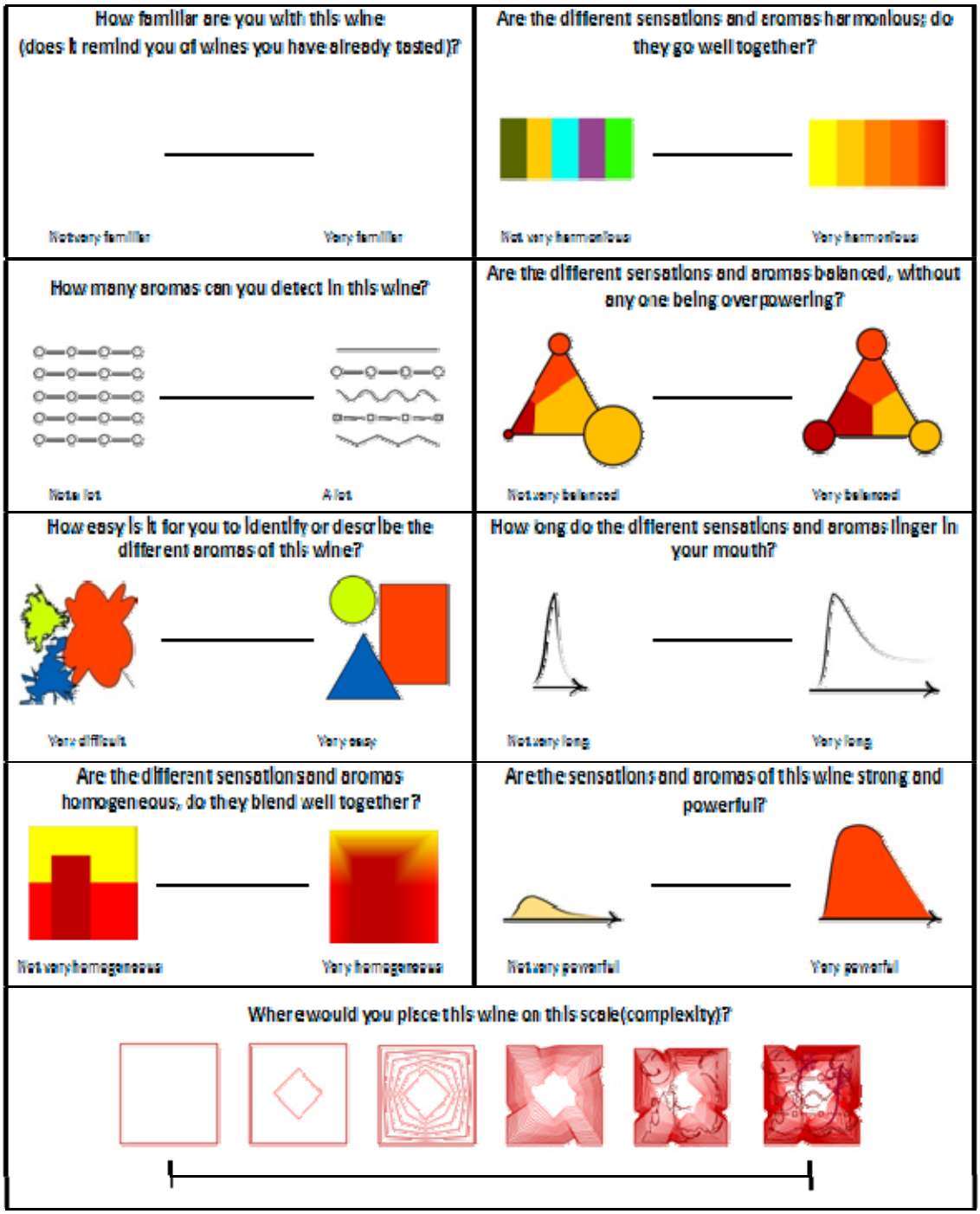


Figure 7. Questionnaire developed by Medel et al. (2009) to measure perceived complexity in wines

References

Berlyne (1967). "Arousal and reinforcement", Nebraska Symposium on Motivation, Lincoln, University of Nebraska Press, 1-110 cited by Köster, E.P. and J. Mojet. (2007). "Boredom and the reasons why some new food products fail" In Consumer-led food product development p 263-278, edited by MacFie

Bonnans, S. and A.C. Noble (1993). "Effect of sweetener type and of sweetener and acid levels on temporal perception of sweetness, sourness and fruitiness". Chemical Senses 18: 273-283

Burgering, M., De Jong, C., Goorissen, H., Pepin, L. (2009). "Contrôle de la qualité sensorielle des vins à faible teneur en alcool préalablement à leur désalcoolisation". Revue des œnologues 131(Avril 2009): 39-42.

Charters, S. and S. Pettigrew (2007). "The dimension of wine quality". Food Quality and Preference 18 (7): 997-1007

Chocarro, R., Cortiñas, M., Elorz, M. (2009). "The impact of product category knowledge on consumer use of extrinsic cues - A study involving agrifood products". Food Quality and Preference 20(3): 176-186

Clark, C. C., & Lawless, H. T. (1994). "Limiting response alternatives in TI scaling: An examination of the halo-dumping effect". Chemical Senses, 19, 583–594

Conibear, H. (2006). "Rising alcohol levels in wine - is this a cause for concern? ". AIM Digest 18 (4)

Conner, J.M., Birkmyre, L., Paterson, A., Piggott, J.R. (1998). "Headspace concentration of ethyl esters at different alcoholic strengths". Journal of the Science of Food and Agriculture 77: 121-126

Conner, J.M. and Paterson, A. (1999). "Release of distillate flavour compounds in Scotch malt whisky". Journal of the Science of Food and Agriculture 79: 1015-1020

Dember, W.N. and E.W. Earl (1957). "Analysis of exploratory, manipulatory and curiosity behavior". Psychological Review 64(2):91-96

Escudero, A., Campo, E., Farina, L., Cacho, J., Ferreira, V. (2007). "Analytical Characterization of the Aroma of Five Premium Red Wines. Insights into the Role of Odor Families and the Concept of Fruitiness of Wines". Journal of Agricultural and Food Chemistry 55(11): 4501-4510

Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P.L., Glories, Y. (2008). "Effect of pH, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution". Food Quality and Preference 19(3): 286-291

Gawel, R., Van Sluyter, S., Waters, E.J. (2007). "The effect of ethanol and glycerol on the body and other sensory characteristics of Riesling wines". Australian Journal of grape and wine research 13: 38-45

Goldner, M.C., Zamora, M.C., Di Leo Lira, P., Gianninoto, H., Bandoni, A. (2009). "Effect of ethanol level in the perception of aroma attributes and the detection of volatile compounds in red wine". Journal of Sensory Studies 24: 243-257

Hartman, P.J., Mcnair, H.M., Zoecklein, B.W. (2002). "Measurement of 3-alkyl-2-methxypyrazine by headspeace solid-phase microextraction in spiked model wines". American Journal of Enology and Viticulture 53: 285-288

Jackson, R.S. (2002). "Wine tasting - A professional Handbook", edited by Elsevier Ltd.

Jones, P.R., Gawel, R., Francis, I.L., Waters, E.J. (2008). "The influence of interactions between major white wine components on the aroma, flavour and texture of model white wine". Food Quality and Preference 19(6): 596-607

Keast, R.S.J and Breslin, P.A.S. (2002). "An overview of binary taste–taste interactions". Food Quality and Preference 14: 111–124

Köster, E.P. and J. Mojet. (2007). "Boredom and the reasons why some new food products fail", In Consumer-led food product development p 263-278, edited by MacFie

Labbe, D., Schlich, P., Pineau, N., Gilbert, F., Martin, N. (2009). "Temporal dominance of sensations and sensory profiling: A comparative study". Food Quality and Preference 20: 216–221

Le Berre, E., Atanasova, B., Langlois, D., Etiévant, P.,Thomas-Danguin, T. (2007). "Impact of ethanol on the perception of wine odorant mixtures". Food Quality and Preference 18(6): 901-908

Lévy, C.M., MacRae, A., Köster, E.P. (2006). "Perceived stimulus complexity and food preference devlopment". Acta Psychologica 123: 394-413

Lyman, B.J. and Green, B.G. (1990). "Oral astringency: effects of repeated exposure and interactions with sweeteners". Chemical Senses 15: 151-164

Mattes, R. D. and D. Di Meglio (2001). "Ethanol perception and ingestion". Physiology & Behaviour 72: 217-229

Medel, M., Viala, D., Meillon, S., Urbano, C., Schlich, P. (2009). "A questionnaire for assessing the perceived complexity of wine: Application to the study of the effect of expertise on perception of wine complexity", oral presentation, 8th Pangborn Sensory Science Symposium, Florence, Italy, 26-30 July, Elsevier

Meillon, S., Urbano, C., Schlich, P. (2009). "Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines". Food Quality and Preference 20: 490–499

Meillon, S., Dugas, V., Urbano, C., Schlich, P. (submitted a). "Preference and acceptability of partially dealcoholized white and red wines in wine consumers and professionals". Submitted to American Journal of Enology and Viticulture

Meillon, S., Urbano, C., Guillot, G., Schlich, P. (submitted b). "A methodological approach to simultaneously measure the relative sensory and information impact of alcohol reduction on the overall liking of wines in real life settings". Submitted to Food Quality and Preference

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., et al. (2009). "Temporal dominance of sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity". Food Quality and Preference 20 (6): 450-455

Perpète, P. and Collin, S. (2000). "Influence of beer alcohol content on the wort flavour perception". Food Chemistry 71: 379-385

Pfeiffer, J.C.,Hort, J., Hollowood, T.A., Taylor, A.J. (2006). "Taste-aroma interactions in a ternary system: A model of fruitiness perception in sucrose/acid solutions". Perception and Psychophysics 68: 216-227

Pickering, G.J., Heatherbell, D.A., Vanhanen, L.P., Barnes, M.F. (1998). "The Effect of Ethanol Concentration on the Temporal Perception of Viscosity and Density in White Wine". American Journal of Enology and Viticulture 49(3): 306-318

Walker, E.L. (1980). Psychological complexity and preference: a Hegdehog theory of behavior", Belmont, Wadsworth, cited by Köster, E.P. and J. Mojet. (2007). "Boredom and the reasons why some new food products fail" In Consumer-led food product development p 263-278, edited by MacFie

Wilson, C.W.M., O'Brien, C., MacAirt, J.G. (1973). "The Effect of Metronidazole on the Human Taste Threshold to Alcohol". Addiction 68(2): 99-110

CHAPITRE 4. APPRECIATION ET ACCEPTABILITE DES VINS A TENEUR REDUITE EN ALCOOL

1. Appréciation et acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool en situation de dégustation contrôlée : Article 3

Les études présentées dans le chapitre précédent ont permis de décrire les différences sensorielles entraînées par la réduction d'alcool dans le vin. Cependant, ces différences sont-elles appréciées par les consommateurs? Qu'en est-il des professionnels du vin ? Indépendamment de la dimension sensorielle, le concept des vins à teneur réduite en alcool est-il accepté ? Cet article, faisant suite aux études descriptives effectuées sur la série de vins n°1, s'attache à mesurer la perception hédonique et l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool (série de vins n°1) par les consommateurs et les professionnels du vin français.

ARTICLE 3

Preference and acceptability of partially dealcoholized white and red wines among consumers and professionals

S. Meillon[1,2], V. Dugas[2], C. Urbano[2], P. Schlich[2]

[1] Centre de Recherche Pernod Ricard, 120 av Marechal Foch, 94015 Créteil, France
[2] INRA, UMR Sciences du Goût (1214), 15 rue Hugues Picardet, 21000 Dijon, France

Accepté, 12 Octobre 2009 - American Journal of Enology and Viticulture

Preference and acceptability of partially dealcoholized white and red wines among consumers and professionals

S. Meillon[1,2], V. Dugas[2], C. Urbano[2], P. Schlich[2]

[1] Centre de Recherche Pernod Ricard, 120 av Marechal Foch, 94015 Créteil, France
[2] INRA, UMR Sciences du Goût (1214), 15 rue Hugues Picardet, 21000 Dijon, France

ABSTRACT

In this study, the influence of partial alcohol reduction in wine on consumer appreciation and acceptability was investigated. Two white wines (Chardonnay and Sauvignon Blanc) and two red wines (Merlot and Syrah) were partially dealcoholized using the reverse osmosis technique to span a range of three different alcohol contents (14 % to 10 %) by grape variety. A group of 79 French wine consumers comparatively rated their appreciation of these wines, first in blind tasting conditions and then with information. A group of 35 French wine professionals also comparatively rated their appreciation of the same wines in blind conditions and described them by rating the intensity of 10 informal descriptors they were used to.

Wine professionals did not like the sensory properties of alcohol-reduced wines whereas consumers' likings were less clear and mask a strong segmentation. Experienced wine consumers reacted in the same way as wine professionals and did not like alcohol-reduced wine whereas less experienced consumers liked the sensory properties of alcohol-reduced wines. Alcohol-reduced wines were described by wine professionals as less hot, sweet, persistent and balanced than standard wines. Once information about alcohol reduction was given, consumers' likings changed and emphasized either the negative or positive effect of information depending on consumers. This underlines the importance of information on the sensory perception and liking of products.

KEYWORDS

Alcohol reduction, Sensory perception, Liking, Acceptability

1. Introduction

Global warming, viticulture progress and customer demand for flavourful wines have great influence on wine quality. The wine business is directly affected, as the international production of more and more alcoholized wines indicates. Statistics from California showed a consistent alcohol increase in their wines from 12.5 % to 14.8 % between 1978 and 2001. The same observation was made by the Australian Wine Research Institute which noticed an increase in the alcohol content of their wines from 12.4 % to 14 % between 1984 and 2004 (Conibear, 2006).

Nowadays, it is not unusual to see wine labels displaying alcohol contents superior to 14%. This is prejudicial from the viewpoint of wine consumption, particularly with the many national and European campaigns highlighting the harmful effects of alcohol on health, behaviour and road safety. More and more wine consumers complain about these high alcohol wines that are too heavy and strong to drink at mealtimes.

All these facts have led to an international interest from winemakers in partially reducing alcohol content in their wines. Many techniques have been developed to reach this objective by acting either before, during or after winemaking. Before winemaking, grapes of low sugar accumulation and less ripe grapes can be selected or low-alcohol-producing yeast can be used. During winemaking, juice can be diluted by water addition, sugar can be removed by membrane technologies (Mietton-Peuchot *et al.*, 2008) or fermentation can be stopped earlier. Techniques used after winemaking are extractive ones such as reverse osmosis, which relies on a membrane filtration principle, and the spinning cone column, which relies on a distillation principle. Pickering (2000) gives an overview of these techniques, their principles, costs, advantages and drawbacks. Currently, the techniques most frequently used to reduce alcohol content in wines are reverse osmosis and the spinning cone column.

Although some low-alcohol wines are already on the market, studies regarding the consequences of partial dealcoholization by extractive techniques on the sensory perception and acceptability by consumers are almost inexistent.

It is known that ethanol plays an important role in wine perception by bringing texture and gustative sensations but also by interacting with wine components. Martin and Pangborn (1970), Fischer and Noble (1994), Vidal *et al.* (2004) and Fontoin *et al.* (2008) showed an association between bitterness perception and increasing alcohol content in model wines and solutions. Noble (1994) confirmed this finding in temporal studies and furthermore emphasized a perceived increase in bitterness mouth length with alcohol content. Ethanol was also shown to enhance the sweetness of sucrose and depress the sourness of citric acid and the saltiness of sodium chloride in model solutions (Martin and Pangborn, 1970). It also affects the perception of astringency, notably by decreasing it (Fontoin *et al.*, 2008). As far as palatability is concerned, ethanol is commonly assumed to participate in the perception of

fullness (body), viscosity and density but this is not clearly supported by studies which reported contradictory results (Pickering *et al.*, 1998; Nurgel and Pickering, 2005).

All these observations suggest that partial alcohol reduction in wines is not without consequences on the sensory quality of wines. Moreover, extractive techniques could alter wine balance due to the loss of aroma compounds. It is thus important to understand how the gustative and aromatic balance of wines could be affected by alcohol reduction.

Meillon et al. (2009) studied the impact of partial alcohol reduction (<3% less alcohol) by reverse osmosis on the sensory perception of red wines. In this study, the effect of partial dealcoholization of Merlot and Syrah wines was described with sensory profile and Temporal Dominance of Sensations methods (Pineau et al., 2009). The effect of dealcoholization was found to be variable from one grape variety and wine style to another. Commonly noticed effects were the significant decrease in perceived heat and mouth length with the decrease in alcohol content. A modification in the perceived temporality of sensations was also observed, with a substitution of heat sensation in attack (first immediate perceived sensations) by astringent or red fruit sensations. But are these modifications perceived, appreciated and above all accepted by consumers? We expect some consumers to reject a priori the idea of alcohol-reduced wines either by invoking a lack of gustative quality in comparison to traditional wines or by invoking "interference with traditional winemaking". And does blind tasting confirm this presumed lack of gustative quality?

The main objective of this study was to evaluate whether consumers like and accept wines in which the alcohol content is partially decreased by reverse osmosis, currently one of the most frequently used techniques.

To respond to this objective, a blind hedonic test and a hedonic test with information were carried out with the same consumers. The blind hedonic test allows the purely sensory appreciation to be measured by isolating the sensory component whereas the hedonic test with information allows acceptability to be measured by assessing the impact of information about alcohol reduction on overall liking of wines. A second objective in this work was to investigate the sensory liking of alcohol-reduced wines by wine professionals. Although consumer opinion is vitally important for the success and sale of alcohol-reduced wines, wine professionals are the first to decide whether or not to produce and promote such wines. According to Pickering (2000), there is a prevalent negative attitude towards fully and partially dealcoholized wines in the wine industry itself. These negative attitudes tend to be supported by "wine writers and key industry figures, who serve important roles as opinion leaders" (p 138).

2. Materials and methods

2.1. Wines

Four grape varieties were studied: Chardonnay, Merlot, Sauvignon Blanc and Syrah. For each grape variety, a standard wine was selected then partially dealcoholized to obtain several alcohol-reduced wines. All standard wines (vintage 2005) were produced in the Languedoc-Roussillon region (France) and bought (in bulk) in cooperative wineries from the same region (Fleury for Chardonnay, Sauvignon Blanc, Syrah and Arzens for Merlot). For all grape varieties, winemaking was conventional and free of oak treatment.

2.1.1 Wine dealcoholization

Wines were dealcoholized in Narbonne by the INRA experimental unit of Pech Rouge. Partially dealcoholized wines were produced in three steps:

Step 1: wine dealcoholization by reverse osmosis

For each grape variety and alcohol modality, 120 liters of the total wine to be treated was reincirculated at high pressure through a reverse osmosis system up to the required degree of alcohol. Reverse osmosis is based on the tendency of smaller molecules to pass under high pressure through a semi-permeable membrane more readily than larger molecules. Wine is separated into two flows: permeate and concentrate. Permeate flow contains the low molecular weight components which pass through the semi-permeable membrane (water/ethanol/and possibly some flavour compounds). Concentrate flow, which is retained by the membrane, contains almost all of the vinous components. The lower the required degree of alcohol, the longer the time for this step.

Step 2: dealcoholization of permeate by distillation

Alcohol contained in the permeate is removed by a distillation step in order to reintroduce the endogenous water to the wine.

Step 3: reunion of reverse osmosed wine and dealcoholized permeate

The endogeneous water, free of alcohol (less than 0.2 %), is reintroduced into the osmosed wine to obtain a dry extract almost identical to the initial wine.

2.1.2 Wine samples

For each grape variety, three wines were made from the standard, thus producing four wines per varietal. Two wines were partially dealcoholized by respectively 1.5% v/v and 3% v/v and the third was reconstituted after 3% dealcoholization by adding the removed alcohol and water obtained after the distillation step. This wine allows us to differentiate between the effect of reverse osmosis treatment and the effect of alcohol content on the sensory perception

of wines. As the Chardonnay had the highest alcohol content, a fifth wine was produced, dealcoholized by 4.5% v/v, to assess the effect of a stronger partial alcohol reduction.
The wines from different varietals had different levels of alcohol content, ranging from around 13.5% to 10.5% (14.2% to 9.5% for Chardonnay). Exact alcohol contents of wines are given in table 1.

Table 1. Exact alcohol content of the studied wines

	Alcohol content (% v/v)				
	Standard	**S -1.5 %**	**S -3 %**	**Reconstituted**	**S – 4,5 %**
Chardonnay	14.2	12.5	11.3	13.5	9.7
Sauvignon Blanc	13.6	12.2	10.5	13.3	-
Merlot	13.4	11.8	10.2	13.2	-
Syrah	12.7	11.1	9.6	12.1	-

After the dealcoholization process, the sulphur dioxide content was readjusted in each wine modality to obtain a value of 30 mg free SO_2 by litre. Wines were then manually vacuum bottled (750 ml, Altec® corks) after a filtration step (0.5 microns). Bottles were stored four months in a cold dark room at 10°C. To reach a serving temperature of 14°C± 1°C for white and 20°C ± 1°C for red, wines were removed from the cold room 24 h before each evaluation and left in a fridge set at 14°C (white wines) or at room temperature (red wines). All wines were uncorked one hour prior to evaluation and checked for cork taint by the experimenter.

2.2. Preliminary tests

Before starting the hedonic tests, preliminary triangle tests were carried out with 32 wine consumers to get an idea of the studied product space. First, standard wines and – 3 % v/v wines were compared, as the sensory differences between these wines were expected to be the greatest for the studied sensory space. Results of the binomial test indicated the existence of subtle differences between these wines, which were not statistically significant except for Chardonnay (Chardonnay: p=0.01; Sauvignon Blanc: p=0.14; Merlot: p=0.08 and Syrah: p= 0.14). Other wine comparisons were therefore not considered necessary as the differences would have been even less significant. Because of these subtle sensory differences, it was decided to perform further hedonic tests comparatively instead of monadically, which is the usual procedure.

2.3. Subjects

2.3.1 Wine consumers

Wine consumers were recruited by phone after publication of an advert in a free local newspaper (in Dijon, Burgundy). Participants were selected to balance the panel according to three criteria: gender, age and frequency of wine consumption. They were selected only if they drank red and/or white wine at least once a month. Initially, 97 consumers were recruited

but only 79 participated (43 women and 36 men). Participants were paid for their involvement in the study. Distribution of consumers' age according to gender is given in table 2. Regarding wine consumption, 20 were occasional consumers (about twice a month), 37 consumed wine regularly (once or twice a week) and 22 drank wine every day.

Table 2. Panel distribution (number of participants) by gender and age

Age	Male	Female	Total
Less than 30 years	5	8	13
31 to 40 years	6	7	13
41 to 50 years	11	8	19
51 to 60 years	9	14	23
More than 60 years	5	6	11
Total	36	43	79

2.3.2 Wine professionals

A letter was sent to 120 wine professionals from Burgundy inviting them to attend a one-hour session at the laboratory. The term 'wine professional' includes all people working in the wine business who regularly taste wines, such as winemakers, sommeliers and wine retailers. Only 35 of them agreed to participate in the study (11 women and 26 men, aged between 29 and 68).

2.4 General procedure

Wine consumers participated in three one-hour sessions whereas wine professionals, with less time to spare, participated in a single one-hour session. The two groups did not therefore perform the same evaluation. All sessions took place with a maximum of 16 participants, in sensory booths with controlled temperature (20 ± 1°C) and under red light to mask wine color. Sessions were held at common wine consumption times, either at lunchtime (12 am) or in the evening (6 pm) according to participant availability.

Wines were presented in black tulip-shaped glasses (15 ml) and covered with petri dishes to avoid aroma loss. Quantities of wines were calculated so that panellists could swallow (no obligation) all the wines without worrying about the after effects of alcohol consumption, so no more than nine wines could be presented per session. Participants were instructed to have a break and to rinse their mouths whenever they wanted to, first with unsalted crackers as tannin palate cleansers, then with water (Evian, France). Presentation of wines in each series followed a Williams Latin square (Williams, 1949) balanced for order and carry over effects.

2.5 Consumer evaluation

Three one-hour sessions were conducted with consumers, one week apart. The first two sessions were used for blind wine evaluation (no information about the wines) and the final session for the evaluation of wines with information. Data were collected with FIZZ software (Biosystemes, Couternon, France).

2.5.1 Blind evaluation of wines (Sessions 1 and 2)

At each session, consumers were presented with the four wines of a given grape variety (five wines for Chardonnay). After a 10-minute break, a second series of the four wines of a different grape variety was presented. To establish an uniform product space for evaluation at each session, grape varieties were presented according to color, with one session for the evaluation of white wines (Chardonnay and Sauvignon Blanc) and the other session for the evaluation of red wines (Merlot and Syrah). Presentation order was balanced between sessions, so that half the participants evaluated white wines in the first session while the second group evaluated red wines first. Presentation order was also balanced within-session, so that half the participants began with one variety while the other half began with the second variety. For each series, consumers received all the wines (4 or 5) at the same time and rated comparatively how much they liked each wine on a 10cm unstructured scale going from "I do not like this wine" to "I like this wine".
In order to explain and understand consumer preferences, some information, such as gender, age, frequency of wine consumption and number of bottles in wine-cellar, was collected by means of a questionnaire which was filled out during the first session

2.5.2 Evaluation of wines with information (Session 3)

It was decided to conduct only one session for the evaluation of wines with information. A second session one week later would have led consumers to obtain more information about alcohol reduction, either through discussion or by reading documents, which could have influenced or modified their opinion. This real-life effect is of interest but it does not match our objective here which is to study the immediate effect of information. Only two grape varieties could therefore be presented to consumers instead of four, so it was decided to keep one varietal of each colour: Sauvignon Blanc and Syrah.
During this third session, consumers were first informed by the experimenters about the eight wines they would taste. It was explained that they would taste one series of four red wines and one series of four white wines. The alcohol content of each wine was given without indicating the method used to remove the alcohol. Wines were presented without any further information so as not to influence consumer opinion. Consumers were informed that in each series of wines, there would be a standard wine at about 13% alcohol, labelled "standard wine", a wine with 1.5% less alcohol than the standard wine, labelled "11.5% wine", a third wine with 3% less alcohol than the standard wine, labelled "10% wine" and one last wine labelled "reconstituted" obtained by removing 3% of alcohol content from the standard and then adding the removed alcohol to reach 13 %.
Consumers were then immediately sent to sensory booths and asked to start wine evaluation to prevent them from discussing alcohol reduction and exchanging opinions about it. Before the start of the wine tasting, consumers first had to answer the question: "How do you feel

about alcohol reduction in wine?". They could answer "In favour", "Against" or "No opinion". They were then presented with either the Sauvignon Blanc series or the Syrah series, labelled for alcohol content, and had to rate the four wines, comparatively, on a 10cm unstructured scale, from "I do not like this wine" to "I like this wine". The presentation order of Sauvignon and Syrah wines was balanced so that half the consumers evaluated Sauvignon Blanc first and the other half evaluated Syrah first. A 10-minutes break was enforced between the two series of wines.

After wine evaluation, consumers were required to complete an open-ended questionnaire to collect information about their opinion about alcohol-reduced wines.

Consumers were not told that the wines evaluated in the previous sessions were exactly the same as those evaluated in the final session but presented in a different order. At the end of the final session, participants were informed of the objective of the study and told about the wines. It was surprising to notice that none of the consumers guessed that the wines were the same from the first to the last session.

2.6 Wine professional evaluations

The wine professional session took place in two parts and only Sauvignon Blanc and Syrah wines were evaluated blind. As in the consumer sessions, each series of wines was presented separately and order of presentation was balanced. As a first step, wine professionals were asked to rate comparatively how much they liked each wine on a 10 cm unstructured scale, from "I do not like this wine" to "I like this wine". Then they were asked to describe wines by rating comparatively the intensity of 10 descriptors commonly used by French wine experts: overall odor, overall aroma, sourness, bitterness, sweetness, astringency, heat (alcohol), mouth length, balance and persistency of aroma on 10cm unstructured scales going from "low" to "high". This brief description is not a full sensory profile but it provides some understanding of the perception of alcohol-reduced wines by wine professionals the better to explain their likes and dislikes. Data were collected on paper forms as the wine professionals in this study were not used to evaluating wines by computer.

2.7 Data analysis

All consumers attended all three sessions and there were no missing data. All ratings performed on continuous scales (hedonic and descriptive) were quantified out of 10 and all statistical analyses used SAS software (version 9.1, SAS institute Inc., Cary, NC).

2.7.1 Hedonic ratings (with and without information)

Two-way ANOVA models (judge and product) were performed on liking variables for each grape variety, group (consumers or professionals) and condition (with or without information). Multiple means comparisons were also performed with a least significant

difference test (LSD) at $p < 0.05$ to complete analysis of products. The effect of reverse osmosis treatment was determined with paired Student test performed between reconstituted and standard wines.

To measure the impact of information, subtractions were performed between information (I) and blind (B) hedonic scores (I-B) for each consumer and each product. The same ANOVA and multiple means comparisons as described above were performed on this variable (I-B) to determine if information effects are the same for each wine. Paired Student tests were also carried out between I and B variables to determine if I-B is significantly different from zero.

2.7.2 Segmentation step

Plotting distribution of B liking scores and I-B variables emphasized disagreement between consumers (sometimes bi-modal distribution). To explore consumer liking more fully, despite the small number of consumers, it was decided to take the analysis further through a segmentation step. This segmentation was performed on B and I-B variables using the Varclus procedure in SAS (centroid option). For both segmentations, the consistency of the segmented group was checked with the F value of product*group interaction in a three-way ANOVA model (judge, group, product) in a split plot. The higher this value, the better the group consistency.

In the case of liking scores (B), segmentation was performed for each grape variety and S-4.5% Chardonnay was removed from the analysis to compare grape varieties. Results were similar for the white varieties, Chardonnay and Sauvignon Blanc, and for the red varieties Syrah and Merlot. To simplify interpretation, it was therefore decided to analyze the two white wines as one group and the two red wines as a second group. For each consumer and wine, liking scores were thus averaged by wine color and segmentation was carried out on these two data sets.

In order to understand and explain segmented groups, a cross-tabulation of consumer characteristics (gender, age, frequency of wine consumption and number of wine bottles in cellar) in each segmented group was carried out and associated Khi² statistics were calculated and tested at $p=0.05$.

2.7.3 Wine description by professionals

Two-way ANOVA models (judge and product) were carried out to determine discriminating attributes. To complete analysis of products, multiple means comparisons were performed with a Least Significant Difference test (LSD, $\alpha=5$ %). The effect of reverse osmosis treatment was determined on all attributes with a paired Student test performed between reconstituted and standard wines.

To visualize differences between wines while taking account of subject notation heterogeneity, Canonical Variance Analysis (CVA) was carried out with attributes having a

probability of product effect < 0.15. Confidence ellipses (90 %) were drawn around each product mean location of the CVA. This ellipse represents the area where the product mean location could have been found with a 90% probability.

3. Results

3.1 Impact of alcohol reduction on wine perception according to wine professionals

Results of two-way ANOVA models (table 3) performed on the 10 descriptive variables rated by wine professionals respectively emphasized 7 and 2 significantly discriminating items with p wine value inferior to 0.05 for Sauvignon Blanc and Syrah. This result suggests that sensory differences were perceived between the four wines of a given grape variety. However, the difference in discrimination between the two grape varieties suggests that the impact of alcohol reduction was easier to describe or more perceptible in Sauvignon Blanc than in Syrah wine.

Table 3. P_{wine} values of 2-ways model ANOVA (Consumer + Wine) performed on descriptive items for Sauvignon Blanc and Syrah

	Sauvignon b.	Syrah
Items	**P_{wine}**	**P_{wine}**
Overall odour	**<0.001**	0.537
Overall aroma	**<0.001**	0.426
Mouth length	**<0.001**	0.103
Aroma length	**<0.001**	0.909
Balance	0.063	**0.003**
Astringency	**0.049**	0.909
Bitter	0.133	0.834
Heat	**0.006**	0.141
Sour	0.402	0.276
Sweet	**0.002**	**0.008**

The CVA plotted with p-products < 0.15 attributes in figure 1 (Sauvignon Blanc) and 2 (Syrah) allows visualization of the sensory differences between wines. In the case of Sauvignon Blanc, the first two CVA axes accounted for 94% of the variance ratio. Standard Sauvignon was significantly separated from both alcohol-reduced wines on the first axis, reconstituted Sauvignon being intermediate. It was described as significantly more persistent (aroma persistency and mouth length), aromatic, odorant, sweet, astringent and balanced than both alcohol-reduced wines, reconstituted being intermediate. Standard and reconstituted wines were perceived as significantly hotter than both alcohol-reduced wines but were perceived as significantly different. Results of t-test between the two wines indicated that standard was perceived as significantly more balanced (p=0.05), aromatic (p=0.002), odorant (p=0.0003), sweet (p=0.03) and persistent (mouth length, p=0.03; aroma persistency, p=0.0008) than reconstituted Sauvignon Blanc. These results suggest that alcohol reduction with reverse osmosis treatment induced a significant decrease in the perception of persistency,

aroma, sweetness, heat, astringency and balance in Sauvignon Blanc wine. Independently from alcohol content in wines, reverse osmosis treatment (standard vs. reconstituted) induced a significant decrease in the perception of balance, aroma, overall odor, sweetness and persistency in Sauvignon Blanc wine.

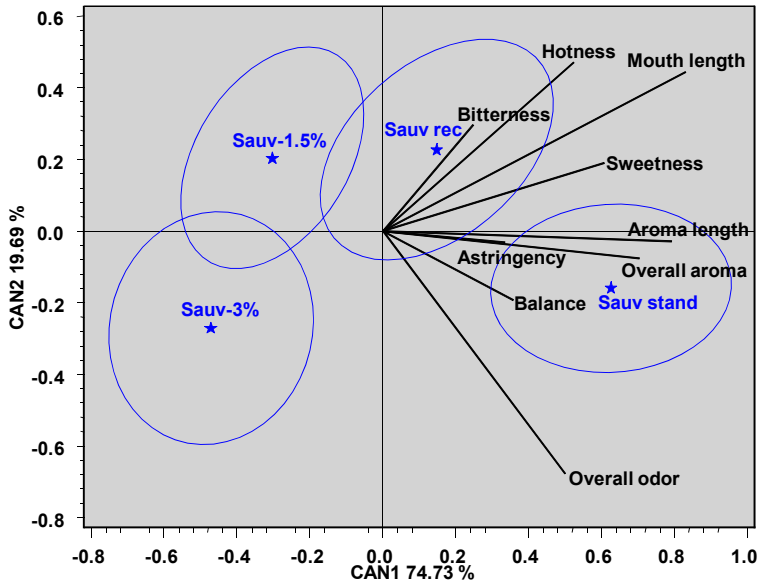


Figure 1. CVA of Sauvignon Blanc wines as perceived by wine professionals with p-product < 0.15 attributes and 90 % confidence ellipses of product means

For Syrah, the first two axes of CVA accounted for 98 % of the variance ratio. Confidence ellipses overlapped strongly and confirmed the difficulty of describing or discriminating between the Syrah wines. Standard Syrah wine was described as significantly more balanced and sweet than the two alcohol-reduced wines, reconstituted being intermediate. Standard and reconstituted wines were perceived as more persistent and hotter than the two alcohol-reduced wines but this was only a tendency. Results of t-test between both standard and reconstituted wines indicated that standard was perceived as significantly more balanced (p=0.06) than reconstituted Syrah wine. These results suggest that alcohol reduction with reverse osmosis treatment induced a significant decrease in the perception of balance, persistency, sweetness and heat in Syrah wine. Independently from alcohol content, reverse osmosis treatment (standard vs. reconstituted) induced a significant decrease in the perception of balance in Syrah wine.

3.2 Appreciation of alcohol-reduced wines (blind evaluation)

For each grape variety, product factor p-value of two-way ANOVA models carried out on the liking variable are given in table 4 for wine consumers and professionals. Results emphasized different reactions towards sensory liking of alcohol-reduced wines for each type of judges.

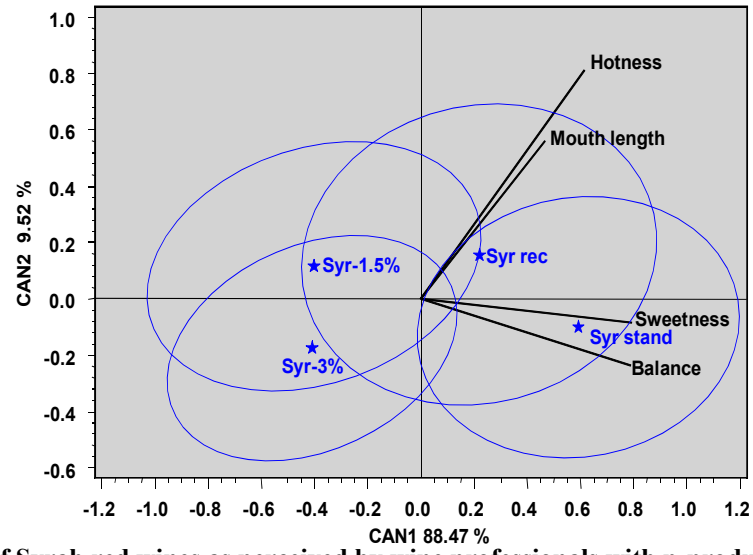


Figure 2. CVA of Syrah red wines as perceived by wine professionals with p-product < 0.15 attributes and 90 % confidence ellipses of product means

As a general remark for both types of consumers, it can be noticed that hedonic mean scores were almost never higher than 5 out of 10. Literature about hedonic rating in wine almost never reports ratings higher than 7 out of 9 or lower than 5 out of 9 (Frost and Noble, 2002; Mueller *et al.*, 2009). An explanation could be that our consumers are used to drinking Burgundy wines and were maybe not accustomed to wines from Languedoc Roussillon (South of France). Chardonnay was the only grape variety that got hedonic mean scores above 5 and it is the only grape variety in the study used in Burgundy wines.

Table 4. Two way ANOVA of wine consumers and professionals liking scores (blind) by grape variety and wine liking means comparisons (LSD, 5%)

Blind evaluation	Grape variety	P_{wine}	Standard	Reconstitued	S -1.5%	S – 3%	S -4.5%
Wine professionals	**Sauvignon B.**	**0.02**	5.53[a]	4.28[b]	3.97[b]	4.19[b]	-
	Syrah	**0.04**	4.89[a]	4.38[ab]	4.00[ab]	3.62[b]	-
Wine consumers	**Chardonnay**	**0.0001**	**5.3[ab]**	**4.69[b]**	**4.99[ab]**	**5.50[a]**	**3.76 [c]**
	Sauvignon B.	0.43	4.95[a]	4.51[a]	4.37[a]	4.75[a]	-
	Merlot	0.88	4.10[a]	4.2[a]	4.37[a]	4.11[a]	-
	Syrah	0.30	4.35[a]	4.86[a]	4.36[a]	4.16[a]	-

[a] Means with same letter within a line are not significantly different (LSD test, α=5%)

3.2.1 Appreciation of alcohol-reduced wines by wine professionals

For wine professionals, product effects were significant, indicating that at least one wine was preferred or less liked in a given grape variety. Details of Sauvignon Blanc liking means (table 4) indicated that wine professionals significantly preferred the standard to the three other Sauvignon Blanc wines. This result suggests that wine professionals did not like Sauvignon wines that have undergone reverse osmosis treatment, independently from alcohol content.

Details of Syrah liking means (table 4) showed that standard was significantly preferred to S-3%. Appreciation of S-1.5% was intermediate. Results of t-test between standard and reconstituted wines indicated that standard was significantly preferred to reconstituted Syrah wine (p=0.007). These results suggest that preferences of wine professionals followed alcohol content of Syrah wines. However, independently from alcohol content, reverse osmosis treatment induced depreciation in Syrah wine.

3.2.2 Appreciation of alcohol-reduced wines by wine consumers

For wine consumers, product effects were never significant except for Chardonnay, indicating within each grape variety that all wines were similarly appreciated by the whole group of consumers and no significant preference for one or even several wines could be emphasized at panel level. The Chardonnay product effect was significant and details of liking means indicated a significant depreciation of -4.5% v/v alcohol-reduced wine. These results suggest that for the whole group of consumers, a reduction in alcohol content inferior or equal to -3 % v/v has no impact on overall wine liking. However when the level of alcohol reduction reaches a value of -4.5% v/v, it is significantly negatively perceived by consumers.
However, results of segmentation brought to light two different groups with different reactions towards alcohol-reduced wines for both white ($F_{group*product}$=28.7) and red wines ($F_{group*product}$=23.7). Figure 3 shows for white and red wines respectively the mean liking details of each of the groups and their confidence interval.

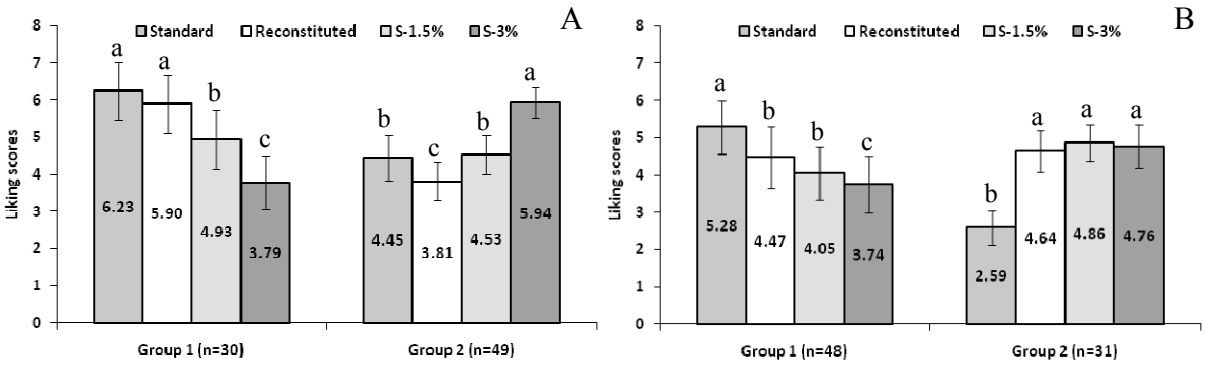


Figure 3. Wine liking means (blind evaluation) and their confidence interval (α=5%) in both segmented groups of consumers for white wine (A) and red wines (B)

[a] Means with same letter within a group are not significantly different (LSD test, α=5%)

For both wine colors, group 1 was identified with similar preference, more or less following alcohol content in wines. This group significantly did not like the sensory effect of alcohol reduction on wine with a significant preference for the standards and a significant rejection of S-3% wines, S-1.5% being intermediate. In the case of white wines, reconstituted wines were as much liked as standard ones whereas they were significantly less liked than standard ones in the case of red wines. This indicates a negative impact of reverse osmosis treatment on red wine liking for this group of consumers.

It can be noticed that size of this group was higher for red wines (n=48) than for white wines (n=30), suggesting that alcohol reduction is less appreciated in red than in white wines by consumers.

Preferences of group 2 were different for white and red wines. In the case of white wines, this group significantly preferred S-3% wines and liked reconstituted wines less than the other ones. It is interesting to notice that this group represented 62% of consumers. The Khi² tests performed to characterize and understand segmented groups emphasized a significant effect of the "frequency of wine consumption" variable (p=0.03). Group 1 had only 3 occasional wine drinkers (less than twice a month) whereas group 2 had 17 occasional wine drinkers. This suggests that occasional wine drinkers tend to develop a preference (in blind) for -3% v/v alcohol-reduced white wines.

In the case of red wines, group 2 liked standard wines significantly less than the three other ones. This result, difficult to explain, suggests that consumers from group 2 would not appreciate standard red wines but a reverse osmosis treatment would enhance their appreciation. This group may in fact mask two groups of consumers who both did not like standard wines but had different preferences for alcohol-reduced and reconstituted wines. The Khi² tests emphasized a significant effect of "number of wine bottles in cellar" (p=0.01). The proportion of consumers owning many bottles (> 50 bottles in cellar) was higher in group 1 (29 out of 48) than in group 2 (11 out of 31) and inversely, the proportion of consumers having few bottles in cellar (< 10 bottles) was lower in group 1 (7 out of 48) than in group 2 (14 out of 31). This result suggests that consumers who own many bottles tend to depreciate the sensory impact of alcohol reduction in red wines, like wine professionals.

It is interesting to mention that there were no significant links between groups across white and red wines. A cross tabulation between each group of consumers for red and white wines emphasized that consumers belonging to group 1 for white wines did not significantly belong to group 1 for red wines (Khi², p=0.91). This point suggests that alcohol reduction did not affect the taste of white and red wines in the same way and consumers who did not appreciate alcohol reduction in white wines could appreciate it in red wines and vice versa.

3.3. Acceptability of alcohol-reduced wines with information for consumers

For each grape variety, product factor p-values of two-way ANOVA models carried out on the liking variable assessed with information are given in table 5. It is important to notice that 62.9% of consumers declared the idea of alcohol-reduction in wines interesting without having tasted the wines.

Table 5. Two way ANOVA of consumer liking scores with information by grape variety and wine liking means comparisons (LSD, 5%)

	P_{wine}	Standard	Reconstitued	S -1.5%	S – 3%
Sauvignon B.	**0.01**	5.53[a]	4.94[ab]	4.38[b]	4.71[b]
Syrah	**0.0002**	4.57[a]	3.46[bc]	3.94[ab]	3.23[c]

[a] Means with same letter within a line are not significantly different (LSD test, α=5%)

Although the whole group of consumers did not appreciate alcohol-reduced wines less in blind evaluation, their level of appreciation changed when information about alcohol reduction was given. Product effect became significant for Sauvignon Blanc and Syrah, indicating that at least one wine was preferred or less appreciated by the whole group of consumers. Details of liking means (table 5) indicated for both grape varieties a significant depreciation of S-3% wines compared to standard wines. In the case of Sauvignon Blanc, S-1.5% was as much depreciated as S-3% and reconstituted was as much liked as standard whereas in the case of Syrah, reconstituted was as much depreciated as S-3% and S-1.5% was as much liked as standard. These results suggest that information about alcohol removal had a negative impact on wine liking. In the case of red wine, information about 'interfering' with wine also had a negative impact on liking, independently from the alcohol content of wines.

3.4. Effect of information about alcohol reduction in wines

Calculating the difference between information (I) and blind (B) hedonic scores for each product and consumer allows the impact of information on overall liking to be studied. When the difference (I-B) is positive, the effect of information is positive and vice versa. ANOVA performed on this difference (I-B) emphasized dissimilar effects of information about alcohol reduction on overall liking for each grape variety (table 6).

Table 6. Two way ANOVA of consumer difference hedonic score between information and blind evaluations (I-B) by grape variety and wine (I-B) liking means comparisons (LSD, 5%)

	P_{wine}	Standard	Reconstitued	S -1.5%	S – 3%
Sauvignon B.	**0.59**	0.58[a]	0.43[a]	0.01[a]	-0.03[a]
Syrah	**0.005**	0.22[a]	-1.4[bc]	-0.42[ab]	-1.93[c]

[a] Means with same letter within a line are not significantly different (LSD test, α=5%)

In the case of Sauvignon Blanc, the product effect was not significant, indicating that the information effect was the same for all wines. The information effect was not significantly different from zero (paired t-test, p_{stand}=0.21; p_{rec}=0.25; $p_{-1.5\%}$=0.97; $p_{-3\%}$=0.94), indicating that information had no impact on Sauvignon Blanc wine liking. In the case of Syrah, the product effect was significant and liking means indicated that information about reconstituted and -3% Syrah negatively affected consumers liking. The impact of information about S-1.5% was intermediate.

3.5 Identification of a target potentially interested in alcohol-reduced wines

To identify a potential French consumer target interested in the information about alcohol-reduced wines, segmentation was carried out on the I-B variable. Results brought to light two different groups with different reactions to information about alcohol reduction for Sauvignon Blanc ($F_{group*product}$=28.2) and Syrah wines ($F_{group*product}$ =20.6). Figure 4 shows for Sauvignon Blanc and Syrah wines respectively the mean liking details of each segment of the group.

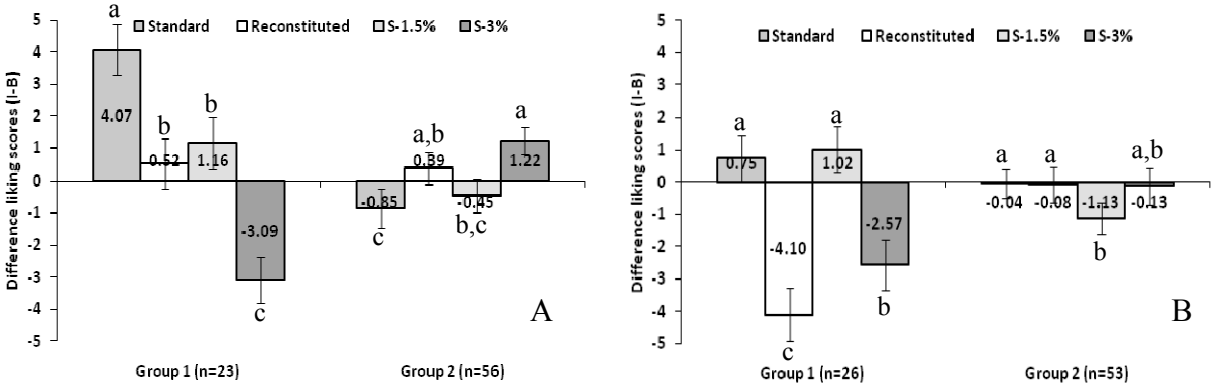


Figure 4. Wine liking means (I-B) and their confidence interval (α=5%) in both segmented groups of consumers for Sauvignon Blanc (A) and Syrah (B) wines

[a] Means with same letter within a group are not significantly different (LSD test, α=5%)

For both wines, group 1 negatively perceived the information about alcohol reduction when it was higher than 1.5% with a significant decrease in the appreciation of -3% wines when information was given compared to blind evaluations. In the case of Sauvignon Blanc, appreciation of standard increased when information was given and -1.5% and reconstituted wines were intermediate. In the case of Syrah, information about reconstituted wine had a very negative impact, worse than the information about -3% wines. It seems that group 1 negatively perceived "interfering" with red wines, independently from the alcohol content.

Group 2 was different for Sauvignon Blanc and Syrah. In the case of Sauvignon Blanc, information about alcohol reduction higher than 1.5% v/v was perceived positively with a significant increase in -3% liking scores and decrease in standard liking scores during evaluation with information. It is interesting to notice that this group constitutes 71 % of the consumer sample. This indicates that many consumers could be interested in the concept of alcohol-reduced white wines. In the case of Syrah, information about -1.5% was significantly negatively perceived but no explication was found for this result. Information about other wines had no significant effect and this indicates that consumers in group 2 do not reject the concept of alcohol reduction in red wines. A cross tabulation between demographical and behavioral variables in each segmented group of consumers emphasized no significant effect for Sauvignon Blanc and Syrah.

No significant link was emphasized between groups across Sauvignon Blanc and Syrah wines. A khi² test performed on the size of each of the groups emphasized that consumers belonging

to group 1 for Sauvignon Blanc wines did not significantly belong to group 1 for Syrah wines and vice versa (p=0.45). Consumers who are positively impacted by information about alcohol-reduction in white wines can thus be negatively impacted by the same information about red wines.

4. Discussion

4.1 Wine professionals did not like the taste of alcohol-reduced and osmosed wines

Wine professionals did not like alcohol-reduced wines in blind evaluations. This suggests that alcohol reduction with reverse osmosis treatment had a negative effect on wine sensory properties. Sensory description of wines by professionals indicated that alcohol reduction induced a significant decrease in the perception of heat, length in mouth, balance and sweetness of wines. The decrease in the perception of heat sensation as alcohol content decreases corroborates the result of Gawel *et al.* (2007) and Jones *et al.* (2008) and the decrease in the perception of a sweet sensation as alcohol content decreases corroborates the result of Martin and Pangborn (1970). This decrease is coherent as ethanol itself induces a perception of hotness (Jackson, 2002) and sweetness (Wilson *et al.*, 1973; Hoopman *et al.*, 1993). The decrease in the perception of wine mouth length with alcohol content reduction was already noticed by Meillon *et al.* (2009). Alcohol may remain a longer time in the mouth than other compounds and thus lengthen the perception of wine. Burgering *et al.* (2009) studied *in vivo* the effect of ethanol on aroma release and showed that while the concentration of aromas in the nasal cavity quickly decreases once the drink has been swallowed, that of ethanol remains in the nasal cavity for 24 seconds. The decrease in perceived balance as alcohol content decreases was to our knowledge never studied and reported in wine but we cannot exclude the effect of reverse osmosis treatment.

Wine professionals liked reconstituted wines significantly less than standard wines. This suggests that independently from alcohol content, reverse osmosis treatment itself had a detrimental effect on wine perception. Sensory description of wines by professionals indicates that reverse osmosis treatment induced a decrease in the perception of balance in wines. This result was to our knowledge never reported in literature. According to Pickering (2000 for review), some organic acids, potassium and aromas such as esters and aldehydes can diffuse with alcohol through the reverse osmosis membrane but this cannot fully explain the decrease in the balance of wine. Moreover some of these compounds could be recovered in the water after the distillation step. Reverse osmosis treatment may disturb the physico-chemical balance of wine as it is “shaken” and manipulated. The time period between the reverse osmosis procedures being completed and the wine tasting was four months (in a 10°C dark room) and seems sufficient to allow the wine to rest and recover its balance. Reverse osmosis treatment may deeply disturb the physico-chemical balance of wine and change it irreversibly.

4.2 A strong segmentation in wine consumer liking driven by expertise

Wine consumers' likings were much less clear than wine professionals' likings. For the whole group of consumers, a level of alcohol reduction inferior or equal to -3 % v/v had no impact on overall wine liking but dislike became significant when a value of -4.5% v/v was reached.
This result suggests that wine experts have a better ability than wine consumers to perceive differences induced by alcohol reduction in wine but this was not the whole story as these results actually masked a strong segmentation in consumers. Two groups of consumers with opposite oriented-preference toward alcohol-reduced wines (white and red) were identified: the first group did not like the sensory properties of alcohol-reduced wines, like wine professionals, whereas the second group did. Frequency of wine consumption and number of wine bottles in cellar appeared to be drivers of preference toward alcohol-reduced wines and the more frequently consumers drink wine or the more wine bottles they own, the more they disliked alcohol-reduced wines. Both parameters may reflect exposure to and familiarity with wine products. According to Chocarro *et al*. (2009), product familiarity "represents the accumulated number of product-related experiences" and is involved in the concept of product knowledge with expertise ("ability to successfully carry out product-related tasks"). This suggests that participants with wine experience behaved more like the wine professionals, disliking lower alcohol wines, and expertise or exposure would be a driver for dislike of alcohol-reduced wines. An explanation for this result could be that contrary to novice consumers, wine professionals and connoisseurs are quite formatted in terms of wine appreciation and tend to develop the same preference towards concentrated and complex wines, probably influenced by famous wine critics, but no literature has reported this topic. Another explanation could be that wine experts and frequent wine drinkers are widely exposed to wines and as the alcohol level of wines has risen over the last few decades, they have become accustomed to higher alcohol levels. According to the theory of mere exposure (Zajonc, 1968), people tend to develop preferences for things merely because they are familiar with them.
The difference in wine liking between wine experts and novices corroborates the finding of Schiefer and Fischer (2008) about the gap between expert ratings and consumer preferences. This raises the issue of validity of wine awards exclusively attributed by wine experts to help consumers make choices. According to Schiefer and Fisher (2008), "wine award medals are increasingly used as marketing instruments" but Lockshin et al. (2006) showed that medals are used more by less involved (and thus less expert) consumers in a wine choice situation. Considering that wine professional preference cannot predict consumer preference, wine award medals attributed by experts would thus be of little sense to inexperienced consumers.

4.3 Appreciation of alcohol reduced wines depending on wine color

Results of description by wine professionals suggested a lower impact of alcohol reduction on the overall sensory perception of red wines than white but a greater impact of alcohol reduction on the perception of imbalance in red wines. Results of liking by wine professionals however suggested that alcohol reduction was as much disliked in white as in red wines and results of consumers' segmentation suggested that more consumers did not like the sensory effect of alcohol reduction in red wines (61%) than in white wines (38%).

Red wine is more complex than white wine as it contains more tannins and aromas. Alcohol reduction in red wine may thus be less perceptible or difficult to describe, due to a complex buffering effect, but leads to a greater imbalance in the wine which was more negatively perceived by consumers. This suggests that tolerance toward alcohol reduction in wine perception is probably higher for white than for red wines.

Alcohol reduction did not affect the taste of white and red wines in the same way, as consumers who did not appreciate alcohol reduction in white wines could appreciate it in red wines and vice versa. Red and white wines are often chemically different in terms of tannin content and pH levels and several kinds of interaction between these compounds and ethanol could take place and explain the differences in appreciation between red and white alcohol-reduced wines. Ethanol was for example shown to decrease the perception of tannin astringency in model red wine solutions by Fontoin *et al.* (2008).

4.4 Effect of information about alcohol reduction on overall liking

Information about alcohol reduction was negatively perceived by the whole group of consumers but segmentation showed that only 29% of consumers for white and 33% for red wines were in fact negatively impacted by information. Information about alcohol reduction in white wine was even positively perceived by 71% of consumers and had no impact for 67% of consumers for red wine. This suggests that information about alcohol reduction is quite well accepted for white but not for red wines. Some consumers explained in the questionnaire that, from a qualitative point of view, red wine is more complex than white wine and could not withstand such treatment to remove alcohol. Other consumers pointed out the cultural, sacred and traditional dimensions of red wines that must not be "interfered with" by alcohol removal. Alcohol reduction in red wine was even clearly perceived as "sacrilegious" by one consumer. Independently from the information about alcohol content, reconstituted red wine was very negatively perceived. This suggests that the simple fact of "interfering with" red wines by dealcoholization is negatively perceived, independently from the final alcohol content.

Information about alcohol reduction was not perceived in the same way in white and red wines, as consumers who were positively impacted by information about white wines could be negatively impacted by the same information for red wines and vice-versa. Each type of

wine may involve different levels of implication, representation and beliefs for a given consumer. Further qualitative studies should be undertaken to understand this obvious difference in the representation of white and red wines.

4.5 Qualifications

This is the first study to give an overview of consumer liking about alcohol reduction in wines. However, the validity of such results is limited to French consumers (from Burgundy) and a generalization to an international point of view remains difficult. It is expected for example that information about alcohol reduction in red wine would be more positively perceived by consumers from new world wine-growing countries than by French consumers. The number of consumers used for this study was quite small, particularly for carrying out the segmentation step. This reduced number of consumers sometimes led to results which were difficult to interpret, such as group 2 liking reverse-osmosed wines better than standard red wines. The validity of these results is also limited to a certain style of French wine and results could be different for more concentrated and alcoholized wines, such as those from new world wine-growing countries. Further studies should be investigated with more participants, other types of consumers, wines and dealcoholization techniques to increase knowledge about the topic of alcohol reduction in wine.

Subtracting “Information” from “Blind” variables to determinate the impact of information is a process widely used in sensory studies (Siret and Issanchou, 2000; Lange et al., 2002). This methodology is interesting but can be open to question as it involves subtracting hedonic scores obtained in two different tasting situations. Indeed, evaluating product liking in blind conditions, without any information, may lead to consumer destabilization with a loss of confidence. It is thus possible that consumers may not use hedonic scales in the same way with and without information. Our results about information impact seem nevertheless globally coherent and indicate that this methodology is quite consistent but precautions have to be taken with regard to the size of segmented groups, magnitude of information impact and group characterization.

5. Conclusion

In this study, the impact of partial alcohol reduction on the appreciation and acceptability of wines by French consumers and wine professionals was investigated. Wine professionals did not like alcohol-reduced wines whereas consumers’ likings were less clear and masked a strong segmentation. Experienced wine consumers behaved more like wine professionals and did not like alcohol-reduced wine whereas other consumers liked the sensory properties of alcohol-reduced wines. Alcohol-reduced wines were described by wine professionals as less hot, sweet, persistent and balanced than standard wines. Once information about alcohol reduction was given, consumers’ likings changed and emphasized either the negative or

positive effect of information depending on individual consumer beliefs. This underlines the importance of information on the sensory perception and appreciation of products.
Consumer tests in this study were performed in controlled conditions to limit variations due to external environment and results may be different in real-life settings (home, restaurant, etc.). Further studies should take into account the context of consumption which is of great importance in wine appreciation. According to Meiselman (1992), it is difficult to predict real consumer behavior simply from results obtained in controlled conditions in the laboratory and situational tests have to be developed.

Acknowledgements

This work was carried out with the financial support of the "Agence Nationale de la Recherche" under the program: "Vin de Qualité à teneur réduite en Alcool (VDQA)" and with the support of the Taste-Nutrition-Health Competitive Cluster Vitagora.
Many thanks to the Experimental Unit of INRA (Pech Rouge) for making all the partially dealcoholized wines used in the study.

References

Burgering, M., De Jong, C., Goorissen, H., Pepin, L. (2009). "Contrôle de la qualité sensorielle des vins à faible teneur en alcool préalablement à leur désalcoolisation". Revue des oenologues 131 (Avril 2009): 39-42

Conibear, H. (2006). "Rising alcohol levels in wine - is this a cause for concern?"*AIM Digest*, 18 (4)

Chocarro, R., Cortiñas, M., Elorz, M. (2009). "The impact of product category knowledge on consumer use of extrinsic cues - A study involving agrifood products". Food Quality and Preference 20(3): 176-186

Fischer, U. and A. C. Noble (1994). "The Effect of Ethanol, Catechin Concentration, and pH on Sourness and Bitterness of Wine." Am. J. Enol. Vitic. 45(1): 6-10

Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P.L., Glories, Y. (2008). "Effect of pH, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution". Food Quality and Preference 19: 286-291

Frost, M.B. and A.C. Noble (2002). "Preliminary study of the effect of knowledge and sensory expertise on liking for red wines." American Journal of Enology and Viticulture. 53(4): 275-284

Gawel, R., Van Sluyter, S., Waters, E.J. (2007). "The effect of ethanol and glycerol on the body and other sensory characteristics of Riesling wines". Australian Journal of grape and wine research 13: 38-45

Hoopman, T., Birch, G., Serghat, S., Portmann, M.-O., Mathlouthi, M. (1993). Solute-solvent interactions and the sweet taste of small carbohydrates. Part II: Sweetness intensity and persistence in ethanol-water mixtures. Food Chemistry 46(2): 147-153

Jackson, R.S. (2002). "Wine tasting - A professional Handbook", edited by Elsevier Ltd

Jones, P.R., Gawel, R., Francis, I.L., Waters, E.J. (2008). "The influence of interactions between major white wine components on the aroma, flavour and texture of model white wine". Food Quality and Preference 19(6): 596-607

Lange, C., Martin, C., Chabanet, C., Combris, P., Issanchou, S. (2002). "Impact of the information provided to consumers on their willingness to pay for Champagne: comparison with hedonic scores". Food Quality and Preference 13: 597-608

Lockshin, L., Jarvis, W., D'Hauteville, F., Perrouty, J.-P. (2006). "Using simulations from discrete choice experiments to measure consumer sensitivity to brand, region, price, and awards in wine choice". Food Quality and Preference 17: 166-178

Meillon, S., Urbano, C., Schlich, P. (2009). "Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines". Food Quality and Preference 20: 490–499

Meiselman, H.L. (1992). "Methodology and theory in human eating research". Appetite, 19: 49-55

Martin, S. and R. M. Pangborn (1970). "Taste interaction of ethyl alcohol with sweet, salty, sour and bitter compounds." Journal of the science of food and agriculture 21: 653-655

Mietton-Peuchot, M., Massot, A., Noilet, P., Milisic, V. (2008). "Applications oenologiques de techniques membranaires - Nanofiltration et osmose inverse". Revue des oenologues 129 (n°special Novembre): 51-54

Mueller, S., Francis, I.L., Lockshin, L. (2009). "Comparison of best-worst and hedonic scaling for the measurement of consumer wine preferences". Australian Journal of grape and wine research, In press, DOI 10.1111/j.1755-0238.2009.00049.x

Noble, A. C. (1994). "Bitterness in wine." Physiology & Behavior 56(6): 1251-1255

Nurgel, C. and G. Pickering (2005). "Contribution of glycerol, ethanol and sugar to the perception of viscosity and density elicited by model white wines." Journal of Texture Studies 36(3): 303-323

Pickering, G. J., Heatherbell, D. A., Vanhanen, L.P., Barnes, M.F. (1998). "The Effect of Ethanol Concentration on the Temporal Perception of Viscosity and Density in White Wine." American Journal of Enology and Viticulture. 49(3): 306-318

Pickering, G.J. (2000). Low and reduced-Alcohol Wine: a Review. Journal of Wine Research, 11 (2): 129-144

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., et al. (2009). "Temporal dominance of sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity". Food Quality and Preference 20(6): 450-455

Schiefer, J. and C. Fischer. (2008). "The gap between wine expert ratings and consumer preferences - Measures, determinants and marketing implications". International Journal of Wine Business Research 20(4): 335-351

Siret, F. and S. Issanchou (2000). "Traditional process: influence on sensory properties and on consumer's expectation and liking – Application to 'pâté de campagne'". Food Quality and Preference 11: 217-228

Vidal, S., Courcoux, P., Francis, L., kwiatkowski, M., Gawel, R., Williams, P., Waters, E., Cheynier, V. (2004). Use of an experimental approach for evaluation of key wine components on mouth-feel perception. Food Quality and Preference, 15(3), 209-217

Williams, E. J. (1949). Experimental designs balanced for the estimation of residual e€ects of treatments. Australian Journal of Science Research A, 2:149-168

Wilson, C.W.M., O'Brien, C., MacAirt, J.G. (1973). "The Effect of Metronidazole on the Human Taste Threshold to Alcohol". Addiction 68(2): 99-110

Zajonc, R.B. (1968). "Attitudinal effects of mere exposure". Journal of personality and social psychology. Monograph Supplement 9(2): 1-27

2. Importance relative des dimensions sensorielles et cognitives dans l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool en situation réelle de consommation : Article 4

L'article précédent a mis en évidence l'importance des dimensions sensorielles et cognitives dans l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool. Cependant, afin de maitriser au mieux les paramètres environnementaux liés à la dégustation, l'étude en question a été réalisée en laboratoire, et l'on peut s'interroger sur le champ d'application des résultats en situation réelle de consommation.

Cet article propose un développement méthodologique pour mesurer l'importance relative des dimensions sensorielles et cognitives dans l'appréciation globale des vins à teneur réduite en alcool en situation réelle de consommation. Les taux de réduction d'alcool étudiés ont été augmentés à -4.5% afin d'assurer que les consommateurs perçoivent une différence sensorielle entre les vins témoins et les vins désalcoolisés (série de vins n°2).

ARTICLE 4

A methodological approach to simultaneously measure the relative sensory and information impact of alcohol reduction on the overall liking of wines in real life settings

S. Meillon[1,2], C. Urbano[2], G. Guillot[1], P. Schlich[2]

[1] Centre de Recherche Pernod Ricard, 120 av Marechal Foch, 94015 Créteil, France
[2] INRA, UMR Sciences du Goût (1214), 15 rue Hugues Picardet, 21000 Dijon, France

Soumis, Octobre 2009 – Food Quality and Preference

A methodological approach to simultaneously measure the relative sensory and information impact of alcohol reduction on the overall liking of wines in real life settings

S. Meillon[1,2], C. Urbano[2], G. Guillot[1], P. Schlich[2]

[1] Centre de Recherche Pernod Ricard, 120 av Marechal Foch, 94015 Créteil, France

[2] INRA, UMR Sciences du Goût (1214), 15 rue Hugues Picardet, 21000 Dijon, France

ABSTRACT

In this study, the effect of partial alcohol reduction in wine on consumer expectation, appreciation (sensory) and acceptability (information) was investigated in real life settings (Home-Use-Test). To measure the relative sensory and information impact of alcohol reduction on overall liking of wines in home-use settings, a special approach was designed by varying wine into the bottle and manipulating information on the label.

A standard Chardonnay and a standard Syrah wine at about 13.5% were partially dealcoholized up to 9.5%. These dealcoholized wines were bottled and presented once with real information about alcohol content (9.5%) and once with false information about alcohol content (13.5%). A third bottle with standard wine inside was also presented with real information about alcohol content (13.5%). A group of 194 French consumers evaluated the three wines at home by rating their appreciation before (expectation) and after tasting on continuous hedonic scales and another group of 90 French consumers also evaluated the wines at laboratory to check validity of results.

Results raised the importance of both sensory and information cues in the evaluation of overall liking for consumers. The relative importance of both components on overall liking was shown to vary according to consumer and wine style. A strong segmentation of consumers was emphasized and highlighted different consumer behaviors concerning expectations toward alcohol-reduced wines and relative sensory and information impact of alcohol reduction on overall liking of wines.

KEYWORDS

Information, liking, expectations, alcohol-reduced wine, segmentation, real life settings

1. Introduction

Due to global warming and viticulture progress related to customer demand in flavourful wines, the alcohol content is increasing in wines (Conibear, 2006). This increase is however prejudicial from the viewpoint of wine consumption since wines are rather heavy to drink daily at mealtimes and consumers tend to reduce their alcohol intake (sobriety, health, road controls, slimming diet). Some techniques are thus being developed to reduce alcohol content in wines (Pickering, 2000) and some partially alcohol-reduced wines are being introduced on the market.

However, there is a lack of data about the consequences of partial alcohol reduction on the perceived sensory quality of these wines and their acceptability by consumers. It is though important to evaluate whether the sensory modification induced by partial alcohol reduction in wine (Meillon et al., 2009) is liked by consumers. Besides, independently from the sensory component, it is also important to assess if the concept of alcohol-reduced wines is accepted by consumers and how does this acceptance interact with the sensory perception of these wines.

Indeed, products are seldom presented in blind in real life settings but with extrinsic cues as packaging appearance, labelled information and price that have a non negligible impact in the formation of preference. Lange (2000) showed that extrinsic factors as appellation, vintage and winemaker were more important than sensory factors in the overall hedonic evaluation of burgundy wines. In another study on champagne, Lange et al. (2002) emphasized that consumers rank products according to the market hierarchy during hedonic evaluation with information whereas they were not able to discriminate the same products during blind hedonic evaluation. Theory relates that before experiencing a product for the first time, consumers tend to rely on its extrinsic cues to infer its quality (Speed, 1998), leading to the unconscious formation of hedonic expectation. Once the product consumed, expectations and experienced sensory properties are integrated and combined into an overall appreciation. Anderson (1973) defined the disconfirmation as the mismatch between expected and perceived quality and suggested two main models to describe how this disconfirmation can influence product perception. In most of studies, the assimilation model was emphasized with a change in product evaluation in the direction of expectation (Cardello and Sawyer, 1992; Deliza and Macfie, 1996; Lange et al, 1999; Schifferstein et al., 1999). To a lesser extent, few studies brought to light the contrast model with a change in product evaluation in the opposite direction of expectation when discrepancy between expected and evaluated product is very high (Zellner et al., 2001; Yeomans et al., 2008).

As a first study, Meillon et al. (submitted a) investigated the impact of partial alcohol reduction in wine on consumer appreciation and acceptability. They emphasized through a segmentation step that both taste and information about alcohol reduction influenced the overall liking of wines. This study was conducted in a Central Location Test (CLT), under

standardized and controlled conditions, to avoid bias due to environmental context and it can be asked what would have been the results in real life settings. Indeed, contextual factors as social interaction, place and moment of consumption have widely been shown to significantly impact product consumption and evaluation (Cardello et al., 2000; Meiselman et al., 2000; King et al., 2004; Boutrolle et al., 2007; Petit and Siefferman, 2007). According to Meiselman (1992), situational tests have to be developed since it is difficult to predict the real consumer behaviour just based on results obtained in controlled conditions at laboratory.

The main objective of this study was to assess the appreciation and acceptability of Partially Alcohol-Reduced Wines (PARW) by consumers in real life settings. A Home Use Test (HUT) was chosen to evoke the ecological tasting conditions for consumers with presentation of real bottled wines.

This objective was approached according to two main questions:

(1) A priori, without having tasted the wines, what are consumer expectations about PARW?

In a normal purchase situation (supermarket), consumer cannot taste wines and only disposed of the extrinsic cues to make his choice. It is thus important to understand what would be his first reaction when faced with PARW for the first time, leading to the decision to buy or not to buy the product.

(2) Once tasted, is perceived overall liking of PARW a matter of taste or image?

In other words, when consumer has tasted the PARW, what is the relative impact of sensory and information cues on overall liking? A stronger negative impact of information about alcohol reduction on wine liking is expected compared to sensory impact.

Several studies assessed the relative impact of sensory properties and extrinsic cues on consumer response and emphasized a strong interaction between these two factors on the overall liking (Lange et al., 1999; Lange, 2000., Siret and Issanchou, 2000). In these studies, applied methodology usually takes place in three steps. First, the expected liking is measured by only evaluating the product information, just based on extrinsic cues and without tasting. Then, the perceived liking is measured by evaluating the product in blind, without any information. Finally, the overall liking is measured by evaluating the product with both tasting and information. It is then possible to determine a disconfirmation score by subtracting the perceived liking to the expected liking score and the information deviation score by subtracting the perceived liking to the overall liking score.

This methodology led to interesting results but its use for home test can be discussed according to three main points. Firstly, on a practical view, the necessity to evaluate the same products in three different conditions implies sending samples three times at consumer home and this is time and money costing or even economically not possible. Secondly, considering the product evaluation in blind is unrealistic as consumers almost never taste product like this in real life settings. Generally, consumers are first faced with the product extrinsic cues before tasting it. Expectations and psychological representations induced by extrinsic cues can

influence perceived sensory properties (Morrot et al., 2001) and perceived sensory quality (Lange, 2000) and blind tasting thus does not make a sense. Thirdly on a theoretical view, subtracting hedonic scores obtained in three different conditions seems to us uncertain as consumers probably not use the hedonic scale in the same way in each condition. Indeed, consumers evaluating products in blind may be less self-confident than evaluating products with information and thus may not dare to use the scale extremities. In this case, subtracting individual hedonic scores obtained in the different conditions would have no meaning.
A methodological approach was thus especially adapted and designed for this study to measure the relative impact of sensory and information cues on overall liking by manipulating information in such a way that both parameters could be assessed in only one step, in the same realistic conditions and in real life settings.

2. Materials and methods

2.1 Products

2.1.1. Wine samples

Two grape varieties were studied: Chardonnay (white) and Syrah (red). For each grape variety, a standard wine at about 13.5% was selected then partially dealcoholized by the INRA experimental unit Pech'Rouge, in Narbonne, leading to an alcohol-reduced wine at about 9%. Exact alcohol contents of the wines are given in table 1.
Both standard wines were produced in Languedoc Roussillon region (France) and bought (in bulk) in cooperative wineries from the same region (Fleury). Wine making was conventional, free of oak treatment and from 2006 vintage. The dealcoholization step was carried out using the same reverse osmosis procedure as in Meillon et al. (2009), combined with a membrane contactor step to reintroduce the endogenous water to the wine.

Table 1. Exact alcohol content of the studied wines (% vol.)

Varietal	Standard	Dealcoholized
Chardonnay	13.28 %	9.07 %
Syrah	13.17 %	8.98 %

2.1.2 Wine presentation: experimental design

In order to keep consumers in a natural situation of tasting, it was decided to present them bottled wines with real labels and back labels.
In order to measure the relative sensory and information impact of alcohol reduction at the same time, a specific approach was designed by varying wines into the bottle and information on the labels. Three bottled wines were prepared as presented in Figure 1. One of the three bottles contained the standard wine at about 13.5% and the two other bottles contained the same dealcoholized wine at about 9.5%. The standard wine, called "standard" was labeled

13.5% and one of the two bottles of dealcoholized wines, called “dealcoholized”, was labeled 9.5% and mentioned “partially dealcoholized wine “, whereas the other one, called “false” was labelled 13.5%. The comparison between “standard” and “false” wines thus stands for the sensory effect as wines are different but information is the same, and the comparison between “false” and “dealcoholized” wines stands for the information effect as wines in the bottles are the same but information is different.

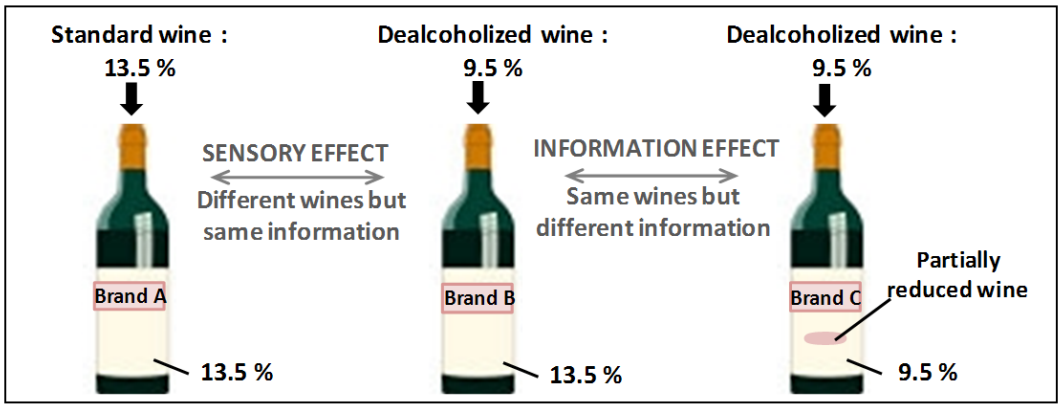


Figure 1. Experimental design for the wines of the study

Ideally a fourth wine at 13.5% but labelled 9.5% should have been included to balance the experimental design but it was voluntarily not done for two main reasons. First, presenting a wine labelled with a lower alcohol content as the real one is ethically not safe for consumers (driving, health). Secondly, presenting two wines labelled as dealcoholized would probably have helped consumers deducing the study dealt about dealcoholization. It was better not to make them aware about dealcoholization in order they not focus on this point when tasting and evaluating the wines. Incidentally, it was asked consumers at the end of the study : “what do you think about the aim of the study?” and it was surprising none guess the study dealt about dealcoholization in wines.

2.1.3 Labels and back labels

Three labels and matched back labels were specially designed for the experiment with the help of an info graphic society. All the three labels displayed the same information in order to keep them in the same product space: appellation (Vin du pays d’Oc), grape variety (Chardonnay or Syrah), vintage (2006), origin (product of France) and all the three back labels described the wines with same descriptive terms but differently written. However, each label and its matched back label was presented with different brand and esthetism in order to make them different for consumers. Three virtual brands were thus designed, each having a specific design: “Couleurs du Roussillon”, “Soleil du Languedoc” and “Lumières du Pays d’Oc ». In order to compensate an eventual effect of brand/design on overall liking, each of the three products “standard”, “false” and “dealcoholized” was not associated to only one brand but was balanced with all the three brands according to a William Latin Square. Each

brand was thus declined in 13.5 and 9.5% versions. Benefits and lightness of dealcoholized wines were pointed out on the back label description of 9.5 % version. The six Chardonnay labels and back labels of the study corresponding to the three brands declined in 13.5% and 9.5% versions are presented in Annexis. In the case of Syrah, labels were the same but the color was red instead of green.
To make real bottle look like, white and black sleeves were also respectively added on the top of Chardonnay and Syrah bottles.

2.2 Consumers: two tasting conditions

A panel of 200 wine consumers was recruited to participate in the home test. This panel was divided in two groups : the first group evaluated Chardonnay wines and the second group evaluated Syrah wines.
As it is not possible to control tasting context in HUT, a controled laboratory test was also carried out in order to check the validity of results but also to compare results obtained in both conditions. A group of 100 wine consumers was thus recruited to participate in the laboratory tasting in Dijon. This group evaluated both Chardonnay and Syrah wines in a one-hour session.
Consumers were recruited to best fit the French wine consumer population given in the 2005 Viniflhor(Onivins)/INRA survey according to gender, age and frequency of wine consumption. In the whole three panels, 21.9 % consumed wine about twice a month, 45.4 % consumed wine once to twice a week and 32.7 % consumed wine daily. Table 2 gives the distribution of each of the panel according to gender and age. A group of 96 consumers from Burgundy finally participated in the laboratory test. This panel was under represented in more than 65 years people because it was difficult to have them go to the laboratory. Two groups of 98 (Chardonnay) and 96 (Syrah) consumers finally participated in the Home Use Tests. These consumers were in majority living in and around Paris.

Table 2. Distribution of the three panels according to gender and age parameters

		25-39 years		40-49 years		50-64 years		> 65 years	
Panel	**Size (N)**	**Male**	**Female**	**Male**	**Female**	**Male**	**Female**	**Male**	**Female**
Laboratory	90	14.4 %	15.6 %	20 %	8.9 %	16.7 %	14.4 %	6.7 %	3.3 %
Home Chardo.	98	15.3 %	11.2 %	11.2 %	12.3 %	14.3 %	10.2 %	16.3 %	9.2 %
Home Syrah	96	12.5 %	9.4 %	17.7 %	10.4 %	16.7 %	6.2 %	16.7 %	10.4 %

2.3 Evaluation procedure

All three panels had to answer two questionnaires especially designed for the study. The first one enabled to collect information about wine evaluation and the second one aimed at collecting information about consumers in order to seek explanations for possible segmentation.

2.3.1 Wine evaluation

Wine evaluation took place in two parts. The first part consisted in a measure of consumer expectation with an evaluation of wines without tasting, just based on extrinsic cues and the second part consisted in a measure of consumer liking after having tasted and experienced the wines. In both parts (before and after tasting) consumers were asked to rate their liking on continuous hedonic scales as shown in figure 2.

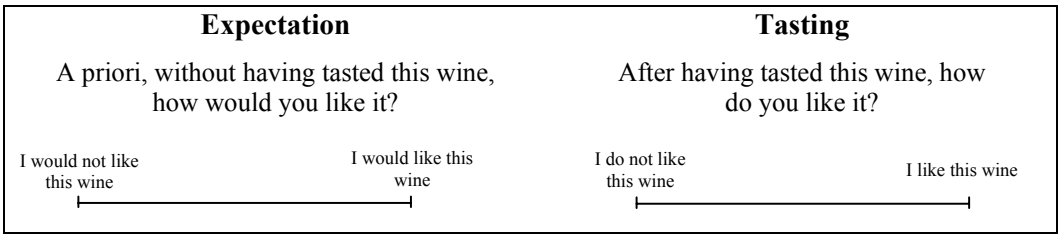


Figure 2. Questions asked to consumers to evaluate wines of the study

Concerning HUT conditions, consumers received a set of three bottles with questionnaires at home. They first had to evaluate their expectation toward the three bottled wines on a paper form and to immediatly send it by post. One week after the reception of their questionnaires, consumers could start drinking and evaluating the wines at the frequency of one bottle a week by respecting presentation order indicated in the questionnaires. Once the three bottles evaluated (after 3 weeks), consumers had to return their questionnaires by post. Each consumer was allowed drinking the wines at their convenience (with friends, family, alone, during lunch, diner, for several times, only once). They were though asked to fulfil out a consumption book about the way they consumed each wine (context, volume, place, moment, social environment, frequency…).

Concerning CLT conditions, consumers came for a one-hour session at laboratory. Half the participants first evaluated Chardonnay wines and the other half first evaluated Syrah wines. A 10 minutes break was enforced between evaluation of both series of wines. In each serie, consumers were first faced with the three bottles at the same time (as in HUT condition) and rated their hedonic expectation for each bottle. Then, they monadically tasted and rated their liking for the three wines. All the sessions took place with a maximum of 16 participants, in sensory booths with controlled temperature (20 ± 1°C). Sessions were held at lunchtime (12h) or in the evening (18h) according to participant availability, which are common consumption time for wine.

2.3.2 Questionnaires for segmentation

In order to eventually explain consumer segmentation, two questionnaires were implemented to collect demographic data but also to measure consumer behaviour and attitude toward wines.

The first questionnaire allowed demographic data such as gender and age to be collected but also food neophobia to be measured. Food neophobia, reflecting the consumer reluctance to try novel foods, is usually measured through a 10-items Food Neophobia Scale (FNS) developed by Pliner and Hobden (1992). According to Chen (2007), only five items from this FNS measure consumer distrust and avoidance toward novel foods or dishes, other items being related to exotic food. In the case of wine, exotic food is not concerned and it was thus decided to keep the same five items as in the study of Chen (2007): (1) I am constantly sampling new and different foods, (2) I do not trust new foods, (3) If I do not know what is in a food, I won't try it, (4) I am afraid to eat things I have never had before, (5) I will eat almost anything.

The second questionnaire focused on the measure of consumer attitudes toward wine as knowledge and involvement in wine. Both parameters were widely shown to impact product acceptability and purchase intention in literature (Chocarro et al., 2009; Lockshin et al., 2006; Quester and Smart, 1998). According to Chocarro et al. (2009), consumer knowledge is a concept involving two components: expertise and familiarity. Expertise refers "to the ability to successfully carry out product-related tasks" and familiarity "represents the accumulated number of product-related experiences". It was decided to measure the familiarity through two behavioural parameters: frequency of wine consumption and number of wine bottles owned in cellar which may represent the frequency of wine purchase. The expertise was measured through a 25-items quiz about wine (technology, appellation, grape variety…) specially designed for the study.

According to Lockshin et al. (2006), involvement refers as the interest, enthusiasm, and excitement manifested by consumers toward a specific product category. High and low wine-involved consumers were significantly shown to behave differently in purchase or choice situation. To summarize, high wine-involved consumers use more information cues than low wine-involved consumers which tend to simplify their choices and to rely more on price-based cues (Lockshin et al., 2006). Consumer involvement was measured using Mittal and Lee's (1989) 6-items questionnaire, based on 7-point Likert scales. This questionnaire, successfully used in several wine studies (Aurifeille et al., 2002; Lockshin et al., 2006; Hollebeek et al., 2007), enables the wine product involvement to be measured from one side: (1) I do not have a strong interest in wine, (2) Wine is important to me, (3) For me wine matters, and the wine purchase involvement to be measured from the other side: (4) Which wine I buy does not matter for me, (5) I choose my wine carefully, (6) Deciding which wine to buy would be is an important decision to me.

2.4 Data analysis

All statistical analyses were performed with SAS software (Release 9.1, SAS institute Inc., Cary, NC).

2.4.1 Analysis at group level

To check the absence of brand effect on the evaluations, two-way ANOVA model with interaction (Brand + Wine + Brand * Wine) were carried out per grape variety on the expectation and overall liking variables. Multiple mean comparisons were also performed with Least Significant Differences test (LSD) at $p < 0.05$ to complete the analysis of brand.
To assess both effects of wines and tasting conditions (CLT vs HUT) on the evaluations, three-way ANOVA model with interaction (Context + Consumer (context) + Wine + Context * Wine) were carried out per grape variety on the expectation and overall liking variables. Multiple mean comparisons (LSD) were also performed at $p < 0.05$ to complete the analysis.
Considering the experimental product design, it was possible to evaluate the sensory effect of dealcoholization by subtracting overall liking scores of false wine to standard wine and the information effect about dealcoholization by subtracting overall liking scores of dealcoholized to false wine. These sensory and information variables were calculated at individual level, consumer by consumer and when the result of subtraction was superior to zero, the effect was considered as positive and when it was inferior to zero, the effect was considered as negative. A third variable, called relative impact of sensory (%) on overall liking, was calculated by dividing the absolute value of the sensory effect by the sum of both absolute values of sensory and information effects (equation 1). The relative impact of information was evaluated in the same way and was thus equal to 100-relative impact of sensory. To assess the impact of the eight consumer characteristics collected with the questionnaires on these three variables, eight one-way ANOVA model were carried out with each characteristic as a factor. Multiple means comparisons (LSD) were also performed at $p < 0.05$ to complete analysis of consumer characteristics.

$$\text{Relative impact of sensory (\%)} = \frac{|\text{sensory effect}| \times 100}{|\text{sensory effect}| + |\text{information effect}|} \qquad (1)$$

2.4.2 Segmentation of consumers

An expectation index was designed to classify consumers in three groups according to their expectation toward PARW: negative, no or positive expectation.
Considering the experimental product design, a strong positive or negative impact of expectation about alcohol reduction is noticed when dealcoholized wine is rated farther from both standard and false wines which are expected to be rated closer as they are both labelled 13.5%. Expectation index was thus designed by dividing the variance between dealcoholized wine and the average between false and standard wines by the variance between standard and false wines (equation 2). To avoid division by zero, one was added to denominator and numerator. The expectation direction was given by multiplying this variance ratio by the sign of the difference between dealcoholized wine and the average between false and standard wines.

$$I_{ex} = \mathrm{sgn}(D - \frac{F+S}{2}) \times \frac{1 + \mathrm{var}(D; \frac{F+S}{2})}{1 + \mathrm{var}(F; S)} \qquad (2)$$

It was therefore considered that there was no effect of information about alcohol reduction when the expectation index was between +1 and -1. Expectations were positive when the index was superior to + 1 and negative when the index was inferior to -1.

Segmentation of overall liking was performed using the Varclus procedure in SAS (centroïd option). Consistence of the segmented groups was checked with the F value of product*group of segmentation interaction in three-way ANOVA model (consumer, group of segmentation, product) in a split plot. The higher this value, the better group consistency.

To eventually explain and understand segmented groups, a cross-tabulation of consumer characteristics (demographic and behavioral) in each segmented groups was carried out for both expectation and overall liking segmentations and associated Khi² were calculated (α=5 %).

2.4.3 Demographic and behavioral data

Characteristics measured in a continuous way as neophobia, wine purchase involvement, wine product involvement and knowledge were transformed in qualitative ones in order to obtain only qualitative data about consumers.

To determine the different qualitative levels of continuous characteristics, scores from the different scales were reversed when necessary (negative sentence) then added to get a total score. Then, the consumer distribution of total scores was drawn for each characteristic and split where gap appeared. In the case of wine knowledge, wine purchase and wine involvement, three levels were determined after having gathered Chardonnay, Syrah and laboratory panels (n total=284). Description of the three different levels for each the characteristic is given in table 3.

Table 3. Description of the three qualitative levels of wine knowledge, wine purchase and wine product involvement obtained for Chardonnay, Syrah and laboratory panels (n total=284)

Variables	Level	Nb consumers	Mean	Standard deviation
Knowledge Scores out of 25	Low	40	8.2	1.69
	Medium	196	14.7	2.27
	High	48	20.5	1.52
Purchase involvement Scores out of 21	Low	47	13.3	1.77
	Medium	96	16.3	1.44
	High	141	18.8	1.23
Product involvement Scores out of 21	Low	32	10.5	1.46
	Medium	103	15.5	1.43
	High	149	19.6	1.24

In the case of neophobia score, the distribution followed a normal law and it was thus difficult to split the distribution in three meaning levels of neophobia. It was thus decided a priori that consumers which had a total score inferior to 10 = 5 scales x 2 (over 7 points) were neophobe

and consumers which had a total score superior to 25 = 5 scales x 5 (over 7 points) were neophile. Other consumers were thus considered as moderately neophobe.
Table 4 recapitulates all the eight consumer characteristics collected for the study and their different qualitative levels.

Table 4. Consumer characteristics collected for the study and their different qualitative levels

Consumer characteristics	Nb levels	Levels
Gender	2	male, female
Age	3	25-39 years, 40-49 years, > 50 years
Neophobia	3	neophobe, moderate, neophile
Number of bottles in cellar	3	< 20 bottles, 20-50 bottles, > 50 bottles
Frequency of consumption	3	daily, regularly, occasionally
Purchase involvement	3	low, medium, high
Product involvement	3	low, medium, high
Wine knowledge	3	low, medium, high

3. Results

3.1 Brand effect

For each grape variety, brand and wine*brand p-values of two-way ANOVA model as well as the detail of brand means are given in table 5 for the expectation and the tasting evaluations.
Wine effect was significant in all the cases but this will be detailed in the next part. Brand effect was however never significant, indicating among all the three brands, that none was preferred by the whole group of consumers. This result was required to avoid an eventual effect of brands which could mask studied wine effect. Wine*brand interaction was not significant for Chardonnay but however tended to be significant for Syrah in both evaluations. This indicates that Syrah wines of the experiment tended to not be appreciated in the same way according to their associated brand. Detail of means suggested that dealcoholized wine was depreciated when it was branded “Couleurs du Roussillon” for the expectation part and false wine was preferred when it was branded “Couleurs du Roussillon” for the tasting part. This interaction was not expected and no coherent interpretations were found to explain it. This has thus to be kept in mind when interpreting further Syrah wine effects.

Table 5. P_{brand} and $P_{wine*brand}$ values from two-way ANOVA model on liking scores (expectation and tasting) for Chardonnay and Syrah and detail of brand liking means (LSD, 5%)

Evaluations	Grape variety	P_{brand}	$P_{wine*brand}$	Soleil L.	Lumières P.O.	Couleurs R.
Expectation	**Chardonnay**	0.20	0.21	5.39[a]	5.25[a]	4.99[a]
	Syrah	0.12	**0.06**	5.20[a]	5.02[a]	4.75[a]
Tasting	**Chardonnay**	0.48	0.48	4.99[a]	4.77[a]	4.71[a]
	Syrah	0.57	**0.05**	4.02[a]	3.83[a]	4.10[a]

[a] Means with same letter within a line are not significantly different (LSD test, α=5%)

3.2 Tasting conditions effect: CLT vs. HUT

For each grape variety, context and wine*context p-values of three-way ANOVA model and context means are given in table 6 for the expectation and the tasting evaluations.

For both grape varieties, no significant interaction context*wine was emphasized indicating wine were appreciated in the same way between both CLT and HUT contexts. However, a significant context effect was emphasized in the case of Chardonnay expectations and Syrah tasting (tendency for Syrah Expectation). The associated LSD test indicated that although wines were ranked in the same order of preference in both conditions, HUT panel generally gave significantly higher hedonic scores than CLT panel.

As there was no difference in wine preference between both CLT and HUT contexts and in order to increase statistical power, it was decided to gather results from CLT and HUT panels for further analysis.

Table 6. $P_{context}$ and $P_{wine*context}$ values from three-way ANOVA model on liking scores (expectation and tasting) for Chardonnay and Syrah and detail of context liking means (LSD, 5%)

Evaluations	Grape variety	$P_{context}$	$P_{wine*context}$	CLT	HUT
Expectation	**Chardonnay**	**<0.01**	0.74	4.85[a]	5.54[b]
	Syrah	0.17	0.66	4.83[a]	5.14[b]
Tasting	**Chardonnay**	0.45	0.36	4.71[a]	4.92[a]
	Syrah	**<0.01**	0.91	3.62[a]	4.32[b]

[a] Means with same letter within a line are not significantly different (LSD test, α=5%)

3.3 Consumer expectation toward PARW

3.3.1 Expectation toward PARW: results on the whole group of consumers

According to the results of three-way ANOVA model (context + wine + consumer (context) + context * wine), a strong wine effect was emphasized for Chardonnay ($p=0.0003$) and Syrah ($p<0.0001$), suggesting that at least one of the three wines was significantly expected to be preferred or depreciated to the other wines. Detail of liking means (figure 3) indicates for both Chardonnay and Syrah that dealcoholized wine induced a lower hedonic expectation than the two other wines which induced the same expectation. It is interesting to notice that the negative expectation was stronger in dealcoholized Syrah than in dealcoholized Chardonnay. As a methodological issue, it was expected that standard and false wines induced the same expectation as they were both labeled 13.5%. This result thus validates the methodological approach used in the study.

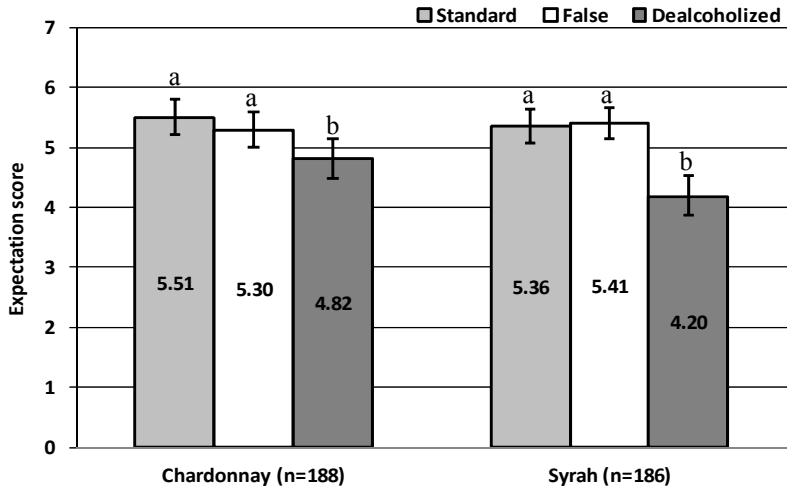


Figure 3. Wine expectation liking means and their confidence interval (α=5%) in Chardonnay and Syrah wines (without tasting)

[a] Means with same letter within a grape variety are not significantly different (LSD test, α=5%)

R square detail of three-way ANOVA model suggests the existence of disagreement among consumers for Chardonnay (r^2 =0.61) and Syrah (r^2=0.58). Plotting dispersion of expectation scores for each wine emphasized a bimodal distribution only in the case of dealcoholized wines. It was thus decided to go further with analysis through a segmentation step and an individual expectation index was determined for each consumer.

3.3.2 Segmentation of expectations

The expectation index enables the consumers to be classified into three groups of expectation toward PARW: negative, no and positive expectation. Figure 4 shows for Chardonnay and Syrah the size and mean liking details of each of the group.

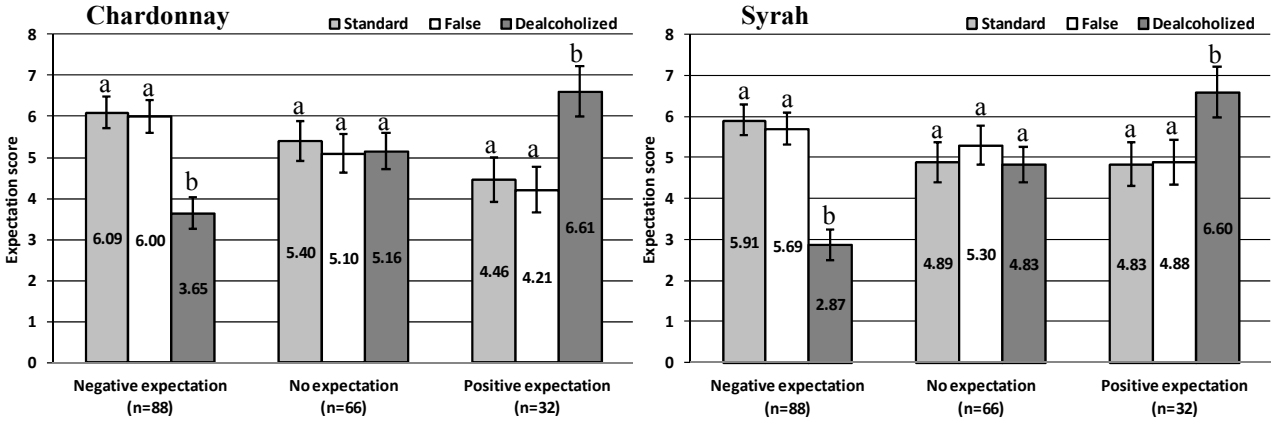


Figure 4. Wine expectation liking means and their confidence interval (α=5%) in the three segmented groups of consumers for Chardonnay (A) and Syrah (B)

[a] Means with same letter within an expectation group are not significantly different (LSD test, α=5%)

Surprisingly, there were not so much consumers with negative expectations toward PARW as the whole means suggested, with only 38.8% of the panel for Chardonnay and 47.3% for Syrah. However these consumers strongly rejected the concept of PARW since hedonic means of dealcoholized wines went below 4 for Chardonnay and 3 for Syrah. More than third

the consumers did not express any expectation toward PARW and it was interesting to notice a potential segment of consumers (17%) with positive expectation toward PARW for both Chardonnay and Syrah.

Khi² tests performed on demographic and behavioral data to characterize and understand the different expectation groups, emphasized a significant effect of "number of wine bottles in cellar" (p=0.008) and "wine purchase involvement" (p=0.004) in the case of Chardonnay. Figure 5 shows the percentage distribution of both parameters in each group of expectation.

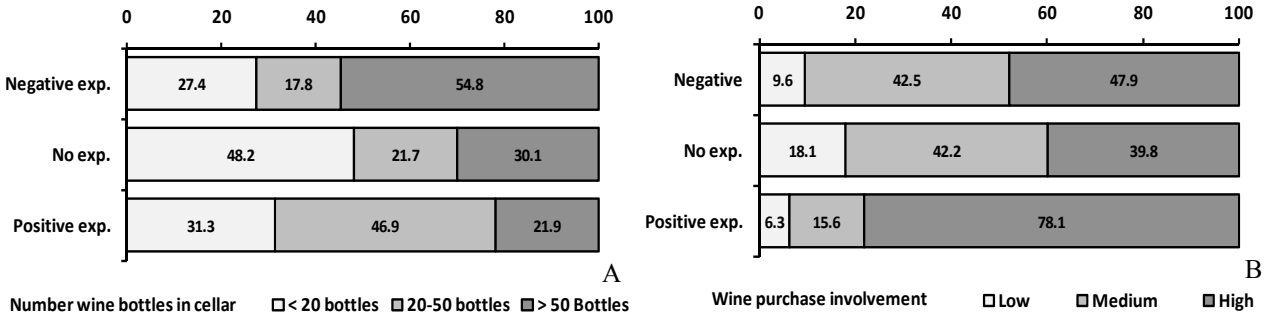


Figure 5. Percentage distribution of consumers according to their number of wine bottles in cellar (A) and their wine purchase involvement (B) in the three segmented expectation groups for Chardonnay

The "negative expectation" group was mainly characterized with a population having more than 50 bottles in cellar whereas the "no expectation" group was mainly represented with a population having less than 20 bottles in cellar. The "Positive expectation" group was strongly characterized with a population having a high purchase involvement and to a lesser extent a moderate number of bottles in cellar (between 20 to 50 bottles). The number of consumers with low purchase involvement was weak on the whole panel but twice more important in the no expectation group than in the two other groups.

In the case of Syrah, a significant effect of age was emphasized (p=0.05). Figure 6 shows that the "negative" and "positive expectation" groups were mainly represented with older consumers (> 50 years old) whereas the "no expectation" group was characterized with younger consumers (<39 years old). The "negative expectation" group had less young consumers than positive expectation group.

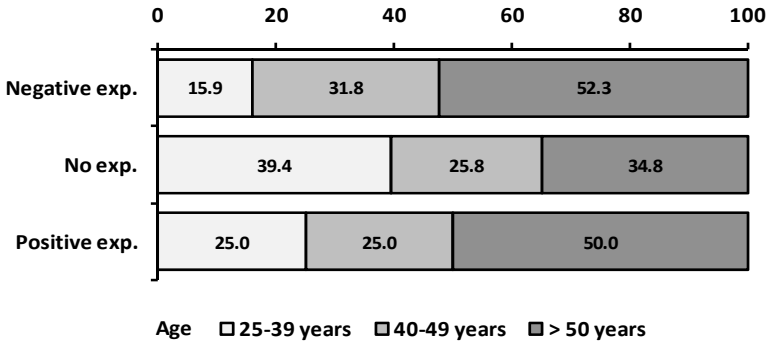


Figure 6. Percentage distribution of consumers according to their age in the three segmented expectation groups for Syrah

3.4 Overall liking of wines

3.4.1 Overall liking on the whole group of consumers

According to the results of three-way ANOVA model (context + wine + consumer (context) + context * wine), a strong wine effect was emphasized for Chardonnay ($p<0.0001$) and Syrah ($p<0.0001$). Detail of liking means (figure 7) shows that standard wine was significantly preferred to false wine for Chardonnay and Syrah. As standard and false wines were labeled with the same information about alcohol reduction (13.5%) but were in reality at respectively 13.5% and 9.5%, this means that independently from information about alcohol content, taste of dealcoholized wine was not liked by the whole group of consumers. Alcohol reduction was thus perceived to negatively impact the sensory properties of standard wine. False wine was significantly preferred to dealcoholized wine for both Chardonnay and Syrah, whereas they were in reality exactly the same wine at 9.5% but labeled differently. This means that, independently from the taste of wine, information about alcohol reduction induced a significant decrease in the perception of wine sensory quality in consumer mind. Both cumulated sensory and information effects led to a decrease of about one point on liking score means.

As for expectation scores, R square detail of three-way ANOVA model suggests the existence of disagreement among consumers for Chardonnay ($r^2=0.56$) and Syrah ($r^2=0.52$). It was thus decided to go further with analysis through a segmentation step.

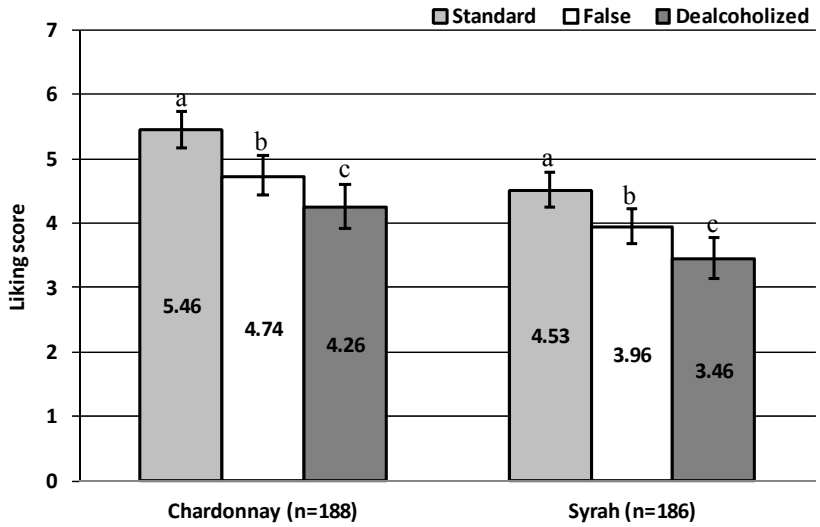


Figure 7. Wine liking means and their confidence interval (α=5%) in Chardonnay and Syrah wines (after tasting)

[a] Means with same letter within a group are not significantly different (LSD test, α=5%)

3.4.2 Overall liking segmentation

Results of segmentation, performed on the overall liking variable, respectively brought to light three and two groups with different reaction toward alcohol-reduced wines for

Chardonnay (Fgroup*product=106.8) and Syrah (Fgroup*product=114.8). Figure 8 respectively shows for both grape varieties, the detail of liking means in each of the group.

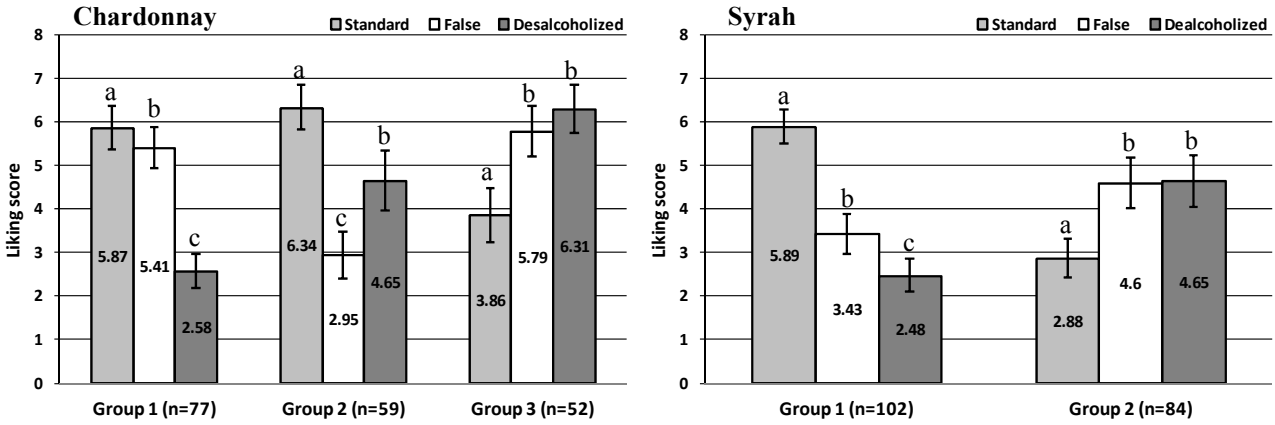


Figure 8. Wine liking means and their confidence interval (α=5%) in the segmented groups of consumers for Chardonnay (A) and Syrah (B)

[a] Means with same letter within a group are not significantly different (LSD test, α=5%)

In the case of Chardonnay, the first group (n=77) significantly and strongly depreciated dealcoholized wine to standard wine with a decrease of more than three point in the liking mean. This strong reject of dealcoholized wine was partially induced by its sensory properties (relative sensory impact=14 %) but mainly by the information about alcohol reduction (relative information impact=86 %). Consumers of this group were thus more negatively influenced by information than taste of wine. The second group (n=59) significantly but moderately depreciated dealcoholized wine to standard wine. This group strongly depreciated the taste of dealcoholized wine but significantly preferred it when the information about alcohol reduction was given. The third group (n=52) significantly preferred dealcoholized wine to standard wine with an increase of 2.45 points in the liking mean. This increase was mainly attributed to the positive sensory properties of dealcoholized wine (79 %) and partially to the positive effect of information about alcohol content (21 %). Consumers of this group were thus more positively influenced by taste of wine than information.

Khi² tests performed on demographic and behavioral data emphasized a significant effect of "gender" (p=0.01), "number of bottles in cellar" (p=0.03) and "wine knowledge" (p=0.01). Consumers in the groups 1 and 2, with similar characteristics, were mainly represented with men and people having more than 50 bottles in cellar. They differed from consumers of the group 3 which were mainly represented with women and people having few bottles in cellar (< 20 bottles). There were more wine novices and less wine connoisseurs in the group 3 than in the groups 1 and 2.

In the case of Syrah, the first group (n=102) significantly and strongly depreciated dealcoholized wine to standard wine with a decrease of more than three point in the liking mean. This strong reject of dealcoholized wine was mainly attributed to its sensory properties (72 %) and to a lesser extent to the information about alcohol reduction (28 %). The second

group (n=84) did not like all three wines since the liking means never went above 5 out of 10. Dealcoholized wine was however significantly preferred to standard wine. This increase was almost totally attributed to the sensory properties of dealcoholized wine (97 %) and impact of information was almost inexistent.

Khi² tests performed on demographic and behavioral data emphasized a significant effect of "age" (p=0.04) and "product involvement" (p=0.05). Proportion of younger was less important in group 1 than in group 2 and there were more high-involved and less low-involved consumers in group 1 than in group 2.

3.4.3 Impact of sensory and information cues on overall liking

Box plots of the variable "relative sensory impact" are presented in figure 9 for Chardonnay and Syrah. These box plots suggest a great variation in this variable over the whole group of consumers. They indicated that there were as many consumers more influenced by the sensory cues about alcohol reduction as consumers more influenced by the information cues in the case of Chardonnay. There was however more consumers mainly influenced by the sensory cues about alcohol reduction than consumers mainly influenced by the information cues in the case of Syrah.

Results of the eight one-way ANOVA (table 7) emphasized no significant consumer characteristics effects on this variable for both Chardonnay and Syrah. This indicates that consumer characteristics cannot explain the variation in the relative sensory impact.

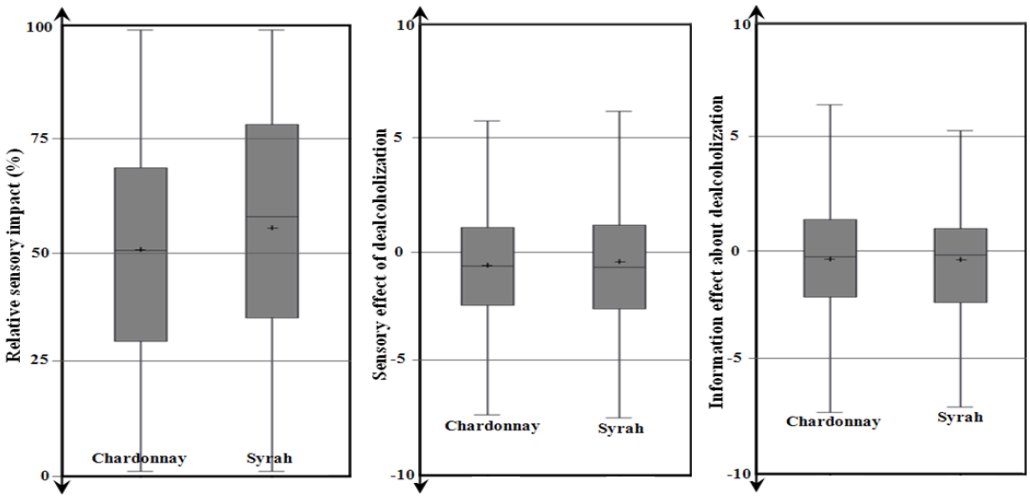


Figure 9. Box plots of the relative sensory impact (%), sensory effect and information effect variables for Chardonnay and Syrah

Box plots of the two variables "sensory effect" and "information effect" are represented in figure 9 for Chardonnay and Syrah. These box plots suggest there were slightly more consumers negatively impacted by the sensory properties of dealcoholized Chardonnay and Syrah wines. However, there was as many consumers negatively impacted by the information about alcohol reduction as consumers positively impacted for Chardonnay and Syrah.

Table 7. P values of consumer characteristics from one-way ANOVA model on the relative sensory, sensory effect and information effect variables for Chardonnay and Syrah

	Chardonnay			Syrah		
Factors	**Relative sensory**	**Sensory**	**Information**	**Relative sensory**	**Sensory**	**Information**
P_{Gender}	0.63	0.02	0.26	0.10	0.30	0.91
P_{Age}	0.27	0.44	0.39	0.59	0.76	0.07
$P_{Neophobia}$	0.70	0.40	0.72	0.92	0.39	0.28
$P_{Frequency\ consumption}$	0.80	0.15	0.38	0.50	0.20	0.53
$P_{Number\ bottles\ cellar}$	0.76	0.12	0.12	0.95	0.35	0.35
$P_{Wine\ knowledge}$	0.51	0.13	<0.01	0.17	0.58	0.71
$P_{Purchase\ involvement}$	0.14	0.12	0.98	0.76	0.26	0.04
$P_{Product\ involvement}$	0.91	0.33	0.05	0.49	0.15	0.29

Results of the eight one-way ANOVA (Table 7) carried out on the sensory effect variable emphasized a significant effect of gender for Chardonnay. Multiple mean comparisons test indicates that taste of dealcoholized Chardonnay wine was significantly preferred in women than in men (figure 10). Number of wine bottles in cellar, wine knowledge, purchase involvement and frequency of consumption also tended to be significant and LSD tests (α=5%) show that taste of dealcoholized Chardonnay was significantly preferred in occasional drinkers and consumers with low wine knowledge than in daily drinkers and consumers with high wine knowledge (figure 10). In the case of Syrah, only product involvement tended to be significant and LSD tests (α=5%) indicate that taste of dealcoholized Syrah was significantly preferred in low-involved than in high-involved consumers (figure 10).

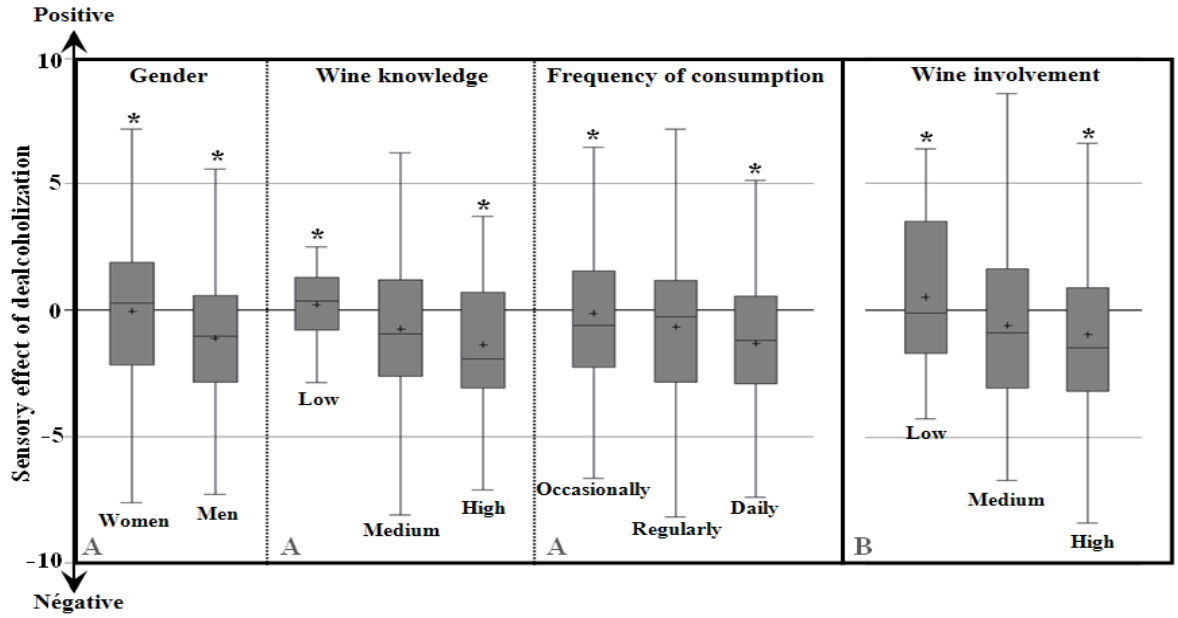


Figure 10. Box plots of sensory effect of dealcoholization variable according to consumer gender, wine knowledge and frequency of consumption for Chardonnay (A) and consumer wine involvement for Syrah (B)

*Means indicated with a star are significantly different (LSD test, α=5%) within a given consumer characteristic

Concerning the information effect variable, a significant effect of wine knowledge and product involvement was emphasized for Chardonnay. Number of bottles in cellar also tended to be significant and LSD tests (α=5%) show that the information about dealcoholization had

a significantly more positive impact on overall liking in consumers with low wine knowledge and medium wine involvement than in consumers with high wine knowledge and high wine involvement (figure 11). In the case of Syrah, a significant effect of purchase involvement and tendency effect of age were emphasized. LSD tests (α=5%) indicate that information about dealcoholization had a significantly more positive impact on overall liking in consumers with medium purchase involvement and aged between 25-39 years than in consumers with high purchase involvement and aged between 40-49 years old (figure 11).

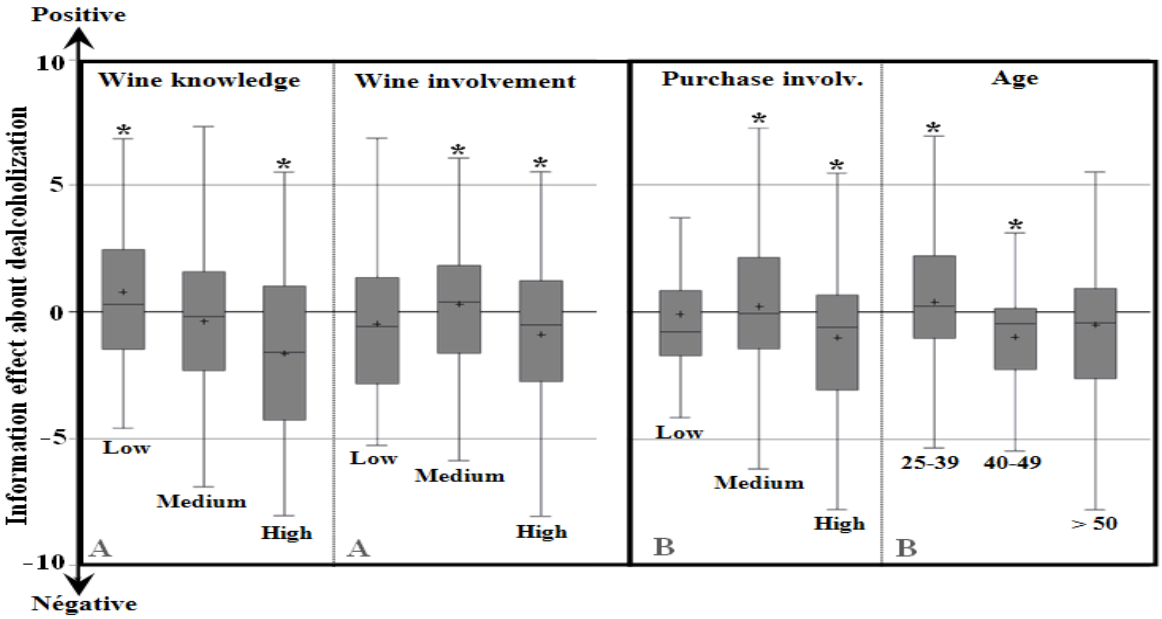


Figure 11. Box plots of information effect about dealcoholization variable according to consumer wine knowledge and wine involvement for Chardonnay (A) and consumer purchase involvement and age for Syrah (B)

*Means indicated with a star are significantly different (LSD test, α=5%) within a given consumer characteristic

3.5 Impact of expectations on the overall liking

In order to highlight any typical consumer behaviour in the evaluation of sensory and information cues according to the initial expectations, the sensory effect of dealcoholization (False-Standard) was plotted for each consumer according to the information effect about dealcoholization (Dealcoholized-False) for Chardonnay and Syrah (figure 12). The type of expectation toward PARW was also indicated on the same figure to visualize how expectations of consumers interact with these two variables.

Figure 12 suggests a great diversity in the consumer reactions toward taste, information and expectation about alcohol-reduced wines. It does not underline any typical consumer behavior as the change of product evaluation in the direction of expectation (assimilation) or the change of product evaluation in the opposite direction of expectation (contrast) (Anderson, 1973) according to the perceived quality of wines. Consumers which had negative expectations toward PARW were not systematically negatively influenced by information once wines tasted and vice versa. Pearson correlation coefficients, calculated between

expectation index (before wine tasting) and information effect variable (after tasting) are besides not significant for Chardonnay (r=0.05, p=0.46) and Syrah (r=0.07, p=0.35).

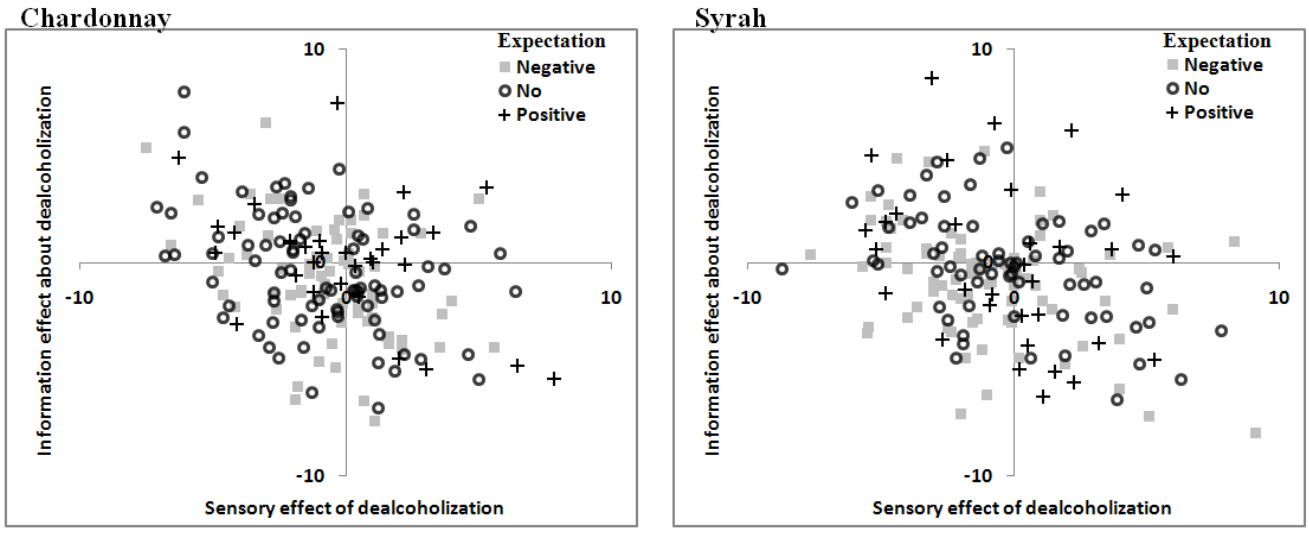


Figure 12. Distribution of consumers according to their expectation toward alcohol-reduced wines for the sensory effect of dealcoholization in function of the information effect about dealcoholization for Chardonnay and Syrah

4. Discussion

4.1 CLT vs. HUT

Conclusions about the wine hedonic ranking were similar in both CLT and HUT conditions but wines generally obtained significant higher hedonic scores in HUT than CLT.

This significant context effect was not surprising since it was often described in literature. Hedonic scores collected in natural consumption settings were generally shown to be higher than those collected in artificial controlled settings (Boutrolle et al., 2007; King et al., 2004; Kozlowska et al., 2003; Meiselman et al., 2000). According to Boutrolle et al. (2007), the natural settings of HUT may help consumer well-being and thus consumer rating. Moreover, products can be tasted at consumer convenience and in most self-appropriate conditions according to the mood or satiety/thirsty state: whenever he wants, how much he wants, with people he wants, in the way he wants (temperature, glasses, etc…). Besides, CLT may support analytical process of rating and make consumers in a more critical position about products than HUT.

In our study, consumers from both CLT and HUT conditions were not from the same region of France and we cannot exclude the possibility of a region effect. Indeed, CLT panel which gave lower wine hedonic scores implied Burgundy consumers whereas HUT panel implied consumers around Paris. Burgundy is a famous and important production place for wine in France and consumers living there are more used to drinking and appreciating Burgundy wines than people from other regions. These consumers are thus also more indisposed than

consumers from Paris to appreciate and accept wines from other regions such as Languedoc-Roussillon in our study.

Concerning our result about similar hedonic product ranking obtained in CLT and HUT, it is not easily comparable to literature which involves blind hedonic rating (Boutrolle et al., 2007; Petit and Siefferman, 2007). None was reported about comparison of hedonic rating with product information between CLT and HUT conditions. It is however easily conceivable that sensory and hedonic perceptions can be influenced by contextual variables but perception of information should a priori not be influenced. If one likes the concept of PARW in controlled conditions at laboratory he also should like it at home in natural settings. The only difference between the two conditions regarding information evaluation is that consumers can change their opinion in HUT by speaking with their environment or by finding out information about PARW whereas they cannot in CLT. This modification of opinion should not impact overall results as there is as much chance as HUT consumers change their opinion in one direction than in another one.

As the present study involved a simultaneous measure of sensory and information effects, it was important to check if tasting conditions can influence the relative impact of both parameters on overall liking. One-way ANOVA (conditions) performed on the relative sensory variable emphasized no significant effect of conditions for Chardonnay ($p=0.25$) and Syrah ($p=0.33$). This suggests that consumption context does not influence the relative impact of sensory and information cues on overall liking. This result is of importance as it suggests this kind of methodologies would not necessitate to be carried out at home. This point is economically non negligible but has to be validated with other studies.

4.2 A priori, without having tasted wines, what are consumer expectations toward PARW?

A priori, without having tasted the wines, expectations about PARW were negative on the whole group of consumers but they in reality masked a strong segmentation.

For both Chardonnay and Syrah, less than 50 % of the consumers expressed negative expectation toward PARW whereas 17 % of them expressed positive expectation. Reading of consumer free comments enables to understand reasons for these negative and positive expectations. Main reasons indicated by consumers for negative expectations and ranked by decreasing number of occurrence were: the loss of traditional and authenticity of wine, the worry about final quality of wine, the worry about wine preservation and the impression of tampered wine. Some consumers also mentioned to a lesser extent that they worried about viability of small producers and about wine industry development. On the opposite, main reasons indicated by consumers for positive expectations and ranked by decreasing number of occurrence were: a better sobriety when driving, a better health, a restart of wine consumption, a solution for wines that are becoming too strong in alcohol and a better

slimming diet. More than one third of consumers had no expectation toward PARW. Either they did not notice the information about alcohol reduction, or they noticed it but mainly focused their opinion on brands than information, or did not feel a priori, any expectation toward PARW and gave same hedonic scores to the three wines.

Information about alcohol reduction tended to induce more negative expectations in red than in white wines. This stronger reject of dealcoholized red wines by consumers was already noticed by Meillon et al. (submitted a). Authors reported that in consumer mind, red wines are perceived as more complex than white wines and could not bear such a dealcoholization step from the viewpoint of final quality. They also reported that dealcoholization process is perceived as "interfering with traditional wine making" and considering the cultural, traditional and sacred status associated to red wines, a tampering with dehalcoholization step is thus more difficult to accept in these wines. Further qualitative studies are thus necessary to deeply understand this stronger reject of PRAW in red wines.

Parameters driving expectation segmentation were different for Chardonnay and Syrah. In the case of Chardonnay, number of bottles in cellar and wine purchase involvement could explain consumer expectations whereas in the case of Syrah, only age parameter could explain it. No explanation was found to explain this difference between both types of wines but we cannot exclude the possibility of a panel effect. In the case of Chardonnay, consumers with low wine involvement and few numbers of bottles in cellar tended to express no expectation toward PARW. This observation seems coherent and confirms previous findings reporting that low-involved consumers less used information attributes in wine purchase decision (Lockshin et al., 2006; Hollebeek et al., 2007). However it is difficult to explain why consumers with high purchase involvement tended to have positive expectation toward PARW and consumers with important number of bottles in cellar tended to have negative expectation as both parameters look like similar. Important number of wine bottles in cellar may more reflect the appreciation of wines with potential for aging instead of the wine familiarity as we expected. In this case, it is easily conceivable that consumers with important number of bottles in cellar do not consider PARW wines in a positive way as these wines do not have enough alcohol to be kept a long time in cellar. Wine purchase involvement may not really reflect involvement but more appearance to make attention to purchase wine which is socially distinctive. In this case, high purchase involvement consumers may consider PARW wines in a positive way as they could contribute to reinforce their appearance of sobriety, healthy or slimming.

In the case of Syrah, younger consumers tended to express no expectation toward PARW and to express less negative expectations toward PARW than older consumers. To explain this result, we could imagine that people gain experience with age and thus increase their opinion about things with age. We also could say that older consumers are more conservative and less disposed to accept novelties, particularly in wine area which conveys a strong cultural and traditional image.

4.3 Once wines tasted, is perceived overall liking of PARW a matter of taste or image?

On the whole group of consumers, the perceived overall liking of PARW was a matter of taste and image as sensory and information cues were both significantly depreciated. However both cues did not have the same relative impact according to the type of wine and a strong segmentation of consumers was emphasized.

In the case of Chardonnay, there was as many consumers more influenced by the information cues as consumers more influenced by the sensory cues and the segmentation step emphasized three groups of consumers with different behaviours. In the first group, relative negative impact of information was stronger than sensory one (only 14 %) whereas in the two other groups, relative impact of sensory cues was stronger than information ones but either negative in one group or positive in the other one. In the case of Syrah, the relative impact of sensory cues induced by alcohol reduction was stronger than information ones and the segmentation step emphasized one group of consumers that significantly depreciated taste of PARW and the other one that significantly appreciated it. Sensory properties of dealcoholized wines were more a driver of consumer segmentation than information cues.

Analysis (ANOVA) of consumer characteristics on the relative impact of sensory variable did not emphasize any significant effect and particularly wine knowledge effect. This result does not corroborate the suggestion of Lockshin and Rhodus (1993) according to what consumers with little wine knowledge are expected to rate wine quality based on available extrinsic information, rather than on taste.

Concerning the sensory preference (false-standard), it appeared for Chardonnay but not for Syrah that women tended to appreciate more the taste of PARW than men. This women-related preference toward PARW could be explained with ethanol detection threshold. Indeed, Mattes and Di Meglio (2001) showed that women presented a significant lower ethanol detection threshold in mouth than men. Women may thus be more sensitive to the burning sensation induced by ethanol and may thus perceive its taste as less pleasant than men. Further studies have however to be undertaken to confirm this result as for example comparing the differential threshold of PARW in men and women. But why this gender effect appeared in white wine but not in red wine? As an explanation, two studies showed that partial dealcoholization can induce the appearance of astringency sensation to the expense of heat sensation in red wines (Meillon et al. (2009), Meillon et al., submitted b) and this was not the case in white wines (not published). In the same way, Fontoin et al. (2008) showed in wine model that perception of astringency induced by tannins (at least twenty times more tannins in red than in white wines) decreases when alcohol content increases. This increase of astringent sensation in dealcoholized red wines may thus be as much depreciated as those of burning sensation in alcoholized red wines for women and this could explain the absence of gender effect driving the appreciation of red PARW. It also appeared for Chardonnay that

preferences toward PARW are driven by expertise and the more consumers have a high wine knowledge and frequently drink wines, the more they depreciated sensory properties of PARW. This result was already highlighted by Meillon et al. (submitted a) and could be explained with the theory of mere exposure (Zajonc, 1968) according to what people tend to develop preference for things merely because they are familiar with them. Frequent wine drinkers and high wine knowledge consumers should be widely exposed to wines and when the alcohol level of wines rose over the last decades, they may get accustomed and familiar to them.

Concerning the information effect (dealcoholized-false), it appeared for Chardonnay that the more experienced the consumers (high knowledge, many bottles in cellar and high wine involvement), the more negative the information impact about dealcoholization on overall liking. Wine-experienced consumers may appreciate qualitative wines with potential for aging and may thus negatively consider PARW as they do not have enough alcohol to be qualitative and kept a long time in cellar.

It appeared for Syrah that younger consumers were more positively impacted by information than consumers aged between 40 and 49 years old. Younger consumers may be less conservative and better disposed to accept novelties, particularly in wine area which conveys a strong cultural and traditional image.

Consumer characteristics did not explain information and sensory effects in the same way for Chardonnay and Syrah and no interpretation was found to explicit this difference between both types of wine. However, we cannot exclude the possibility of a panel effect.

4.4 Contributions and limitations

The methodology designed for this study was interesting as it allows the measuring relative impact of sensory and information cues about alcohol reduction on overall liking in real life settings. Results of this study for that matter raised the importance of product sensory properties for consumers that were widely shown to have little impact compared to extrinsic cues in literature (Lange et al., 2000). Further studies should be investigated with other type of products and information to validate the importance of both sensory and information cues on overall liking.

By manipulating the information, appreciation of sensory product properties was measured without going through a classical blind hedonic test which is absolutely unrealistic for consumers. In sensory studies involving real life settings, many focused their attention to make real conditions by acting on environmental context (social, place, ambience). However, products are sometimes presented in blind conditions without packaging, coded, in small portions to control and normalized their extrinsic parameters and we can wonder about the utility to spend money to make environmental real life settings if the products do not look like real. Indeed, products presented in blind, with codes, may induce in consumer mind an

"experimental tasting" feeling and may lead them to be more critical about products. Further studies should be undertaken to compare evaluation of same products in blind and with "real" appearance to assess this assumption.

However, as a consequence of the information manipulation, this methodology presents non negligible bias concerning possible mismatch between expectation induced by false information and effective sensory properties. Sensory differences between evaluated products should thus not be too important to avoid a strong mismatch for consumers leading to results bias. In our study, a fourth wine should have been presented to consumers in order to balance the experimental design and equilibrate the possible mismatch between expectation and experience but this was legally not possible.

Concerning the results about PARW, conclusions cannot be generalized as the study implied French consumers, French wines from Languedoc. Further studies should be investigated with other consumers, wine styles, or type of information about alcohol reduction. It is expected that consumers from new world wine countries would have more positive expectation toward PARW than French consumers. Moreover, these results cannot predict consumer purchase decision as they are only declarative and far from real purchase behavior under economic constraint. Further studies should be undertaken to measure consumer willingness to pay for PARW wines by combining our methodology with methodologies issued from experimental economy such as Vickrey auction (Vickrey, 1961) or BDM mechanism (Becker et al., 1964). Further qualitative studies should also be investigated to determine the best-suited way to introduce information about alcohol reduction on wine labels and bottles.

Acknowledgments

This work was carried out with the financial support of the "Agence Nationale de la Recherche" under the program: "Vin de Qualité à teneur réduite en Alcool (VDQA)" and with the support of the Taste-Nutrition-Health Competitive Cluster Vitagora.

ANNEXES

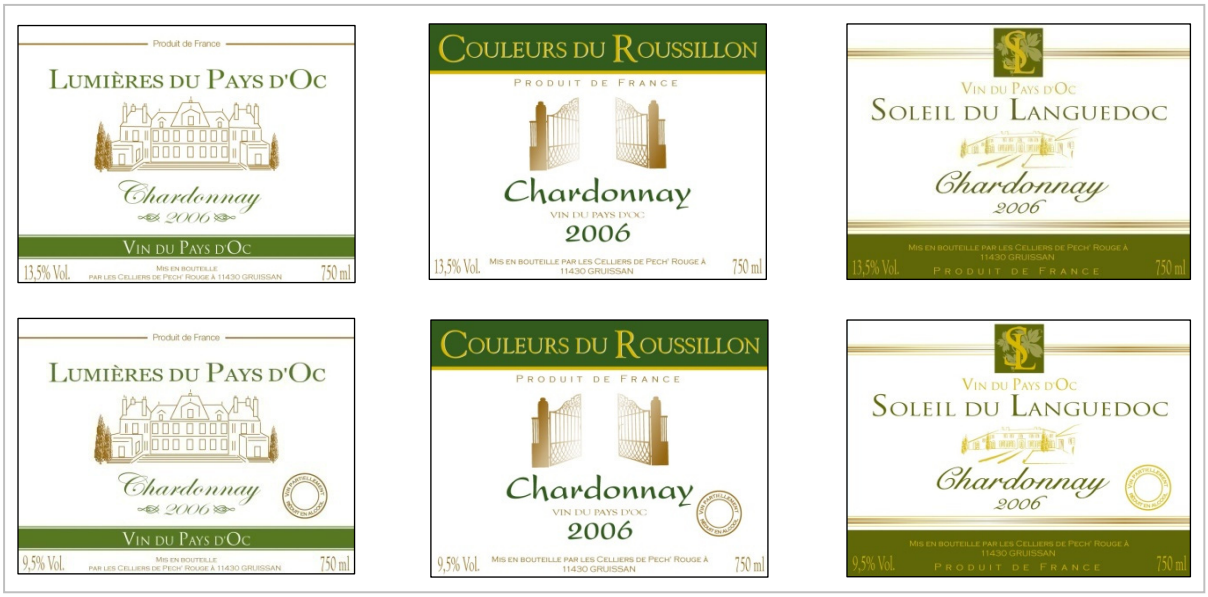


Figure 13. Presentation of the Chardonnay labels of the study corresponding to the three brands declined in the 13.5 % and 9.5 % versions



Figure 14. Presentation of the Chardonnay back labels of the study corresponding to the three brands declined in the 13.5 % and 9.5 % versions

References

Anderson, R.E. (1973). "Consumer dissatisfaction: the effect of disconfirmed expectancy on perceived product performance". Journal of Marketing Research 10: 38-44

Aurifeille, J.M., Quester, P.G., Lockshin, L., Spawton, T. (2002). "Global vs. international involvement-based segmentation". International Marketing Review, 19: 369-386

Becker, G. M., DeGroot, M. H., Marschak, J. (1964). "Measuring utility by a single response sequential method". Behavioral Science, 9(1): 226–232

Boutrolle, I., Delarue, J., Arranz, D., Rogeaux, M., Köster, E.P. (2007). "Central location test vs. home use test: contrasting results depending on product type". Food Quality and Preference 18: 490-499

Cardello A.V., Schutz H.G., Snow C., Lesher L.L. (2000). "Predictors of food acceptance, consumption and satisfaction in specific eating situations". Food Quality and Preference 11: 201-216

Cardello, A.V. et Sawyer, F.M. (1992). "Effects of disconfirmed consumer expectations on food acceptability". Journal of Sensory Studies 7(4): 253-277

Chen, M.F. (2007). "Consumer attitudes and purchase intentions in relation to organic foods in Taiwan: Moderating effects of food-related personality traits". Food Quality and Preference 18(7): 1008-1021

Chocarro, R., Cortiñas, M., Elorz, M. (2009). "The impact of product category knowledge on consumer use of extrinsic cues - A study involving agrifood products". Food Quality and Preference 20(3): 176-186

Conibear, H. (2006). "Rising alcohol levels in wine - is this a cause for concern?"AIM Digest, 18(4).

Deliza, R. et Macfie, H.J. (1996). "The generation of sensory expectation by external cues and its effect on sensory perception and hedonic ratings - A review". Journal of Sensory Studies 11: 103-128

Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P.L., Glories, Y. (2008). "Effect of pH, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution". Food Quality and Preference 19: 286-291

Hollebeek, L.D., Jaeger, S.R., Brodie, R.J., Balemi, A. (2007). "The influence of involvement on purchase intention for new world wine". Food Quality and Preference 18(8): 1033-1049

King S.C., Weber A.J., Meiselman, H.L., Nan, Lv. (2004). "The effect of meal situation, social interaction, physical environment and choice on food acceptability". Food Quality and Preference 15: 645-653

Kozlowska K., Jeruszka M., Matuszewska I., Roszkowski W., Pikielna N., Brzozowska A. (2003). "Hedonic tests in different locations as predictors of apple juice consumption at home in elderly and young subjects". Food Quality and Preference 14:653-666

Lange, C., Rousseau, F., Issanchou, S. (1999). "Expectations, liking and purchase behaviour under economical constraint". Food Quality and Preference 10: 31-39

Lange, C. (2000). "Etude de l'effet des caractéristiques sensorielles, des attentes induites par l'information et du prix sur l'acceptabilité et le comportement d'achat du consommateur", Thesis, Université de Dijon

Lange, C., Martin, C., Chabanet, C., Combris, P., Issanchou, S. (2002). "Impact of the information provided to consumers on their willingness to pay for Champagne : comparison with hedonic scores". Food Quality and Preference. 13, 597-608

Lockshin L., Rhodus W. (1993) “The Effect of Price and Oak Flavor on Perceived Wine Quality”. International Journal of Wine Marketing 5: 13-25

Lockshin, L., Jarvis, W., D'Hauteville, F., Perrouty, J.-P. (2006). "Using simulations from discrete choice experiments to measure consumer sensitivity to brand, region, price, and awards in wine choice". Food Quality and Preference 17: 166-178

Mattes, R. D. and D. DiMeglio (2001). "Ethanol perception and ingestion". Physiology & Behaviour 72: 217-229

Meillon, S., Urbano, C., Schlich, P. (2009). "Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines". Food Quality and Preference 20: 490-499

Meillon, S., Dugas, V., Urbano, C., Schlich, P. (submitted a). "Preference and acceptability of partially dealcoholized white and red wines in wine consumers and professionals". Submitted to American Journal of Enology and Viticulture

Meillon, S., Viala, D., Medel, M., Urbano, C., Guillot, G., Schlich, P. (submitted b). "Use of Temporal Dominance of Sensation method to understand perception of complexity and quality - Application to partially dealcoholized wines". Submitted to Food Quality and Preference

Meiselman, H.L. (1992). "Methodology and theory in human eating research". Appetite, 19: 49-55

Meiselman H.L., Johnson J.L., Reeve W.G., Crouch J.E. (2000). "Demonstrations of the influence of the eating environment on food acceptance". Appetite 35: 231-237

Mittal, B. and Lee, M. (1989). "A causal model of consumer involvement". Journal of Economic Psychology 10(3): 363-389

Morrot, G.,Brochet, F.,Dubourdieu, D. (2001). "The color of odors". Brain and Language 79: 309-320

Petit, C. and Siefferman, J.M. (2007). "Testing consumer preferences for iced-coffee: does the drinking environment have any influence ?". Food Quality and Preference 18: 161-172

Pickering, G.J. (2000). "Low and reduced-Alcohol Wine: a Review". Journal of Wine Research, 11 (2): 129-144

Pliner, P. and Hobden, K. (1992). "Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans". Appetite 19: 105-120

Quester, P. and Smart, J.G. (1998). "The influence of consumption situation and product involvement over consumers’ use of product attributes". Journal of Consumer Marketing, 15(3): 220-238

Schifferstein, H.N.J.,Kole, A.P.W.,Mojet, J. (1999). "Assymetry in the disconfirmation of expectations for natural yogurt". Appetite 32: 307-329

Siret, F. et Issanchou, S. (2000). "Traditional process: influence on sensory properties and on consumers' expectation and liking Application to ‘pâté de campagne'". Food Quality and Preference 11: 217-228

Speed, R. (1998). "Choosing between line extensions and second brands : The case of the Australian and New Zealand wine industries". Journal of Product and Brand Management 7(6): 519-536

Vickrey, W. (1961). "Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders". Journal of Finance 6: 8-37

Yeomans, M.R., Chambers, L., Blumenthal, H.,Blake, A. (2008). The role of expectancy in sensory and hedonic evaluation: The case of smoked salmon ice-cream. Food Quality and Preference: 565-573

Zajonc, R.B. (1968). "Attitudinal effects of mere exposure". Journal of personality and social psychology. Monograph Supplement 9(2): 1-27

Zellner, D.A., Strichouser, D.,Tornow, C.E. (2001). "Disconfirmed hedonic expectations produce perceptual contrast, not assimilation". American Journal of Psychology 117: 363-387

DISCUSSION GENERALE

1. Synthèse et discussion des résultats issus de ce travail

1.1 Impact de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception sensorielle des vins

La désalcoolisation partielle des vins par osmose inverse a un impact sur les propriétés organoleptiques des produits puisqu'**une différence sensorielle est perceptible entre les vins d'origine et les mêmes vins partiellement réduits en alcool (Q_1).**

La nature et l'intensité de cette différence sensorielle sont variables selon la proportion d'alcool retiré, mais également selon le style de vin désalcoolisé (Q_2, Q_6). Cette fluctuation est cohérente puisqu'il existe une variabilité importante dans la composition physico-chimique des vins, favorisant l'apparition d'interactions multiples entre l'éthanol et les différents constituants du vin. Afin de disposer d'une vision d'ensemble des résultats, les conclusions sur l'impact sensoriel de la réduction d'alcool par osmose inverse, obtenues par comparaison entre le vin témoin et les vins désalcoolisés, et issues de toutes les études descriptives réalisées tout au long de ce travail de thèse, ont été récapitulées dans le tableau 11.

Tableau 11. Récapitulatif des conclusions sur l'impact de la réduction d'alcool par osmose inverse sur la perception sensorielle des vins (comparaison entre vin témoin et vins désalcoolisés), issues des études descriptives

	Série de vins n°1		**Série de vins n°3**
	Profil + DTS (article 1+ partie 3)	**Profil (article 3)**	**DTS + questionnaire complexité (article 2)**
	Panel entraîné	**Professionnels du vin**	**Consommateurs/Panel entraîné**
Chardonnay	↓ Amertume ↑ Aqueux ↓ Astringence ↓ Chaleur	-	-
Sauvignon	↓ Amertume ↑Agrumes ↓ Arômes ↓ Chaleur ↓ Sucre ↓ Persistance	↓ Arômes ↓ Astringence ↓ Chaleur ↓ Equilibre ↓ Persistance ↓ Sucre	-
Merlot	↓ Amertume ↑Astringence ↓ Arômes ↑Cassis ↓ Chaleur ↑Fr. rouges ↓ Persistance ↓ Texture	-	-
Syrah	↓ Amertume ↓ Arômes ↓ Astringence ↓ Chaleur ↓ Persistance ↓ Piquant ↓ Sucre	↓ Chaleur ↓ Equilibre ↓ Persistance ↓ Sucre	↓ Amertume ↑Astringence ↓ Arômes ↓ Chaleur ↓ Complexité ↓ Persistance ↓ Puissance

Malgré la variabilité des résultats obtenus, certaines caractéristiques sensorielles communes, liées à la réduction d'alcool dans les vins, apparaissent au travers des quatre études descriptives effectuées tout au long de ce travail de thèse. Ainsi, il peut être conclu que dans tous les vins étudiés (4 cépages, 2 origines différentes), **la désalcoolisation partielle par osmose inverse entraîne une diminution de la perception de la chaleur, de l'amertume, des arômes et de la persistance en bouche**. **La réduction partielle d'alcool induit également une diminution de la perception sucrée dans certains vins (Syrah et Sauvignon).**

La diminution de la perception de la chaleur, de l'amertume et du sucre dans les vins désalcoolisés est cohérente avec le fait que l'éthanol pur induit une sensation de chaleur, particulièrement perceptible au fond de la gorge (Jackson, 2002), et présente des propriétés gustatives amères (Mattes et Di Meglio, 2001) et sucrées (Hoopman *et al.*, 1993). Plusieurs études ont d'ailleurs montré qu'une élévation de la teneur en alcool dans des solutions et des vins modèles entraînait une augmentation significative de la perception de la chaleur en bouche (Gawel *et al.*, 2007 ; Jones *et al.*, 2008), de l'amertume (Martin et Pangborn, 1970 ; Fischer et Noble, 1994) et du sucre (Martin et Pangborn., 1970).

L'examen de la littérature indique que l'éthanol est généralement responsable de la rétention des arômes (Conner *et al.*, 1998 ; Perpète et Collin, 2000 ; Hartman *et al.*, 2002 ; Goldner *et al.*, 2009) mais peut favoriser la libération de quelques arômes (Le Berre *et al.*, 2007 ; Goldner *et al.*, 2009). La désalcoolisation partielle des vins devrait donc entraîner une hausse générale de la perception des arômes mais ce n'est pas le cas puisqu'une diminution est constatée dans tous les vins, parfois accompagnée de l'augmentation de la perception de certains arômes. Cette diminution pourrait être expliquée par une perte importante de composés aromatiques lors du passage du vin dans l'osmoseur. En effet, d'après Pickering (2000), quelques arômes tels que les esters et les aldéhydes peuvent diffuser avec l'alcool à travers la membrane de l'osmoseur.

La diminution de la perception de la longueur en bouche (persistance) dans les vins partiellement désalcoolisés pourrait être expliquée par le fait que l'éthanol prolonge la perception des vins. En effet, Burgering *et al.* (2009) ont montré dans une étude *in vivo* que l'éthanol reste 24 secondes dans la cavité nasale, une fois le vin avalé, alors que tous les composés aromatiques disparaissent rapidement.

La réduction d'alcool par osmose inverse semble affecter de façon différente la perception astringente des vins blancs et des vins rouges (Q_6). **En effet, une diminution de la perception astringente est constatée dans les vins blancs partiellement désalcoolisés tandis qu'une augmentation de cette même sensation est généralement constatée dans le cas des vins rouges.**

Cette différence de perception entre les vins blancs et rouges est probablement directement liée à la différence de concentration en polymères de flavan-3-ol, composés tanniques

responsables pour la majeure partie de la perception astringente dans les vins (Thorngate, 1997). En effet, ces composés sont présents en quantité importante dans les vins rouges (1500 à 2000 mg/l) et en quantité moindre dans les vins blancs (< 100 mg/l) (Flanzy, 1998). Fontoin *et al.* (2008) ont montré que la perception astringente de ces composés (2000 mg/l) diminuait linéairement avec l'augmentation de la teneur en alcool de 0%, 7%, 11% à 15 % dans des vins rouges modèles. D'après les auteurs, cette diminution pourrait être expliquée par les propriétés physico-chimiques de l'éthanol induisant une augmentation de la lubrification en bouche et donc un abaissement de la perception des frictions due aux tannins. Les auteurs suggèrent également la mise en place d'interactions perceptuelles avec un équilibre de la perception astringente par les saveurs amères et sucrées apportées par l'éthanol. D'après les informations temporelles apportées par nos courbes DTS, nous pensons que la sensation de chaleur, apportée par l'éthanol, masque et équilibre la perception astringente des tannins présents dans les vins rouges. Lorsque la teneur en alcool de ces vins est diminuée, la perception de la chaleur diminue et laisse la place à la sensation astringente qui n'est alors plus équilibrée. La diminution de la perception astringente dans les vins blancs désalcoolisés n'est pas expliquée, mais on ne peut pas exclure une confusion entre les sensations chaleur et astringente (peu intense), régulièrement constatée au cours des séances d'entraînements chez certains sujets.

Par ailleurs, la réduction d'alcool par osmose inverse entraîne une diminution de la perception de la complexité dans les vins rouges (Q_4). Cette diminution n'est pas surprenante puisque l'éthanol pur présente des caractéristiques sensorielles complexes et variées telles que la chaleur (Jackson, 2002), l'amertume (Mattes et Di Meglio, 2001), le sucre (Wilson *et al.*, 1973) et la viscosité (Pickering *et al.*, 1998).

Les conséquences sensorielles de la réduction d'alcool par osmose inverse dans les vins sont induites par l'abaissement de la teneur en alcool mais également par les effets secondaires du traitement par osmose inverse (Q_3). En effet, indépendamment de la teneur en alcool des vins, l'osmose inverse entraîne une modification sensorielle et notamment une diminution de la perception de l'équilibre des vins. Cette modification peut être en partie expliquée par la perte de certains composés tels que les acides organiques, le potassium ou les arômes (Pickering, 2000). Elle peut également être expliquée par une perturbation, voire une rupture de l'équilibre physico-chimique des vins, lors du passage à travers la membrane de l'osmoseur, sous l'effet de la pression.

Afin de compenser les effets de la désalcoolisation partielle des vins sur la perception, il est envisageable de mettre en place des stratégies de compensation sensorielle (Q_5). En effet, l'ajout de sucre de raisins dans les vins rouges désalcoolisés permet de diminuer significativement la perception astringente des tannins et d'augmenter la perception des

arômes fruités. Cependant, cet ajout ne permet pas de compenser la diminution de la perception de l'amertume et de la chaleur.

1.2 Acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool : une affaire de goût ou d'image ?

1.2.1 Appréciation des vins à teneur réduite en alcool

A l'aveugle, l'appréciation des propriétés sensorielles des vins à teneur réduite en alcool par les consommateurs est fortement segmentante (Q_7, Q_{11}).

Cette segmentation est essentiellement guidée par le niveau d'expertise et/ou d'exposition en matière de vin des consommateurs. Ainsi, les professionnels du vin et les consommateurs avec une expérience élevée dans le vin (consommation fréquente, connaissance élevée du vin, nombreuses bouteilles en cave) n'apprécient pas les propriétés sensorielles des vins à teneur réduite en alcool, tandis que les consommateurs peu expérimentés les apprécient.
Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer la dépréciation significative des vins à teneur réduite en alcool par les consommateurs « expérimentés ». Premièrement, les préférences de ces consommateurs sont peut-être formatées et orientées par les célèbres critiques du vin, vers des vins concentrés, complexes et donc généralement forts en alcool. En effet, d'après un article publié sur www.vitisphère.com (Interview de Robert Parker par Pancho Campo, 13/08/2009), Robert Parker, critique de référence chez les professionnels du vin, « a largement contribué à promouvoir un style de vins unidimensionnels, lourds en alcool, tanniques, très marqués par le bois ». Deuxièmement, la dépréciation des vins à teneur réduite en alcool par les consommateurs « expérimentés » est peut-être simplement la conséquence d'un effet d'exposition. En effet, lorsque la teneur en alcool des vins a augmenté ces dernières années, les consommateurs « expérimentés », régulièrement exposés à déguster des vins, se sont probablement habitués et familiarisés avec la hausse des degrés. D'après la théorie de « l'effet d'exposition », décrite par Zajonc (1968), une exposition répétée à un stimulus contribue fortement à l'augmentation de son appréciation.

Dans le cas des vins blancs, la segmentation des préférences envers les vins à teneur réduite en alcool est également guidée par le sexe des consommateurs. Ce phénomène a été observé dans une seule étude de ce travail de thèse mais a été confirmé par d'autres travaux non publiés à ce jour. Les femmes présentent en moyenne une appréciation significativement plus élevée que les hommes envers les propriétés sensorielles des vins blancs à teneur réduite en alcool. D'après les travaux de Mattes et Di Meglio (2001), les femmes présenteraient un seuil de détection de l'éthanol plus bas que les hommes. Ainsi, elles seraient peut-être plus sensibles à la sensation brûlante induite par l'éthanol et la percevraient de façon moins agréable que les hommes. Cependant, pourquoi cet effet du genre apparaît

seulement dans les vins blancs et pas dans les vins rouges ? Dans le cas des vins rouges, la déalcoolisation partielle des vins entraîne une diminution de la perception de la chaleur mais également une augmentation simultanée de la perception astringente. Cette sensation astringente est peut-être autant dépréciée que la sensation brûlante chez les femmes et neutralise l'effet du genre observé dans les vins blancs.

L'impact sensoriel de la réduction d'alcool est plus important dans les vins rouges que dans les vins blancs (**Q_{12}**). En effet, les vins blancs partiellement désalcoolisés sont généralement dépréciés par moins d'un tiers des consommateurs alors que les vins rouges à teneur réduite en alcool sont dépréciés par plus de la majorité des consommateurs (environ 60 %). Cette différence est probablement directement liée à la différence de concentrations en tannins entre les deux types de vins. Du point de vue de la qualité sensorielle des produits, les vins rouges seraient donc moins tolérants à la réduction partielle par osmose inverse que les vins blancs.

1.2.2 Impact de l'information sur l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool

A priori, sans avoir goûté les vins à teneur réduite en alcool, les attentes des consommateurs sont fortement segmentantes (Q_8**, **Q_{11}**)**. En effet, un peu moins de 50 % des consommateurs présentent des attentes négatives envers ces vins, environ 20 % ont des attentes positives et le reste des consommateurs n'exprime pas particulièrement d'attentes.
Plusieurs arguments sont mentionnés par les consommateurs, à propos du rejet des vins partiellement désalcoolisés. Premièrement, le processus de désalcoolisation entraîne une perte du caractère authentique et traditionnel des vins. Certains consommateurs déclarent même avoir le sentiment que les vins désalcoolisés sont trafiqués et d'autres s'inquiètent de la viabilité des petits producteurs au profit du développement industriel du vin. De nombreux consommateurs s'inquiètent surtout de la qualité finale du vin et s'interrogent sur sa conservation à long terme. A l'inverse, les consommateurs en faveur de la désalcoolisation estiment que les vins actuels sont trop forts. Le fait de diminuer leur teneur en alcool permettrait d'éviter l'ébriété au volant et aurait un effet bénéfique sur la santé ou la ligne. De plus, cela pourrait favoriser la relance de la consommation du vin en France.

Lors de la dégustation et l'évaluation du caractère hédonique des vins à teneur réduite en alcool, de nombreux consommateurs se laissent influencer par l'information (Q_9**).** En effet, en présence de l'information, les consommateurs modifient en général leur évaluation par rapport à une évaluation à l'aveugle, soit en augmentant les notes de préférence pour le goût des vins partiellement réduits en alcool, marque d'une acceptation, soit en les diminuant, signe d'un rejet. **Cependant, l'impact sensoriel de la désalcoolisation a autant de poids que celui de l'information dans la formation du jugement d'appréciation globale des vins à teneur réduite en alcool (**Q_{10}**).**

Le concept des vins à teneur réduite en alcool est moins bien accepté (attentes et dégustation) dans les vins rouges que dans les blancs (Q_{12}). Certains consommateurs estiment que les vins rouges sont plus complexes que les vins blancs et donc sensoriellement moins enclins à subir une étape de désalcoolisation. D'autres consommateurs se représentent la désalcoolisation comme une manipulation et un « traficotage » du vin. Etant donné le statut symbolique, culturel, sacré et traditionnel fortement associé aux vins rouges, le « traficotage » de ces vins est psychologiquement perçu de façon négative.

Le nombre de bouteilles en cave, le niveau d'implication ainsi que le niveau de connaissance du vin sont des déterminants de la non-acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool par les consommateurs (Q_{11}). En effet, plus les consommateurs possèdent un nombre important de bouteilles en cave et présentent une connaissance et une implication élevées dans le vin, plus ils sont négativement influencés par l'information sur la désalcoolisation. Cette observation peut être expliquée par le fait que les consommateurs « expérimentés » ont tendance à apprécier les vins à potentiel de garde, comme l'indique le nombre important de bouteilles stockées en cave. L'alcool étant généralement perçu comme un composé important dans la préservation et la conservation des vins, le fait de diminuer sa teneur risquerait de compromettre le potentiel de garde des vins.

2. Implications, limites et perspectives de ce travail

Par une approche sensorielle transversale, ce travail de thèse a permis d'aborder la question de la perception des vins à teneur réduite en alcool par osmose inverse. Cette problématique internationale, liée à une hausse relativement récente, mais généralisée, du degré alcoolique des vins, n'avait à notre connaissance jamais fait l'objet de travaux de recherche.
Nos travaux, de nature exploratoire, ont permis d'apporter quelques éléments de réponses sur les conséquences sensorielles de la désalcoolisation partielle des vins par osmose inverse et sur l'appréciation et l'acceptabilité de ces vins par les consommateurs. Ils ont également permis d'apporter quelques pistes générales de réflexion sur la perception sensorielle et psychologique du vin par les consommateurs.
Ce dernier chapitre s'attachera à discuter la validité des résultats obtenus, leurs implications et les perspectives qu'ils ouvrent.

2.1 Validité et généralisation des résultats issus de ce travail de thèse

Les résultats issus des études sensorielles descriptives indiquent que les conséquences de la désalcoolisation partielle des vins par osmose inverse sont plus ou moins variables selon la proportion d'alcool retiré et le style de vin désalcoolisé. Ainsi, la généralisation des effets sensoriels entraînés par la réduction d'alcool reste difficile et limite la prévision sur d'autres styles de vins.
En perspective, il serait intéressant d'approfondir et étendre le champ d'application des résultats descriptifs à d'autres styles de vin (cépage, origine). Il serait également pertinent d'étudier et de comparer d'autres méthodes de désalcoolisation, comme le 'spinning cone column', largement utilisé dans les pays producteurs du nouveau monde.

Malgré le nombre modeste de consommateurs employé dans la majorité des études hédoniques, les résultats liés à l'appréciation et l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool sont consensuels et mettent en évidence une forte segmentation des consommateurs, essentiellement explicitée par le niveau d'expertise et/ou d'exposition au vin. Cependant, toutes les études ont été effectuées avec des consommateurs français, non représentatifs de la population mondiale, et la généralisation des résultats au niveau international semble limitée. En effet, les consommateurs français, particulièrement attachés aux vins de leur pays, sont essentiellement amenés à consommer des styles de vins spécifiques, issus de leur terroir. De plus, le statut traditionnel, voire sacré, associé au vin est très ancré dans la culture française. Ces deux phénomènes accentuent probablement le rejet (goût et image) pour les vins désalcoolisés et nous nous attendons à ce que les consommateurs de vins du nouveau monde soient moins réticents à accepter les vins à teneur réduite en alcool. D'autant plus que ces

consommateurs sont davantage exposés à des vins fortement alcoolisés, de par l'ensoleillement important régnant dans leurs vignobles. La mise en place d'études hédoniques avec d'autres types de consommateurs permettrait de vérifier cette hypothèse.

Tous les tests consommateurs ont été réalisés dans le but de mesurer l'appréciation et l'acceptabilité à court terme des vins à teneur réduite en alcool. Ainsi, il est possible de comprendre quelle sera la réaction des consommateurs lorsqu'ils seront confrontés pour la première fois avec ce type de produits et d'envisager des mesures pour favoriser un premier contact agréable avec ces produits. Cependant, le développement des préférences est un phénomène dynamique dans le temps (Sulmont-Rossé *et al.*, 2008) et une exposition répétée avec les vins à teneur réduite en alcool pourrait conduire à un changement dans leur appréciation à long terme.
Nos résultats ne permettent donc pas de prévoir les préférences à long terme des vins désalcoolisés et il serait intéressant par la suite d'étudier la dynamique de préférence de ces produits par la mise en place de tests consommateurs impliquant une ingestion répétée. Nous nous attendons à ce que les buveurs de vin occasionnels consomment plus régulièrement des vins dont la teneur aura été réduite en alcool. D'après la théorie de la complexité (Berlyne, 1967), nous pouvons également nous attendre à ce que les consommateurs réguliers se lassent du goût des vins à teneur réduite en alcool après une exposition répétée avec ces produits.

Les méthodologies utilisées au cours de ce travail de thèse pour mesurer l'acceptabilité des vins à teneur réduite en alcool sont basées sur des évaluations hédoniques déclaratives. Ces méthodologies, bien que couramment utilisées en analyse sensorielle, sont éloignées d'une situation réelle d'achat sous contrainte économique et ne permettent pas de prévoir les intentions d'achat des consommateurs. En perspective, des études supplémentaires pourraient être effectuées avec des méthodologies issues de l'économie expérimentale (Becker, G. M. *et al.*, 1967 ; Vickrey, 1961), plus impliquantes pour les consommateurs, afin de mesurer les intentions et comportements d'achat envers les vins à teneur réduite en alcool.

2.2 Réduction d'alcool dans le vin : faut-il l'afficher ou faire déguster les vins ?

Les principaux résultats de ce travail de thèse à retenir pour les professionnels de la filière du vin seraient les suivants:
- Les conséquences sensorielles de la réduction d'alcool dans le vin sont généralement appréciées par les consommateurs novices mais dépréciées par les consommateurs « expérimentés » et les professionnels du vin.
- L'information sur la réduction d'alcool dans le vin est généralement perçue de façon positive par les consommateurs novices et de façon négative par les consommateurs « expérimentés ».

- La dimension sensorielle (goût) est aussi importante que la dimension psychologique (image) dans l'acceptabilité globale des vins à teneur réduite en alcool.
- De façon générale, la désalcoolisation est moins acceptée (goût et image) dans les vins rouges que dans les vins blancs.

Ces résultats impliquent qu'il existe actuellement, parmi les consommateurs français, un segment potentiel pour le développement des vins à teneur réduite en alcool. Ce segment, caractérisé par des consommateurs plutôt novices en matière de vin, paraît être une cible à privilégier pour un éventuel lancement de ces produits sur le marché. Cependant, il serait auparavant nécessaire d'envisager la mise en place d'études qualitatives afin de comprendre les attentes et les croyances de ce segment de consommateurs et de positionner de façon adéquate les vins à teneur réduite en alcool. En effet, le positionnement de ces produits pourrait être réalisé soit dans l'univers vin en proposant des vins à teneur réduite en alcool, soit hors de l'univers vin en lançant des produits innovants à base de vin, éventuellement complémentés en sucre. Il serait également intéressant d'effectuer des études qualitatives pour évaluer comment introduire et mettre en avant l'information sur la désalcoolisation.

Ces résultats soulignent par ailleurs l'existence d'un segment de consommateurs particulièrement réticents à accepter (goût et image) les vins à teneur réduite en alcool. Ces consommateurs sont généralement caractérisés par une expérience et/ou une expertise élevée dans le domaine du vin. Pour répondre aux attentes de ce segment, il serait nécessaire d'optimiser les techniques de désalcoolisation afin de préserver au mieux les qualités organoleptiques des vins. Il semblerait judicieux de privilégier l'utilisation de techniques pré-fermentaires pour obtenir des vins plus équilibrés que ceux obtenus par un traitement physico-chimique sur le vin fini. L'utilisation de techniques naturelles (sélection variétale) favoriserait par ailleurs l'acceptabilité psychologique de ces vins, en préservant le statut symbolique traditionnel et culturel associé à ces produits.

Les résultats issus de ce travail suggèrent que les vins rouges sont moins propices à la réduction d'alcool que les vins blancs en termes de goût et d'image. Il serait intéressant par la suite d'expérimenter d'autres techniques pour réduire la teneur en alcool des vins rouges et de choisir celles qui impactent le moins l'équilibre organoleptique de ces vins. En perspective, il serait également pertinent de mettre en place une étude qualitative afin de comprendre les différences de représentation entre les vins rouges et blancs et de déterminer s'il est préférable ou pas de mettre en avant l'information sur la réduction d'alcool dans les vins rouges.

2.3 Perspectives méthodologiques et ouverture sur la dégustation du vin

Au cours des différentes études descriptives effectuées tout au long de ce travail de thèse, nous avons pu constater que la réalisation de profils sensoriels sur le produit vin n'est pas une tâche aisée pour les animateurs de panels d'analyse sensorielle et les membres de ces panels.

En effet, il semble exister un désaccord important entre les panélistes dans la perception du goût et des arômes du vin. Ce désaccord, apparaissant aussi bien au niveau de l'identification des stimuli qu'à la détermination de leur intensité, n'était pourtant pas constaté lors de l'évaluation de stimuli de référence présentés dans des solutions modèles simples. Ainsi, la performance des panélistes ne peut être remise en cause et l'origine de ce désaccord pourrait être simultanément expliquée par la variabilité perceptive importante existant entre les sujets et la complexité physico-chimique élevée du vin induisant des interactions sensorielles multiples. En effet, d'après Swiegers *et al.* (2005), il existe une variabilité génétique évidente entre les sujets et cela pourrait expliquer en partie l'orientation des préférences envers les produits complexes comme le vin. Ces auteurs suggèrent, de façon métaphorique, que chaque génome humain pourrait être vu comme un « prisme génétique » qui disperse le « rayon olfactif » d'un vin donné en un spectre spécifique d'odeurs qui lui est propre. Ainsi, un même vin pourrait être perçu différemment selon le profil génétique des consommateurs comme le montre la figure 15. Nous supportons cette métaphore mais estimons que l'expérience personnelle induite par l'apprentissage, la culture et les habitudes participerait également à ce prisme diffracteur.

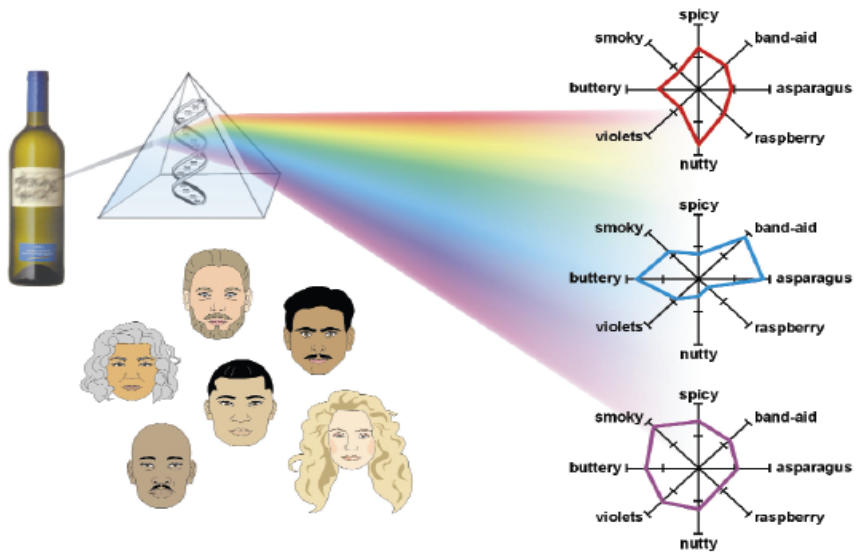


Figure 15. Métaphore de la perception du vin en fonction du génôme. Extrait de Swiegers *et al.* (2005)

D'après Lawless (1999), l'utilisation d'échelles d'intensité pour décrire des solutions aromatiques complexes serait illusoire car l'expérience olfactive n'est pas une simple addition de notes olfactives analysables de façon indépendante les unes des autres. Cette remarque est probablement également valable pour des solutions gustatives complexes telles que le vin, et l'utilisation du profil sensoriel pour décrire ces produits n'est peut-être pas adaptée. Par ailleurs, le vin est un produit qui procure des sensations gustatives particulièrement dynamiques et l'intensité de chaque descripteur varie vraisemblablement en fonction du temps. L'évaluation de l'intensité globale d'un descripteur donné parait donc complexe pour

les panélistes car cela nécessite d'intégrer plusieurs paramètres tels que l'intensité maximale, la durée et le moment de la perception. Au cours des différentes études descriptives de ce travail, le DTS nous est apparu comme une méthode complémentaire intéressante pour l'évaluation sensorielle des vins, en apportant des informations temporelles pertinentes que le profil n'avait pas pu mettre en évidence. Son utilisation, consistant à se focaliser uniquement sur les descripteurs dominants au cours du temps, semble plus instinctive et spontanée pour les panélistes. Cependant, cette méthode pourrait être adaptée pour l'évaluation des vins par la suppression des échelles continues, celles-ci n'intervenant pas dans la réalisation des courbes DTS. Quelques traitements statistiques pourraient par ailleurs être développés afin de faciliter l'interprétation des courbes DTS.

Par ailleurs, ce travail de thèse a fait l'objet d'un développement méthodologique pour déterminer, en situation réelle de consommation, l'importance relative des dimensions sensorielles et cognitives dans la formation du jugement d'appréciation globale des vins. Cette méthodologie, basée sur le principe du leurre, nous a permis de montrer que de la dimension sensorielle est au moins aussi importante que la dimension cognitive dans l'évaluation hédoniques des vins à teneur réduite en alcool par les consommateurs. Il serait intéressant de l'appliquer pour étudier l'impact d'autres facteurs sur la perception hédonique du vin, tels que les médailles, les classifications de qualité (1er cru, grand cru, cru bourgeois) ou la région d'origine. Il serait également pertinent de combiner cette méthodologie avec des techniques d'enchères expérimentales (Becker, G. M. *et al.*, 1967; Vickrey, 1961) afin de mettre les consommateurs dans des conditions d'évaluation plus impliquantes.

Au cours des différentes études hédoniques effectuées tout au long de ce travail de thèse, l'expertise et/ou l'expérience dans le vin sont apparues comme des variables essentielles dans l'orientation des préférences des consommateurs. D'après la revue de la littérature exposée au chapitre 1, le goût amer du vin n'est pas apprécié de façon innée chez les jeunes consommateurs. C'est l'environnement social et culturel, ainsi que l'image, la dimension symbolique et le statut véhiculés par le vin qui permettent d'outrepasser son « mauvais » goût et de passer au stade de l'appréciation et de la consommation. Ainsi, l'apprentissage semble jouer un rôle essentiel dans le développement et l'orientation de l'appréciation hédonique du vin. En perspective, il serait intéressant de comprendre pourquoi les consommateurs expérimentés tendent à préférer les mêmes vins puissants, aromatiques et alcoolisés. Est-ce un phénomène de formatage ou la conséquence d'une exposition répétée ? Il serait également intéressant de comprendre comment se déroule le développement de l'appréciation hédonique du vin chez les consommateurs novices lors de la phase d'apprentissage. Pourquoi certains consommateurs se mettent à consommer du vin et d'autres non ? Est-ce une question de goût (génétique, habitudes) ou une question d'image sociale (environnement, croyances) ? Est-ce tout simplement une question de volonté ou d'intérêt de la part du consommateur ? Cette thématique, très peu étudiée, mériterait d'être approfondie par la mise en place d'études de

cohorte. Ce type d'étude permettrait par ailleurs d'améliorer la compréhension du phénomène d'acquisition de l'expertise.

Le nombre de bouteilles en cave s'est révélé être un paramètre significatif dans l'orientation des préférences des consommateurs. Ce paramètre semble refléter le niveau d'expertise des consommateurs et/ou le type de vin consommé et il serait intéressant d'approfondir sa signification par la réalisation d'études qualitatives. En effet, si ce paramètre, commode à mesurer, reflète réellement le niveau d'expertise des consommateurs, il serait envisageable de l'utiliser comme un marqueur objectif du comportement d'expertise.

Quoi qu'il en soit, la différence significative entre les préférences des consommateurs de vin novices et celles des experts, également constatée par Schiefer et Fischer (2008), remet en cause les fondements du système d'attribution des médailles aux vins par les experts. En effet, d'après Lockshin *et al.* (2006), les médailles sont plus utilisées par les consommateurs peu impliqués dans le vin (novices) que par les consommateurs impliqués (connaisseurs) lors d'une situation d'achat. Cette différence de préférences remet également en cause la tendance des vignerons à s'en remettre aux goûts et critiques des experts lors de la vinification de leurs produits, destinés aux consommateurs.

ANNEXES

ANNEXE 1
Questionnaire pour la mesure de la connaissance en vin

Ce questionnaire a été mis en place et utilisé pour les études présentées dans les articles 2 et 4.

QUESTIONNAIRE CONNAISSANCE VIN

Pour le questionnaire suivant, nous vous remercions de répondre au mieux de vos connaissances et de ne pas chercher les réponses dans des livres, revues, sur internet, ou en demandant à votre entourage…

Ces questions ne sont pas posées dans le but de vous juger, elles vont juste nous permettre de connaître un peu mieux votre relation avec le monde du vin.

Ce questionnaire est difficile, ce qui nous permettra d'identifier les experts dans le domaine du vin, ce n'est absolument pas grave si vous ne savez pas répondre.

Lorsque vous ne connaissez pas une réponse, cochez simplement "Je ne sais pas".

1. Indiquez la couleur de chacune des variétés de raisins suivantes :

	Rouge	Blanc	Je ne sais pas
- Chardonnay	☐	☐	☐
- Syrah	☐	☐	☐
- Merlot	☐	☐	☐
- Sémillon	☐	☐	☐
- Grenache	☐	☐	☐
- Riesling	☐	☐	☐
- Chambourcin	☐	☐	☐
- Gamay	☐	☐	☐
- Savagnin	☐	☐	☐
- Sauvignon	☐	☐	☐

2. Quelle est la principale variété de raisins utilisée pour produire les vins blancs de Bourgogne ?

- ☐ L'Aligoté
- ☐ Le Sauvignon
- ☐ Le Chardonnay
- ☐ Le Riesling
- ☐ Je ne sais pas

3. Qu'appelle-t-on un vin millésimé ?

- ☐ Un vin issu d'un vignoble prestigieux
- ☐ Un vin qui a plus de 10 ans
- ☐ Un vin produit à partir d'une seule année de récolte
- ☐ Je ne sais pas

4. Choisissez la bonne proposition :

- ☐ Un vin de cépage est issu d'un seul cépage
- ☐ Un vin de cépage est issu d'un assemblage avec un cépage dominant
- ☐ Tous les vins sont des vins de cépage
- ☐ Je ne sais pas

5. En général, quel est le jour où le Beaujolais Nouveau est mis sur le marché ?

- ☐ Le dernier vendredi d'octobre
- ☐ Le troisième jeudi de novembre
- ☐ Le premier mardi de décembre
- ☐ Je ne sais pas

6. Au cours de la vinification, quelle est la première fermentation ?

- ☐ La fermentation alcoolique
- ☐ La fermentation malolactique
- ☐ La fermentation semi-carbonique
- ☐ Je ne sais pas

7. Peut-on faire du vin blanc avec des raisins noirs ?

- ☐ Oui
- ☐ Non
- ☐ Je ne sais pas

8. Comment s'appelle l'ajout de sucre dans le moût pendant la fermentation alcoolique ?

- ☐ La maturation
- ☐ La macération
- ☐ La chaptalisation
- ☐ Je ne sais pas

9. La macération carbonique est pratiquée pour élaborer lequel de ces vins ?

- ☐ Un vin de paille
- ☐ Un vin primeur
- ☐ Un crémant
- ☐ Je ne sais pas

10. Qu'est ce qu'un cépage ?

- ☐ Un domaine viticole
- ☐ Une variété de raisin
- ☐ Un pied de vigne
- ☐ Je ne sais pas

11. Quel est la principale variété de raisins utilisée pour produire le vin de Côte Rotie ?

- ☐ Le Gamay
- ☐ Le Cabernet Sauvignon
- ☐ Le Merlot
- ☐ La Syrah
- ☐ Je ne sais pas

12. De quel vignoble est issu le Châteauneuf-du-pape ?

- ☐ Bourgogne
- ☐ Côtes du Rhône
- ☐ Bordeaux
- ☐ Je ne sais pas

13. De quel vignoble est issu le Saint-Émilion ?

- ☐ Bourgogne
- ☐ Côtes du Rhône
- ☐ Bordeaux
- ☐ Je ne sais pas

14. A quelle particularité le vin de paille doit-il son nom ?

- ☐ Sa couleur est jaune comme la paille
- ☐ Le raisin récolté passe plusieurs semaines sur un lit de paille
- ☐ Le vin est conservé 6 ans dans des fûts recouverts de paille
- ☐ Je ne sais pas

15. Les vins de vendanges tardives sont-ils issus :

- ☐ De raisins qui n'étaient pas mûrs à la date des vendanges
- ☐ De raisins laissés sur le cep jusqu'à la surmaturation
- ☐ De raisins du vignoble de Sauternes
- ☐ Je ne sais pas

16. Quel pays possède le plus grand domaine viticole au monde ?

- ☐ La France
- ☐ L'Italie
- ☐ L'Espagne
- ☐ Je ne sais pas

Merci de votre participation !

RÉFÉRENCES

A

Amoore, E.J., Forrester, L.J., Pelosi, P. (1976). "Specific anosmia to isobutyraldehyde: the malty primary odor". Chemical Senses 2(1): 17-25.

Anderson, R.E. (1973). "Consumer dissatisfaction: the effect of disconfirmed expectancy on perceived product performance". Journal of Marketing Research 10: 38-44.

B

Bachmanov, A.A. ,Kiefer, S.W., Molina, J.C., Tordoff, M., Duffy, V.B., Bartoshuk, L.M., Menella, J.A. (2003). "Chemosensory factors influencing alcohol perception, preferences and consumption". Alcoholism: Clinical and Experimental Research 27(2): 220-231.

Bachmanov, A.A., Reed, D., Tordoff, M., Price, R., Beauchamp, G. (1996b). "Intake of ethanol, sodium chloride, sucrose, citric acid, and quinine hydrochloride solutions by mice: A genetic analysis". Behavior Genetics 26(6): 563-573.

Bachmanov, A.A., Tordoff, M.G., Beauchamp, G.K. (1996a). "Ethanol Consumption and Taste Preferences in C57BL/6ByJ and 129/J Mice". Alcoholism: Clinical and Experimental Research 20(2): 201-206.

Bartoshuk, L.M., Duffy, V.B., Miller, I.J. (1994). "PTC/PROP tasting: Anatomy, psychophysics, and sex effects". Physiology & Behavior 56(6): 1165-1171.

Bartoshuk, L.M.,Duffy, V.B., Reed, D.,Williams, A. (1996). "Supertasting, earaches and head injury: Genetics and pathology alter our taste worlds". Neuroscience & Biobehavioral Reviews 20(1): 79-87.

Becker, G.M., DeGroot, M.H., Marschak, J. (1964). "Measuring utility by a single response sequential method". Behavioral Science 9(1): 226-232.

Becker, U., Gronbaek, M., Johansen, D., Sorensen, T.I. (2002). "Lower risk for alcohol-induced cirrhosis in wine drinkers". Hepatology 35: 868-875.

Berg, H.W., Filipello, F., Hinreiner, E., Webb, A.D. (1955). Food Technology, Champaign 9: 138 dans Martin, S. et Pangborn, R.M. (1970). "Taste interaction of ethyl alcohol with sweet, salty, sour and bitter compounds". Journal of the science of food and agriculture 21: 653-655.

Berlyne, D. (1967). "Arousal and reinforcement". Nebraska Symposium on Motivation, Lincoln, University of Nebraska Press, 1-110 cited by Köster, E.P. and J. Mojet. (2007). "Boredom and the reasons why some new food products fail" In “Consumer-led food product development” p 263-278, edited by MacFie.

Birch, L.L. (1999). "Development of food preferences". Annual Review of Nutrition 1: 41-62.

Blednov, Y.A., Walker, D., Martinez, M., Levine, M., Damak, S., Margolskee, R.F. (2008). "Perception of sweet taste is important for voluntary alcohol consumption in mice". Genes Brain and Behavior 7: 1-13.

Blouin, J. et Cruège, J. Eds. (2008). "Analyse et composition des vins - Comprendre le vin", 2ème édition, Edité par Dunod.

Blouin, J. et Peynaud, E. (2001). "Connaissance et travail du vin", Edité par Dunod.

Bonnans, S. et Noble, A.C. (1993). "Effect of sweetener type and of sweetener and acid levels on temporal perception of sweetness, sourness and fruitiness". Chemical Senses 18: 273-283.

Bremner, E.A., Mainland, J.D., Khan, R.M., Sobel, N. (2003). "The Prevalence of Androstenone Anosmia". Chemical Senses 28(5): 423-432.

Breslin, P., Gilmore, M., Beauchamp, G., Green, B. (1993). "Psychophysical evidence that oral astringency is a tactile sensation". Chemical Senses 18(405-417).

Brochet, F. et Morrot, G. (1999). "Influence of the context on the perception of wine cognitive and methodological implications". International Journal of Vine and Wine Sciences 33(4): 187-192.

Brossaud, F., Cheynier, V., Noble, A.C. (2001). "Bitterness and astringency of grape and wine polyphenols". Australian Journal of grape and wine research 7(1): 33-39.

Bruwer, J. et Li, E. (2007). "Wine-Related Lifestyle (WRL) Market Segmentation: Demographic and Behavioural Factors". Journal of Wine Research 18(1): 19-34.

Bruwer, J., Li, E., Reid, M. (2002). "Segmentation of the Australian wine market using a wine-related lifestyle approach". Journal of Wine Research 13(3): 217-242.

Burgering, M., De Jong, C., Goorissen, H., Pepin, L. (2009). "Contrôle de la qualité sensorielle des vins à faible teneur en alcool préalablement à leur désalcoolisation". Revue des oenologues 131(Avril 2009): 39-42.

C

Cardello, A.V. et Sawyer, F.M. (1992). "Effects of disconfirmed consumer expectations on food acceptability". Journal of Sensory Studies 7(4): 253-277.

Charters, S. et Pettigrew, S. (2007). "The dimensions of wine quality". Food Quality and Preference 18(7): 997-1007.

Chutuape, M.A.D. et De Wit, H. (1994). Relationship between subjective effects and drug preferences: ethanol and diazepam. Drug and Alcohol Dependence: 243-251.

Cometto-Muniz, J.E. et Cain, W.S. (1990). Thresholds for odor and nasal pungency. Physiology & Behavior: 719-725.

Cometto-Muniz, J.E. et Cain, W.S. (1995). "Relative sensitivity of the ocular trigeminal, nasal trigeminal and olfactory systems to airbone chemicals". Chemical Senses 20: 191-198.

Conibear, H. (2006). "Rising alcohol levels in wine - is this a cause for concern? ". AIM Digest 18(4).

Conner, J.M., Birkmyre, L., Paterson, A., Piggott, J.R. (1998). "Headspace concentration of ethyl esters at different alcoholic strengths". Journal of the science of food and agriculture 77: 121-126.

Conner, J.M. et Paterson, A. (1999). "Release of distillate flavour compounds in Scotch malt whisky". Journal of the science of food and agriculture 79: 1015-1020.

Cottereau, P. (2005). "Vins à teneur réduite en alcool : aspects règlementaires et présentation des différentes techniques". L'innovation en viticulture/oenologie Décembre 2005, Toulouse, Station régionale ITV Midi-Pyrénées.

Cottereau, P., Solanet, D.,Vuchot, P., Ferment, E., Noilet, P. (2006). "Réduction de la teneur en sucre des moûts". 29ème congrès international de la vigne et du vin, Logrono (Espagne).

Couderc, J.P.,Hannin, H., D'Hauteville, F., Montaigne, E., Eds. (2008). Bacchus 2008: Enjeux, stratégies et pratiques dans la filière vitivinicole, Edité par Dunod.

Curtis, D.W., Stevens, D.A., Lawless, H.T. (1984). "Perceived intensity of the taste of sugar mixtures and acid mixtures". Chemical Senses 9: 107-120.

D

D' Hauteville, F. (1994). "Consumer acceptance of low alcohol wines". International Journal of Wine Marketing 6: 35-48.

Da Porto, C., Cordaro, F., Marcassa, N. (2006). "Effects of carbohydrate and noncarbohydrate sweeteners on the orange spirit volatile compounds". LWT - Food Science and Technology 39: 159-165.

Dalton, P., Doolittle, N., Nagata, H., Breslin, P.A.S. (2000). "The merging of the senses: Integration of subthreshold taste and smell". Nature Neuroscience 3: 431-432.

Deliza, R. et Macfie, H.J. (1996). "The generation of sensory expectation by external cues and its effect on sensory perception and hedonic ratings - A review". Journal of Sensory Studies 11: 103-128.

Delorme, A. et Flückiger, M., Eds. (2003). "Le goût" In "Perception et réalité: Introduction à la psychologie des perceptions" p180, Edité par De Boeck Université.

Dequin, S. (2008). "Comment gérer l'excès d'alcool dans les vins - Un nouveau défi pour les levures". Revue des oenologues 129, n° spécial 47-49.

Dequin, S. et Barre, P. (1994). "Mixed lactic acid-alcoholic fermentation by Saccharomyces cerevisiae expressing the Lactobacillus casei L(+)-LDH". Bio/Technology 12: 173-177.

Devos, M., Patte, F., Rouault, J., Laffort, P., Van Gemert, L., Eds. (1990). Standardized human olfactory thresholds, Edité par Oxford IRL Press.

Di Lorenzo, P.M., Kiefer, S.W., Rice, A.G., Garcia, J. (1986). "Neural and behavioral Responsivity to ethyl alcohol as tastant". Alcohol 3: 55-61.

Diamond, J., Breslin, P.A.S., Doolittle, N., Nagata, H., Dalton, P. (2005). "Flavor processing: Perceptual and cognitive factors in multi-modal integration". Chemical Senses 30: I232-I233.

Djordjevic, J., Zatorre, R.J., Jones-Gotman, M. (2004). "Effects of perceived and imagined odours on taste detection". Chemical Senses 29: 199-208.

Drewnowski, A. (1997). "Taste preferences and food intake". Annual Review of Nutrition 17: 237-253.

Duchêne, E. et Schneider, C. (2005). "Grapevine and climate change: a glance at the situation in Alsace". Agronomy sustainable development 25(1): 93-99.

E

Escudero, A., Campo, E., Farina, L., Cacho, J., Ferreira, V. (2007). "Analytical Characterization of the Aroma of Five Premium Red Wines. Insights into the Role of Odor Families and the Concept of Fruitiness of Wines". Journal of Agricultural and Food Chemistry 55(11): 4501-4510.

Escudier, J.L. (2009). "VDQA: Vins de qualité à teneur réduite en alcool". Colloque de cloture du programme national de recherche en alimentation et nutrition humaine, 10-12 Mars, Paris, PNRA édition 2005.

F

Filipello, F. (1955). "Small panel taste testing of wine". American Journal of Enology and Viticulture 6(4): 26-32.

Fischer, U., Boulton, R. B., Noble, A.C. (1994). "Physiological factors contributing to the variablilty of sensory assessments: Relationship between salivary flow rate and temporal perception of gustatory stimuli". Food Quality and Preference 5: 55-64.

Fischer, U. et Noble, A.C. (1994). "The effect of ethanol, catechin concentration, and ph on sourness and bitterness of wine". American Journal of Enology and Viticulture 1: 6-10.

Flanzy, C., Ed. (1998). "Oenologie. Fondements scientifiques et technologiques". Paris, Edité par Lavoisier.

Flower, D.R. (1996). "The lipocalin protein family: structure and function". Biochemical Journal 318: 1-14.

Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P.L., Glories, Y. (2008). "Effect of pH, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution". Food Quality and Preference 19(3): 286-291.

Fox, A.L. (1931). "Six in ten tasteblind to bitter chemical". Science News Letter 9: 249.

Frost, M.B. et Noble, A.C. (2002). "Preliminary Study of the Effect of Knowledge and Sensory Expertise on Liking for Red Wines". American Journal of Enology and Viticulture 53(4): 275-284.

G

Gawel, R., Van Sluyter, S., Waters, E.J. (2007). "The effect of ethanol and glycerol on the body and other sensory characteristics of Riesling wines". Australian Journal of grape and wine research 13: 38-45.

Goldner, M.C., Zamora, M.C., Di Leo Lira, P., Gianninoto, H., Bandoni, A. (2009). "Effect of ethanol level in the perception of aroma attributes and the detection of volatile compounds in red wine". Journal of Sensory Studies 24: 243-257.

Gronbaek, M., Deis, A., Sorensen, T.I.B., U., Schnohr, P., Jensen, G. (1995). "Mortality associated with moderate intakes of wine, beer or spirits". British Medical Journal 310: 1165-1169.

H

Hartman, P.J., Mcnair, H.M., Zoecklein, B.W. (2002). "Measurement of 3-alkyl-2-methxypyrazine by headspeace solid-phase microextraction in spiked model wines". American Journal of Enology and Viticulture 2002(53): 285-288.

Hellekant, G., Ed. (1967). "Action and interaction of ethyl alcohol and some other substances on the receptors of the tongue". In "Olfaction and taste II" p 465-479. Oxford:Pergamon, Edité by Hayashi, T.

Hellekant, G., Danilova, V., Roberts, T., Ninomiya, Y. (1997). "The taste of ethanol in a primate model:I. Chorda tympani nerve response in Macaca mulatta". Alcohol and Alcoholism 14(5): 473-484.

Helson, H., Ed. (1964). "Adaptation-Level Theory: An experimental and systemic approach to behavior". New York, Edité par Harper and Row.

Heresztyn, T. (19987). "Conversion of glucose to gluconic acid by glucose oxydase enzyme in Muscat Gordo Juice". The Australian Grapegrower and Winemaker April: 25-27.

Heux, S., Cachon, R., Dequin, S. (2006). "Cofactor engineering in Saccharomyces cerevisiae: expression of a H2O-forming NADH oxidase and impact on redox metabolism". Metabolic Engineering 8: 303-314.

Hewson, L., Hollowood, T., Chandra, S., Hort, J. (2008). "Taste-aroma interactions in a citrus flavoured model beverage system: Similarities and differences between acid and sugar type". Food Quality and Preference 19(3): 323-334.

Hinreiner, E.F., Filipello, F., Berg, H.W., Webb, A.D. (1955). "Evaluation of threshold and minimum difference concentrations for various constituents of wines. IV. Detectable difference in wine". Food Technology 9: 489-490.

Hollebeek, L.D., Jaeger, S., Brodie, R.J., Balemi, A. (2007). "The influence of involvement on purchase intention for new world wine". Food Quality and Preference 18: 1033-1049.

Honkanen, P., Olsen, S.O., Myrland, O. (2004). "Preference-based segmentation: a study of meal preferences among Norvegian teenagers". Journal of Consumer Behaviour 3(3): 235-250.

Hoopman, T., Birch, G., Serghat, S., Portmann, M.-O., Mathlouthi, M. (1993). "Solute-solvent interactions and the sweet taste of small carbohydrates. Part II: Sweetness intensity and persistence in ethanol-water mixtures". Food Chemistry 46(2): 147-153.

Hovland, C.I., Harvey, O.J., Sherif, M. (1957). "Assimilation and contrast effects in reactions to communication and attitude changes". Journal of Abnormal Psychology 55: 244-252.

Hyde, R.J. et Pangborn, R.M. (1978). "Parotid Salivation in Response to Tasting Wine". American Journal of Enology and Viticulture 29(2): 87-91.

I

ISO 4120 (1983). "Analyse sensorielle - Méthodologie - Essai triangulaire" (V09-013). In Analyse Sensorielle. Paris, AFNOR.

ISO 13299 (2003). "Analyse sensorielle - Méthodologie - Directives générales pour l'établissement d'un profil sensoriel". In Analyse Sensorielle p 475-506. Paris, AFNOR.

J

Jackson, R.S., Ed. (2002). "Wine testing - A professional Handbook", édité par Elsevier Ltd.

Jones, P.R., Gawel, R., Francis, I.L., Waters, E.J. (2008). "The influence of interactions between major white wine components on the aroma, flavour and texture of model white wine". Food Quality and Preference 19(6): 596-607.

K

Kahkonen, P., Tuorila, H., Rita, H. (1996). "How information enhances acceptabiliy of a low-fat spread". Food Quality and Preference 7: 87-94.

Kallithraka, S., Bakker, S., Clifford, M.N. (1998). "Evidence that salivary proteins are involved in astringency". Journal of Sensory Studies 13: 29-43.

Kallithraka, S., Bakker, S., Clifford, M.N., Vallis, L. (2001). "Correlations between saliva protein composition and some T-I parameters of astringency". Food Quality and Preference 12(2): 145-152.

Kalow, W. (1982). "Ethnic differences in drug metabolism". Clinical Pharmacology 7: 373-400, cité par Mattes, R.D. (1994). "Influences on acceptance of bitter foods and beverages". Physiology & Behavior: 1229-1236.

Kampov-Polevoy, A.B., Eick, C., Boland, G., Khalitov, E., Crews, T. (2004). "Sweet liking, novelty seeking, and gender predict alcoholic status". Alcoholism: Clinical and Experimental Research 28(9): 1291-1298.

Kampov-Polevoy, A.B., Garbutt, J.C., Davis, C.E., Janowsky, D.S. (1998). "Preference for Higher Sugar Concentrations and Tridimensional Personality Questionnaire Scores in Alcoholic and Nonalcoholic Men". Alcoholism: Clinical and Experimental Research 22(3): 610-614.

Kampov-Polevoy, A.B., Garbutt, J.C., Janowsky, D.S. (1999). "Association between preference for sweets and excessive alcohol intake: a review of animal and human studies". Alcohol and Alcoholism 34(3): 386-395.

Kampov-Polevoy, A.B., Ziedonis, D., Steinberg, M.L., Pinsky, I., Krejci, J., Eick, C.,Boland, G., Khalitov, E., Crews, T. (2003). "Association between sweet preference and paternal history of alcoholism in psychiatric and substance abuse patients". Alcoholism: Clinical and Experimental Research 27: 1929-1936.

Kiefer, S.W., Bice, P.J., Badia-Elder, N. (1994). "Alterations in Taste Reactivity to Alcohol in Rats Given Continuous Alcohol Access Followed by Abstinence". Alcoholism: Clinical and Experimental Research 18(3): 555-559.

Kielhorn, S. et Thorngate, J.H. (1999). "Oral sensations associated with the flavan-3-ols (+)-catechin and (-)-epicatechin". Food Quality and Preference 10: 109-116.

Kratskin, I.L., Ed. (1995). "Functional anatomy, central connections, and neurochemistry of the mammalian olfactory bulb In Handbook of Olfaction and Gustation" p103-126, édité par Richard L. Doty.

L

Lange, C. (2000). "Etude de l'effet des caractéristiques sensorielles, des attentes induites par l'information et du prix sur l'acceptabilité et le comportement d'achat du consommateur Dijon", Thèse Université de Dijon.

Lange, C., Martin, C., Chabanet, C., Combris, P., Issanchou, S. (2002). Impact of the information provided to consumers on their willingness to pay for Champagne: comparison with hedonic scores. Food Quality and Preference: 597-608.

Lange, C., Rousseau, F., Issanchou, S. (1999). "Expectations, liking and purchase behaviour under economical constraint". Food Quality and Preference 10: 31-39.

Laska, M., Distel, H., Hudson, R. (1997). "Trigeminal Perception of Odorant Quality in Congenitally Anosmic Subjects". Chemical Senses 22(4): 447-456.

Lawless, H.T. (1999). "Descriptive analysis of complex odors: reality, model or illusion?". Food Quality and Preference 10(4-5): 325-332.

Lawless, H.T., Corrigan Thomas, C.J., Johnston, M. (1995). "Variation in odor thresholds for I-Carvone and cineole and correlations with suprathreshold intensity rating". Chemical Senses 20: 9-17.

Lawrence, G., Salles, C., Septier, C., Busch, J., Thomas-Danguin, T. (2009). "Odour-taste interactions: A way to enhance saltiness in low-salt content solutions". Food Quality and Preference 20(3): 241-248.

Le Berre, E., Atanasova, B., Langlois, D., Etiévant, P.,Thomas-Danguin, T. (2007). "Impact of ethanol on the perception of wine odorant mixtures". Food Quality and Preference 18(6): 901-908.

Lesschaeve, I. (2008). "Wine consumer flavour preferences ". Wine Active Compounds proceedings p71-74, Beaune, Edité par David Chassagne.

Lockshin, L., Jarvis, W., D'Hauteville, F., Perrouty, J.-P. (2006). "Using simulations from discrete choice experiments to measure consumer sensitivity to brand, region, price, and awards in wine choice". Food Quality and Preference 17: 166-178.

M

Mac Leod, P., Ed. (1992). "Circuits nerveux de la préférence alimentaire et du plaisir". In "Plaisir et préférences alimentaires" p 89-96. Polytechnica, Paris, edité par Giachetti I.

Mac Leod, P., Ed. (1998). "Les caractéristiques d'une réponse sensorielle". In "Manuel méthodologique d'évaluation sensorielle", SSHA 2ème édition p 7-9, Editions Lavoisier.

Mac Leod, P. et Sauvageot, F. (1986). "Bases neurophysiologiques de l'évaluation sensorielle des produits alimentaires". Les cahiers de l'ENSBANA. Dijon, France.

Malherbe, D.F., Du Toit, M., Cordero Otero, R.R.,Van Rensburg, P., Pretorius, I.S. (2003). "Expression of the Aspergillus niger glucose oxidase gene in Saccharomyces cerevisiae and its potential applications in wine production". Applied Microbioly and Biotechnology 61: 502-511.

Marcheix, J.J., Fleuriet, A., Jay-Allemand, C., Eds. (2005). "Les tannins" In "Les composés phénoliques des végétaux: Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique" p13, Edité par PPUR presses polytechniques.

Margolskee, R.F., Ed. (1995). "Receptor mechanisms in gustation" In "Handbook of Olfaction and Gustation" p575-595, édité par Richard L. Doty.

Martin, S. et Pangborn, R.M. (1970). "A note on response to ethyl alcohol before and after smoking". Perception and Psychophysic 8: 169-170.

Martin, S. et Pangborn, R.M. (1970). "Taste interaction of ethyl alcohol with sweet, salty, sour and bitter compounds". Journal of the science of food and agriculture 21: 653-655.

Martin, S. et Pangborn, R.M. (1971). "Human Parotid Secretion in Response to Ethyl Alcohol". Journal of Dental Research 50(2): 485-490.

Massot, A., Noilet, P., Milisic, V., Mietton-Peuchot, M. (2008). "Nanofiltration et osmose inverse en oenologie". Bulletin de l'OIV 81: 932-934.

Mattes, R.D. (1994). "Influences on acceptance of bitter foods and beverages". Physiology & Behavior: 1229-1236.

Mattes, R.D. et Di Meglio, D. (2001). "Ethanol perception and ingestion". Physiology & Behaviour 72: 217-229.

Maurel, A. (1989). "Osmose inverse et ultrafiltration, technologie et applications". Techniques de l'ingénieur J2796: 1-22.

Medel, M., Viala, D.,Meillon, S., Urbano, C.,Schlich, P. (2009). "A questionnaire for assessing the perceived complexity of wine: Application to the study of the effect of expertise on perception of wine complexity". 8th Pangborn Sensory science SymposiumFlorence, Italy, 26-30 July, Edité par Elsevier.

Meilgaard, M.C. (1993). "Individual differences in sensory threshold for aroma chemicals added to beer". Food Quality and Preference 4(3): 153-167.

Michnick, S., Roustan, J.L., Remize, F., Barre, P., Dequin, S. (1997). "Modulation of glycerol and ethanol yields during alcoholic fermentation in Saccharomyces cerevisiae strains overexpressed or disrupted for GPD1 encoding glycerol-3-phosphate dehydrogenase". Yeast 13: 783-793.

Mietton-Peuchot, M., Massot, A., Noilet, P., Milisic, V. (2008). "Applications oenologiques de techniques membranaires - Nanofiltration et osmose inverse". Revue des oenologues 129(n°special Novembre): 51-54.

Miller, I.J. et Reedy, F.E. (1990). "Variations in human taste bud density and taste intensity perception". Physiology & Behavior 47(6): 1213-1219.

Morrison, E.E. et Moran, D.T., Eds. (1995). "Anatomy and ultrastructure of the human olfactory neuroepithelium" In "Handbook of Olfaction and Gustation" p75-101, Edité par Richard L. Doty.

Morrot, G., Brochet, F., Dubourdieu, D. (2001). "The color of odors". Brain and Language 79: 309-320.

N

Narçon, S. (2001). "Caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire - contribution à l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort". Thèse Ecole Pratique des Hautes Etudes.

Noble, A.C. (1994). "Bitterness in wine". Physiology & Behaviour 56(6): 1251-1255.

Noble, A.C. (1995). "Application of Time-Intensity Procedures for the Evaluation of Taste and Mouthfeel". American Journal of Enology and Viticulture 46(1): 128-133.

Nurgel, C. et Pickering, G. (2005). "Contribution of glycerol, ethanol and sugar to the perception of viscosity and density elicited by model white wines ". Journal of Texture Studies 36(3): 303-323.

O

O'Mahony, M. (1995). "Who told you the triangle test was simple ?". Food Quality and Preference 6: 227-238.

O'Mahony, M. et Davies, M. (1978). "A signal detection approach to taste difference testing between two levels of alcohol in a flowise presented sherry stimulus". IRCS Medical Science 6: 189-190.

Olsen, J.A., Thach, L., Nowak, L. (2007). "Wine for my generation: Exploring how US wine consomuers are socialized to wine". Journal of Wine Research 18(1): 1-18.

P

Palacios, A., Augustin, C., Soto, F., Raginel, F., Ortiz-Julien, A. (2007). "Puede Saccharomyces cerevisiae por si misma marcar diferencias en el grado alcohólico del vino según la cepa empleada ?". La respuesta es no. Semana Vititinicola 3177: 11-15.

Patel, S., Bollhoefer, A., Doty, R. (2004). "Influences of ethanol ingestion on olfactory function in humans". Psychopharmacology 171(4): 429-434.

Pelosi, P. et Viti, R. (1978). "Specific anosmia to l-carvone: the minty primary odour". Chem. Senses 3(3): 331-337.

Perpète, P. et Collin, S. (2000). "Influence of beer alcohol content on the wort flavour perception". Food Chemistry 71: 379-385.

Peynaud, E. et Blouin, J., Eds. (2006). "Le goût du vin - Le grand livre de la dégustation". Paris, Editions Dunod.

Pfeiffer, J.C., Hort, J., Hollowood, T.A., Taylor, A.J. (2006). "Taste-aroma interactions in a ternary system: A model of fruitiness perception in sucrose/acid solutions". Perception and Psychophysics 68: 216-227.

Pickering, G.J. (2000). "Low- and reduced-alcohol wine: a review". Journal of Wine Research 11(2): 129-144.

Pickering, G.J., Heatherbell, D.A., Vanhanen, L.P., Barnes, M.F. (1998). "The Effect of Ethanol Concentration on the Temporal Perception of Viscosity and Density in White Wine". American Journal of Enology and Viticulture 49(3): 306-318.

Pickering, G.J., Heatherbell, D.A., Barnes, M.F. (1999a). "The Production of Reduced-Alcohol Wine Using Glucose Oxidase Treated Juice. Part I. Composition". American Journal of Enolology and Viticulture 50(3): 291-298.

Pickering, G.J., Heatherbell, D.A., Barnes, M.F. (1999b). "The Production of Reduced-Alcohol Wine Using Glucose Oxidase-Treated Juice. Part II. Stability and SO2-Binding". American Journal of Enolology and Viticulture 50(3): 299-306.

Pickering, G.J., Heatherbell, D.A., Barnes, M.F. (1999c). "The Production of Reduced-Alcohol Wine Using Glucose Oxidase-Treated Juice. Part III. Sensory". American Journal of Enolology and Viticulture 50(3): 307-316.

Pickering, G.J., Simunkova, K., DiBattista, D. (2004). "Intensity of taste and astringency sensations elicited by red wines is associated with sensitivity to PROP (6-n-propylthiouracil) ". Food Quality and Preference: 147-154.

Pineau, B., Barbe, J.C., Van Leeuwen, C., Dubourdieu, D. (2007). "Which Impact for Beta-Damascenone on Red Wines Aroma?". Journal of Agricultural and Food Chemistry 55: 4103-4108.

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S.,Imbert, A., Rogeaux, M., Etiévant, P., Köster, E. (2009). "Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity". Food Quality and Preference 20(6): 450-455.

Pozo-Bayon, M.A.,G-Alegria, E., Polo, M.C., Tenorio, C., Martin-Alvarez, P.J., Calvo de la Banda, M.T., Ruiz-Larrea, F.,Moreno-Arribas, M.V. (2005). "Wine Volatile and Amino Acid Composition after Malolactic Fermentation: Effect of Oenococcus oeni and Lactobacillus plantarum Starter Cultures". Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(22): 8729-8735.

Prescott, J. et Swain-Campbell, N. (2000). "Responses to Repeated Oral Irritation by Capsaicin, Cinnamaldehyde and Ethanol in PROP Tasters and Non-tasters". Chem. Senses 25(3): 239-246.

Pyle, L. (1994). "Processed foods with natural flavour: the use of novel recovery technology". Nutrition and Food Science 1: 12-14.

R

Remize, F., Andrieu, E., Dequin, S. (2000). "Engineering of the pyruvate dehydrogenase by-pass in S. cerevisiae- Role of the cytosolic Mg2+ and mitochondrial K+ acetaldehyde dehydrogenases Ald6p and Ald4p in acetate formation during alcoholic fermentation ". Applied and Environmental Microbiology 66: 3151-3159.

Ribéreau-Gayon, J., Dubourdieu, D., Domèche, B., Lonvaud, A. (2004). "Traité d'œnologie - Tome 1 Microbiologie du vin Vinification", édité Dunod.

Richter, C.P. (1940). "Alcohol as food". Quarterly Journal of Studies on alcoholism 1: 650-662, cité par Kiefer, S.W. et Dopp, J.M. (1989). "Taste reactivity to alcohol in rats". Behavioral Neuroscience 103(6): 1318-1326.

Rimm, E.B. et Stampfer, M.J. (2002). "Wine, beer and spirits: are they really hoses of a different colors ?". Circulation 105: 2806-2807.

Rissanen, A., Sarlio-Lahteenkorva, S., Alfthan, G., Gref, C., Keso, L., Salaspuro, M. (1987). "Employed problem drinkers: a nutritional risk group?". American Journal of Clinical Nutrition 45(2): 456-461.

Robinson, J., Ed. (1994). The Oxford companion to wine. Oxford, UK, Oxford Univ. Press in Mattes, R.D and DiMeglio, D. (2001). "Ethanol perception and ingestion". Physiology & Behaviour 72: 217-229.

Rodriguez-Bencomo, J.J., Ortega-Heras, M., Peirez-Magarino, S., Gonzalez-Huerta, C., Gonzalez-San Jose, M.L. (2008). "Importance of Chip Selection and Elaboration Process on the Aromatic Composition of Finished Wines". Journal of Agricultural and Food Chemistry 56(13): 5102-5111.

Rolls, E.T. et Baylis, L.L. (1994). "Gustatory, olfactory, and visual convergence within the primate orbitofrontal cortex". Journal of Neuroscience 14: 5437-5452.

Rozin, P. et Vollmecke, A. (1986). "Food likes and dislikes". Annual Review of Nutrition 6: 433-456.

S

Sarni-Manchado, P. et Cheynier, V., Eds. (2006). "Les polyphénols en agro-alimentaire". Paris, Editions Lavoisier.

Sauvageot, F. (1997). "Sensibilité chimique et éthanol chez l'homme". Alcoologie 19(3): 197-207.

Schiefer, J. et Fischer, C. (2008). "The gap between wine expert ratings and consumer preferences: Measures, determinants and marketing implications". International Journal of Wine Business Research 20(4): 335 - 351.

Schifferstein, H.N.J., Kole, A.P.W., Mojet, J. (1999). "Assymetry in the disconfirmation of expectations for natural yogurt". Appetite 32(307-329).

Schlich, P. et Mc Evan, J.A. (1992). "Cartographie des préférences: un outil statistique pour l'industrie agro-alimentaire". Science des Aliments 12: 339-355.

Scinska, A., Koros, E., Habrat, B., Kukwa, A., Kostowski, W., Bienkowski, P. (2000). Bitter and sweet components of ethanol taste in humans. Drug and Alcohol Dependence: 199-206.

Settle, G., Ed. (1979). The alcoholic's taste perception of alcohol : preliminary findings p 257-267. In Currents in alcoholism V. Biomedical issues and clinical effects of alcoholism. New York: Grune, édité par Galanter, M.

Small, D.M. et Prescott, J. (2005). "Odour/taste integration and the perception of flavor". Experimental Brain Research 166: 345-357.

Smith, D.E. et Mitry, D.J. (2007). "Cultural Convergence: Consumer Behavioral Changes in the European Wine Market". Journal of Wine Research 18(2): 10-112.

Speed, R. (1998). "Choosing between line extensions and second brands: The case of the Australian and New Zealand wine industries". Journal of Product and Brand Management 7(6): 519-536.

Sulmont-Rossé, C., Chabanet, C., Issanchou, S., Köster, E.P. (2008). "Impact of the arousal potential of uncommon drinks on the repeated exposure effect". Food Quality and Preference 19(4): 412-420.

Swiegers, J.H., Chambers, P.J., Pretorius, I.S. (2005). "Olfaction and taste: Human perception, physiology and genetics". Australian Journal of grape and wine research 11(2): 109-113.

Sykes, S.J., Casimir, D.J., Prince, R.G.H. (1992). "Recent advances in spinning cone column technology". Food Australia 44(10): 462-464.

T

Thorngate, J.H. (1997). "The physiology of human sensory response to wine: a review". American Journal of Enology and Viticulture 48(3): 271-279.

Touraille, C., Ed. (1998). "Epeuves discriminatives". In "Manuel méthodologique d'évaluation sensorielle", SSHA 2ème édition p 99-149, édité par Lavoisier.

U

Urbano, C., Dupressoir, C., Samsom, A., Cordelle, S., Guillot, G. (2007). "R-Index and triangular tests to determine the perception threshold of a reduction of alcohol content in wine". Pangborn Sensory Science Symposium Minneapolis, 12-16 August, proceedings édité par Elsevier.

V

Vickrey, W. (1961). "Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders". Journal of Finance 16: 8-37.

Vidal, S., Courcoux, P., Francis, L., Kwiatkowski, M., Gawel, R., Williams, P., Waters, E.,Cheynier, V. (2004). Use of an experimental design approach for evaluation of key wine components on mouth-feel perception. Food Quality and Preference 15: 209-217.

Villetaz, J.C. (1986). "A new method for the production of a low alcohol wines and better balanced wines". Australian Wine Industry Technical Conference,14-17 Juillet, Adelaide.

W

Walker, J.C., Hall, S.B., Walker, D.B., Kendal-Reed, M.S., Hood, A.F., Niu, X.F. (2003). "Human odor detectability: new methodology used to determine threshold variation". Chemical Senses 28(817-826).

Walker, S. (2000). "The influence of solution viscosity and different viscosifying agents on apple juice flavor". Journal of Sensory Studies 15: 285-307.

Ward, S., Klees, D.M., Wackman, D.B. (1990). "Consumer socialization research: content analysis of post-1980 studies, and some implications for future work". Advances in Consumer Research 17: 798-803.

Wilson, C.W.M., O'Brien, C., MacAirt, J.G. (1973). "The Effect of Metronidazole on the Human Taste Threshold to Alcohol". Addiction 68(2): 99-110.

Y

Yeomans, M.R., Chambers, L., Blumenthal, H., Blake, A. (2008). "The role of expectancy in sensory and hedonic evaluation: The case of smoked salmon ice-cream". Food Quality and Preference 19: 565-573.

Yu, P. et Pickering, G.J. (2008). "Ethanol Difference Thresholds in Wine and the Influence of Mode of Evaluation and Wine Style". American Journal of Enology and Viticulture 59(2): 146-152.

Z

Zajonc, R.B. (1968). "Attitudinal effects of mere exposure". Journal of personality and social psychology, Monograph Supplement 9(2): 1-27.

Zampini, M. et Spence, C. (2005). "Modifying the multisensory perception of a carbonated beverage using auditory cues". Food Quality and Preference 16: 632-641.

Zellner, D.A., Strichouser, D., Tornow, C.E. (2001). "Disconfirmed hedonic expectations produce perceptual contrast, not assimilation". American Journal of Psychology 117: 363-387.