Centre International d'Études Supérieures en Sciences Agronomiques

Montpellier Supagro

Thèse

Présentée pour obtenir le grade de :

Docteur du Centre International d'Études Supérieures en Sciences Agronomiques Montpellier Supagro

Ecole Doctorale : Sciences des Procédés – Sciences des Aliments.

Spécialité : Biochimie, chimie et technologie des aliments.

Influence de la date de vendange sur les composés phénoliques de la baie de raisin ; conséquences pour la typicité du vin

Par

Yves CADOT

Soutenue le 08 décembre 2010 devant le jury composé de :

El Mostafa QANNARI	Professeur, Oniris Nantes	Rapporteur
Maria Teresa ESCRIBANO	Professeur, Université de Salamanque, Espagne	Rapporteur
Alain RAZUNGLES	Professeur, SupAgro Montpellier	Examinateur
Véronique CHEYNIER	Directeur de Recherche, INRA Montpellier	Directeur de thèse
François CASABIANCA	Ingénieur de Recherche, INRA Corté	Codirecteur de thèse
Gérard BARBEAU	Ingénieur de Recherche, INRA Angers-Nantes	Invité

Directeur de thèse : Mme Véronique Cheynier
Codirecteur de thèse : M. François Casabianca
Laboratoire d'accueil : UE1117 Vigne Vin, INRA Angers-Nantes.

Résumé

Influence de la date de vendange sur les composés phénoliques de la baie de raisin ; conséquences pour la typicité du vin.

L'objectif de la thèse est de contribuer à l'explicitation du lien au terroir, dans le cas de vins d'Appellation d'Origine Contrôlée. Ce lien au terroir se traduit par une typicité, qui correspond à des propriétés remarquables et partagées pour un groupe humain de référence. Le lien causal entre typicité et terroir a été étudié en prenant comme élément d'étude la date de vendange et les vinifications associées. La représentation conceptuelle de la typicité, qui engendre des choix techniques, a été mise en évidence, du point de vue des critères sensoriels d'appartenance et des critères sensoriels de distinction. Cette représentation conceptuelle est en générale consensuelle, et les principaux facteurs du terroir, explicatifs du lien, correspondent au milieu physique (sol et climat).

La représentation perceptuelle a été étudiée, permettant de mettre en évidence des descripteurs d'appartenance et de distinction, et de les hiérarchiser vis à vis de la perception globale de la typicité. Cette représentation est moins consensuelle. Les principaux facteurs du terroir, explicatifs du lien, correspondent aux actes techniques, en particulier la date de vendanges et la durée de cuvaison.

La composition phénolique des vendanges, et leur aptitude à être extraits lors de la vinification ont été étudiés afin de mieux interpréter le lien au terroir.

Une évolution de la composition de la vendange en fonction du niveau de maturité a été mise en évidence d'un point de vue histologique, mais son interprétation est incomplète. L'aptitude des proanthocyanidines à être extraits, en fonction du niveau de maturité des baies est fortement corrélé à la perception globale de la typicité.

Dans le cas de vins revendiquant un lien au terroir, certaines représentations de la typicité sont partagées, et engendrent des choix techniques (date de vendange, durée de cuvaison). L'importance de ces choix peut être démontré par l'étude de la composition de la vendange en composés phénoliques. Cependant, il existe un écart entre la typicité en tant que concept et la typicité telle qu'elle est sensoriellement perçue.

Abstract

Influence of the harvest date on the phenolic compounds of the grape berries; consequences for the wines typicality.

The aim of this work is to contribute to highlight the terroir effect, in the case of wines from delimited origin. The typicality is the result of the terroir effect and corresponds to remarkable and shared properties for a human group of reference. The causal link between typicality and terroir was studied by taking into account the harvest date and the associated wine makings.
The conceptual representation of the typicality, which generates technical choices, was highlighted, from the point of view of the sensory criteria of similarity and of distinction. This conceptual representation is in general consensual, and the main factors of the terroir, which explain the causal link, correspond to the soil and climate.
The perceptual representation was studied, descriptors of similarity and distinction were highlighted, and theses descriptors were organized with respect to the global perception of the typicality. This representation is less consensual than the conceptual one. The main factors of the terroir, which explain the causal link, correspond to the technical acts, particularly the harvest date and the vatting duration.
The phenolic composition of the grape at harvest, and the extractability of these compounds during the wine making was studied, in order to understand better the terroir effect. Composition of the harvest, according to the level of maturity was highlighted from a histological point of view, but its interpretation was unfinished. The aptitude of the proanthocyanidins for being extracted, according to the level of maturity is strongly correlated with the global perception of the typicality.
For wines related to terroir, some typicality representations are shared, and lead to technical choices (harvest date, duration of vatting). These choices are explained by the harvest composition, relating to phenolics. However, there is a difference between the typicality as a concept and the typicality as a sensory perception.

Mots clés : *Vitis vinifera*, Flavonoides, Maturation, Extractibilité, Typicité, Analyse sensorielle
Keywords : *Vitis vinifera*, Flavonoids, Ripening, Extractability, Typicality Sensory analysis.

Valorisation des travaux de recherche

Articles publiés dans des revues à comité de lecture :

- Cadot Y, Caille S, Samson A, Barbeau G, Cheynier V (2010) Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assessment. *Analytica Chimica Acta* **660**, 53-62.

Articles en cours :

- Cadot Y, Chevalier M, Barbeau G. Evolution of the localization and the composition of the phenolics in the skin between veraison and maturity in relation with water availability and some climatic conditions. *Révisions soumises (Journal of the Science of Food and Agriculture)*.
- Cadot Y, Champenois R, Caillé S, Samson A, Cheynier V. Composition and localization of extractable and no-extractable flavonoids in grape berries during ripening: what is the impact on wine sensory profiles? *En cours (Australian Journal of Grape and Wine Research)*.
- Cadot Y, Caille S, Thiollet-Scholtus M, Samson A, Barbeau G, Cheynier V. From conceptual typicality to perceptive typicality: are winemaking practices decisive? *Révisions à réaliser (Food Quality and Preference)*.
- Thiollet-Scholtus M, Cadot Y, Caillé S, Samson A, Barbeau G, Cheynier V. How sensorial profile, soil, viticultural and enological practices are combined to define a French Protected Designation of Origin (PDO) red wine? *Soumis (Food Quality and Preference).*

Edition d'ouvrage de vulgarisation

- Cadot Y, Chevalier M, Minana Castello MT, Moutounet M (2008) 'Le potentiel phénolique du cabernet franc.' Ed. INRA Angers (France). 56 pp.

Articles de vulgarisation

- Thiollet-Scholtus M, Morlat R, Cadot Y (2008) Diversité des pratiques des vignerons et types de vins. *Le Vigneron du Val de Loire* **276**, 4.
- Cadot Y, Samson A, Caille S, Symoneaux R, Coulon C, Scholtus M, Morlat R, Barbeau G (2008) Anjou Villages Brissac, caractérisation sensorielle de la typicité des vins. *Le Vigneron du Val de Loire* **276**, 4.

- Morlat R, Cadot Y, Thiollet-Scholtus M, Thibault C, Symoneaux R, Coulon C, Barbeau G. 2008. La typicité des Anjou-Villages Brissac est étudiée par VINITERA. *Le Vigneron du Val de Loire* **272**, 8.

Présentations orales et affichées dans des congrès internationaux*, colloques** et séminaires techniques*** :

2010

- *ICP XXVème Conférence internationale sur les polyphénols, 23-27 août 2010, Montpellier (France).
    - Yves Cadot, Réjane Champenois, Soline Caillé, Alain Samson, Véronique Cheynier. Présentation d'un poster. "Composition and localization of extractable and no-extractable flavonoids in grape berries during ripening: what is the impact on wine sensory profiles?"
- *VIII International Terroir Congress, 14-18 juin, Soave (Italie).
    - Yves Cadot, Soline Caillé, Marie Thiollet-Scholtus, Alain Samson, Gérard Barbeau, Veronique Cheynier. Présentation d'une communication orale. Typicality related to terroir : from conceptual to perceptual representation. Study of the links with enological practises.
    - Réjane Champenois, Yves Cadot, Soline Caille, Alain Samson et Véronique Cheynier. Présentation d'un poster. "Typicité et terroir: importance relative du type de sol et du niveau de maturité dans la typologie sensorielle du vin."
- ***Assemblée générale du SAD, 27-29 janvier 2010, Agay (France).
    - Yves Cadot. Présentation d'une communication orale "Le potentiel phénolique du Cabernet franc : diffusion auprès des acteurs de la filière d'une synthèse de 9 années de recherche."

2009

- ***Journée Techniloire Rouges de Cabernet Franc: Adapter son itinéraire technique au marché ciblé. 09/07/2009 - Abbaye de Fontevraud (France).
    - Yves Cadot. Présentation d'une communication orale. "Comment choisir sa date de récolte en fonction du produit à élaborer ?"
- *In Vino Analytica Scientia, 2-4 juillet 2009, Angers (France).
    - Yves Cadot, Soline Caillé, Alain Samson, Gérard Barbeau, Véronique Cheynier. Présentation d'une communication orale. "Study of sensory dimension of the wine typicality related to a terroir by QDA, JAR analysis and typicality assessment."

- Yves Cadot, Rejane Champenois, Michel Chevalier, Véronique Cheynier. Présentation d'un poster. "Extractable and non-extractable flavonoids during winemaking in relation with stage of ripening in grapes of Vitis vinifera L. var. Cabernet franc."

- **Euroviti, 15 janvier 2009, Angers (France).
  - Yves Cadot. Présentation d'une communication orale. "La "maturité" phénolique du Cabernet franc : les enjeux et les pistes à explorer."
- **5e Rencontres du Végétal, 13-14 janvier 2009, Angers (France).
  - Yves Cadot, René Morlat, Gérard Barbeau, Alain Samson et Soline Caillé. Présentation d'un poster. "Etude de la dimension sensorielle de la typicité des vins liée au terroir. Mise en correspondance avec l'espace produit."

2008

- *VII Congrès International des Terroirs Viticoles. 19-23 mai 2008, Nyons (Suisse).
  - Yves Cadot, Alain Samson, Soline Caille, Marie Thiollet-Scholtus, Cécile Coulon et René Morlat. Présentation d'une communication orale. "Study of the sensory dimension of the wine typicality related to a terroir and crossing with their viticultural and enological characteristics."
  - Réjane Champenois, Yves Cadot, Gérard Barbeau, Nicolas Bottois et Gérard Barbeau. Présentation d'un poster. "Influence de la relation entre le millésime et les facteurs environnementaux sur les tanins condensés des raisins de Cabernet franc."
- ***Séminaire technique InterLoire, 11/07/2008, Angers (France).
  - Yves Cadot. Présentation d'une communication orale. "Le potentiel phénolique du Cabernet Franc."
- *** Viniflore, 22-23 novembre 2008, EPLEA Edgar Pisani, Montreuil-Bellay (France)
  - Yves Cadot. Présentation de 8 affiches A3. « Le potentiel phénolique du Cabernet franc en huit questions-réponses ».

Sommaire

INTRODUCTION. 1

1. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE. 6

1.1. TERROIR ET TYPICITE 7

1.1.1. TERROIR 7

1.1.1.1. Le terroir : entité agronomique ou territoire ? 8

1.1.1.2. Le terroir : diversité des milieux. 9

1.1.1.3. Le terroir : un ensemble d'interactions complexes. 9

1.1.2. TYPICITE 11

1.1.2.1. Notion de typicité 11

1.1.2.2. Evaluation de la typicité 14

1.1.2.3. Perception de la typicité et expertise 15

1.2. **MATURITE DU RAISIN, COMPOSES PHENOLIQUES ET QUALITE DU VIN** **16**

1.2.1. LA BAIE DE RAISIN 16

1.2.1.1. Structure de la baie de raisin 16

1.2.1.2. Développement de la baie de raisin 19

1.2.2. LES COMPOSES PHENOLIQUES 20

1.2.2.1. Les anthocyanes 21

1.2.2.2. Les flavanols 21

1.2.3. EVOLUTION DES FLAVONOÏDES. 23

1.2.3.1. Effet du niveau de maturité 23

1.2.3.2. Effets du cépage et des facteurs du milieu 25

1.2.3.3. Hétérogénéité des vendanges et qualité des vins. 25

1.2.4. NOTION DE « MATURITE PHENOLIQUE » 27

1.2.5. COMPOSES PHENOLIQUES ET CARACTERISTIQUES DES VINS. 30

1.2.5.1. Composés phénoliques et qualités organoleptiques des vins. 30
1.2.5.2. Extractibilité des composés phénoliques durant la cuvaison. 30
1.2.5.3. Composition polyphénolique des vins. 31

2. DEMARCHE SCIENTIFIQUE. 34

2.1. OBJECTIFS 34
2.2. HYPOTHESES 35
2.3. DEMARCHE 36

3. REPRESENTATIONS SENSORIELLES DE LA TYPICITE. 38

3.1. REPRESENTATION SENSORIELLE DE LA TYPICITE 38
3.1.1. INTRODUCTION 38
3.1.2. ETUDE DE LA REPRESENTATION CONCEPTUELLE 38
3.1.3. ETUDE DE LA REPRESENTATION PERCEPTUELLE 40
3.2. MATERIELS & METHODES 40
3.2.1. VINS 41
3.2.2. L'ENQUETE AGRO-VITI-OENO SENSORIELLE (AVO SENSORIELLE) 45
3.2.3. ANALYSES SENSORIELLES 45
3.2.3.1. Jury « professionnels » 45
3.2.3.2. Profil Just About Right 46
3.2.3.3. Question de typicité. 49
3.2.3.4. Jury expert. 50
3.2.3.5. Profil Conventionnel. 50
3.2.4. DONNEES BIOCHIMIQUES 52
3.2.5. ANALYSES STATISTIQUES 52
3.2.5.1. Coefficients de corrélation de Pearson et Spearman 52
3.2.5.2. Analyse de la Variance (ANOVA) 53
3.2.5.3. Tests de Tukey et de Newman-Keuls 53
3.2.5.4. Analyse en Composantes Principales (ACP) 54
3.2.5.5. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) 55
3.2.5.6. Analyse Factorielle Multiple (AFM) 55
3.2.5.7. Analyse de pénalités 57
3.2.5.8. Cartographie de préférence (PREFMAP) 58
3.2.6. LOGICIELS 58

3.3. LA REPRESENTATION CONCEPTUELLE 59
3.3.1. L'IMAGE DES VINS « ANJOU VILLAGES BRISSAC » 59
3.3.1.1. Fréquence des réponses à la question Senso2. 60
3.3.1.2. Poids des réponses à la question Senso2. 61
3.3.2. PROPRIETES D'APPARTENANCE 61
3.3.2.1. Fréquence des réponses à la question Senso3. 61
3.3.2.2. Poids des réponses à la réponse Senso3. 63
3.3.3. PROPRIETES DE DISTINCTION 63
3.3.3.1. Fréquence des réponses à la question Senso4. 64
3.3.3.2. Poids des réponses à la réponse Senso4. 64
3.3.4. PROPRIETES D'APPARTENANCE ET DE DISTINCTION 65
3.3.5. IMPORTANCE DES FACTEURS DE PRODUCTION DANS L'EFFET TERROIR. 66
3.3.5.1. Fréquence des réponses à la question Senso5. 67
3.3.5.2. Poids des réponses à la question Senso5. 67
3.3.6. ETUDE DU CONSENSUS 69
3.3.6.1. Analyse unidimensionnelle. 70
3.3.6.2. Analyse multidimensionnelle. 71
3.3.7. CONCLUSION 76
3.4. TYPICITE PERCEPTUELLE 76
3.4.1. MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF SUR LES VINS DU MILLESIME 2005 77
3.4.2. REPRESENTATION GLOBALE DE LA TYPICITE 97
3.4.2.1. Scores de typicité 98
3.4.2.2. Consensus entre juges 100
3.4.3. TYPICITE ET DESCRIPTEURS SENSORIELS. 102
3.4.3.1. Approche unidimensionnelle 102
3.4.3.2. Approche multidimensionnelle. 111
3.4.3.3. Liens entre millésimes 123
3.4.3.4. Consensus des panélistes 126
3.4.4. LIEN ENTRE LA PERCEPTION SENSORIELLE ET LES FACTEURS DU TERROIR. 134
3.4.4.1. Corrélations avec les descripteurs sensoriels. 135
3.4.4.2. Corrélations avec la typicité. 137
3.5. TYPICITE : DE LA REPRESENTATION CONCEPTUELLE A LA REPRESENTATION PERCEPTUELLE. 141
3.5.1. ETUDE SUR LE MILLESIME 2005 142
3.5.2. TYPICITE CONCEPTUELLE ISSUE DU PROFIL JAR : LE VIN IDEAL. 158

4. ETUDE DU LIEN ENTRE LA DATE DE RECOLTE, LA NOTION DE « MATURITE PHENOLIQUE » ET LA TYPICITE. 163

4.1. INTRODUCTION 163

4.2. ETUDE DE L'EVOLUTION DE LA COMPOSITION DES COMPOSES PHENOLIQUES A L'ECHELLE DES TISSUS ET DES CELLULES AU COURS DE LA MATURATION, ET RELATION AVEC L'EVOLUTION DE LA COMPOSITION MOYENNE ANALYSEE PAR HPLC. 165

4.3. ETUDE DE LA RELATION ENTRE L'EVOLUTION DE LA COMPOSITION DES BAIES EN FIN DE MATURATION ET L'APTITUDE DES COMPOSES PHENOLIQUES A ETRE EXTRAITS. 188

4.3.1. MATERIELS ET METHODES 188

4.3.2. RESULTATS DISCUSSION 192

4.4. ETUDE DE LA RELATION ENTRE LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DE LA MATURITE PHENOLIQUE (COMPOSITION ET EXTRACTIBILITE) ET LE PROFIL SENSORIEL DES VINS OBTENU 200

4.5. ETUDE COMPAREE DE L'INCIDENCE DE LA DUREE DE CUVAISON ET DU NIVEAU DE MATURITE, SUR LE PROFIL SENSORIEL DES VINS OBTENUS 215

4.5.1. MATERIELS ET METHODES 215

4.5.2. RESULTATS DISCUSSION 216

CONCLUSION 223

INDEX TABLEAUX ET FIGURES 227

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 235

ANNEXES 261

Liste des abréviations

ACP	Analyse en composantes principales.
AFM	Analyse factorielle multiple.
ANOVA	Analyse de la variance.
AOC	Appellation d'origine contrôlée.
AOP	Appellation d'origine protégée.
AR	Anjou rouge.
AVB	Anjou-villages Brissac.
C	Catéchine.
C_{18}	Octadécylsilice.
CAH	Classification ascendante hiérarchique.
DAD	Diode array détecteur (détecteur à barrette de diodes).
DAP	Degré alcoolique probable.
DMACA	*p*-diméthylaminocinnamaldéhyde.
DPm	Degré moyen de polymérisation.
EC	Epicatéchine.
ECG	Epicatéchine-3-O-gallate.
EGC	Epigallocatéchine.
IFC	Indice de Folin-Ciocalteu.
IPT	Indice de polyphénols totaux.
JAR	Just about right.
OCM	Organisation commune de marché
OUT	Outsider/Outlier.
PA	Penalty analysis (analyse des pénalités, utilisée dans le chapitre 3).
PA	Proanthocyanidines, (utilisée dans le chapitre 4).
PC	Profil conventionnel.
Pr	Probabilité.
QDA	Quantitative descriptive analysis. Marque déposée de Tragon corporation.
r	Coefficient de corrélation.
TAV	Titre alcoométrique volumique.
TBO	Toluidine blue O (bleu de toluidine).
UTB	Unité terroir de base.

Introduction

Introduction

Vins de terroir et styles de vins : quelles sont les relations entre le style de vin recherché et la mise en œuvre de certains actes techniques ?

Dans le cas de la production de vins « de terroir », un lien au terroir est revendiqué car il influence directement, le fonctionnement de la vigne, et la qualité du raisin. Cette relation est un élément essentiel de reconnaissance et de protection du système de production des vins d'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC). Pouvoir démontrer le lien qui relie le vin au terroir est un enjeu majeur de la viticulture française. La réforme de l'OCM vin (JOUE 2008) et le plan quinquennal de modernisation de la filière vitivinicole française (MAP 2008) en sont l'illustration. Ainsi, le lien au terroir doit figurer dans les cahiers des charges qui doivent être transmis à la commission européenne, l'argumentation devant porter sur la caractérisation géographique, les pratiques, la caractérisation du produit et le lien causal (JOUE 2009). Enfin, ce lien au terroir, mis en évidence, peut être un vecteur de communication pertinent si les consommateurs se l'approprient.

Cependant, ce lien au terroir peut être difficile à démontrer, pour plusieurs raisons.

(i) Le terroir est un système complexe, avec à la base des sols caractéristiques (mais pas toujours homogènes), des cépages adaptés (mais parfois en proportions variables) et des pratiques locales, loyales et constantes (mais parfois peu précisées).

(ii) La qualité et les caractéristiques sensorielles du produit ne sont pas ou peu définies, en dehors de quelques caractéristiques analytiques. En effet, les caractéristiques sensorielles des vins évoluent en fonction des millésimes mais également en fonction de l'évolution des techniques et des connaissances. En outre, la typicité ne correspond pas à une qualité, au sens d'une norme, mais plutôt d'un style, de propriétés « remarquables ». Ces propriétés remarquables, cette typicité liée au terroir, ou "style" de vin, correspond à la notion "d'air de famille" : chaque vin est différent, mais certaines caractéristiques sont partagées par la famille. Ce ne sont pas les caractéristiques qui sont spécifiques, mais un ensemble de caractéristiques, liées, qui sont partagées.

(iii) Si les caractéristiques sensorielles sont remarquables, leur perception dépend du groupe humain pris en référence : viticulteurs, acteurs de la production, consommateurs, etc. Par ailleurs, un consensus doit émerger de ce groupe,

malgré l'hétérogénéité liée à des différences physiologiques ou culturelles. Enfin, il peut exister des divergences entre image idéelle de la typicité, et l'image ressentie e/ou recherchée.

Dans le cas de la production de vins rouges, les descripteurs sensoriels qui ressortent des jurys d'experts correspondent, pour une partie importante, à des caractéristiques associées aux composés phénoliques (Gawel *et al.* 2000). Ces composés sont des éléments très intéressants à étudier pour deux raisons :

(i) Ils « caractérisent » le vin car ils participent fortement aux critères de qualité des vins rouges (couleur, astringence, amertume…).

(ii) Ils « illustrent » l'effet terroir car ils constituent des éléments essentiels dans les interactions entre la vigne et son environnement physique et biologique (relations avec les pathogènes, la lumière, l'alimentation hydrique et azotée …) et résultent de choix techniques identifiables (date de vendange, mode de vinification, …).

Cependant, les relations liant une qualité particulière de vendange et les caractéristiques du vins sont encore mal élucidées, en partie parce que l'évolution des composés phénoliques au cours de la maturation et leur aptitude à être extraits lors de la vinification diffèrent suivant les situations, sans qu'on connaisse les facteurs responsables de ces différences.
Ainsi, si la date de récolte est un moment important dans le cycle de production et si elle est susceptible d'avoir des conséquences importantes concernant le style final du vin, son effet sur la qualité, et donc sur la typicité du vin, n'est pas complètement élucidé.

Finalement, dans le cas des vins revendiquant un lien au terroir, la typicité correspond à des propriétés caractéristiques de la famille et permettant aux vins de se distinguer des autres familles. Ces propriétés doivent être remarquables et partagées. Le lien causal entre typicité et terroir peut être étudié par l'analyse des relations entre la perception conceptuelle et sensorielle de la typicité, les facteurs liés au terroir (géographique et pratiques de vendange/ vinification), la composition phénolique, et les caractéristiques sensorielles des vins.

L'objectif de l'étude est triple :

(i) Etudier la dimension sensorielle de la typicité, idéelle ou perceptuelle, pour mettre en évidence des caractéristiques de distinction, d'appartenance et d'évaluer le consensus.

(ii) Etudier le « lien au terroir » pour mettre en évidence la prévalence de certains facteurs, comme le type de sol, le choix du cépage, ou les pratiques œnologiques liées à la date de vendange et de la vinification associée dans l'élaboration des caractéristiques sensorielles conceptuelles ou perceptuelles.

(iii) Etudier le lien entre le choix de date de vendange, ses implications en matière de composition phénolique, et ses conséquences sur les caractéristiques sensorielles et sur la typicité du vin.

Les résultats de ces travaux devraient contribuer à expliquer le lien de causalité du terroir au vin, présenté comme un pilier du passage de l'Appellation d'Origine Contrôlée à l'Appellation d'Origine Protégée (AOP). Ces travaux devraient également permettre une meilleure valorisation par le vigneron de son produit. Il pourrait en découler, à terme, une optimisation de l'itinéraire technique viticole et oenologique, en fonction du terroir. Il pourrait également en découler, à terme, un meilleur partage entre les acteurs de la production. Ces deux éléments seraient de nature à renforcer l'expression de ce terroir et à améliorer la compétitivité des vins d'AOP.

La première partie du manuscrit est consacrée à l'état des lieux des connaissances. Les concepts de terroir et de typicité sont d'abord présentés. Puis, la maturité du raisin, la composition de la vendange en composés phénoliques, et les conséquences sur les caractéristiques des vins sont décrits.
La seconde partie présente la problématique générale de la thèse et les grands traits de la démarche.
La troisième partie présente les liens (i) entre les représentations conceptuelle et perceptuelle de la typicité, (ii) entre les représentations de la typicité et les actes techniques associés aux chantiers de vendanges/vinification.
La quatrième partie présente (i) l'étude de l'évolution de la composition phénolique de la vendange, de l'aptitude des composés phénoliques à être extraits, en fonction du niveau de maturité des baies (ii) l'étude de l'incidence du choix de date de vendanges et du mode de vinification sur les caractéristiques sensorielles des vins et leur degré de typicité.

Etude bibliographique

1. Etude bibliographique.

L'objectif de cette étude bibliographique est de dresser un état des lieux des connaissances actuelles concernant le lien au terroir, mais également concernant les relations entre le terroir, la composition du raisin et son « potentiel » polyphénolique. La première partie est consacrée aux notions de terroir et de typicité. La seconde partie est consacrée à la composition en polyphénols de la baie de raisin, les relations avec le milieu, le fonctionnement de la plante et les pratiques de vinification.

1.1. Terroir et typicité

En Europe, et plus particulièrement en France, le vin est un produit considéré comme spécifique, comparé aux autres produits alimentaires. Cette singularité s'explique notamment par le fait qu'il s'agit d'un produit qui, directement associé à la notion de terroir, véhicule un poids culturel important. Cette association au terroir multiplie les références produits et complexifie grandement son choix et sa consommation. Selon Capus (Capus 1947) « l'appellation d'origine n'est pas une simple indication de provenance ; il s'y attache une certaine idée d'originalité et de qualité ... elle doit offrir au consommateur des garanties d'authenticité : il faut que le vin provienne effectivement de la région désignée par cette appellation. Mais cela ne suffit pas : dans le périmètre d'une région géographique ainsi désignée, il existe presque toujours, à coté des terrains aptes à la production de vins fins, des sols d'une autre nature, propres seulement à la culture des prairies ou des céréales, ou même des terrains marécageux... qui ne peuvent produire que des vins de qualité inférieure. Il ne suffit donc pas de garantir l'authenticité du produit, il importe encore d'en assurer la qualité, dans la mesure où elle dépend du sol et des cépages. »

Selon le code de la consommation (République Française 1993), « Constitue une appellation d'origine la dénomination d'un pays, d'une région ou d'une localité servant à désigner un produit qui en est originaire et dont la qualité ou les caractères sont dus au milieu géographique, comprenant des facteurs naturels et des facteurs humains ». Les caractéristiques associées au terroir réfèrent à la notion de « typicité ».

Un produit « typique » est ainsi représentatif de son « terroir ». Un vin d'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) est un vin qui associe une origine géographique à des caractéristiques sensorielles spécifiques, issues du ou des « terroirs » d'où il provient. Il résulte de la combinaison des conditions de production, associées à son origine, exprimée par le savoir-faire du producteur.

1.1.1. Terroir

Selon le Larousse 1995, le terroir est défini comme : « (i) ensemble de terres d'une région, considérées du point de vue de leurs productions agricoles: *Ces vins ont un goût de terroir. (ii)* province, campagne, considérées sous le rapport de certaines habitudes spécifiques: *Elle a gardé l'accent du terroir. Les mots du terroir. Un écrivain du terroir. ».* Selon Rey (Rey 1998), le terroir tient son origine de *territorium*, et désigne la terre, considérée pour ses aptitudes agricoles. L'Organisation Internationale de la Vigne et du Vin a adopté, par consensus, la définition suivante du terroir (OIV 2010b) : « le terroir vitivinicole

est un concept qui se réfère à un espace sur lequel se développe un savoir collectif des interactions entre un milieu physique et biologique identifiable et les pratiques vitivinicoles appliquées, qui confèrent des caractéristiques distinctives aux produits originaires de cet espace ».

1.1.1.1. Le terroir : entité agronomique ou territoire ?

Quand il s'agit de définir la notion de terroir, deux conceptions s'opposent. Une conception strictement physique, définie en termes d'aire géographiquement limitée (Laville 1990; Meinert and Busacca 2000; Morlat and Asselin 1992). Selon Morlat (Morlat 1998) chaque milieu présente trois composantes majeures : un faciès pétrographique, une séquence pédologique et un paysage associé. Cependant, l'approche du terroir comme simple entité physique est limitée et imparfaite. Dans ce cas, si un terroir peut avoir un potentiel particulier, il peut ne pas s'exprimer. Le terroir peut être élargi aux cépages, à leur capacité à s'adapter aux conditions particulières du milieu physique (Bodin and Morlat 2003; Capus 1947; Carey *et al.* 2007; Deloire *et al.* 2002; Leeuwen *et al.* 2004; Seguin 1983; Stefanini *et al.* 2003).

La seconde approche intègre une dimension humaine et collective. Si le milieu peut être « prédisposé », ce sont les activités humaines qui peuvent révéler ce potentiel (Berard and Marchenay 2006). Pour que les potentialités du cépage puissent être révélées, des techniques viticoles (mode de conduite, date de vendange) et des modes d'élaboration (type de vinification, élevage) doivent y être appliquées (Carbonneau 2001). L'importance de ces choix est variable selon les années et les itinéraires (association de plusieurs techniques). Depuis les années 1970, la plupart des travaux scientifiques conduits sur les thématiques du terroir agro-cultural ont été focalisés sur les relations entre la qualité du raisin et du vin et quelques variables environnementales (Vaudour 2003). Ces choix, qui sont le fruit de savoir-faire et d'usages, sont également sous influences « externes », comme la conséquence de contraintes réglementaires, environnementales ou économiques (Deloire *et al.* 2008a).

Les savoir-faire mais également l'environnement dans lequel s'élabore le vin deviennent essentiels. Ainsi, le terroir, outre un espace géographique délimité, est défini par une communauté ayant construit un savoir collectif de production, fondé sur des interactions entre le milieu physique, biologique et des facteurs humains, où les itinéraires socio-techniques révèlent une originalité et engendrent une réputation (Casabianca *et al.* 2005). Cependant, cette nouvelle dimension du terroir rend compte de la difficulté à « dénouer » les liens entre le terroir et le produit, car elle nécessite autant une approche bio-technologique qu'une approche socio-économique (Barjolle *et al.* 1998). Les facteurs humains du terroir

sont plus difficiles à évaluer, non pas parce qu'ils ne sont pas identifiables ou qu'ils sont plus difficiles à caractériser (quoique le savoir-faire puisse être parfois difficile à décrire), mais parce qu'ils sont moins constants que les facteurs naturels.

En simplifiant, en limitant le terroir au seul milieu physique, des relations sont aisément identifiables entre celui-ci et le produit, mais elles ne peuvent sans doute pas prétendre expliquer l'ensemble de ce qui caractérise le produit revendiquant un lien au « terroir ». À l'opposé, en élargissant le terroir aux acteurs, il doit être possible de décrire de manière exhaustive ce qui caractérise le vin « de terroir », au prix d'une approche beaucoup plus complexe.

1.1.1.2. Le terroir : diversité des milieux.

Le terroir, au sens de milieu physique, est généralement considéré comme une entité géographique homogène fondée sur des facteurs naturels. Une région viticole est alors une association de milieux juxtaposés. Une même appellation, aussi petite soit-elle, est constituée de plusieurs unités de base. Par exemple, dans le domaine viticole, Morlat (Morlat 1998) a développé le concept d'Unité de Terroir de Base (UTB), correspondant à une unité territoriale homogène. Monnet, dans le domaine fromager (Monnet *et al.* 2000), a proposé le concept d'Unité Agro-pédologique Prairiale (UAP), intégrant des données botaniques, permettant de découper l'aire de production du Comté en zones homogènes. Le recoupement des UAP avec les 'crus' identifiés sensoriellement par expertise a montré un lien significatif. Cependant, pour chaque producteur, chaque production correspondait à plusieurs UAP. Dans les études de Morlat sur l'AOC Coteaux du Layon-Chaumes, correspondant à 65 Ha environ, ont été répertoriées 28 UTB.

La diversité des milieux sur une même zone n'est pas contraire à l'unicité du terroir, au sens de l'AOC. La diversité sous-entend alors, soit une adaptation des pratiques agro-viticoles à chaque milieu pour obtenir un produit « typique », soit une logique d'assemblages, où ce sont les assemblages qui confèrent la « typicité ». Certaines AOC sont considérées comme homogènes d'un point de vue agronomique, comme par exemple les Graves dans le Bordelais (Fanet 2008). Néanmoins, il est toujours possible de mettre en évidence des différences d'ordre pédologique ou climatiques. Le terroir n'est donc pas forcément une aire homogène d'un point de vue pédo-climatique, mais il est un espace humain ayant une « histoire commune ».

1.1.1.3. Le terroir : un ensemble d'interactions complexes.

Si ce sont bien les facteurs du milieu (somme de température, alimentation hydrique, richesse minérale...) qui fixent le niveau des productions végétales, la connaissance des

caractéristiques du milieu ne permet pas *a priori* de repérer la combinaison déterminante (Cadot 2006). Le premier facteur retenu comme source de variabilité spatiale et temporelle est le climat (Huglin and Schneider 1998; Jones and Davis 2000). La diversité des sols, tant du point de vue de leur texture que de leur profondeur, génère une autre source importante de variabilité. À l'échelle de l'exploitation viticole, ces deux niveaux de variabilité sont depuis longtemps intégrés et sont ainsi à la base de la notion de terroir. Cela se traduit généralement par une gestion différenciée des parcelles. Celle-ci conduit à moduler les interventions culturales selon les différentes zones rencontrées dans l'exploitation, voire au sein même d'une parcelle. C'est l'adaptation de techniques culturales et œnologiques à un contexte (sol – climat - cépage) qui a été à l'origine de l'apparition de crus (Hinnewinkel 2004b).

La détermination du potentiel d'un vignoble peut-être faite par la caractérisation physico-chimique du sol. Cette approche par la délimitation « parcellaire » est très répandue ; de nombreux travaux scientifiques ont permis de développer différentes approches (Bodin and Morlat 2006; Bowen *et al.* 2005; Coipel *et al.* 2006; Courjault-Rade *et al.* 2005; Dumas *et al.* 1997; Goulet *et al.* 2003; Koundouras *et al.* 2006; Meinert and Busacca 2002; Monnet *et al.* 2000; Morlat and Bodin 2006; Tesic *et al.* 2002a; b; Vaudour *et al.* 1998). Dans ce cas, la validation est obtenue par la détermination des potentiels biologiques (fonctionnement de la plante et composition du raisin). Cependant, si cette caractérisation est nécessaire, elle demeure insuffisante. Pour ces raisons, la caractérisation des terroirs par la délimitation parcellaire est couplée à une caractérisation du vin (Brossaud *et al.* 1998; de Andres-de Prado *et al.* 2007; Goldner and Zamora 2007; McCloskey *et al.* 1997). Par contre, peu d'études ont intégré également les pratiques viticoles et oenologiques issues des savoir-faire.

La vigne est une plante cultivée délibérément sous contraintes, avec des objectifs agronomiques complexes (expression de caractères aromatiques, résistance aux pathogènes induite, etc.). Ces contraintes concernent les 3 principaux intrants : la lumière, l'azote et l'eau (Champagnol 1984). La vigne est une espèce pérenne à longue durée de vie (plusieurs dizaines d'années). Les interventions viticoles sont nombreuses, au niveau du sol et de la vigne. De plus, l'expression du potentiel de la vendange, dans le cas de la vinification en rouge, est conditionnée par la phase complexe de fermentation-macération (diffusions, extractions, condensations, , oxydations, etc.) et par l'élevage du vin (oxydations et réductions, polymérisations, condensations, estérifications et hydrolyses, salifications, précipitations, etc.). Le vigneron dispose de nombreux itinéraires œnologiques pour aboutir au produit final mis sur le marché. L'étude de ces interactions est donc très complexe.

1.1.2. Typicité

1.1.2.1. Notion de typicité

Le terme « typicité » traduit ce qui est typique. Selon le Larousse 1995, la typicité est définie comme un « ensemble des caractéristiques qui font la particularité d'un aliment ». D'après Salette (Salette 1997), le terme de « typicité » est défini par « le modèle, la référence, la forme idéale, qui réunit au plus haut degré les propriétés, les traits, les caractères essentiels d'une classe d'êtres ou de choses de même nature, de même catégorie ». Selon le Robert 1997, le terme "typicité est apparu vers 1980, ce mot vient de typique. En oenologie, il représente l'ensemble des caractéristiques d'un vin, résultant du cépage, de la terre, des techniques de vinification, etc.". Ainsi, selon le Robert, ce terme est récent, et s'applique en premier lieu aux vins. Le fait que ce terme soit récent, et qu'il s'applique à un produit dont l'origine remonte à plusieurs millénaires, peut laisser penser qu'il est l'expression d'un besoin apparu récemment, soit d'une meilleure différenciation du produit par les producteurs, soit d'une recherche de propriétés particulières par les consommateurs. Ce terme est apparu dès 1979/1980 pour caractériser d'un point de vue sensoriel des vins expérimentaux issus de différents terroirs. Il sera alors utilisé par Asselin, Salette et Morlat (Asselin *et al.* 1983; Asselin *et al.* 1992; Salette *et al.* 1998). Pour les vins d'AOC, la typicité, qui correspond aux caractéristiques biochimiques et sensorielles, est l'expression la plus synthétique du sol, contribuant à produire un vin d'AOC comme étant un produit original (Letablier and Nicolas 1994; Salette *et al.* 1998). Selon Sauvageot (Sauvageot 1994), la notion de typicité inclut un jugement de valeur car elle est synonyme de qualité pour les produits agroalimentaires. Lorsque le concept de typicité est appliqué à l'oenologie, il correspond aux caractéristiques générales résultant du cépage, du sol et des techniques oenologiques employées. Ainsi, la typicité inclut des dimensions sensorielles, techniques et environnementales et peut être définie comme un ensemble de propriétés de distinction et d'appartenance (Casabianca *et al.* 2005).

Il est généralement admis que l'expression "aliment traditionnel" se réfère à un produit issu de matières premières spécifiques, produites selon un procédé spécifique et connu de longue date. Pour Cayot (Cayot 2007a; b) ces produits partagent des caractéristiques sensorielles, appelées typicité. Tregear (Tregear 2007) parle de proximité, de produits alimentaires « locaux, pour expliquer la notion de typicité.

Pour Giraud (Giraud 2001; 2005) « la typicité est une notion qui hésite entre le monde de la production, dont elle est originaire, et celui de la consommation, où elle opère ». Ainsi, la typicité peut être vue (i) du point de vue de la production, comme un trait de caractère

distinctif d'un produit, fondé sur un lien au lieu (ii) du point de vue de la consommation, elle peut être considérée comme le degré de représentativité d'un objet dans une catégorie. Giraud distingue ces deux notions par les termes "typicité" et "typicalité". Le renvoi à cette notion de typicalité vise à simplifier le choix du consommateur et à éliminer toute surprise en développant une préférence gustative par l'habitude. Selon Rosch et Mervis (Rosch and Mervis 1975) la typicité est un concept de psychologie cognitive, correspondant à la reconnaissance d'un objet comme étant représentatif de sa catégorie. Chrea *et al.* (Chrea *et al.* 2005) associent le terme « typicality » à une catégorisation perceptuelle d'une odeur, où les odeurs seraient classées selon un gradient de typicité dans une catégorie d'odeur. Le terme « typicality » serait associé à un degré de représentativité d'une odeur dans une catégorie. De même pour Ballester (Ballester *et al.* 2005; Ballester *et al.* 2008), cette reconnaissance serait basée sur un continuum sensoriel, c'est à dire qu'il n'existerait pas de frontière définie. Cette catégorie serait alors organisée le long d'un gradient de typicité, du plus représentatif au moins représentatif, où les produits typiques partageraient de nombreuses caractéristiques avec la plupart des produits de la catégorie, et peu de caractéristiques avec les autres catégories. Dans leurs travaux, ils ont ainsi mis à évidence un gradient de représentativité, avec des vins peu représentatifs du concept Chardonnay, et des vins très représentatifs. Par ailleurs, la capacité à distinguer des Melons et des Chardonnays selon un gradient de typicité était meilleure chez des experts que chez des novices (Ballester *et al.* 2005). Chollet, Valentin et Adbi ont ainsi montré que si des experts discriminaient mieux des bières (qu'ils avaient préalablement appris à déguster) que des novices, leurs performances devenaient équivalentes dès qu'il s'agissait de nouvelles bières (Chollet *et al.* 2005). Ainsi, dans la notion de typicité, ou de performance dans la construction d'un gradient de typicité, l'expérience ou l'apprentissage semblent importants.

Selon Cadot, la typicité n'est pas synonyme de qualité (Cadot 2006) :« Un produit typique n'est pas synonyme de produit de qualité : un produit « bien fait » peut ne pas être typique, de la même manière, certains défauts du « standard » peuvent faire la typicité, comme par exemple le faible niveau de gaz et la teneur élevée en acidité volatile des « sidra » des Asturies. Néanmoins, un produit candidat peut se voir refuser pour des motifs de qualité. De plus, dans la mesure où il existe une variété de produits appartenant au groupe, et où chaque produit est à priori « également » typique, il ne s'agit pas d'une norme, définie par une valeur et des écarts à cette moyenne. La qualité résulte d'un compromis raisonné alors que la typicité est issue de la volonté de consensus. » Selon Salette, "estimer qu'un vin est typique ce n'est pas exiger sa correspondance à un standard fixe, c'est simplement le reconnaître comme faisant partie d'une même famille" (Salette 2006).

Le mot typicité exprime la notion de spécificité. Cette notion est ambivalente, puisque la spécificité est à la fois similarité et dissemblance. La similarité résulte de la possible reproduction de cette spécificité, donnant au produit un caractère relativement homogène dans le temps, tandis que la dissemblance résulte de l'existence pour un produit de caractères qu'il ne partage pas avec d'autres (Trognon 2005).

Reprenant cette notion de spécificité, d'apprentissage, et de lien avec la qualité, Casabianca, Sylvander, Béranger, Coulon et Roncin proposent la définition suivante (Casabianca *et al.* 2005) : "la typicité d'un produit issu de l' agriculture est la propriété d'appartenance à un type basée sur des savoirs de reconaissance et construite sur les spécificités du type. Elle exprime également une propriété de distinction de sa catégorie par rapport aux produits similaires ou comparables, qui fonde l'identité au type. Elle comporte une variété interne au type et ne doit pas être confondue avec la conformité à une norme".

Dans une AOC, il existe une certaine variabilité. Ainsi, reprenant les travaux de Casabianca (Casabianca *et al.* 2005), Cadot explique cette variabilité de la manière suivante « Cette typicité est plurielle, puisque au sein d'une même appellation, il peut exister des divergences, par exemple liées à l'apparition d'une nouvelle technique. De même, elle évolue en fonction des tendances, de la mode ou de la pression des autres acteurs de la filière, distributeurs et consommateurs. Il n'empêche qu'il est du ressort de la collectivité vigneronne de définir si le vin est conforme aux critères sensoriels souhaités à un moment donné. » (Cadot 2006).

Outre des caractéristiques techniques et sensorielles, la typicité intègre des savoirs de plusieurs natures (Casabianca *et al.* 2005) : savoir établir, savoir produire, savoir évaluer et savoir apprécier. Savoir établir : l'identité d'un type est établie par une communauté dépositaire d'un savoir. Savoir produire : il s'agit de la capacité des opérateurs à conduire des processus orientés, dédiés. Savoir évaluer : quelles épreuves, quels paramètres et quels jugements ? Savoir apprécier : comment les consommateurs finaux peuvent-ils reconnaître le produit ; quels compétences et apprentissages expérientiels faut-il mettre en œuvre ; comment les clientèles se gèrent elles sur la durée ? (Cadot 2006).

Dans le cas des vins d'AOC, la typicité est une représentation du produit qui est partagée par un ensemble de vignerons. Les vins proviennent d'unités agro-pédologiques de nature parfois assez différentes, et sont issus d'itinéraires également variables. Néanmoins, ces producteurs partagent des savoir-faire, des usages, et surtout interagissent entre eux de manière continuelle. Il se dégage de la communauté l'idée de consensus. Pour Traversac *et al.* (Traversac *et al.* 2005) l'A.O.C. repose sur la production de règles communes et le consensus autour de ces règles est la base de la dynamique de l'appellation. Selon

Casabianca *et al.* (Casabianca *et al.* 2005), l'appartenance d'un produit à un type est appréciée par le groupe humain de référence sur la base de savoirs élaborés et capitalisés au cours du temps. C'est ce groupe humain de référence qui assume la genèse de la typicité puis qui en assure sa reconnaissance en choisissant les caractéristiques à retenir.

La typicité d'un vin doit être étudiée en considérant son appartenance à un type, mais également sa distinction. Il est essentiel d'étudier comment un vigneron élabore un produit typique, en relation avec différents mécanismes et en fonction de différents processus dédiés, de modes de culture et de vinification. S'il est tentant de vouloir modéliser le lien du milieu à un produit « typique », il apparaît plus opportun de s'intéresser à la dynamique de construction de vins typiques. La pérennité de ces systèmes de production est liée en particulier à leur capacité à évoluer de manière raisonnée (Cadot 2006).

Pour conclure sur la définition de la typicité, Bottois écrivait (Bottois 2007) : « La principale difficulté des vins d'AOC est d'assumer cette diversité et d'en faire un atout. S'il est sans doute plus facile de consommer un produit sans défaut mais banal, il est sûrement plus enrichissant et plaisant de consommer un produit original, pour peu que nous ayons les éléments nous permettant d'en comprendre la richesse. »

1.1.2.2. Evaluation de la typicité

Le profil sensoriel conventionnel a été précédemment utilisé dans l'étude du concept de typicité (Fischer *et al.* 1999; Perrin *et al.* 2008). Il est adapté de l'Analyse Descriptive Quantitative (Stone 1974; Stone and Sidel 1998) et est une méthodologie bien établie pour la description de la dimension sensorielle. Cependant, cette méthodologie a pour but de caractériser de manière exhaustive des produits (Barthelemy 1998a), et non pas de définir des caractéristiques sensorielles spécifiques d'une catégorie. Par ailleurs, selon Salette (Salette 1997), l'approche analytique et descriptive, qui consiste à juxtaposer des sensations, n'est pas adaptée à l'appréciation de la typicité, car elle ne peut pas être exclusivement évaluée sur des critères objectifs et quantifiables. Pour évaluer la dimension sensorielle de la typicité, d'autres outils ont été utilisés, comme le jugement de typicité (Ballester *et al.* 2005; Ballester *et al.* 2008; Dacremont and Vickers 1994; Moio *et al.* 1993; Parr *et al.* 2007; Preys *et al.* 2006) qui est une évaluation absolue de la typicité d'un produit avec la confrontation de la catégorie étudiée avec des catégories voisines, le profil libre (Perrin *et al.* 2007) qui est un profil sensoriel où la liste de descripteurs est généré par chaque panéliste et le napping (Perrin *et al.* 2008) où chaque panéliste doit déplacer les produits sur une carte en deux dimensions (une feuille de papier ou « nappe ») en fonction de leurs ressemblances et dissemblances. L'approche globale de la typicité (le jugement de typicité) semble adaptée

dans la mesure ou des critères subjectifs sont associés à des critères objectifs dans la réponse du juge. L'association de méthodes globales à des méthodes objectives, comme le profil conventionnel, peuvent constituer un dispositif adapté. L'utilisation de profils pour lesquels l'échelle est de type « idéal », ou « Just About Right », est une approche permettant d'évaluer des produits, ou des appariements de produits, sur une échelle d'idéal, puis de permettre d'évaluer le poids positif ou négatif de chaque descripteur dans le concept de produit idéal (Bastian *et al.* 2009; King and Cliff 2005).

1.1.2.3. Perception de la typicité et expertise

Un expert sensoriel est défini comme étant entraîné à l'utilisation de l'analyse sensorielle, et est reconnu comme pouvant effectuer les analyses de manière fiable. Il se différencie de l'expert produit, qui a une connaissance spécifique du produit, et qui est accoutumé à la description du produit, lors de son élaboration ou lors d'évaluations. Ainsi, selon Chollet, (Chollet and Valentin 2000) l'expert produit est caractérisé par « sa connaissance des vins, connaissance acquise à la suite de nombreuses dégustations, et par sa capacité à décrire des vins ». De la même manière, Nicod le définit comme « une personne qui, se confrontant très régulièrement au même univers produit, a développé des images sensorielles propres aux différents produits de son univers et utilise ces connaissances pour déguster et prendre des décisions liées au produit » (Nicod 1998). Plusieurs études ont traité de l'influence du niveau d'expertise dans la caractérisation des produits, et plus particulièrement des vins, en considérant les professionnels de la filière comme des experts produit (Ballester *et al.* 2008; Chollet and Valentin 2000; 2001; Gawel and Godden 2008; Lawless 1999; Parr *et al.* 2002; Parr *et al.* 2004; Perrin *et al.* 2007).

L'expertise peut être traduite en termes d'effets de l'entraînement. Ainsi, des travaux ont comparé des panels entraînés et des panels de novices (Chambers and Smith 1993; Chollet and Valentin 2001) et ont montré que l'entraînement avait un effet favorable sur la discrimination des produits, lié en particulier sur l'amélioration du consensus entre panélistes. Cela est confirmé par les résultats de Parr *et al.* (Parr *et al.* 2002; Parr *et al.* 2004) qui ont montré qu'il n'existait pas de différence en termes de sensibilité entre novices et experts.

L'expertise peut également se traduire par des capacités à mémoriser les produits précédemment dégustés. La mémorisation serait facilitée par la possession d'un système verbal spécifique, varié et précis (Chollet and Valentin 2000; Hughson and Boakes 2002; Valentin *et al.* 2003). Cependant, Parr *et al.* (Parr *et al.* 2004) ont montré que les experts avaient des capacités supérieures aux novices, non du fait de posséder un système verbal

spécifique et plus précis leur permettant de mieux mémoriser, mais d'une capacité d'imagination olfactive supérieure.

Finalement, la reconnaissance d'un produit par un expert relèverait plus de la reconnaissance d'un modèle que de la description sensorielle. Ainsi, un expert comparerait des caractéristiques d'un produit à des modèles de référence. Les travaux de Brochet et Dubourdieu montrent que les experts structurent leur langage du vin selon des prototypes (Brochet and Dubourdieu 2001). Zamora et Guirao *(Zamora and Guirao 2004)* montrent que les descriptions des experts sont basées sur des modèles de chardonnay typiques. Ballester *et al.* (Ballester *et al.* 2005) montrent que les experts construisent des concepts sensoriels, associés à des vins variétaux, enrichis par leur expérience.

Les facultés de perception sont *a priori* variables d'un individu à l'autre et par ailleurs, les prototypes étant dépendant de l'expérience des produits, la variabilité des prototypes entre les experts peut être importante (Zamora and Guirao 2004).

Finalement, les experts ne porteraient attention qu'à certains caractères, jugés pertinents, pour en extraire une impression générale (Hughson and Boakes 2002). Ce mode de fonctionnement semble particulièrement approprié dans le cas des jugements de typicité, où les perceptions sensorielles doivent être confrontées à un concept, et dont les perceptions seraient affectées hiérarchisées permettant la reconnaissance et la différenciation par rapport au prototype.

1.2. ***Maturité du raisin, composés phénoliques et qualité du vin***

Si le choix de la date de vendange est un élément critique dans la production de vins, il est associé, d'un point de vue technologique, à une composition particulière du raisin, permettant *a priori* d'obtenir un vin au style recherché. Parmi ces caractéristiques biochimiques, les composés phénoliques sont particulièrement importants dans le cas de la production de vin rouge. Cette deuxième partie de l'étude bibliographique est scindée en trois, dans un premier temps, des éléments liés à la baie de raisin sont étudiés. Dans un deuxième temps, les composés biochimiques d'intérêt (composés phénoliques) seront abordés. Dans un troisième temps, les relations entre la maturité du raisin, la composition en composés phénoliques et leur aptitude à diffuser seront présentés.

1.2.1. La baie de raisin

1.2.1.1. Structure de la baie de raisin

Le raisin est une baie charnue constituée d'un péricarpe et de 4 graines maximum. Le nombre de graines, ou pépins, est généralement sensiblement plus faible, autour de 2 (Galet

1993). Le péricarpe est composé d'un exocarpe, d'un mésocarpe et d'un endocarpe. L'exocarpe, appelé pellicule, comprend la cuticule, les cellules de l'épiderme (petites cellules cellules isodiamétriques) et les cellules de l'hypoderme (cellules larges) (Fougere-Rifot *et al.* 1996; Fougere-Rifot *et al.* 1997). La structure de la baie est rappelée dans la Figure 1-2. Les vacuoles de ces cellules sont très riches en polyphénols (Amrani-Joutei et al. 1994; Fougere-Rifot et al. 1993; Gagne et al. 2006; Joutei et al. 1994). Le mésocarpe, appelé pulpe, est constitué de 25 à 30 couches de cellules. Durant la croissance herbacée ces cellules sont isodiamétriques. Durant la croissance de la baie elles s'agrandissent, les vacuoles de ces cellules représentent 99% de leur volume (Diakou and Carde 2001). Leurs parois sont fines et subissent des changements structuraux importants dès la véraison, qui sont à l'origine du ramollissement de la baie et de sa plus grande plasticité (Barnavon *et al.* 2000; Nunan *et al.* 2001; Nunan *et al.* 1998; Ojeda *et al.* 2001). L'endocarpe est la région la plus interne du fruit constituée d'une fine couche de cellules, délimitant les loges carpellaires qui contiennent les pépins. Concernant les composés phénoliques, les proanthocyanidines (tanins condensés) sont situées essentiellement dans l'exocarpe et dans les pépins (), les anthocyanes sont situées exclusivement dans l'exocarpe (Figure 1-3)sauf pour les cépages « teinturiers ».

Les pépins sont constitués d'un embryon, d'un albumen et d'un tégument et ils sont riches en huiles et en phénols (Winkler *et al*., 1974). Le tégument des pépins est constitué de la cuticule et de l'épiderme, du tégument externe, composé de larges cellules parenchymateuses, du tégument moyen composé de deux assises cellulaires et du tégument interne composé de trois assises cellulaires entourant l'endosperme. Les proanthocyanidines sont situées dans l'épiderme, dans les couches les plus internes du tégument externe, dans le tégument moyen et dans la couche interne du tégument interne (Cadot *et al.* 2006a).

La grappe est très hétérogène, notamment du point de vue du niveau de maturité (Coombe 1973; Coombe *et al.* 1987; Coombe and McCarthy 2000). D'un point de vue oenologique, la structure de la baie est décrite comme étant formée de trois compartiments, la pellicule, la pulpe et les pépins. Ces tissus ont une composition différente, et contribuent de manière variable à la composition finale du vin. Ainsi, en considérant la baie comme une sphère, pour les vins produits à partir de baies de petite taille, la contribution des pellicules et des pépins est donc plus importante (Walker *et al.* 2005). Par ailleurs, la taille des baies est sous la dépendance du nombre de pépins, la relation entre taille des baies et nombre de pépins étant quadratique (May 2000). Ainsi, plus les baies sont petites, plus les produits dérivés des pépins sont proportionnellement importants.

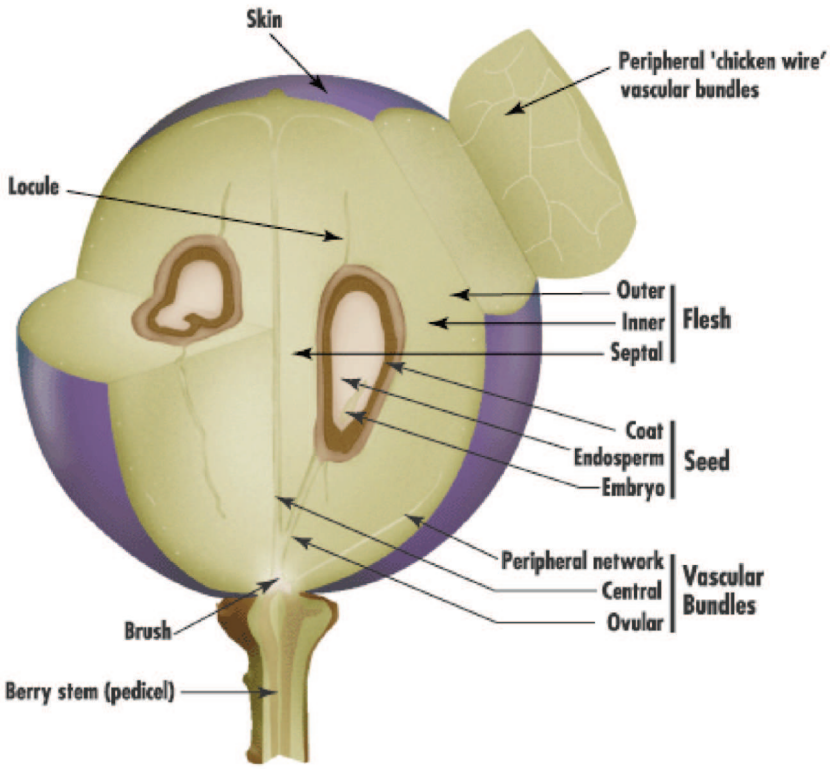


Figure 1-1. Structure d'une baie de raisin (Kennedy 2002).

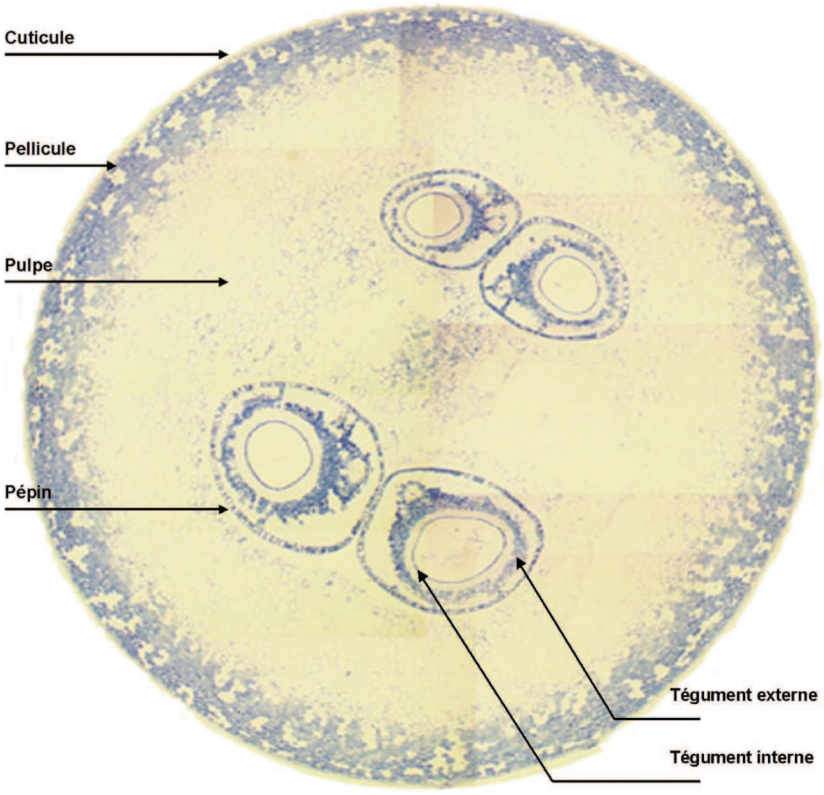


Figure 1-2. Structure de la baie de raisin. Nouaison + 11 jours. Cabernet franc. Coloration au DMACA. (Cadot *et al.* 2008)

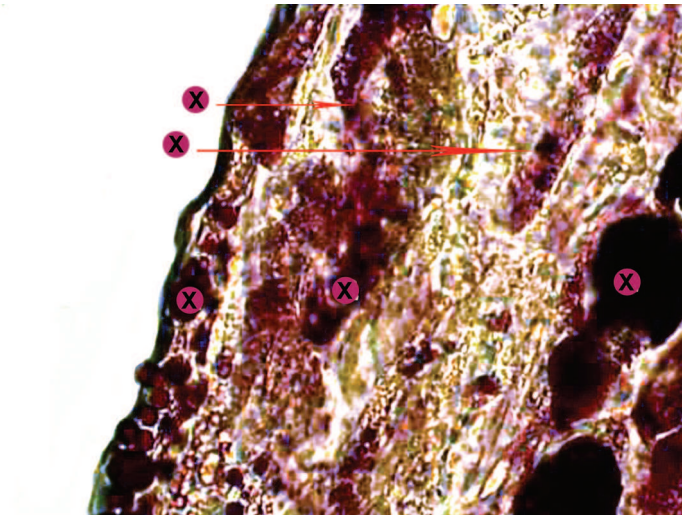


Figure 1-3. Coupe histologique de pellicule de Cabernet franc, obtenue avec un cryostat. Epaisseur de 15 µm. Les anthocyanes sont naturellement rouges au pH des cellules.(X). Les différences de nuances et d'intensités peuvent être liées à la nature des anthocyanes, leur concentration, à des variations de pH et à des co-pigmentations. (Cadot *et al.* 2008)

1.2.1.2. Développement de la baie de raisin

L'augmentation de la taille des baies suit une double sigmoïde, correspondant à deux périodes de croissance successibles séparées par la véraison (Coombe and McCarthy 2000; Ollat *et al.* 2002). La première période est une période de croissance herbacée. Elle débute après floraison, et dure environ 50 jours. Durant cette première période, la croissance des baies a lieu par division cellulaire, durant les premières semaines, et par grandissement cellulaire. La multiplication cellulaire est sous la dépendance du nombre de pépins. A la fin de cette période, le nombre total de cellules de la baie est établi. (Harris *et al.* 1968). La phase II ou *plateau herbacé*, est une phase de transition entre les deux cycles de croissance (*phase I* et *phase III*). Les baies arrêtent de croître et le métabolisme des baies est modifié (Robinson and Davies 2000). La phase III ou *maturation* a pour point de départ le début de la véraison et correspond à la seconde période de croissance. La *véraison* est caractérisée par le ramollissement du péricarpe, puis par le changement de couleur pour les cépages rouges. L'augmentation de la masse des baies durant la phase III est concomitante de celle de l'accumulation des sucres. En fin de maturation, les baies peuvent flétrir, sous l'action de pertes d'eau par les stomates, suggérant un blocage des flux par le phloème (McCarthy 1997; 1999; McCarthy and Coombe 1999).

Le développement du pépin peut également être divisé en trois phases (Figure 1-4). La phase I comprend la fertilisation et une période de division cellulaire rapide, où les différentes structures du pépin sont formées. Durant la phase II, le pépin accumule des éléments de réserve. L'augmentation de la teneur en eau reflète le mouvement d'eau entre les cellules, engendrant l'expansion cellulaire. Durant cette phase, le nombre de cellules n'évolue pas, l'augmentation de la taille des pépins est due à l'augmentation de la teneur en eau. Durant la phase III, l'accumulation d'éléments de réserve ralentit, puis s'arrête lorsque la maturité physiologique est atteinte (Cadot *et al.* 2006a; Egli 1998). La synthèse et l'accumulation de proanthocyanidines (tanins condensés) a lieu durant la première phase (Cadot *et al.* 2006a).

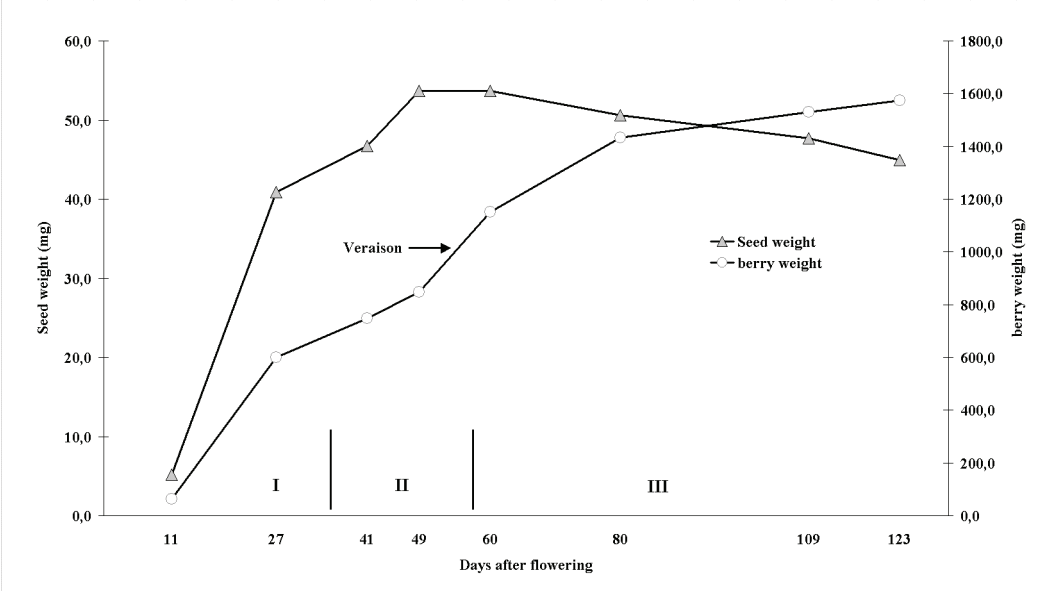


Figure 1-4Evolution de la masse des pépins et de la baie durant le développement de la baie. (I) phase de croissance herbacée ; (II) véraison ; (III) maturation. (Cadot *et al.* 2006a)

1.2.2. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des produits secondaire du métabolisme, largement répandus dans le règne végétal. Ils sont en particulier présents chez *Vitis vinifera*. Les principaux composés de cette famille contenus dans le raisin sont les acides phénols, les flavonols, les anthocyanes et les flavanols. Parmi ceux-ci, les anthocyanes (pigments rouges) et les flavanols (comprenant les tanins) jouent un rôle majeur dans la qualité des vins rouges.

La composition phénolique de la baie de raisin rouge est une information importante prise en compte par les viticulteurs et les vinificateurs par l'intermédiaire d'indices synthéthiques de « maturité phénolique ». En effet, les composés phénoliques sont des substances importantes en œnologie, particulièrement dans le cas des vins rouges. Ils sont responsables de la couleur et l'astringence de ces vins. De plus, certaines de ces molécules ont des propriétés antioxydantes (Aust 1997), bactéricides (Aust 1997; Jayaprakasha *et al.* 2003; Nicole *et al.* 1996; Roemmelt *et al.* 1999), et ont des propriétés leur permettant de prévenir une pathologie cardiovasculaire majeure, l'athéroschlérose (Auger *et al.* 2005), renforçant la perception de leur importance vis à vis des consommateurs.

Les flavonoides sont des composés dont la structure de base est en C6-C3-C6 (benzopyrone, Figure 1-5).

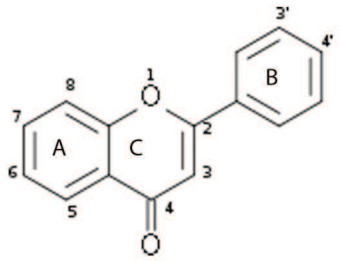


Figure 1-5. Structure de base benzopyrone.

1.2.2.1. Les anthocyanes

Les anthocyanes sont des pigments rouges et sont présentes dans la pellicule et exceptionnellement dans la pulpe (cépages teinturiers). Les anthocyanes sont localisées dans les vacuoles des cellules de la pellicule (épiderme et 3-4 premières assises cellulaires de l'hypoderme). Les anthocyanes existent sous forme de glycosides. L'estérification des sucres par des acides hydroxycinnamiques augmente la stabilité des molécules. La couleur des anthocyanes dépend de plusieurs facteurs, dont le type de substitution du noyau B (l'augmentation du nombre d'hydroxyles comme la methoxylation ont un effet bathochrome), du pH de la solution, d'interactions avec d'autres constituants du milieu (copigmentation), et de la formation de complexes avec les ions métalliques (Brouillard 1982; Darias-Martin *et al.* 2002; Talcott *et al.* 2003).

1.2.2.2. Les flavanols

Les flavanols sont situés essentiellement dans la rafle, la pellicule et le pépin. Les flavanols sont présents dans le raisin à l'état de monomères ou de formes plus ou moins

polymérisées, appelées proanthocyanidines (PA), tanins condensés ou tanins catéchiques. Les tanins condensés ont la particularité d'interagir avec les protéines, cette propriété étant à l'origine du mécanisme de la sensation d'astringence en bouche (Haslam *et al.* 1999). Les monomères, constitués d'une seule unité de flavan-3-ol, ne sont pas considérés comme des tanins, car leur affinité vis-à-vis des protéines est très faible. Dans le raisin, on peut distinguer, selon la nature du noyau B de la molécule, les procyanidines et les prodelphinidines (Moutounet *et al.* 1996).

Les différents flavanols sont la (+)-catéchine, son isomère la (-)-épicatéchine, l'épicatéchine-3-O-gallate qui résulte de l'acylation de l'épicatéchine par l'acide gallique et la (-)-épigallocatéchine. La catéchine et l'épicatéchine sont les unités monomères les plus représentées. Dans les proanthocyanidines du raisin, toutes les liaisons intermonomériques sont de type C-C (en C4-C8 ou en C4-C6) (Haslam 1977), ce qui donne lieu à des polymères linéaires (uniquement des liaisons interflavanes C4-C8) ou branchés (liaisons interflavanes C4-C8 et C4-C6). La structure générale des polymères est donnée dans la Figure 1-6. Les formes polymères représentent la majeure partie des flavanols de la baie de raisin (Downey *et al.* 2003; Kennedy *et al.* 2001; Kennedy *et al.* 2000b; Prieur *et al.* 1994; Souquet *et al.* 1996b). Ainsi, en ne considérant par exemple que les deux principaux monomères (catéchine et épicatéchine), le nombre potentiel de polymères différents, qu'il est possible d'identifier, est : 2^n X 2^{n-1} (avec n le nombre d'unités constitutives des polymères). Même si toutes les combinaisons n'existent pas dans la réalité (*a priori*, elles existent toutes), nous pouvons considérer la composition en flavanols comme extrêmement hétérogène.

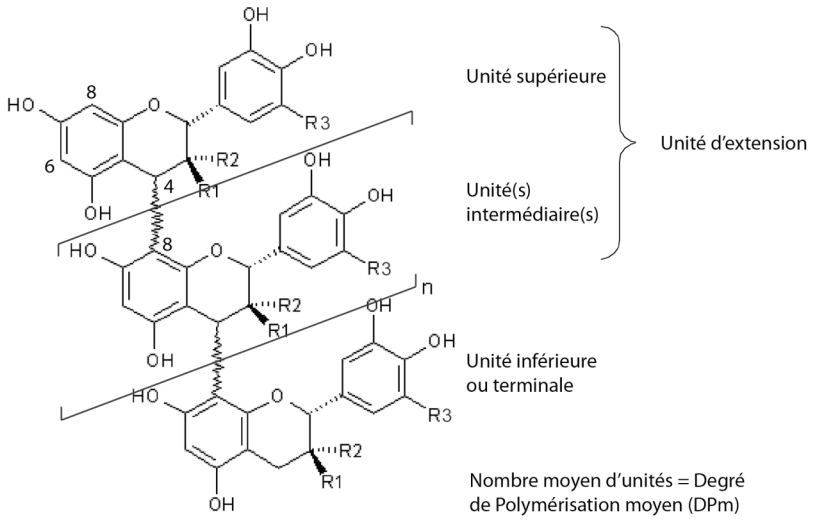


Figure 1-6.Structure des polymères de flavan-3-ols de type B. (R3=H : procyanidine ; OH :prodelphinidine, R1=H, OH, et R2=H,OH O-gallate).

La proportion entre les quatre unités constituantes est différente entre le pépin et la pellicule. Les tanins des pellicules renferment des unités épicatéchine et catéchine (unités constitutives des procyanidines) et des unités épigallocatéchine (unités constitutives des prodelphinidines). Les tanins des pépins ne sont constitués que de procyanidines. Les tanins des pépins sont également caractérisés par le taux de galloylation sur le C3 beaucoup plus élevé que pour les pellicules (Moutounet *et al.* 1996). Enfin, le degré de polymérisation moyen (DPm), qui correspond au nombre moyen d'unités monomériques moyen, est plus élevé pour les pellicules (Souquet *et al.* 1996b) que pour le pépin (Prieur *et al.* 1994). Pour le cépage Cabernet franc, qui est l'objet de cette étude, le DPm est proche de 8 pour les pépins de Cabernet franc et de 28 pour les pellicules de Cabernet franc (Brossaud 1999). Toujours pour le Cabernet franc, la proportion d'épicatéchine-3-O-gallate est respectivement d'environ 30 % pour le pépin, de 3 % pour la pellicule et la proportion d'épigallocatéchine dans la pellicule est d'environ 50 % (Brossaud 1999). Cependant, il existe des différences de DPm selon les études, liées aux méthodes de dosage (en particulier le fractionnement, nécessaire pour séparer les anthocyanes et les autres composés phénoliques des flavanols polymérisés) et à la prise en compte ou non des monomères dans le calcul.

1.2.3. Evolution des flavonoïdes.

1.2.3.1. Effet du niveau de maturité

Les anthocyanes sont synthétisées dès la véraison. La courbe est classiquement décrite comme atteignant un maximum aux alentours de la maturité, puis diminuant lors de la « surmaturité » (Glories 1998). Ce phénomène peut s'expliquer par la conversion d'anthocyanes libres en pigments dérivés, la présence de tels composés ayant été précédemment rapportée (Kennedy *et al.* 2001; Vidal *et al.* 2004c). Une diminution peut également s'expliquer par un début de développement de *Botrytis cinerea.* Néanmoins, ce seuil maximum n'est pas toujours atteint lors de la récolte. L'accumulation des anthocyanes est parallèle à celle des sucres dans la pulpe (Fournand *et al.* 2006; Roggero *et al.* 1986), et les sucres pourraient induire l'accumulation des anthocyanes (Zheng *et al.* 2009). Cependant, aucune relation directe entre l'accumulation des anthocyanes et celle des sucres, concomitante, n'a été mise en évidence. Les proanthocyanidines sont synthétisées dès la nouaison, pendant la phase de croissance herbacée de la baie, et jusqu'à la véraison

(Cadot *et al.* 2006b; Kennedy *et al.* 2001; Kennedy *et al.* 2000a). Les teneurs diminuent ensuite sensiblement durant le mois suivant (Brossaud 1999; Fournand *et al.* 2006; Kennedy *et al.* 2001; Kennedy *et al.* 2000a), pour se stabiliser ensuite. D'autre part, il a été suggéré que les tanins vacuolaires pouvaient évoluer différemment de ceux situés près des parois cellulaires : les tanins vacuolaires pourraient s'agréger en fin de maturation alors que ceux situés près des parois cellulaires pourraient se polymériser (Gagne *et al.* 2006; Joutei *et al.* 1994).

L'évolution de la composition en proanthocyanidines a été étudiée d'un point de vue histologique (Cadot *et al.* 2006a; b; Chevalier *et al.* 2003a; Chevalier *et al.* 2003b). Les colorations au bleu de toluidine et au p-dimethylaminocinamaldehyde (DMACA) ont été utilisées pour localiser les flavanols, la coloration au phloroglucinol a été utilisée pour localiser la lignine (pépins). Dans le pépin, les tissus contenant des tanins condensés sont les suivants : l'épiderme, les couches internes du tégument externe, autour du raphé dans le tégument externe et la couche interne du tégument interne. Dans le tégument externe, deux types de cellules sont distinguées, selon qu'elles contiennent ou non des flavanols. D'un point de vue général, les tissus contenant les tanins sont les mêmes depuis la nouaison jusqu'à la vendange. À la nouaison, le tégument moyen est encore en cours de formation et n'est pas lignifié. À la véraison, le tégument moyen du pépin se lignifie. Durant la maturation, le pépin se déshydrate, le tégument externe se plasmolyse. Dans les cellules où sont situés les tanins, la modification au niveau des parois suggère des conséquences sur le contenu en tanins, sans qu'il ait été possible de caractériser biochimiquement ces différences (Cadot *et al.* 2006a). La Figure 1-7permet de visualiser ces localisations et ces évolutions dans le pépin. La coloration bleue du pépin à la vendange, due à la réaction avec le DMACA, est très intense. Cela pourrait révéler une très forte concentration en tanins condensés. Cependant, la relation entre l'intensité de la coloration et la quantité de flavanols est à faire avec prudence, car la réaction colorée n'est pas proportionnelle dans le cas d'un mélange hétérogène de flavanols (Errea *et al.* 2000; Treutter 1989; Vivas *et al.* 1994). De plus, l'approche histochimique peut entraîner l'apparition d'artéfacts (Cadot *et al.* 2006b). Dans les pellicules, la coloration au DMACA ou au bleu de Toluidine montre deux types de cellules, contenant ou non des flavanols, et ce avant et après véraison (Cadot *et al.* 2006b; Chevalier *et al.* 2003a; Chevalier *et al.* 2003b). Plusieurs types de cellules contenant des flavanols ont été mis en évidences par ces trois études: coloration uniforme, agrégats à aspect granuleux, amas sphériques, agrégats« accolés au tonoplaste ». (Figure 1-8). Ces études ont montré une évolution en fonction du développement de la baie, vers un renforcement de la coloration parallèlement à une diminution de la surface occupée par la coloration. Cette

évolution a été montrée en fin de croissance herbacée (Cadot *et al.* 2006b) et au cours de la maturation (Chevalier *et al.* 2003a).

1.2.3.2. Effets du cépage et des facteurs du milieu

La teneur en anthocyanes et flavanols est fonction du cépage, des conditions de milieu, en particulier l'alimentation en eau et l'exposition au soleil (Cortell and Kennedy 2006; Downey *et al.* 2004; Jaakola *et al.* 2004; Jackson and Lombard 1993; Ojeda *et al.* 2002; Pietrini *et al.* 2002; Tarara *et al.* 2008) et du niveau de maturité. Les teneurs en anthocyanes et en tannins sont variables selon les cépages (Chira *et al.* 2009; Gonzalez-Neves *et al.* 2004; Hmamouchi *et al.* 1995; Mane *et al.* 2007; Ortega-Regules *et al.* 2008; Roggero *et al.* 1978; Romeyer *et al.* 1985; Santos-Buelga *et al.* 1995; Souquet *et al.* 1996c). L'exposition au soleil des grappes contribue à augmenter l'accumulation des PA avant véraison dans les baies (Cadot *et al.* 2006b) mais semble sans effet après véraison (Downey *et al.* 2004). L'exposition au soleil contribue également à l'accumulation en anthocyanes, particulièrement en fin de maturation (Crippen and Morrison 1986a; b; Downey *et al.* 2004), confirmant leur rôle dans la photo-protection des tissus (Edreva 2005). La période d'apparition de la contrainte hydrique et son intensité jouent un rôle sur la biosynthèse des anthocyanes et des proanthocyanidines (Ojeda *et al.* 2002). Pour les anthocyanes, une faible contrainte hydrique avant véraison a comme conséquence une accumulation en anthocyanes plus rapide après véraison, alors qu'une forte contrainte hydrique avant véraison semble avoir un effet inhibiteur de leur biosynthèse ; une contrainte élevée après véraison contribue à une augmentation de la concentration en anthocyanes (Ojeda *et al.* 2002; Roby *et al.* 2004). Pour les tanins, les conditions avant véraison semblent importantes, car leur biosynthèse a lieu durant cette période (Ojeda *et al.* 2002). Après véraison, une contrainte hydrique affecte positivement les teneurs dans les pellicules, mais n'a pas d'effet dans les pépins (Ojeda *et al.* 2002; Roby *et al.* 2004). Cependant, dans le cas d'une bonne alimentation en eau, les baies sont plus grosses, ce qui contrebalance une synthèse plus active. En effet, l'augmentation de la concentration, exprimée en g.kg-1 de baies, est moins rapide dans les grosses baies.

1.2.3.3. Hétérogénéité des vendanges et qualité des vins.

La première source d'hétérogénéité visible, au sein d'une grappe (et *a fortiori* au niveau d'une parcelle), est lié à la taille des baies. La taille des baies est liée en premier lieu au nombre de pépins car le nombre de pépins détermine la multiplication cellulaire lors de la phase de croissance herbacée, la relation entre la taille des baies et le nombre de pépins étant quadratique (Coombe 1973; Huglin and Schneider 1998; May 2000; Olmo 1946; Ristic

and Iland 2005; Walker *et al.* 2005). En considérant la baie comme une sphère, le nombre de pépins influence donc le rapport entre la surface des pellicules et le volume total de la baie, ce qui aura des conséquences lors de l'élaboration du vin (Holt *et al.* 2008a). Exprimées en mg.baie, les concentrations en anthocyanes et en tannins sont plus élevées dans les baies de petite taille que dans les baies plus grosses (Roby and Matthews 2004; Walker *et al.* 2005). Ainsi, Ummarino et Stefano ont montré qu'au cours de la maturation les concentrations des baies en polyphénols diminuaient du fait de l'augmentation de leur taille (Ummarino and Stefano 1997). De la même manière, les baies les plus petites accumulent plus rapidement des sucres que les baies de plus gros volume (Coombe *et al.* 1987). À la vendange, sur une parcelle au fonctionnement hydrique homogène, l'hétérogénéité des baies est ainsi conditionnée essentiellement par le nombre de pépins et le niveau de maturité de la baie..

Cependant, une parcelle est rarement homogène en termes de fonctionnement. Les conditions subies par chaque grappe peuvent varier (lumière, humidité, position de la grappe sur le sarment, etc.) et engendrer des compositions différentes. Grotte *et al.* (Grotte *et al.* 2001) ont mesuré l'hétérogénéité de lots de vendanges à la véraison, induisant des niveaux de maturité importants dans la vendange. Ojeda *et al.* (Ojeda *et al.* 2001) ont montré qu'un stress hydrique avant véraison engendrait une taille des baies faible et irréversible. Haselgrove *et al.* ont montré que l'effet conjugué d'une exposition à la lumière et de températures élevées conduisaient à une diminution de la synthèse des anthocyanes (Haselgrove *et al.* 2000). Cadot *et al.* (Cadot *et al.* 2006b) ont montré que les baies exposées à la lumière avant véraison étaient plus riches en PA. Cadot *et al.* (Cadot *et al.* 2004) ont montré une relation positive entre le taux de galloylation et l'importance de la contrainte hydrique, avant véraison et une relation négative entre le taux de galloylation et la précocité à la floraison et la véraison.

Il en découle que l'hétérogénéité de la vendange a des conséquences sur la composition et les caractéristiques sensorielles des vins (Kontoudatis *et al.* 2010). Plusieurs études ont montré l'incidence sur les qualités organoleptiques des vins de vendanges à différents niveaux de maturité (Perez-Magariño and Gonzalez-San Jose 2005; Perez-Magariño and Gonzalez-San Jose 2006), de niveaux de contrainte hydrique (Ferreyra E *et al.* 2004; Salon *et al.* 2005; Van Leeuwen *et al.* 2009), de niveaux d'exposition au soleil (Hunter *et al.* 1995; Joscelyne *et al.* 2007; Ristic *et al.* 2007; Smart *et al.* 1985), ou de variations de tailles de baies (Holt *et al.* 2008a).

1.2.4. Notion de « maturité phénolique »

La « maturité phénolique » peut être définie comme un niveau de maturité du raisin permettant l'obtention simultanée d'un potentiel important et d'une bonne capacité de diffusion dans le vin. (Glories 1998). Ainsi, elle prend en compte la teneur globale en composés phénoliques, mais aussi leur structure et leur aptitude à l'extraction qui permet le passage dans le vin au cours de la vinification. Des outils analytiques ont été proposés pour évaluer le moment optimum de récolte en fonction du niveau de « maturité » des composés phénoliques (Dupuch 1998; Glories and Augustin 1993). La mesure de texture des baies a également été proposée comme mesure alternative (Maury *et al.* 2008), quoique Le Moigne (Le Moigne 2008) ait pu montrer que la relation entre mesure de texture et niveau de maturité pouvait être variable en fonction du millésime et de la parcelle. Finalement, cette notion de « maturité phénolique » relève plus du concept que d'une réalité précise, dans la mesure ou elle ne fait pas l'objet d'un consensus du fait d'un manque de connaissance des éléments la constituant (Fournand and Moutounet 2008).

.

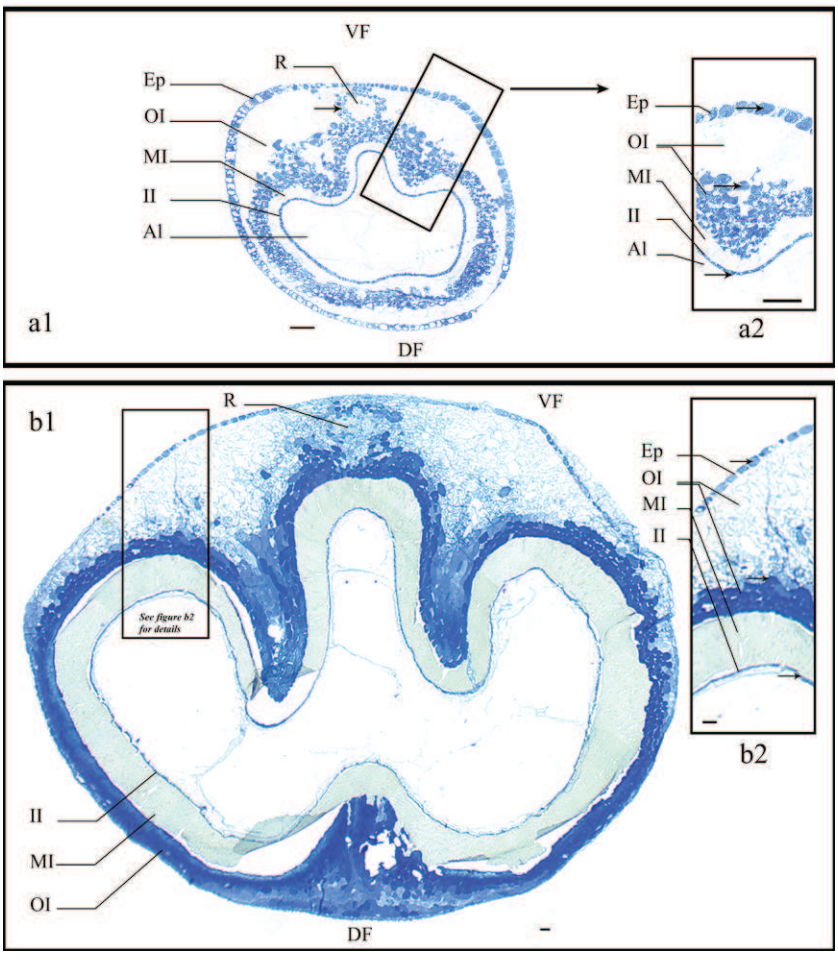


Figure 1-7. Evolution de la composition et de la localisation en tanins condensés du pépin à la nouaison (a) et à la vendange (b). (Cadot *et al.* 2006a). Coloration au DMACA. VF : face ventrale. DF : face dorsale. Ep : épiderme. OI : tégument externe. R : raphé. MI : tégument moyen. II : tégument interne. AI : albumen

.

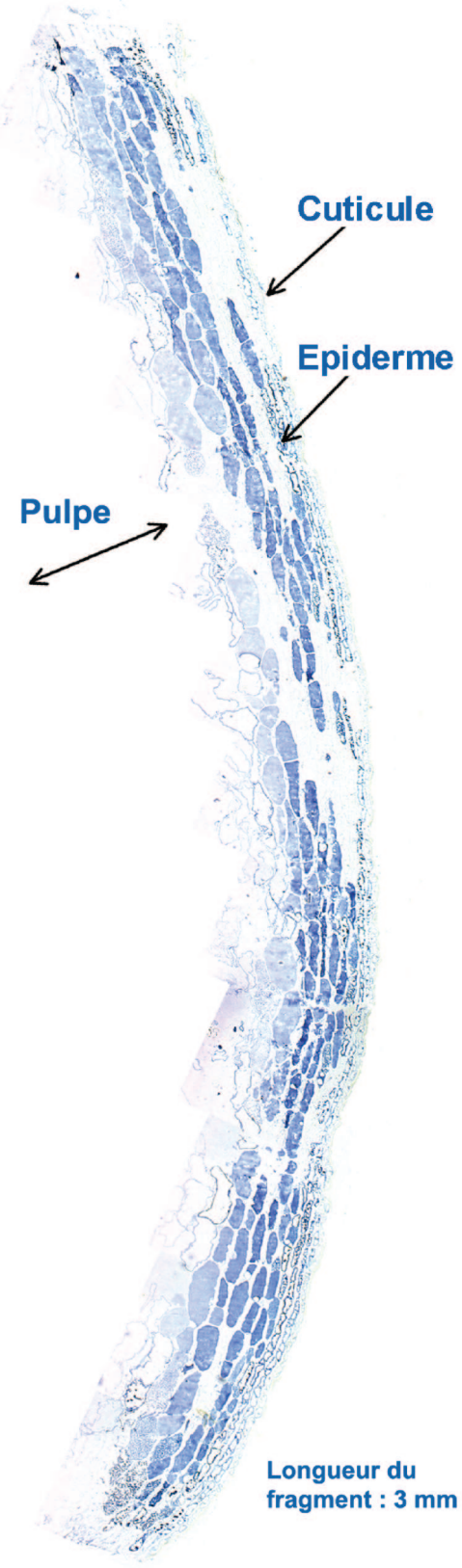


Figure 1-8. Localisation des flavanols dans la pellicule de Cabernet franc.Coupe d'un fragment de pellicule. Coloration DMACA.Epaisseur de 2 micromètres. Millésime 2002, baie prélevée 31 jours après nouaison. Face de la baie exposée à la lumière.

1.2.5. Composés phénoliques et caractéristiques des vins.

1.2.5.1. Composés phénoliques et qualités organoleptiques des vins.

Les composés phénoliques sont responsables de certaines caractéristiques sensorielles majeures du vin rouge, la couleur et l'astringence. On estime également qu'ils pourraient être impliqués dans la sensation d'amertume.(Arnold *et al.* 1980; Brossaud *et al.* 2001; Cliff *et al.* 2007; Dufour and Sauvaitre 2000; Ishikawa and Noble 1995; Lesschaeve and Noble 2005; Peleg *et al.* 1999; Robichaud and Noble 1990; Smith *et al.* 1996; Vidal *et al.* 2004b). Concernant les proanthocyanidines, plus le degré moyen de polymérisation des PA est élevé, plus l'astringence augmente (Herderich and Smith 2005; Vidal *et al.* 2004b). Plus le degré de galloylation des PA (taux d'unités d'épicatéchine-3-O-gallate) augmente, plus l'astringence augmente, et plus l'astringence est associée à des termes évoquant une certaine « rugosité des tanins » (« grossier », « sec », plâtreux ») (Brossaud *et al.* 2001; Chira *et al.* 2009; Lesschaeve and Noble 2005; Vidal *et al.* 2003). Les polymères formés lors de la phase de cuvaison ou d'élevage (cf. partie suivante) n'ont pas tous les mêmes propriétés organoleptiques. La polymérisation homogène de proanthocyanidines dans les vins, augmente l'astringence à mesure que leur taille augmente (Herderich and Smith 2005; Peleg *et al.* 1999; Vidal *et al.* 2003; Vidal *et al.* 2004b). Selon Maury et al. (Maury *et al.* 2001) la combinaison des PA avec des anthocyanes diminue la réactivité des molécules avec les protéines, et donc l'astringence, des composés formés, de même Vidal et al, (Vidal *et al.* 2004b) montrent que les fractions contenant des pigments polymères, issus des réactions de anthocyanes avec les flavanols, ne sont pas perçues comme astringentes. Ainsi le rapport tanins/anthocyanes a une importance dans les qualités sensorielles du vin produit. Asselin *et al*. (Asselin *et al.* 1992) ont par exemple montré qu'un rapport anthocyanes/tanins élevé favorisait l'élaboration d'un vin souple.

1.2.5.2. Extractibilité des composés phénoliques durant la cuvaison.

La quantité de PA qui sont extraites dans le vin dépend en premier lieu de la quantité de PA présentes dans la pellicule et de la quantité de pépins présents lors de la macération. Par ailleurs, le niveau de maturité peut influencer la composition du vin ; dans les pellicules de grappes peu mûres, les anthocyanes et des PA seraient moins extractibles et les PA des pépins seraient plus extractibles (Canals *et al.* 2005; Des Gachons and Kennedy 2003). Pour cette raison, il est généralement admis que les vendanges insuffisamment mures conduisent à l'élaboration de vins plus astringents et plus amers, en particulier parce que les pépins contribueraient plus en cédant des quantités importantes de PA fortement galloylées (Romeyer *et al.* 1985).

La température puis l'éthanol sont des facteurs affectant l'extraction (Oszmianski *et al.* 1986). Cette extraction s'avèrerait plus importante pour les PA oligomères que pour les molécules plus polymérisées. La température et la durée de macération affectent l'extraction des composés phénoliques, et entraînent une modification du profil des vins. Asselin et al. (Asselin *et al.* 1999) ont ainsi montré que dans le cas du Cabernet franc, l'allongement des macérations conduisait à des vins « moins équilibrés ».

En vinification, les tanins se trouvent relativement protégés par le marc, malgré les pigeages et les remontages. Une partie des tanins resterait ainsi non extractible (Minana Castello *et al.* 2006).

De nombreuses études sur l'extractibilité des tanins et des anthocyanes, ont été réalisées à partir d'extractions en solution synthétique (Amrani-Joutei and Glories 1994a; Canals *et al.* 2005; Fournand *et al.* 2006). Les résultats de ces expérimentations permettent de mieux comprendre certains mécanismes, car les conditions d'extraction sont reproductibles. Néanmoins, leurs résultats ne sont pas directement extrapolables aux vinifications (Minana Castello *et al.* 2006). Pour expliquer les différences entre les micro-vinifications simulées en solution synthétique et les micro-vinifications avec phase fermentaire, plusieurs explications peuvent être avancées. L'alcool n'apparaît que progressivement, le chapeau de marc emprisonne une partie du jus et des pépins, enfin l'extraction n'est pas homogène et varie selon les procédés d'homogénéisation (pigeage, remontage, délestage, brassage) (Marais 2003b).

1.2.5.3. Composition polyphénolique des vins.

La qualité des vins n'est pas directement liée à la concentration en PA et anthocyanes (Holt *et al.* 2008a). Dans le moût et dans le vin, les anthocyanes et les tanins peuvent se condenser, selon plusieurs mécanismes (Fulcrand *et al.* 2006; Salas *et al.* 2003). Ces nouveaux pigments sont plus stables que les anthocyanes libres du raisin, et sont finalement responsables de la couleur des vins rouges. En parallèle, les PA peuvent se polymériser en milieu acide (Dallas *et al.* 2003; Es-Safi *et al.* 2002; Haslam 1980) mais également se dépolymériser par rupture de la liaison inter-monomérique (Vidal *et al.* 2002). Enfin, non seulement les liaisons se clivent mais les carbocations intermédiaires formés dans cette réaction réagissent avec les autres molécules présentes (anthocyanes et PA) pour former de nouvelles molécules, qui peuvent être plus longues ou plus courtes que les PA de départ. Ainsi, en fonction de la nature du mélange, le degré de polymérisation moyen (DPm) peut augmenter ou au contraire diminuer. Les remaniements des degrés de polymérisation sont des réactions lentes. Toutes ces réactions, très diverses, et qui peuvent faire intervenir

également des oxydations, modifient la composition du vin. La proportion entre les composés formés, intégrant ou non des anthocyanes, dépend de la concentration relative en tanins et anthocyanes extraits lors de la vinification. Si les différentes voies sont assez bien connues, la proportion des différents produits reste à élucider. La composition des mélanges complexes qui en résultent, le degré de polymérisation des tanins, la présence de polymères formés en présence d'oxygène, la présence de polymères issus de la condensation entre tanins et anthocyanes est associée à des propriétés organoleptiques particulières (Vidal *et al.* 2004b).

Démarche scientifique.

2. Démarche scientifique.

2.1. Objectifs

L'étude bibliographique a permis de montrer que le « lien au terroir » est un concept ambivalent, faisant référence au sol et à l'interaction sol-cépage, mais également, de manière plus large, faisant référence au sol, à l'interaction sol-cépage et aux savoir-faire partagés. Cette étude a permis également de préciser ce qu'était la typicité d'un vin, où trois éléments paraissent essentiels : des caractéristiques de distinction, d'appartenance et une perception partagée.

L'étude bibliographique a également permis de préciser que la qualité de la vendange, en particulier du point de vue des composés phénoliques, était essentielle pour expliquer la qualité du vin rouge. La date de vendange, comme pratique viticole, apparaît ainsi comme un choix pertinent pour mettre en évidence le « lien au terroir ». Cependant, les caractéristiques de la vendange, associées à la notion de « maturité phénolique » sont encore pour partie non élucidées.

L'explicitation du lien entre le terroir, la composition de la vendange et la typicité est ainsi insuffisante par le fait que la typicité est rarement associée à des pratiques oenologiques (ou viticoles), et par le fait que la mesure des caractéristiques de la vendange est encore imprécise.

L'objectif principal de ce travail est de mettre en évidence le lien au terroir, en étudiant les liens entre la typicité d'un vin et le choix de la date de vendange.

La première partie de ce travail consiste à proposer des méthodes permettant de caractériser la typicité des vins, et à évaluer le poids de certaines dimensions du terroir dans la typicité. Ces dimensions étudiées sont : le type de sol, au sens d'unité terroir de base défini par Morlat (Morlat and Bodin 2006), le cépage (Cabernet franc/Cabernet-Sauvignon), et les actes techniques « choix de la date de vendange » et « mode de vinification associé ».

Cette partie est basée sur un questionnaire auprès des producteurs, sur l'évaluation sensorielle des vins de catégories (AOC) proches, par un jury expert et par un jury de professionnels, et la mise en relation des représentations sensorielles obtenues avec les facteurs du terroir mis en oeuvre.

La seconde partie de ce travail consiste à étudier les relations entre, des niveaux de maturité différents et des durées de cuvaison différentes, le profil sensoriel et le niveau de typicité des vins. Le « choix de la date de récolte » est traduit par l'étude de l'évolution au cours de la maturation du raisin, de la composition en polyphénols et, de leur aptitude à être extraits.
Cette partie est basée sur l'analyse des composés phénoliques du raisin par HPLC et histochimie et du vin par HPLC. Une évaluation sensorielle par un jury expert, et une évaluation de la typicité par des professionnels complètent le dispositif.

2.2. Hypothèses

Cette étude repose sur les hypothèses suivantes :

La typicité existe en tant que concept et en tant que prototype sensoriel lors de l'évaluation sensorielle. Dans le premier cas, le concept va engendrer des choix techniques, dans le second cas, il résulte d'expériences sensorielles et permet l'évaluation sensorielle de la typicité. La typicité est un concept, dont la reconnaissance est basée sur des prototypes, il est intéressant de vérifier dans quelle mesure le concept général et les prototypes concordent.

L'utilisation, par des experts produits, d'**une échelle Just About Right (JAR) permet de caractériser la typicité.**

Les notations de type JAR sont couramment utilisées en marketing et en R&D. Elles sont alors utilisées pour identifier les caractéristiques nécessitant des améliorations, et pour déterminer, pour un attribut d'un produit, le niveau optimum. La notation sur une échelle JAR semble appropriée dans la mesure où le concept de typicité peut être considéré comme une représentation hédonique, avec un optimum pour chaque juge.

Parmi les facteurs du terroir, **les pratiques associées au chantier de vendanges et au mode de vinification jouent un rôle déterminant sur la qualité sensorielle des produits.**

Le choix de la date est basé, pour partie, sur des critères technologiques, objectifs, comme l'état sanitaire, ou la richesse en sucres. Elle se base de plus en plus sur des critères beaucoup moins précis (mais jugés essentiels pour de nombreux professionnels), traduits par « maturité phénolique ». Cette maturité suppose une composition particulière en tanins et anthocyanes, et également une aptitude à être extraits. La traduction en termes techniques sont le choix de la date de vendanges, et les techniques de vinification (dont la durée est une variable importante).

L'évolution des composés phénoliques dans la baie de raisin, pendant la maturation, peut être étudiée par histologie.

Les évolutions des proanthocyanidines au cours de ma maturation sont variables selon les études (effet milieu ? effet cépage ? effet technique analytique ?). Par ailleurs, les relations entre extractibilité des composés avec le niveau de maturité sont mal connues. Une approche analytique différente peut permettre d'apporter des informations nouvelles sur ces évolutions, et par là, renforcer nos possibilités d'interprétation de l'évolution de la composition, mais aussi de l'aptitude des composés à être extraits lors de la vinification.

2.3. Démarche

Les méthodes sélectionnées dans cette étude correspondent à des méthodes déjà décrites dans la littérature. L'originalité de l'étude est d'associer plusieurs méthodes, utilisées en parallèle (profil conventionnel + profil JAR + question de typicité ; analyse des flavonoides par HPLC + analyse histochimique).

Les analyses de la typicité conceptuelle et de la typicité perceptuelle sont réalisées selon la même approche : évaluation des caractéristiques d'appartenance, de distinction et évaluation du consensus.

Chacune des parties de l'étude a comme objectif de répondre à la même question, de l'importance du choix de la date de vendanges dans la construction de vins revendiquant un « lien au terroir » (Figure 2-1). Les angles d'étude peuvent paraître éloignés, cependant, ils partagent une évaluation sensorielle : profil conventionnel + question de typicité.

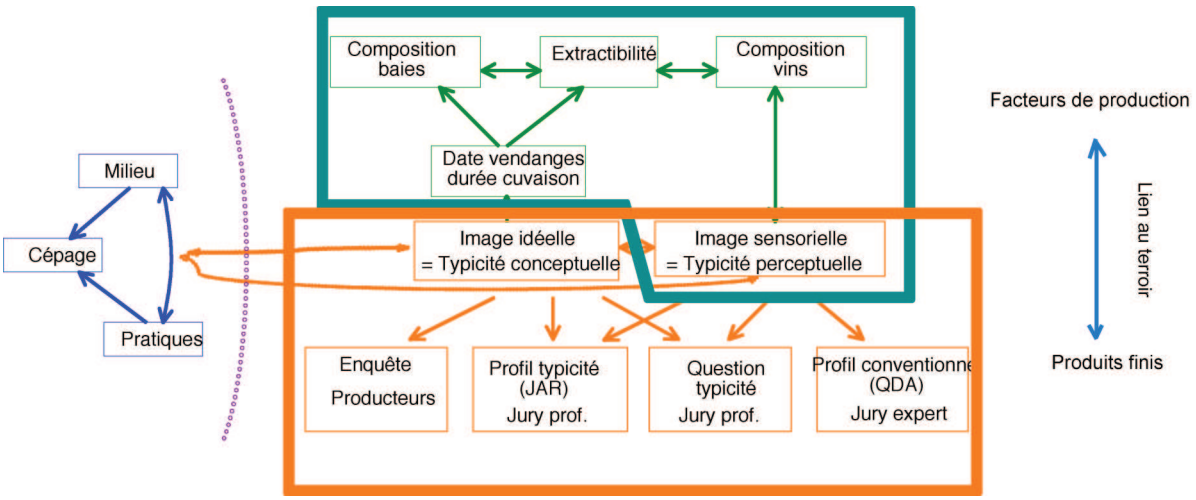


Figure 2-1. Démarche scientifique. Orange : produits finis ; chapitre 3 ; Vert : facteurs de production ; chapitre 4 ; Bleu : dimensions du terroir et lien au terroir.

Représentations sensorielles de la typicité.

3. Représentations sensorielles de la typicité.

3.1. Représentation sensorielle de la typicité

3.1.1. Introduction

La typicité des produits peut être considérée comme le résultat des effets des facteurs environnementaux, biologiques et humains du terroir. Elle doit être basée sur des savoirs de reconnaissance. Sa dimension sensorielle peut être appelée typicité perceptuelle. La typicité peut être également considérée comme un des déterminants des choix des producteurs. Sa dimension sensorielle sera appelée typicité conceptuelle. Pour comprendre les liens entre la typicité et les facteurs du terroir, la représentation conceptuelle du produit typique doit être prise en compte au même titre que la représentation perceptuelle (Figure 3-1).

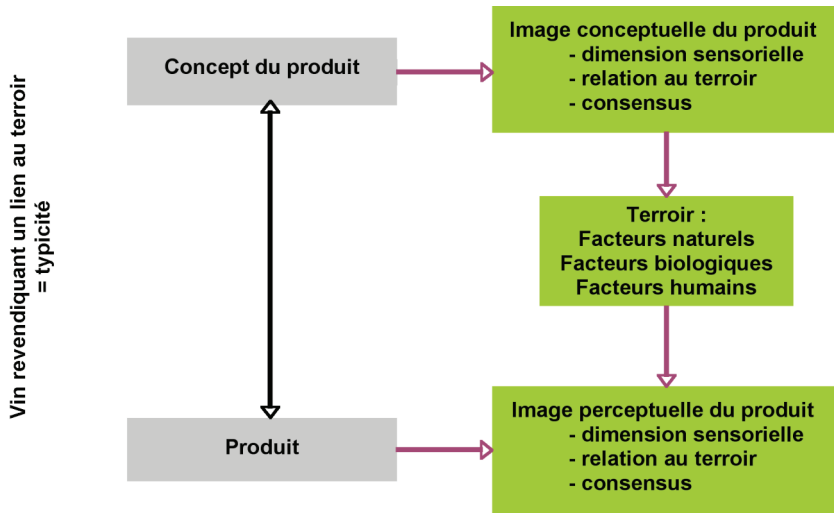


Figure 3-1. Relations entre la représentation conceptuelle et la représentation perceptuelle de la typicité.

Dans un premier temps, la représentation conceptuelle puis la représentation perceptuelle ont été étudiées ; dans un deuxième temps, les relations entre ces deux représentations ont été également examinées et discutées.

3.1.2. Etude de la représentation conceptuelle

La typicité d'un produit doit être étudiée en prenant en compte plusieurs paramètres : les critères d'appartenance à un type, les caractéristiques de distinction et le consensus des acteurs de la production.

La représentation conceptuelle des producteurs correspond à l'image idéelle du produit Anjou Village Brissac (AVB). Nous posons l'hypothèse que les producteurs ont un concept de l'appellation, et qu'à partir de ce concept, ils mettent en oeuvre des itinéraires techniques pour aboutir à un vin correspondant à leur image idéelle. Cette image, cette typicité, correspond à la définition de Rosch et Mervis (1975), c'est à dire à la reconnaissance d'un objet comme étant représentatif de sa catégorie. Selon Trognon (2005), cette reconnaissance est basée sur des spécificités, c'est à dire des caractéristiques de similarité avec les produits de même type et des caractéristiques de dissimilarité avec les autres produits, traduites par des caractéristiques d'appartenance et de distinction par Casabianca (2005). En théorie, au sens de l'image d'un produit AOC, s'il peut exister une variété interne, l'identité au type doit néanmoins être partagée. Aussi, il convient d'étudier le niveau de consensus des producteurs. Cette image idéelle devant avoir des conséquences en termes d'itinéraires techniques mis en oeuvre, certaines pratiques sont codifiées dans les cahiers des charges, comme l'origine parcellaire, l'encépagement, la densité de plantation, les rendements, mais de nombreuses pratiques peuvent faire l'objet de divergences, pourvu que le produit final soit conforme au type recherché.

Les objectifs de cette partie sont les suivants :

Il s'agit de :

- Voir si des caractéristiques sensorielles sont associées à la notion de typicité.
- Voir s'il existe des facteurs de production jugés nécessaires à l'obtention de produits typiques.
- Vérifier l'existence d'un consensus sensoriel, chez les professionnels interrogés, sur la notion de typicité.
- Vérifier l'existence d'un consensus sur les facteurs de production cités.

La représentation conceptuelle qu'ont les producteurs d'« Anjou Villages Brissac », de leur produit a été étudiée grâce aux enquêtes sensorielles menées auprès des producteurs (enquête « AVO-senso »). Ce questionnaire sensoriel était constitué de quatre questions, auxquelles chacun des producteurs interrogés pouvait librement répondre. Nous avons demandé aux 41 producteurs de l'aire de l'AOC (i) quelle était pour eux l'image d'un vin AVB, (ii) quels étaient les descripteurs sensoriels caractéristiques des vins de cette appellation, (iii) quels étaient les descripteurs sensoriels qui distinguaient cette appellation de l'Anjou rouge et enfin, (iv) quels étaient les facteurs de production déterminants pour la production de vins caractéristiques.

3.1.3. Etude de la représentation perceptuelle

La typicité perceptuelle des acteurs de la production correspond à l'image perçue sensoriellement. Comme pour l'étude de la représentation conceptuelle, nous considérons que la reconnaissance est basée sur des spécificités, c'est à dire à la fois des caractéristiques d'appartenance au type, et des caractéristiques de distinction de sa catégorie par rapport aux produits similaires ou comparables, qui fondent l'identité au type (Casabianca *et al.* 2005). Ces propriétés étant décrites et repérées par un groupe humain de référence, elles doivent donc être partagées.

Les objectifs de cette partie sont les suivantes :

Il s'agit de

- Vérifier si les vins de la catégorie de référence (AVB) sont plus représentatifs que ceux des catégories comparables (AR et OUT).
- Vérifier si la typicité théorique (AOC) est liée à la typicité perçue.
- Vérifier si la typicité perçue est sensoriellement caractérisable.
- Vérifier l'existence d'un consensus sensoriel, au sein des professionnels interrogés, sur la notion de typicité.
- Relier la typicité perçue à des facteurs du terroir, en particulier le sol, le cépage et les pratiques oenologiques.

La représentation perceptuelle de la typicité a été étudiée à partir de l'analyse de vins commercialisés, fournis par les producteurs. L'espace produit était constitué de 72 vins, de 3 millésimes. La répartition entre les vins AVB et les vins de catégorie voisine (« outsiders ») varie selon les millésimes étudiés : 16 AVB et 8 AR pour le millésime 2005, 12 AVB, 6 AR et 6 OUT pour les millésimes 2006 et 2007. Deux jurys sensoriels ont été utilisés à chaque fois, un jury expert sensoriel, tel qu'il est défini dans la norme AFNOR (ISO 1993; 1994) et un jury de professionnels ou experts produits, au sens proposé par Parr *et al.* (Parr *et al.* 2002; Parr *et al.* 2004), sélectionnés en fonction de leur implication dans l'élaboration des vins de l'AOC AVB.

3.2. Matériels & méthodes

Plusieurs types de données ont été utilisées pour cette étude. Certaines données proviennent d'analyses sensorielles, effectuées avec un jury entraîné et un jury de professionnels, sur trois millésimes, d'autres données proviennent d'enquêtes réalisées auprès de vignerons produisant les vins étudiés (enquêtes sur les dimensions sensorielles, sur les sols, cépages et pratiques utilisées) pratiquées lors de la récupération des vins.

Enfin, certaines données correspondent à des analyses biochimiques des vins réalisées lors des dégustations des vins.

3.2.1. Vins

L'étude a porté sur 3 millésimes : 2005, 2006 et 2007, et sur 24 vins pour chaque millésime. Une partie des vins provenaient de l'AOC de référence, **« Anjou Villages Brissac »** (AVB), une autre partie de vins d'AOC « outsiders ». En 2005, les outsiders étaient constitués de vins de l'AOC **« Anjou Rouge »** (notés AR), appellation proche de « Anjou Villages Brissac ». Ces vins AR ont été produits par les producteurs des vins AVB, sur des parcelles pouvant revendiquer l'AOC « AVB ». Pour les millésimes 2006 et 2007, les vins « **outsiders** » ont été élargis à des vins de niveau qualitatif équivalent aux AVB, mais produits en dehors de la zone AVB (notés alors OUT, pour les différencier des AR). Parmi eux, on retrouve des vins d'appellation Chinon, Saumur, Saumur Champigny, Saint-Nicolas de Bourgueil et Bourgueil. La zone d'étude est représentée pas la Figure 3-2.

Les vins AVB et AR ont été sélectionnés comme étant représentatifs des parcelles et des itinéraires viticoles relevés sur la zone d'étude, les vins OUT ont été sélectionnés à partir de trois critères : (i) constituer le vin « premium » dans la gamme du producteur ; (ii) être d'un prix de vente comparable aux vins sélectionnés en AVB ; (ii) avoir été produits dans des conditions comparables aux vins AVB (date de vendange plus tardive, durée de cuvaison plus longue élevage plus long, que les autres vins de la gamme du producteur).

Au final, 16 vins sont identiques pour les trois millésimes. Le Tableau 3-1 récapitule la répartition des types de vins selon les millésimes. Les vins achetés étaient soit commercialisés, soit en cours de commercialisation.

Tableau 3-1. Récapitulatif des différents vins étudiés par millésime

millésime	AVB	AR	OUT
2005	16	8	-
2006	12	6	6
2007	12	6	6

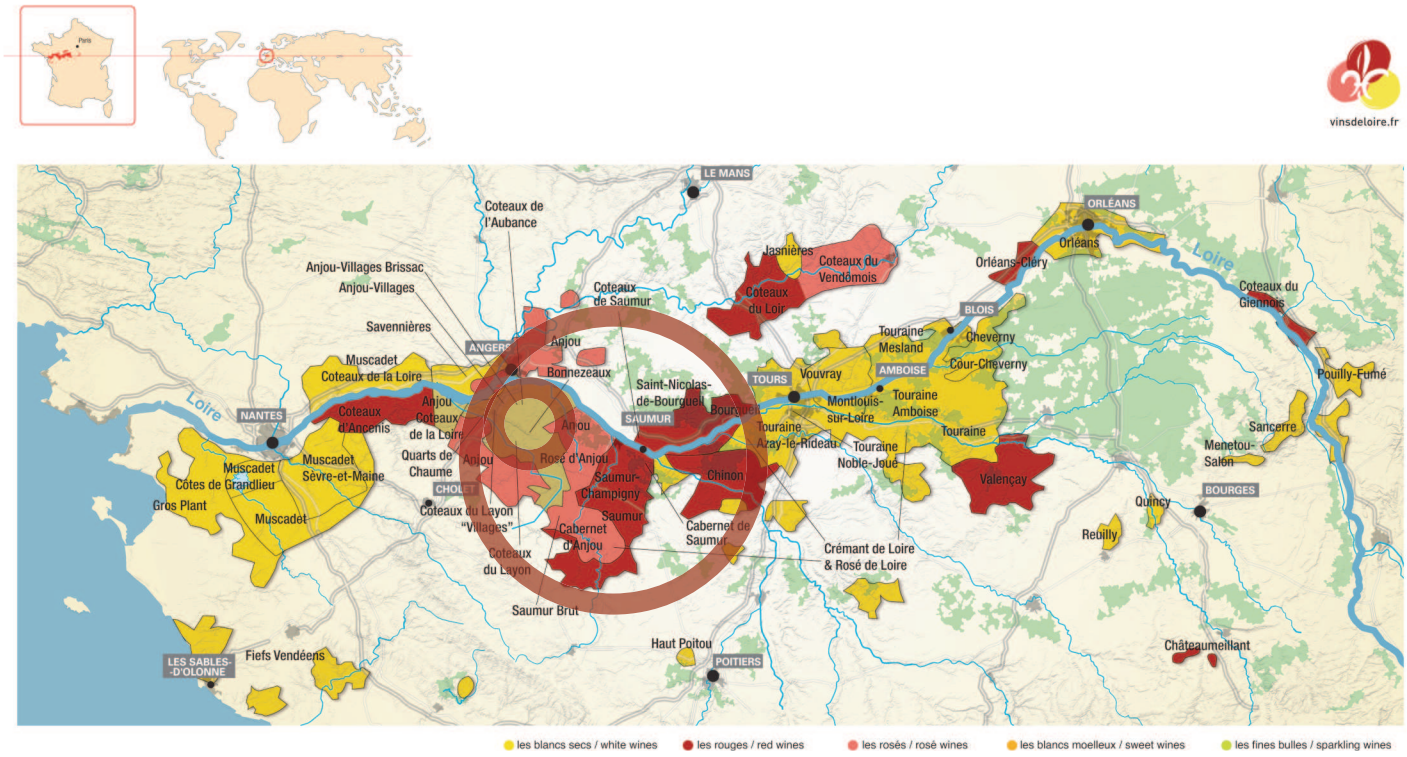


Figure 3-2.- Carte représentant les différentes appellations du Val de Loire et la zone d'étude. Le cercle intérieur permet de localiser la zone d'AOC AVB, et le cercle extérieur la moyenne vallée de la Loire, où sont produits les AOC rouges AVB, AR, et les OUT. (source : www.vinsdeloire.fr)

L'appellation Anjou-Villages Brissac s'étend sur 10 communes du Maine-et-Loire et correspond à l'aire géographique des Coteaux de l'Aubance (Figure 3-3).

Principales caractéristiques de l'AOC « Anjou Villages Brissac » (source www.vindeloire.fr) :

- Superficie : 95 Ha.
- Cépage : Cabernet franc et Cabernet-Sauvignon.
- Histoire : l'aire d'Anjou Villages Brissac correspond à une sélection de terrains retenus dans l'AOC Anjou-Villages au sein des seules communes ayant une tradition dans la production de vins rouges de grande garde.
- Sols : la zone d'appellation comprend deux régions distinctes :
  - l' « Anjou noir » sur sols sombres de schistes (bordure Sud-Est du Massif Armoricain), correspond à l'aire la plus étendue.
  - l' « Anjou blanc » sur terres blanches résultant de l'altération de la craie tuffeau de l'extrémité Sud-Ouest du Bassin Parisien, correspond à une surface très restreinte.
- Climat : de type océanique tempéré ;

- Dégustation : « Robe profonde et soutenue, souvent sombre, de couleur rubis. Dominance d'arômes suaves de réglisse et de fruits noirs qui évoluent sur le cuir et le sous-bois. La bouche offre une belle charpente tannique et une véritable finesse ». A comparer à la description de l'Anjou Rouge : « frais et très aromatique, aux notes de bonbons anglais lorsqu'il est vinifié en primeur ».

Les principales différences entre les AOC « Anjou Villages Brissac » et « Anjou Rouge », sont les suivantes (d'après les cahiers des charges de l'AOC) :

- Rendements : AR : 60hL/ha ; AVB : 50hL/ha.
- Charge (nombre de bourgeons par cep lors de la taille) : AR : 12 maxi. ; AVB : 10 maxi.
- Cépages autorisés : AR : Cabernet franc, Cabernet-Sauvignon, Pineau d'Aunis ; AVB : Cabernet franc, Cabernet-Sauvignon.
- Charge de raisin maximum à l'ha, à la récolte : AR : 10 000kg ; AVB : 9 500kg.
- Degré alcoolique minimum probable à la récolte : AR : 10.5° AVB : 11.0°
- Mise sur le marché : AR : 15 janvier N+1 ; AVB : 15 juillet N+1

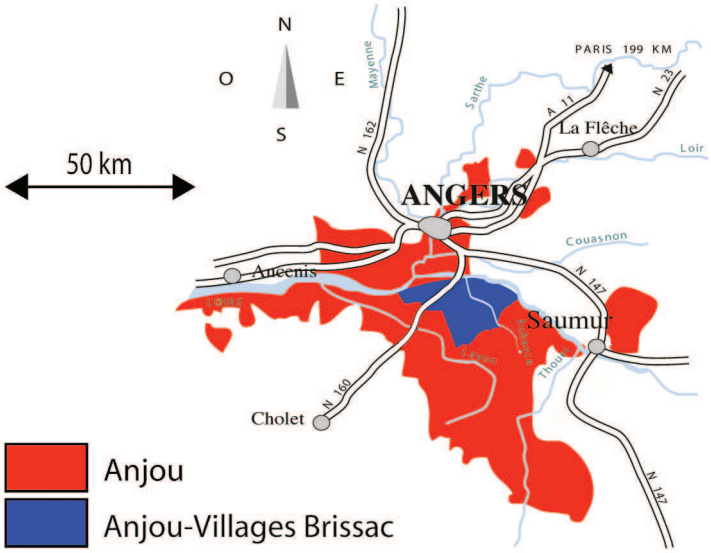


Figure 3-3. Carte représentant les zones d'AOC « Anjou Villages Brissac » et « Anjou rouge ».

Les principales différences dans les domaines des pratiques et de la composition biochimique, entre les vins des AOC AVB et AR, sont présentées dans le paragraphe 3.5.1. Données « Terroir ».

On a pu constater que le terroir était un concept complexe, comprenant plusieurs dimensions. Dans cette étude, nous nous sommes intéressé tout d'abord au type de sol,

comme élément de base de la notion de terroir, et au millésime. Le cépage a été également pris en compte. Enfin, on s'est intéressé à certains actes techniques pratiqués par les viticulteurs, en particulier ceux ayant trait au chantier de vendanges et aux vinifications.

Pour déterminer quels sont les actes techniques réalisés par les vignerons concernés par l'étude, des enquêtes agro-viti-œnologiques, à l'échelle de la parcelle, ont été réalisées auprès de chaque producteur pour les 3 millésimes étudiés. Les questions posées s'étendaient de l'origine des parcelles aux techniques de vinification et aux modes d'élevage. L'origine des parcelles a été croisée avec les données recueillies par la Cellule des Terroirs Viticoles (CTV), permettant de déterminer la nature et les potentialités viticoles des sols. Seules 13 questions ont été conservées pour cette étude, celles correspondant aux actes oenologiques. Tout ce qui était en relation avec l'entretien des vignes n'a pas été pris en compte. Le vin COOP_AVB, qui est un assemblage de plusieurs vins provenant de différentes producteurs n'a pas été conservé dans les données de cette enquête.

Les données quantitatives sont :

- la date de vendange,
- le rendement en hl/ha,
- le degré alcoolique potentiel correspondant à la teneur en sucre des baies,
- la durée de fermentation alcoolique (FA) (en jours),
- la température moyenne de fermentation alcoolique,
- la température maximale de fermentation alcoolique (millésimes 2006 et 2007 seulement),
- la durée de cuvaison (en jours),
- la durée d'élevage, à partir de la fin de la fermentation malolactique (en mois).

Les données qualitatives (OUI-NON) sont :

- l'utilisation de levures sèches actives (LSA)
- l'utilisation d'enzymes pectolytiques
- le passage sous bois du vin
- les pratiques de filtration
- les pratiques de collage

Dans le cas où un vin provenait de plusieurs parcelles, ces données ont été calculées au prorata de la surface des parcelles d'origine.

Enfin, le ban de vendanges a été également pris en considération, comme la date « minimale » de vendanges.

Trois types de sol ont été différenciés, selon le modèle proposé précédemment par Morlat et Bodin sur cette zone d'étude (Bodin and Morlat 2003; 2006; Morlat and Bodin 2006).

- Roche (« Thin Soil ») : sol peu profond, roche mère à moins de 70cm de la surface ; Roche mère : schiste dur (ThinSoil1) ou schiste friable et marne (ThinSoil2).
- Altération (« Mid Soil ») : sol plus profond, altérations entre 70cm et 120cm en profondeur ; Roche mère : schiste dur (MidSoil1) ou schiste friable et marne (MidSoil2).
- Altérite (« Light Soil ») : sol profond, argile, altérite sur plus d'1m20 de profondeur.

Le pourcentage de Cabernet franc et de Cabernet Sauvignon contenu dans le vin a été calculé en fonction du cépage, de la superficie et du rendement des différentes parcelles d'un même vin.

3.2.2. L'enquête agro-viti-oeno sensorielle (AVO sensorielle)

Afin de connaître la représentation conceptuelle de l'AOC « Anjou Villages Brissac » par les producteurs, lors de l'enquête agro-viti-oeno, les 41 producteurs de cette appellation ont été interrogés sur leur image idéelle d'un AVB. Pour cela, quatre questions leur ont été posées :

- « Quelles sont pour vous, les caractéristiques d'un AVB à la dégustation ? »; (« Senso2 »).
- « Comment différenciez-vous un AVB d'un AR à la dégustation ? » ; (« Senso4 »).
- « Quels sont pour vous, à la dégustation, les facteurs de production importants dans la caractérisation des vins AVB ? » ; (« Senso 5 »).
- « Quelle doit être l'image d'un AVB ? » ; (« Senso 3 »).

Les réponses étaient libres autant pour le vocabulaire que pour le nombre. Un des vignerons n'a répondu qu'à une seule question. Lors du traitement des réponses, des regroupements de termes en catégories a été réalisé à partir de l'expertise de deux oenologues interrogés.

3.2.3. Analyses sensorielles

3.2.3.1. Jury « professionnels »

Le jury de professionnels comptait respectivement 12, 14 et 11 juges pour l'analyse des millésimes 2005, 2006 et 2007. Seuls quelques juges ont participé pour deux ou trois millésimes. Ces professionnels, ont été choisis selon le critère suivant : Chaque juré devait participer à la production d'AVB, soit en tant que producteur, soit en tant que conseiller. A ce titre, les professions suivantes ont été sélectionnées : producteur, maître de culture/de chai/caviste, conseiller en oenologie, courtier, acheteur du négoce, ingénieur/technicien de

l'INAO. Chaque professionnel devait opérer professionnellement, pour partie au moins, sur la zone AVB. Ce groupe de professionnel ne correspond pas au groupe humain de référence, tel qu'il a été proposé par Casabianca (Casabianca *et al.* 2005), car plus restreint, en particulier du fait qu'il ne tient pas compte des consommateurs avertis.

Tableau 3-2. Récapitulatif de la composition du jury pour chaque analyse

juges/millésime	2005	2006	2007
producteurs	7	2	3
conseillers	2	9	6
acheteurs	2	2	1
techniciens	1	1	1
total	12	14	11

3.2.3.2. Profil Just About Right

Les échelles « Just About Right » (JAR) sont largement utilisées pour identifier les attributs nécessitant des améliorations, et pour déterminer pour un attribut d'un produit, le niveau optimum (Chambers and Baker Wolf 1996). Ainsi, l'échelle de notation JAR est couramment utilisée dans les tests consommateurs, dans des études marketing et en R&D. Les échelles JAR sont bipolaires (Figure 3-4), chaque extrémité étant bornée par une description opposée, le centre étant « Just About right », c'est à dire le plus acceptable. Dans notre étude, le jury de professionnels a noté les vins selon un profil JAR. Ainsi, pour chaque descripteur, les juges devaient noter un vin sur une échelle non structurée, de 10 cm. En se rapprochant du centre de l'échelle, le juge estimait que le vin était idéal, pour ce descripteur. À gauche, le juge estimait que le vin n'était pas assez intense par rapport à l'idéal, à l'inverse, à droite il estimait qu'il était trop intense par rapport à l'idéal.

Cependant, il peut exister des différences entre l'acceptation globale (overall liking) et les scores obtenus par le profil JAR. De même, les échelles JAR peuvent minorer les scores par rapport à des échelles hédoniques (Epler *et al.* 1998). Jonhson et Vickers ont montré que l'utilisation d'échelles JAR, comme l'utilisation d'échelles hédoniques étaient appropriées pour la recherche de l'amélioration de produits, mais que ces deux méthodes pouvaient aboutir à minorer le niveau « optimum » (Johnson and Vickers 1987). Enfin, il a été montré que les échelles JAR pouvaient être reliées à une note générale (overall liking), même si un

profil JAR pouvait représenter une autre description du produit, où les descripteurs peuvent ne pas être les descripteurs de référence pour l'appréciation globale (Gacula *et al.* 2007).
Par ailleurs, partant de l'observation que pour un juge, un vin noté « trop » était supérieur en intensité qu'un vin noté « pas assez », il a paru opportun de traiter également les profils JAR comme des profils quantitatifs classiques, en complément des traitements habituels (Analyse des pénalités par exemple).
Ainsi, les juges devaient répondre à la question suivante : **« pour chacun des descripteurs sensoriels, pensez vous que le vin n'est pas assez intense, trop intense, ou idéal, par rapport à l'idée ce que vous recherchez dans un vin d'AOC « Anjou Villages Brissac ? ».**

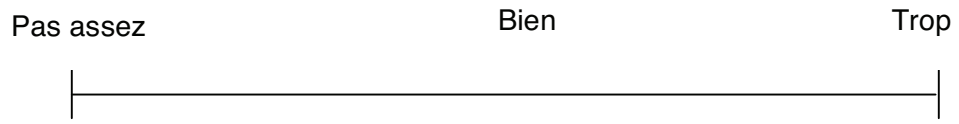


Figure 3-4. Échelle JAR

Les descripteurs ont été extraits de l'enquête menée auprès des 41 producteurs de l'AOC AVB. Pour cela, les termes générés par les producteurs ont été, dans un premier temps, regroupés selon leurs proximités linguistiques, par expertise (un viticulteur AVB, un oenologue et un viticulteur non AVB ont effectué le regroupement par consensus). Puis, un tableau de contingence a été généré, (nombre de réponses) avec, en ligne, les descripteurs après regroupement, et en colonne, les réponses, par producteur, pour les réponses Senso2 et Senso3. Les descripteurs ont été choisis partir de la moyenne par descripteur Tableau 3-3. Le fait de prendre en compte les descripteurs Senso2 et Senso3 permettait de prendre en compte les attributs d'appartenance à l'AOC AVB et les attributs de distinction à l'AOC AVB.
Pour chaque millésime, le jury a évalué les vins selon une liste de 13 critères définis au préalable par les producteurs d'AVB. Ces descripteurs sont classés en trois groupes : les descripteurs visuels, olfactifs et somesthésiques/gustatifs (Tableau 3-4). Les descripteurs équilibre et complexité ont été supprimés en 2006, car leur utilisation sur une échelle JAR suscitait de nombreuses interrogations de la part des juges et l'examen des résultats a montré une confusion dans l'utilisation des échelles sur ces descripteurs. Les termes astringence et acidité ont été ajoutés afin de rendre compte, d'un point de vue sensoriel, de

la notion d'équilibre. Pour les millésimes 2006 et 2007, les descripteurs utilisés ont été les mêmes.

Tableau 3-3. Fréquence de citation des descripteurs par AOC. Questions issues de l'enquête réalisée auprès des producteurs de l'AOC AVB. Correspondance avec les descripteurs choisis pour le profil JAR

Senso AOC	couleur soutenue -	couleur soutenue +	Végétal -	végétal +	fruits rouges/frais	fruits rouges/noirs -	fruits rouges/noirs +	fruits mûrs -	fruits mûrs +	floral	boisé -	boisé +	structuré -	structuré +	riche/ concentré -	riche/ concentré +	Qualité globale -	Qualité globale +	Q Tanins : ronds souples -	Q Tanins : ronds souples +	longueur -	longueur +	volume/ gras -	volume/ gras +
AVB	0,00	0,98	0,18	0,03	0,00	0,00	0,78	0,00	0,13	0,00	0,08	0,13	0,03	0,55	0,03	0,18	0,00	0,03	0,00	0,90	0,00	0,23	0,00	0,43
AR	0,43	0,00	0,03	0,03	0,23	0,05	0,03	0,13	0,00	0,05	0,03	0,00	0,75	0,03	0,35	0,00	0,10	0,13	0,13	0,10	0,15	0,00	0,35	0,00

Senso JAR	intensité colorante	végétal	fruits rouges	fruits noirs	fruits mûrs	/	boisé	charpente	complexité	équilibre	tanins fondus	longueur	gras
		intensité aromatique											

Tableau 3-4. Liste des descripteurs utilisés pour chaque analyse par le jury professionnel.

Descripteur	2005	2006	2007
Visuel	intensité colorante	intensité colorante	intensité colorante
		nuance	nuance
Olfactif	intensité aromatique	intensité aromatique	intensité aromatique
	fruits rouges	fruits rouges	fruits rouges
	fruits noirs	fruits noirs	fruits noirs
	fruits mûrs	fruits mûrs	fruits mûrs
	boisé	boisé	boisé
	végétal	végétal	végétal
	complexité		
Gustatif/somesthésie	gras	gras	gras
	longueur	longueur	longueur
	tanins fondus	tanins fondus	tanins fondus
	charpente		
	équilibre		
		astringence	astringence
		acide	acide

Par exemple, l'*intensité colorante* regroupe les termes couleur « soutenue », « profonde », « intense » et « foncée » générés par les producteurs. Le terme *nuance* correspond aux différentes teintes évoquées par les producteurs (rubis, cerise, grenat, etc.).

Concernant le service des vins, les conditions suivantes ont été respectées :

- L'échantillon à déguster était repéré à l'aide d'un code aléatoire à trois chiffres, afin qu'il soit complètement anonyme et qu'aucune hiérarchie ne soit suggérée.
- Une seule bouteille de chaque produit était servie lors des séances de notation afin de préserver la représentativité des produits.
- Les vins étaient servis entre 16 et 20°C
- Le volume versé dans les verres était de 4cl.
- Les vins étaient servis dans des verres INAO, codifiés par l'Afnor (AFNOR 1971).
- Les échantillons étaient présentés en blocs complets, si l'on considère l'étude dans sa globalité, sans répétition. Cependant, lors d'une séance, les échantillons étaient présentés en blocs incomplets (deux blocs). Deux séances ont donc été nécessaires pour noter l'ensemble des vins.
- L'ordre des échantillons est également important. Les échantillons étaient servis en suivant un ordre défini (principe du carré latin équilibré) afin de prendre en compte les effets arrières.

3.2.3.3. Question de typicité.

Le jury de professionnels a également répondu à une question générale, sur la typicité des vins, selon la méthodologie employée par Ballester (Ballester *et al.* 2005; Ballester *et al.* 2008). Une échelle non structurée, de 10 cm, de type faible-fort a été utilisée pour cette analyse.

La consigne, adaptée de celle proposée par Ballester (Ballester *et al.* 2005), était la suivante : **« Imaginez que vous deviez expliquer, à une personne qui ne connait pas du tout les vins de Loire, ce qu'est un vin d'Anjou Village Brissac, en lui faisant déguster plusieurs vins.**

Pour chaque vin qui vous sera présenté, je vous demande de répondre à la question suivante : « Pensez vous que ce vin est un bon exemple, ou un mauvais exemple, de ce que doit être un Anjou Villages Brissac ? ». Les professionnels devaient donc noter la typicité du vin, c'est à dire que les juges devaient estimer l'appartenance à l'AOC « Anjou Villages Brissac ». Une note proche de 0 signifiait que le vin n'était pas du tout typique d'un

AVB. À l'inverse, une note de typicité proche de 10 signifiait que le juge estimait ce vin typique d'un AVB.

3.2.3.4. Jury expert.

« Un sujet expert est un sujet qualifié qui a une excellente acuité sensorielle, qui est entraîné à l'utilisation des méthodes d'analyse sensorielle et qui est capable d'effectuer de façon fiable l'analyse sensorielle de divers produits » (Nicod 1998). Le jury expert était constitué de personnes qui ne faisaient pas partie de la filière viticole mais appréciaient le vin. Elles ont été recrutées par la plate forme « analyse sensorielle » de l'UE Pech Rouge (UMR SPO) (INRA, centre de Montpellier). L'encadrement du jury a également été effectué par la plateforme « analyse sensorielle ». Par la suite, les membres du jury final ont été sélectionnés en fonction de leurs performances vis à vis de leur répétabilité et leur niveau de consensus (Nicod 1998; Pineau 2006) Ainsi, après l'entraînement, respectivement 15, 19 et 19 juges ont été conservés pour l'analyse sensorielle des millésimes 2005, 2006 et 2007.

3.2.3.5. Profil Conventionnel.

La méthode du profil conventionnel (ISO 2003b) est une généralisation de la méthode Quantitative Descriptive Analysis (QDA®, Tragon Corporation) développée par Stone *et al.* (Stone 1974) et Stone et Sidel (Stone and Sidel 1998). Le but est d'établir une description la plus exhaustive possible des propriétés sensorielles des produits étudiés. Cette description, qualitative, est quantifiée. Le profil sensoriel généré est basé sur les moyennes du panel.

Le profil conventionnel est basé sur la recherche de descripteurs permettant de donner un maximum d'informations sur les propriétés sensorielles des produits étudiés, puis sur la quantification de ces descripteurs (Barthelemy 1998b). Les termes utilisés pour décrire les produits doivent être simples et compréhensibles par tout le jury. Par conséquent, le jury génère lui-même les descripteurs afin de faciliter la compréhension des termes. Lawless a ainsi montré, dans le cas de mélange d'odeurs (odeurs complexes), l'importance d'utiliser des descripteurs pouvant être perçus de manière unitaire et univoque (Lawless 1999). De la même manière, il est important que le choix des termes choisis soit perçu sans ambiguïté sémantique (Cain 1979).

Les descripteurs sont générés par le panel, par consensus. Leur intitulé, leur nombre, et leur définition sont le résultat de la décision consensuelle du panel (Lawless and Heymann 1998). Ces descripteurs devant être utilisés de manière homogène, ils doivent répondre à plusieurs critères : être quantifiables objectivement (non hédoniques), pertinents, précis et discriminants. Enfin, ils doivent représenter de manière exhaustive la dimension sensorielle étudiée. L'entraînement est un outil indispensable à la bonne réalisation d'un profil sensoriel.

Il doit permettre aux sujets de maîtriser le vocabulaire spécifique, de mémoriser les images sensorielles afin de bien noter les produits par la suite. Les performances des panélistes et du panel sont évaluées pendant cette phase d'entraînement afin d'orienter le travail d'entraînement, mais aussi, à la fin de l'entraînement, afin de valider la qualité du des panélistes et du panel (Lawless and Heymann 1998; Pineau 2006). Une fois le jury entraîné, il peut être considéré comme un instrument de mesure homogène ; les séances d'évaluation ou séances de mesure peuvent alors avoir lieu, dans des conditions contrôlées (Nicod 1998) L'élaboration d'un profil consiste à retranscrire les sensations perçues pour les descripteurs sur une échelle d'intensité. Les échantillons sont présentés de manière monadique.
Selon Mc Leod et Strigler (McLeod and Strigler 1998), le profil conventionnel est également le meilleur outil actuellement disponible pour tenter d'expliquer les choix du consommateur.
Les descripteurs du jury expert sont listés dans le Tableau 3-5.

Tableau 3-5. Liste des descripteurs utilisés par le jury expert pour chaque analyse

type de descripteur	2005	2006	2007
visuel	intensité colorante	intensité colorante	intensité colorante
	nuance	nuance	nuance
	viscosité		
	trouble		
olfactif	intensité aromatique	intensité aromatique	intensité aromatique
	cassis	cassis	cassis
	kirsch	kirsch	kirsch
	pâtisserie	pâtisserie	pâtisserie
	pruneaux	pruneaux	pruneaux
	végétal	végétal	végétal
	animal	animal	animal
	empyreumatique		empyreumatique
	barrique		boisé
		barrique / empyreumatique	
	humus		humus
	moisi		
		humus/moisi	
	épicé		
		fruits rouges	fruits rouges
		poivré	poivré
			alcool
Gustatif/somesthésique	persistance aromatique	persistance aromatique	persistance aromatique
	acidité	acidité	acidité
	amertume	amertume	amertume
	astringence	astringence	astringence
	sucrosité		sucrosité
total	21	17	20

Les vins ont été servis de façon monadique, selon un ordre basé sur un carré latin de Williams, dans des verres standardisés de norme AFNOR (AFNOR 1971).

Les juges experts ont évalué chaque vin deux fois et ont noté chaque descripteur en suivant un profil classique appelé profil conventionnel, ou profil descriptif quantitatif (profil QDA ; Quantitative Descriptive Analysis). Les juges ont dû quantifier l'intensité des descripteurs pour chaque vin, sur une échelle linéaire, non structurée, de 10 cm (Figure 3-5). Une note proche de 0 (à gauche) correspondait à une faible intensité du descripteur concerné, tandis qu'une note proche de 10 (à droite) correspondait à une forte intensité.



Figure 3-5 - Échelle de type « QDA » du jury expert

3.2.4. Données biochimiques

Des analyses biochimiques ont été réalisées pour chaque vin étudié. L'extrait sec réduit, le titre alcoométrique, l'acidité totale, l'acidité volatile, l'intensité colorante, la nuance, les coordonnées tri-stimulaires issues du modèle L*a*b* (CIE 2008), la teneur en anthocyanes et l'indice de Folin-Ciocalteu. Onze paramètres biochimiques sont ainsi disponibles pour chaque vin étudié et chaque millésime.

3.2.5. Analyses statistiques

3.2.5.1. Coefficients de corrélation de Pearson et Spearman

En probabilités et en statistique, étudier la corrélation entre deux ou plusieurs variables aléatoires ou statistiques numériques, c'est étudier l'intensité de la liaison qui peut exister entre ces variables. La liaison recherchée est une relation affine. Dans le cas de deux variables numériques, il s'agit de la régression linéaire. Le lien entre deux variables quantitatives est calculé à partir du coefficient de corrélation de Pearson. Pour deux variables ordinales, on utilise le coefficient de corrélation de Spearman.

- Le coefficient de corrélation de Pearson :

$$r = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}).(y_i - \bar{y})}{\sigma_x.\sigma_y}$$

où $\boldsymbol{\sigma_x}$ et $\boldsymbol{\sigma_y}$ sont les écarts-types de x et y :

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \qquad \sigma_y^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2$$

et le numérateur correspond à la covariance observée.

- Le coefficient de corrélation de Spearman :

Le coefficient de corrélation de Spearman va indiquer le degré de liaison existant entre le classement des éléments d'un échantillon selon la variable x et le classement des mêmes éléments selon la variable y. Une forte valeur du coefficient de corrélation de Spearman indiquera une liaison entre les deux variables. Pour calculer le coefficient de corrélation de Spearman, il s'agit de calculer le rang de chaque élément dans la série croissante de valeurs de x et de y puis de calculer la différence de classement $\mathbf{d_i}$ où i dénote le i-ème élément de l'échantillon. L'indicateur de Spearman est donné par :

$$r_s = 1 - 6\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n(n^2-1)}$$

3.2.5.2. Analyse de la Variance (ANOVA)

L'analyse de la variance est un test statistique permettant de vérifier que plusieurs échantillons sont issus d'une même population. Ce test s'applique lorsque l'on mesure une ou plusieurs variables explicatives qui influencent sur la distribution d'une variable continue à expliquer. On parle d'analyse à un facteur, lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par un facteur de variabilité, d'analyse à deux facteurs lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par deux facteurs de variabilité.

Le modèle général s'écrit :

$$y_{ijk\ldots} = \mu + f(i,j,k,\ldots) + \varepsilon$$

avec $\mathbf{y_{ijk...}}$ la variable à expliquer, $\boldsymbol{\mu}$ la valeur moyenne de l'échantillon, $\boldsymbol{f()}$ une relation entre les variables explicatives et $\boldsymbol{\varepsilon}$ traduit l'incertitude sur la mesure et l'inadéquation du modèle. On pose l'hypothèse fondamentale que l'erreur suit une loi normale : $\boldsymbol{\varepsilon} = N(0,\sigma^2)$.

3.2.5.3. Tests de Tukey et de Newman-Keuls

Ces deux tests visent à déterminer quelles sont les paires de moyennes pour lesquelles les différences sont significatives. Les hypothèses à tester sont les suivantes :

$H_0 : \mu_i = \mu_j$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$

Le test de Tukey, ou test de la différence franchement significative (HSD : honestly significative difference), consiste à calculer l'expression Q pour toutes les différences de moyennes :

$$Q = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_j}{E} \text{ où } \bar{x}_i > \bar{x}_j \text{ et } E = \sqrt{\frac{MCR}{n}}$$

MCR : moyenne des carrés résiduels et n : nombre d'observations.

La valeur critique est définie par $Q_{crit} = q_\alpha(r,\nu)$ où α est le seuil de signification, r le nombre de moyennes à comparer et v le degré de liberté de MCR. Si $Q_{Obs} > Q_{Crit}$, on conclut à une différence significative entre les deux moyennes constituant la paire.

La procédure de Newman-Keuls consiste à effectuer des tests de Tukey sur des sous-ensembles décroissants de moyennes. Ainsi à chaque étape, la valeur critique du test de Tukey est ajustée selon le nombre de moyennes contenues dans le sous-ensemble. k moyennes sont à comparer. On classe l'ensemble des moyennes par ordre croissant de la plus petite à la plus grande : $\bar{y}_{(1)} \leq \bar{y}_{(2)} \leq ... \leq \bar{y}_{(k)}$. On compare la différence $\bar{y}_{(k)} - \bar{y}_{(1)}$ à la valeur critique : $\lambda_{r-1} = q_\alpha(k,\nu)\sqrt{\frac{MCR}{n}}$

Si cette différence n'est pas significative, la procédure s'arrête et on conclut à l'absence de différence entre les k moyennes. Si cette différence est significative, on passe à l'étape suivante. On compare chacune des deux différences $\bar{y}_{(k)} - \bar{y}_{(2)}$ et $\bar{y}_{(k-1)} - \bar{y}_{(1)}$ à la valeur critique : $\lambda_{r-1} = q_\alpha(k-1,\nu)\sqrt{\frac{MCR}{n}}$.

Lorsqu'une différence est jugée non significative, toutes les comparaisons impliquées par cette différence sont jugées non significatives. Si ce n'est pas le cas, on réitère cette procédure à partir de la différence jugée significative.

3.2.5.4. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'analyse en Composantes Principales (ACP) consiste à transformer des variables liées entre elles en nouvelles variables indépendantes les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées "composantes principales", ou axes. l'ACP permet de réduire l'information en un nombre de composantes plus limité que le nombre initial de variables (Escoffier and Pages 1998).

Il s'agit d'une approche à la fois géométrique (représentation des variables dans un nouvel espace géométrique selon des directions d'inertie maximale) et statistique (recherche d'axes indépendants expliquant au mieux la variabilité - la variance - des données).

L'ACP a été utilisée pour traiter les données des profils conventionnels et des profils JAR afin d'obtenir une représentation synthétique des produits et de leur caractéristiques sensorielles. L'analyse est appliquée aux tableaux des notes moyennes par descripteur, à

partir des données normées. Le seuil de sélection a été choisi à partir de l'histogramme des probabilités associées au F produit, (« saut » dans les valeurs triées par ordre croissant).
L'ACP a également été utilisée pour visualiser le consensus entre les juges professionnels, pour les notes de typicité ou pour les notes issues du profil JAR. Les notes sont centrées et réduites afin que chaque juge ait le même poids dans l'analyse, Sur le cercle des corrélations, plus les vecteurs pointent dans la même direction et plus les juges ont évalués les produits de la même façon (Pineau 2006).

3.2.5.5. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

L'objectif d'une classification est de constituer des groupes d'objets homogènes et différenciés tels que :

- les objets soient les plus similaires possibles au sein d'un groupe (critère de compacité),
- les groupes soient aussi dissemblables que possible (critère de séparabilité),

La ressemblance ou la dissemblance étant mesurée sur l'ensemble des variables descriptives. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) conduit à la construction d'un arbre de classification (ou dendrogramme) montrant le passage des n individus au groupe « total » par une succession de regroupements.
La distance euclidienne a été utilisée pour le calcul des ressemblances entre les individus. La méthode de Ward a été utilisée comme critère d'agrégation. Elle consiste à choisir à chaque étape le regroupement de classes tel que l'augmentation de l'inertie intra-classe, utilisée comme indice de niveau, soit minimum :

$$\min\left(\frac{n_A \times n_B}{n \times (n_A + n_B)} \times d^2(g_A, g_B)\right)$$

avec $\mathbf{n_A}$, $\mathbf{n_B}$ le nombre d'individus des classes A et B, **n** le nombre total d'individus, $\mathbf{g_A}$, $\mathbf{g_B}$ le centre d'inertie des classes A et B.

3.2.5.6. Analyse Factorielle Multiple (AFM)

L'analyse Factorielle Multiple (AFM), peut être considérée comme une extension de l'ACP dans le cas ou les individus sont décrits par différents groupes de variables (Escoffier and Pages 1998). L'AFM permet ainsi d'analyser simultanément plusieurs tableaux de variables, et d'obtenir des résultats, notamment des représentations graphiques, qui permettent d'étudier la relation entre les observations, les variables et les tableaux (Escoffier and Pages 1998; Pages et al. 1987). L'AFM permet de traiter simultanément des groupes de variables quantitatives et des groupes de variables qualitatives. A l'intérieur d'un tableau les

variables doivent être de même nature (quantitative ou qualitative). La première étape consiste à réaliser des ACP (variables quantitatives) ou des ACM (variables qualitatives) séparées sur chaque groupe (sous-tableau). Chaque sous-tableau est ensuite pondéré par l'inverse de sa première valeur propre de façon à définir une nouvelle matrice sur laquelle sera réalisée une nouvelle ACP. Cette ACP pondérée est réalisée sur les colonnes de l'ensemble des tableaux, les tableaux de variables qualitatives étant transformés en tableaux disjonctifs complets. La pondération des tableaux permet d'éviter que les tableaux comprenant plus de variables ne pèsent trop dans l'analyse. La pondération revient à donner le même poids à tous les groupes sur le premier axe principal. Elle ne dépend ni du nombre de variables de chaque groupe ni des corrélations intra-groupe. L'AFM permet d'obtenir une représentation des individus et des variables. Les individus peuvent être représentés à travers leur point moyen, résultant du compromis entre les différents groupes de variables, mais aussi, au travers de leurs points partiels, dans la représentation correspondant à chacun des groupes de variables. L'AFM permet donc d'obtenir une représentation finale optimale à la fois des individus et des variables, mais aussi une représentation superposée et une représentation des groupes.

Les coefficients RV fournis par l'AFM indiquent le niveau de liaison entre les tableaux. C'est une autre mesure dérivée des coefficients Lg. La valeur des coefficients RV est comprise entre 0 et 1, ce qui en facilite l'interprétation. Plus le coefficient RV est proche de 1, et plus les configurations se ressemblent. La valeur du coefficient RV doit être interprétée en fonction du nombre d'individus et du nombre de variables. Il est possible d'utiliser un test de significativité (Josse *et al.* 2008).

Le coefficient RV est défini par :

$$RV(X,Y) = \frac{COVV(X,Y)}{\sqrt{VAV(X).VAV(Y)}}$$

$$COVV(X,Y) = Tr(\sum_{XY} \sum_{YX}) \qquad VAV(X) = Tr(\sum^{2}_{XX}) \qquad \sum_{XY} = E(XY^{T})$$

Afin de comparer l'information fournie par les différents jurys, une analyse factorielle multiple a été réalisée pour chaque millésime en prenant comme différentes tables :

- Professionnels : les moyennes des notes de chaque descripteur pour chaque vin.
- Expert : les moyennes des notes de chaque descripteur pour chaque vin.
- Typicité : la note de typicité moyenne accordée pour chaque vin par le jury de professionnels. La table « typicité » est considérée comme supplémentaire.

3.2.5.7. Analyse de pénalités

L'analyse de pénalités est une méthode utilisée en analyse sensorielle pour identifier des axes d'amélioration possible pour des produits, suite à des enquêtes d'idéal sensoriel ou d'enquêtes de préférence sur tel attribut sensoriel auprès de consommateurs ou d'experts (Issanchou 1998; Sensorysims ; XLStat). Le terme de pénalité vient de ce que l'on recherche les caractéristiques susceptibles de pénaliser la satisfaction des consommateurs pour un produit donné. L'importance de la pénalité est mesurée en comparant le score de préférence globale, (l'idéal) des juges trouvant un produit "trop" ou "pas assez", d'un attribut Z noté sur une échelle JAR, avec le score de préférence globale des juges ayant noté "just about right", l'intensité de l'attribut Z. L'analyse de pénalités permet de mesurer de combien la note de préférence globale est pénalisée par les « réponses non-JAR ». Seules les pénalités les plus fortes sont à prendre en considération. Généralement, une note inférieure à 0,25 est jugée négligeable, et une note supérieure à 0,5 est jugée élevée. Enfin, généralement, seules sont prises en compte les valeurs de pénalité pour lesquelles plus de 20% des sujets ont notés « non-JAR » (Sensorysims).

Les données utilisées doivent donc être de deux types:

- des données de préférence correspondant à des indices de satisfaction globaux sur un produit.
- des données sur une échelle JAR (Just About Right).

Dans le cas de cette étude, les données de préférence correspondent aux notes de typicité (idéal), sur une échelle non structurée de 10 cm. Les données JAR correspondent à la notation de 13 descripteurs, selon une échelle JAR. Cette échelle étant non structurée, les notes JAR des descripteurs ont été reclassées en trois catégories ([0-4,5] = « pas assez »,]4,5-5,5[= « JAR » et [7-10] = « trop »). Les notes de typicité ont aussi été recodées de 1 à 10. La méthode consiste à identifier, en utilisant des *ANOVA* pour chacune des caractéristiques étudiées sur l'échelle JAR, si à une différence de notation JAR est associée une différence significative au niveau des données globales de préférence. Seules les valeurs de pénalité, pour lesquelles plus de 30% des sujets ont noté « non-JAR » pour les attributs, ont été prises en compte, du fait du nombre limité de juges.

Les tableaux et les figures générés n'indiquent que les descripteurs où les pénalités sont significatives. Dans les tableaux de pénalités, les informations suivantes sont fournies : le nom du descripteur, les trois niveaux agrégés des notes JAR, les fréquences correspondant à chaque niveau, la note de typicité moyenne pour chaque niveau, le nombre de points perdus lorsque le vin est jugé « pas assez » ou « trop », la significativité de cette perte (seuil 5%), la pénalité globale et la significativité de cette pénalité (seuil 5%). Le graphique « effets

sur la moyenne » simplifie le tableau en terme d'interprétation. Il indique quels sont les effets sur la note de typicité si le produit est jugé « pas assez » ou « trop » et si ces pénalités sont significatives.

3.2.5.8. Cartographie de préférence (PREFMAP)

La cartographie effectuée dans cette étude est basée sur le principe de la cartographie des préférences décrite par Schlich et Danzart (Danzart 1998; Schlich and McEwan 1992). Les techniques de cartographie des préférences mettent en relation les données d'une description sensorielle d'un ensemble de produits et les données de préférences sur ces mêmes produits exprimées par un échantillon représentatif de consommateurs. Ici, ce sont les notes de typicité « Anjou Villages Brissac » qui sont mises en relation avec la description sensorielle des vins.

Cette cartographie repose sur la carte sensorielle des vins, réalisée par une *ACP*. Selon le principe de cartographie externe, si deux produits sont proches sur la carte, c'est-à-dire semblables sensoriellement, un consommateur leur attribuera des notes à peu près égales. Ainsi, on suppose que les coordonnées sensorielles d'un produit sur la carte peuvent permettre de reconstituer la préférence. La cartographie externe propose donc d'utiliser ces coordonnées pour modéliser la préférence de chacun des consommateurs.

Ainsi, sur les données de chacun des juges sont ajustées le modèle quadratique complet :

$$y_k(i) = a_0(k) + a_1(k)c_1(i) + a_2(k)c_2(i) + a_3(k)c_1^2(i) + a_4(k)c_2^2(i) + a_5(k)c_1(i)c_2(i) + \varepsilon \quad \forall i$$

Avec $\mathbf{y_k(i)}$, la note de typicité donnée par le juge k au produit i

$\mathbf{c_1(i)}$, la coordonnée du produit i sur l'axe 1.

En simplifiant, on obtient le modèle suivant :

$$y_k = a_0 + a_1c_1 + a_2c_2 + a_3c_1^2 + a_4c_2^2 + a_5c_1c_2 + \varepsilon$$

Cette approche va nous permettre d'évaluer les différences de préférence, des juges professionnels, pour les différents millésimes. Pour chaque millésime, les résultats des l'ACP réalisées précédemment sont mis en relation avec les notes de typicité accordées pour chaque vin par les différents juges.

3.2.6. Logiciels

Les données ont été traitées grâce au logiciel XlStat 2009.2 (XlStat 2009), au logiciel Statgraphic Centurion XV (Statpoint 2006) et à son module Uniwin.

3.3. La représentation conceptuelle

Cette partie de l'étude consiste à étudier la typicité, du point de vue du concept, tel qu'il est défini par les producteurs, en visant à

- mettre en évidence des propriétés d'appartenance au type et des propriétés de distinction par rapport à des produits comparables
- mettre en évidence des facteurs du terroir jugés prégnants
- étudier le niveau de consensus entre producteurs.

La représentation conceptuelle a été étudiée à partir d'une enquête réalisée auprès des 41 producteurs disposant de vignes susceptibles de produire l'AOC de référence (AVB). Quatre questions ont été posées :

1. Selon vous, quelle doit être l'image d'un AVB ?
2. Quelles sont, pour vous, les caractéristiques d'un AVB à la dégustation ?
3. Comment différenciez-vous un AR d'un AVB à la dégustation ?
4. Quels sont pour vous, à la dégustation, les facteurs de production importants dans la caractérisation des vins AVB ?

Les questions ont été codées « Senso 2 », « Senso 3 »,« Senso 4 » et « Senso 5 ». La question Senso1, correspondant à la localisation des parcelles, n'a pas été retenue pour cette étude. Un producteur n'ayant pas répondu, 40 producteurs ont finalement été pris en compte (Figure 3-6).

Les réponses ont été classées en fonction de l'ordre dans lequel elles ont été données par les vignerons, en considérant que les mots venant à l'esprit en premier étaient plus importants. Ainsi, les réponses d'ordre 1 auront plus de poids que les réponses d'ordre 2, etc. La fréquence de citation et le poids ont été pris en compte.

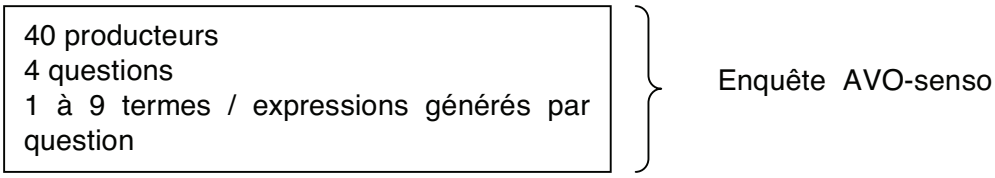


Figure 3-6. Données traitées correspondant à l'enquête AVO-senso

3.3.1. L'image des vins « Anjou Villages Brissac »

L'image globale des vins AVB a été étudiée à partir des réponses données à la question *senso2* **« Selon vous, quelle doit être l'image d'un AVB ? »**.

3.3.1.1. Fréquence des réponses à la question Senso2.

Au total, 23 expressions ont été générées par les 40 producteurs, et regroupées en 8 familles (Tableau 3-6) afin de faciliter le traitement des données. Le regroupement a été effectué par expertise (deux oenologues). Seuls 5 producteurs parmi les 40 ont donné plus de 3 réponses.

Tableau 3-6. Récapitulatif des réponses et regroupement des expressions. Question Senso3.

Réponses senso2	**Regroupement**	**nb**
château de Brissac	château de Brissac	3
de garde	de garde	15
complément de gamme	différent des autres rouges d'Anjou	4
différent des autres rouges d'Anjou	différent des autres rouges d'Anjou	10
différent grâce au Cab.Sauvignon	différent des autres rouges d'Anjou	1
produit d'appel	différent des autres rouges d'Anjou	4
de niche	différent des autres rouges d'Anjou	1
correspondant au CC de l'AOC AVB	expression du terroir	1
le plus naturel possible	expression du terroir	1
produit du terroir	expression du terroir	1
forte personnalité	forte personnalité	12
différencier la meilleure cuvée	haut de gamme	3
haut de gamme	haut de gamme	30
meilleur qu'un Bordeaux	haut de gamme	1
repas gastronomique	haut de gamme	1
idem Saumur Ch	haut de gamme	1
basique	moyenne garde	1
moyenne garde	moyenne garde	1
sans bois	moyenne garde	1
vin de repas	moyenne garde	1
repas traditionnel	vin régional	1
vin régional	vin régional	1
peut-être un vin de vieux	non classé	1
	Total	96

Les réponses, après regroupement, ont été hiérarchisées par ordre de réponse : R1 correspond aux réponses données par les vignerons en première position, R2 les réponses données en deuxième position, et ainsi de suite (Tableau 3-7). L'expression la plus citée a été *haut de gamme (28%)*. Sur l'ensemble des réponses données, c'est aussi l'expression la plus citée (38%), puis viennent les termes : *différent des autres rouges d'Anjou (21%)*, *vin de garde (16%)* et *vin à forte personnalité (13%)*.

Tableau 3-7. Récapitulatif des réponses à la question senso2 classées par ordre de réponse.

Expressions	R1	R2	R3	R4	R5	total
château de Brissac	1	2	0	0	0	3
de garde	3	6	4	2	0	15
différent des autres rouges d'Anjou	6	7	6	1	0	20
expression du terroir	1	0	1	1	0	3
forte personnalité	2	10	0	0	0	12
haut de gamme	27	4	3	1	1	36
moyenne garde	0	3	1	0	0	4
vin régional	0	2	0	0	0	2
					Total	95

3.3.1.2. Poids des réponses à la question Senso2.

Le poids des réponses correspond à la fréquence de citation pondérée de l'ordre de citation. Les individus sont les producteurs (40) et les variables sont les expressions fournies après regroupement (8). A chaque réponse donnée a été attribuée une note de 3 à 1 en fonction de son ordre, la première réponse ayant un poids plus important que la deuxième, et ainsi de suite. Les réponses données en troisième position et plus ont ainsi la note de 1. Une expression non citée s'est vu attribuer la note de 0. Les expressions ayant le poids le plus élevé ont été les suivantes (total ramené à 1) : *haut de gamme* (0,45), *différent des autres rouges d'Anjou* (0,19), *de garde* (0,13) et *forte personnalité* (0,12), les autres expressions avaient un poids inférieur à 0,04.

Pour résumer, l'image d'un vin « Anjou Villages Brissac » est *haut de gamme* et *se différenciant des autres vins rouges*. Ces critères prédominent pour l'ensemble des producteurs.

3.3.2. Propriétés d'appartenance

Afin de mettre en évidence les propriétés d'appartenance du concept AVB, nous avons étudié les réponses données à la question *senso3* : **« Quelles sont, pour vous, les caractéristiques d'un AVB à la dégustation ? »**. Les 40 principaux termes/expressions ont été regroupés en 13 groupes, afin de rendre plus aisée l'interprétation des résultats. Les regroupements ont été réalisés par expertise (deux oenologues). La liste des termes/expressions générés est présentée dans le Tableau 3-8.

3.3.2.1. Fréquence des réponses à la question Senso3.

En première réponse, les AVB sont caractérisés par leur *couleur soutenue (63%)*. Les réponses suivantes sont plus partagées. Sur l'ensemble des réponses données, trois

principaux descripteurs se dégagent : *tanins ronds/souples (21%), couleur soutenue (20%)* et *fruits rouges/noirs (17%).* Deux autres descripteurs ressortent ensuite : *structuré (12%) et volume/gras (9%)*. Les autres descripteurs représentent moins de 5% en fréquence unitaire.

Tableau 3-8. Récapitulatif des réponses et regroupement des expressions. Question Senso3.

Expressions	**Groupe**	**Nb**	**Fréquence**
attaque pleine	volume/gras	5	2,5%
bien en bouche	volume/gras	1	0,5%
gras	volume/gras	2	1,0%
volume en bouche	volume/gras	9	4,5%
pas de végétal	végétal (-)	1	0,5%
verdeur	végétal (-)	6	3,0%
tanins	structuré	1	0,5%
puissant	structuré	5	2,5%
sous bois	structuré	1	0,5%
structure	structuré	16	7,9%
complexe	riche/concentré	2	1,0%
complexité aromatique	riche/concentré	1	0,5%
riche/concentré	riche/concentré	4	2,0%
équilibre	Qualité globale	1	0,5%
rond	Q Tanins : ronds souples	9	4,5%
souple	Q Tanins : ronds souples	2	1,0%
tanins ronds	Q Tanins : ronds souples	1	0,5%
tanins veloutés/soyeux	Q Tanins : ronds souples	26	12,9%
velours	Q Tanins : ronds souples	2	1,0%
léger	Pas riche	2	1,0%
Pas boisé	pas boisé	4	2,0%
longueur	longueur	9	4,5%
fruits noirs	fruits rouges/noirs	2	1,0%
fruits rouges/noirs	fruits rouges/noirs	31	15,3%
fruits compotés	fruits mûrs	1	0,5%
fruits mûrs	fruits mûrs	3	1,5%
belle robe	couleur soutenue	1	0,5%
couleur profonde	couleur soutenue	13	6,4%
couleur soutenue	couleur soutenue	23	11,4%
Intensité colorante forte	couleur soutenue	1	0,5%
boisé	boisé	7	3,5%
élégance	non classé	1	0,5%
couleur grenat	non classé	1	0,5%
attaque franche	non classé	1	0,5%
brillance franche	non classé	2	1,0%
épicés	non classé	1	0,5%
fumés	non classé	1	0,5%
limpide	non classé	1	0,5%
millésime	non classé	1	0,5%
terne	non classé	1	0,5%
	Total	202	

3.3.2.2. Poids des réponses à la réponse Senso3.

Un poids de 5 à 1 a été appliqué à chaque réponse donnée (Tableau 3-9). En effet, contrairement à la question Senso2, 30 producteurs sur 40 ont cité 5 termes/expressions au minimum. Le descripteur qui a le poids global le plus important est (total ramené à 1) : *couleur soutenue* (0,29), puis ce sont les termes *tanins ronds/souples* (0,18)*, structuré* (0.15) et *fruits rouges/noirs* (0,15).

Tableau 3-9. Récapitulatif des réponses données à la question senso3 par ordre de réponse.

Descripteurs sensoriels	**R1**	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**R7**	**R8**	**R9**	**Total**	**Fréquence**
volume/gras	1	1	8	4	2	1	0	0	0	17	8,9%
pas végétal	0	1	2	0	3	1	0	0	0	7	3,6%
structuré	6	8	5	4	0	0	0	0	0	23	12,0%
riche/concentré	0	3	2	2	0	0	0	0	0	7	3,6%
pas riche/concentré	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	1,0%
bonne qualité globale	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,5%
tanins ronds/souples	4	11	7	3	10	3	2	0	0	40	20,8%
longueur	0	2	2	3	2	0	0	0	0	9	4,7%
fruits rouges/noirs	3	5	9	9	5	0	1	1	0	33	17,2%
fruits mûrs	1	1	0	1	1	0	0	0	0	4	2,1%
couleur soutenue	25	8	2	3	0	0	0	0	0	38	19,8%
boisé	0	0	0	0	5	0	1	0	1	7	3,6%
pas boisé	0	0	0	3	1	0	0	0	0	4	2,1%
									Total	192	

Pour résumer, les caractéristiques d'appartenance d'un AVB, selon les producteurs, sont un vin à la *couleur soutenue*, *structuré*, avec des *tanins souples et ronds*, et des *odeurs fruitées (fruits rouges/noirs)*.

3.3.3. Propriétés de distinction

Afin de mettre en évidence les propriétés de distinction du concept AVB, nous avons étudié les réponses données à la question *senso4* : **« Comment différenciez-vous un AR d'un AVB à la dégustation ? »**. Les réponses ont été traitées de la même manière que pour la question senso3. Sur 87 termes ou expressions générées, correspondant à 139 réponses, 80 ont été conservées et rassemblées en 17 groupes. 7 termes/expressions n'ont pas été retenus. La liste des termes/expressions générés et regroupés est présentée dans le Tableau 3-10. La première réponse donnée est une couleur moins soutenue (30%), puis moins structuré (23%). Globalement, les producteurs pensent que les vins de l'appellation « Anjou Rouge » sont moins structurés que ceux de l'appellation « Anjou Villages Brissac » (26%), puis qu'ils ont une couleur moins soutenue (14%), qu'ils sont moins riches/concentrés

(12%) et moins gras (11%). Le dénominateur commun à ces caractéristiques semble bien être qu'un vin AR est jugé « plus simple » qu'un vin AVB.

3.3.3.1. Fréquence des réponses à la question Senso4.

La première réponse donnée est une *couleur moins soutenue (30%)*, puis *moins structuré* (23%). Globalement, les producteurs pensent que les vins de l'appellation « Anjou Rouge » sont *moins structurés* que ceux de l'appellation « Anjou Villages Brissac » (26%), puis qu'ils ont une *couleur moins soutenue (14%),* qu'ils sont *moins riches/concentrés (12%)* et *moins gras (11%).* Le dénominateur commun à ces caractéristiques semble bien être qu'un vin AR est jugé « plus simple » qu'un vin AVB.

Tableau 3-10 - Récapitulatif des réponses données à la question senso4 par ordre de réponse.

3.3.3.2. Poids des réponses à la réponse Senso4.

Descripteurs sensoriels	**R1**	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**total**	**Fréquence**
moins gras	3	5	4	1	2	0	15	11,4%
plus végétal	0	0	1	0	0	0	1	0,8%
plus structuré	0	0	0	0	1	0	1	0,8%
moins structuré	9	11	8	3	3	0	34	25,8%
moins riche/concentré	2	5	4	4	0	1	16	12,1%
meilleure qualité globale	4	0	0	1	0	0	5	3,8%
moins bonne qualité globale	1	0	1	1	0	1	4	3,0%
tanins plus ronds souples	2	3	1	0	0	0	6	4,5%
tanins moins ronds souples	1	0	1	1	1	0	4	3,0%
moins de longueur	2	2	0	1	0	1	6	4,5%
plus fruits rouges/noirs	0	0	0	1	0	0	1	0,8%
moins fruits rouges/noirs	1	1	0	1	0	0	3	2,3%
plus fruits rouges/frais	2	3	2	0	1	1	9	6,8%
moins fruits mûrs	0	1	1	1	2	0	5	3,8%
plus floral	1	0	1	0	0	0	2	1,5%
couleur moins soutenue	12	4	2	0	1	0	19	14,4%
moins boisé	0	0	0	1	0	0	1	0,8%
						Total	132	

Comme seuls 11 producteurs sur 40 ont cité plus de 4 termes/expressions, un poids de 3 à 1 a été appliqué à chaque réponse donnée comme pour la question senso2. Le descripteur qui a le poids global le plus important est (total ramené à 1) : m*oins structuré* (0.26), puis *couleur moins soutenue* (0.19), *moins gras* (0.11) et *moins riche/concentré* (0.10).

Pour résumer, et même si les réponses semblent moins partagées, l'image d'un vin AR, comparé à un AVB, est un vin *moins structuré*, ayant une *couleur moins soutenue* et *moins*

riche et *moins gras*. Cette image s'oppose à celle de l'AVB sur des descripteurs d'intensité, de richesse, de concentration.

3.3.4. Propriétés d'appartenance et de distinction

Afin de vérifier s'il existait des groupes homogènes de producteurs, à partir de l'analyse des réponses concernant les propriétés d'appartenance et de distinction, nous avons rassemblé les réponses aux deux questions correspondant à ces propriétés, dans un même tableau, en prenant en compte les poids des réponses. Nous avons considéré que la question *senso4* pouvait être interprétée comme « quelles sont pour vous les caractéristiques d'un AR à la dégustation ? ». Pour chaque producteur, deux modalités correspondant aux deux questions ont été crées (les réponses données par le producteur 1 étaient alors 1_senso3 et 1_senso4). Une Classification Ascendante Hiérarchique avec pour critère d'agrégation la méthode de Ward a été réalisée à partir de ce tableau. Les groupes formés par la CAH sont présentés dans le Tableau 3-11.

Tableau 3-11. Groupes formés par la CAH. « 1_senso3 » correspond aux réponses du producteur 1 à la question senso3. Seul le producteur 30 discrimine différemment les AR et AVB, sur des critères de « qualité de tanins ».

G1		G2	G3
1_senso3	30_senso3	1_senso4	4_senso4
2_senso3	32_senso3	2_senso4	7_senso4
3_senso3	33_senso3	3_senso4	14_senso4
4_senso3	34_senso3	5_senso4	16_senso4
5_senso3	37_senso3	6_senso4	18_senso4
6_senso3	38_senso3	8_senso4	19_senso4
7_senso3	39_senso3	12_senso4	23_senso4
8_senso3	40_senso3	13_senso4	28_senso4
12_senso3	42_senso3	15_senso4	29_senso4
13_senso3	43_senso3	20_senso4	32_senso4
14_senso3	45_senso3	22_senso4	38_senso4
15_senso3	46_senso3	25_senso4	40_senso4
16_senso3	47_senso3	26_senso4	45_senso4
18_senso3	48_senso3	33_senso4	47_senso4
19_senso3	49_senso3	34_senso4	49_senso4
20_senso3	50_senso3	37_senso4	50_senso4
22_senso3	54_senso3	39_senso4	54_senso4
23_senso3	55_senso3	42_senso4	
25_senso3	30_senso4	43_senso4	
26_senso3		46_senso4	
28_senso3		48_senso4	
29_senso3		55_senso4	

Le Tableau 3-11 nous indique trois groupes formés par la CAH. Le premier groupe est constitué des réponses à la question senso3 et d'une réponse à la question senso4

(producteur 30). A la question Senso4, le producteur 30 avait généré trois expressions, dont deux avaient trait à la qualité des tanins. Or ce terme avait été largement généré lors de la question senso3 par un grand nombre de producteurs.

Les réponses générées par la question senso4 sont divisées en deux groupes, les producteurs du groupe 3 ayant plus cité les termes *moins gras*, *moins structuré*, *meilleure qualité globale*, *tanins plus ronds/souples*, *moins de longueur* et *couleur moins soutenue*. Finalement, cette CAH semble montrer un relatif consensus concernant les réponses à la question concernant l'image d'un AVB (Groupe 1), et l'existence de deux groupes de producteurs concernant l'image comparée d'un AR et d'un AVB (Groupes 2 et 3).

3.3.5. Importance des facteurs de production dans l'effet terroir.

Afin de connaître quels étaient les facteurs du terroir les plus importants pour la typicité de l'appellation AVB, selon les producteurs interrogés, nous avons analysé les réponses générées par la question *senso5* : « **Quels sont pour vous, à la dégustation, les facteurs de production importants dans la caractérisation des vins AVB ?** ». Comme précédemment, l'ordre des réponses est conservé. Les 17 termes ou expressions générées, correspondant à 149 réponses, ont été conservées et rassemblées en 16 groupes. La liste des termes/expressions générés est présentée dans le Tableau 3-12.

Tableau 3-12. Récapitulatif des réponses obtenues à la question senso5. Humain (V) : facteur humain, viticulture. Humain (O) : facteur humain, oenologie.

Termes/expressions	**R1**	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**R7**	**Fréquence**	**Facteur terroir**
sol	23	5	4	0	0	0	0	21,5%	Naturel
itinéraire technique	5	5	6	4	8	1	1	20,1%	Humain (V)
cépage	4	4	9	2	1	0	1	14,1%	Biologique
sous sol	2	14	1	1	0	0	0	12,1%	Naturel
millésime	2	4	1	3	1	2	0	8,7%	Naturel
porte-greffe	0	1	4	5	1	2	0	8,7%	Biologique
orientation parcelle	1	3	1	3	0	0	0	5,4%	Naturel
maturité/raisins bien mûrs	1	0	0	2	0	0	0	2,0%	Biologique
pente	0	0	3	0	0	0	0	2,0%	Naturel
sécheresse	0	1	1	0	0	0	0	1,3%	Naturel
rendement	1	0	0	0	0	0	0	0,7%	Biologique
âge de la vigne	0	0	1	0	0	0	0	0,7%	Biologique
vinification	0	0	1	0	0	0	0	0,7%	Humain (O)
production	0	1	0	0	0	0	0	0,7%	Humain
très peu de pépins	0	0	0	0	1	0	0	0,7%	Biologique
terroir	1	0	0	0	0	0	0	0,7%	Naturel
Total	40	38	32	20	12	5	2	100%	

3.3.5.1. Fréquence des réponses à la question Senso5.

Le sol a été cité en première réponse par 58% des producteurs. Si l'on agrège les réponses correspondant aux facteurs naturels, cela correspond à 73% des premières réponses. Pour les réponses suivantes, il s'agit principalement du *sous-sol (37%).* L'*itinéraire technique* n'apparaît comme réponse la plus citée qu'au cinquième rang (67%, mais avec seulement 12 réponses sur 40 potentielles).

Si globalement, ce sont le *sol* (22%) et l'*itinéraire technique* (20%) qui ont été les plus cités, puis ensuite le *cépage* (14%) et le *sous-sol* (12%), le sol et le sous sol représentent la majorité des réponses immédiates.

3.3.5.2. Poids des réponses à la question Senso5.

Comme précédemment, chaque réponse est pondérée d'un facteur allant de 3 à 1. La réponse ayant le poids global le plus important (poids ramené à 1) est le *sol* (0.31). L'*itinéraire technique* a un poids (0.17).

Les réponses données ont été classées en trois catégories, correspondant aux facteurs du terroir selon Casabianca *et al.* (2005), où le terroir est fondé sur des interactions entre le milieu physique, biologique et des facteurs humains. Ces trois catégories sont les suivantes : le facteur naturel, le facteur biologique et le facteur humain. Le mot *terroir*, cité une seule fois, a ici été classé dans *facteur naturel* au sens proposé par Laville (1990), c'est à dire en ne considérant que l'entité physique. Dans ce cas le poids des facteurs naturels est de 0.63, celui des facteurs biologiques de 0.24 et celui des facteurs humains de 0.16. La Figure 3-7 illustre la fréquence de citation des facteurs du terroir en fonction du rang des réponses.

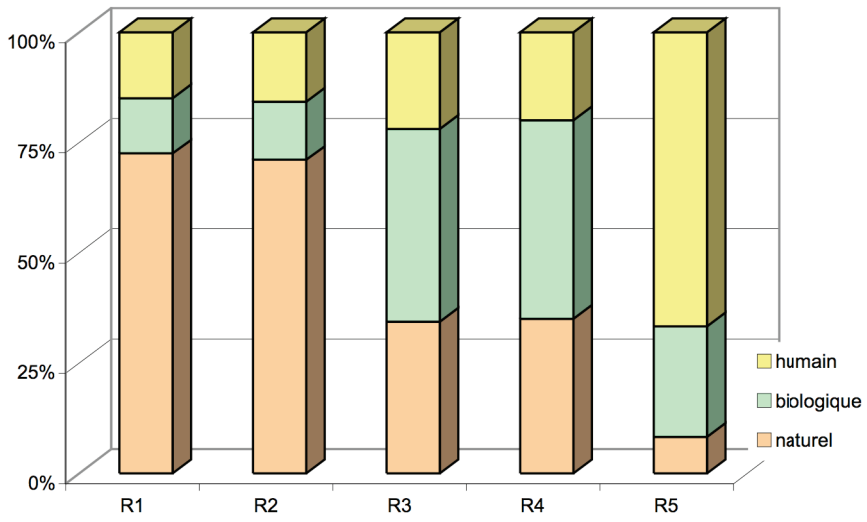


Figure 3-7. Répartition des mots regroupés en fonction des facteurs du terroir

Cette représentation permet de constater aisément que le *facteur naturel* (sol, millésime, orientation parcelle …) est cité très largement en premier, puis les *facteurs biologiques* et enfin les *facteurs humains*. Selon les producteurs, le facteur naturel est l'élément du terroir le plus important dans la caractérisation de l'AOC. En ce sens, le concept de terroir, pour les producteurs, semble bien correspondre à une entité physique, élargie aux cépages et à leurs capacités à s'adapter aux conditions particulières du milieu physique. Cette dimension rejoint celle de nombreux auteurs (Bodin and Morlat 2003; Capus 1947; Carey *et al.* 2007; Deloire *et al.* 2002; Leeuwen *et al.* 2004; Seguin 1983; Stefanini *et al.* 2003). Néanmoins, afin de vérifier, si pour tous les producteurs, la représentation du terroir se limitait aux facteurs naturels, une CAH a été réalisée sur les réponses données à la question senso5, en tenant compte de la pondération des réponses. Deux groupes de vingt vignerons chacun ont été formés. Une ACP, réalisée sur le tableau des poids a permis d'expliquer ce qui différenciait ces deux groupes (Tableau 3-13 et Figure 3-8.

	F1	**F2**	**F3**
Valeur propre	1,52	1,14	0,34
Variabilité (%)	50,70	38,05	11,25
% cumulé	50,70	88,75	100,00

Contributions (%)	**F1**	**F2**
naturel	25,39	45,02
biologique	18,67	54,92
humain	55,93	0,06

Tableau 3-13. Variabilité de chaque valeur propre et explications des axes

Les deux premiers axes de l'ACP expliquant 88,7% de l'information globale, ils sont seuls conservés. L'axe F1 est principalement expliqué par la variable *facteur humain* et l'axe F2 par les variables *facteur naturel* et *facteur biologique*. Les deux groupes (groupe 1, rose ; groupe 2, bleu) se distinguent par rapport à la variable *naturel*. Ce facteur a globalement plus de poids dans le groupe 1 que dans le groupe 2. Les facteurs *naturels* sont prioritairement revendiqués, par les producteurs interrogés, dans la caractérisation de la typicité AVB, et c'est plus particulièrement le *sol*, qui jouerait un rôle essentiel dans la typicité du vin. Il s'opposent aux autres producteurs, où les facteurs naturels sont associés aux facteurs biologiques, ou bien les facteurs humains sont cités en premier.

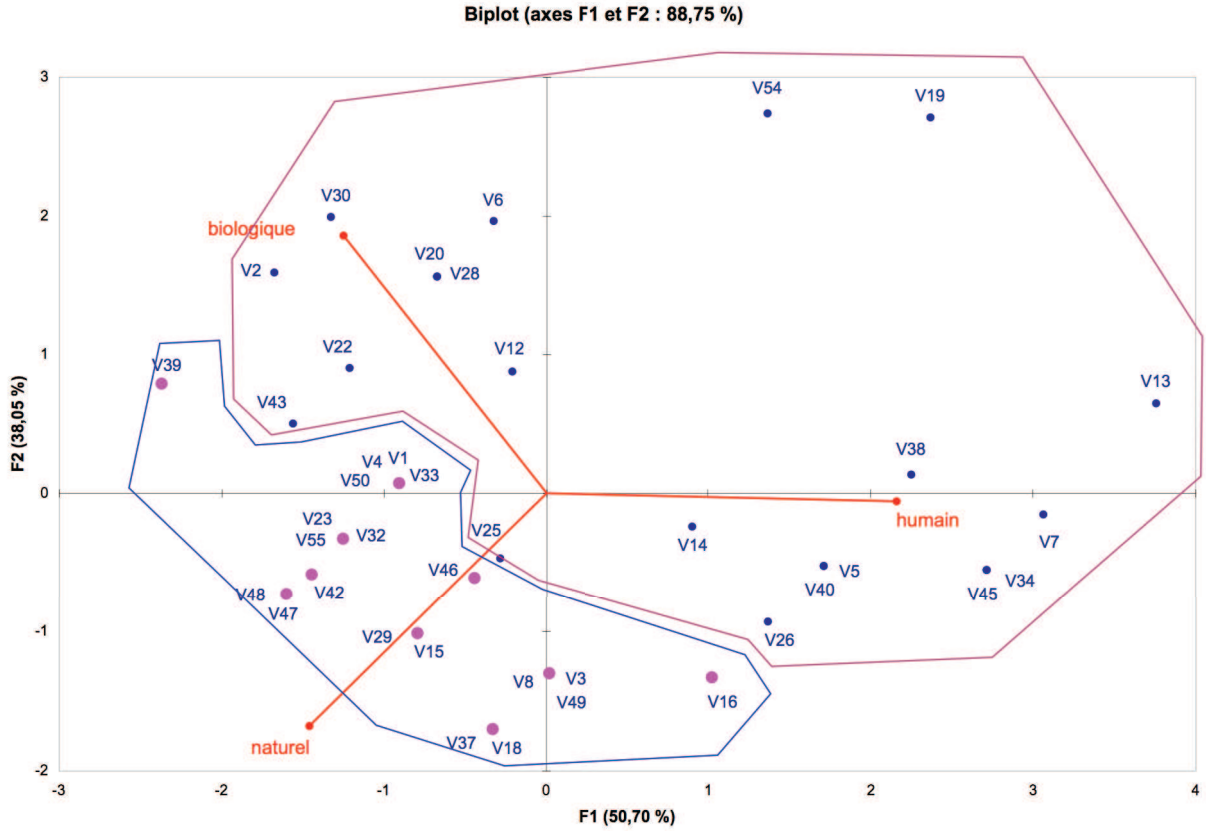


Figure 3-8. Représentation sur le plan factoriel 1-2 (ACP) des données « senso5 ». Les nuages correspondent aux groupes issus de CAH.

3.3.6. Etude du consensus

Afin de mesurer le niveau d'accord entre les juges aux différentes questions, deux approches ont été mises en oeuvre :

(i) Une matrice de corrélation de Spearman (données ordinales) a été réalisée sur les tableaux des réponses pondérées des poids pour chaque question (colonnes : producteurs ; lignes : réponses). Il s'agit de déterminer les corrélations entre les producteurs interrogés ; à partir des diagrammes en boîte à moustache et des statistiques descriptives, il est possible de mesurer l'accord entre les producteurs.

(ii) Des ACP ont été réalisées à partir des matrices des réponses pondérées par producteur (variables : producteurs ; individus : termes). L'utilisation des ACP a été proposée afin d'étudier la performance d'un panel, notamment quand il s'agit de mesurer son degré d'accord (Pineau 2006). Des ACP ont ainsi été réalisées par question, à partir des tableaux contenant les producteurs en variables et les questions en individus (Couronne 1997; Dijksterhuis 1995). La longueur du vecteur d'une variable représentant le pouvoir

discriminant, plus les vecteurs sont proches, plus les sujets ont noté de la même façon (Joliffe 1986).

3.3.6.1. Analyse unidimensionnelle.

Pour les questions senso 2, 3 et 4, ce sont les regroupements de termes qui ont été pris en compte. Pour la question senso5, ce sont les facteurs du terroir. Les principales statistiques descriptives sont représentées dans la Figure 3-9.

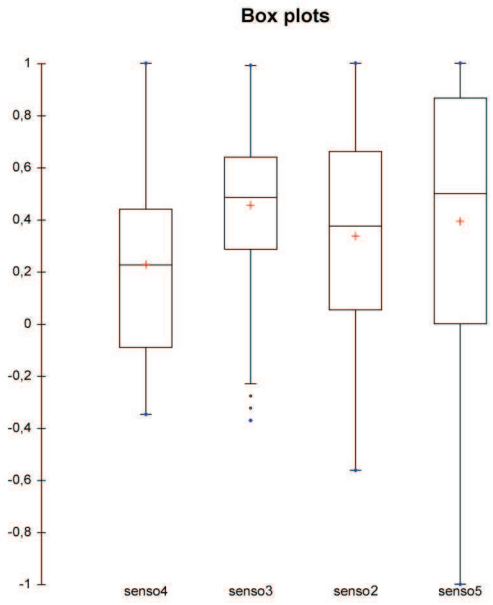


Figure 3-9. Diagramme en boîte à moustache et statistiques descriptives pour chaque question.

La question *senso3* a le coefficient de corrélation moyen le plus fort. C'est aussi la question qui présente le plus petit écart-type. Les producteurs sont donc plus consensuels sur cette question que sur les autres. Pour la question senso5, la dispersion des coefficients de corrélation autour de la moyenne est importante (écart-type à 0,613).

Les producteurs sont donc plus en accord sur les caractéristiques d'un AVB (caractéristiques d'appartenance) que sur les autres caractéristiques. Les producteurs sont moins consensuels à propos des facteurs du terroir ayant un rôle dans la typicité d'un AVB, du fait de l'existence de deux groupes de producteurs, s'opposant sur l'importance des facteurs naturels et humains.

3.3.6.2. Analyse multidimensionnelle.

Des CAH ont été réalisées à partir des matrices des réponses pondérées par question, puis des ACP à partir de ces mêmes matrices, mais avec une inversion des variables et des individus. Par ailleurs, des ANOVAs ont été réalisées à partir des matrices où les variables étaient les réponses et les individus les groupes issus des CAH. Seules les variables où le nombre de citations était supérieur à N/n (avec N : nombre total de citations ; n : nombre de variables) ont été prises en compte. L'objectif était de mettre en évidence les réponses décrivant les groupes issus des CAH. Les résultats sont réunis dans les figures et tableaux suivants.

Consensus et image globale du vin (Senso 2)

Les producteurs se répartissent en deux groupes (CAH), et sont distribués, dans le plan factoriel de l'ACP, sur l'axe F1 (vin *haut de gamme* ; contribution 89%) et sur l'axe F2 (vin *différent des autres rouges d'Anjou* ; contribution 66%).

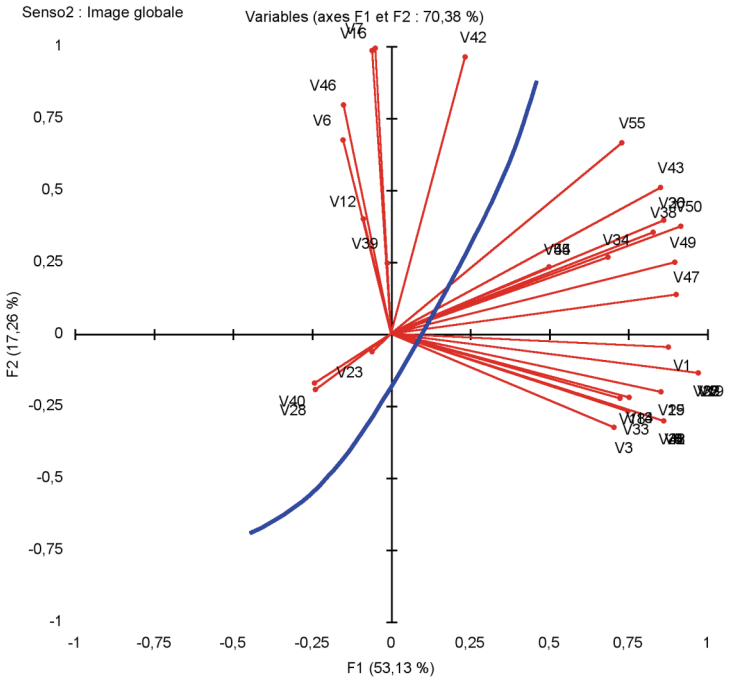


Figure 3-10. Proximité entre sujets sur l'image globale de l'AVB. ACP des données centrées par producteur.

Ces deux réponses permettent de discriminer significativement les deux groupes de producteurs. Néanmoins, ces deux notions « haut de gamme « et « différenciation » sont proches. L'image globale des AVB peut être considérée comme consensuelle.

Tableau 3-14. Dissimilarité des producteurs en fonction des réponses à la question senso 2.

Réponses	Pr>F	Moyenne Gpe 1	Moyenne Gpe 2
château de Brissac			
de garde	0,053		
différent des autres rouges d'Anjou	0,005	0,667	1,900
expression du terroir			
forte personnalité	0,600		
haut de gamme	<0,0001	3,100	0,100
moyenne garde			
vin régional			

ANOVA sur les groupes issus d'une CAH.

Consensus et critères d'appartenance (Senso3).

Les producteurs se répartissent en deux groupes (CAH), et sont distribués ,dans le plan factoriel de l'ACP, sur l'axe F1 (vin à la *couleur soutenue* ; contribution 52%) et sur l'axe F2 (Vin *structuré* ; contribution 65%, *fruits rouges/noirs ;* contribution 16%). Le consensus entre les juges sur cette question étant plus élevé, la séparation des deux groupes est moins nette.

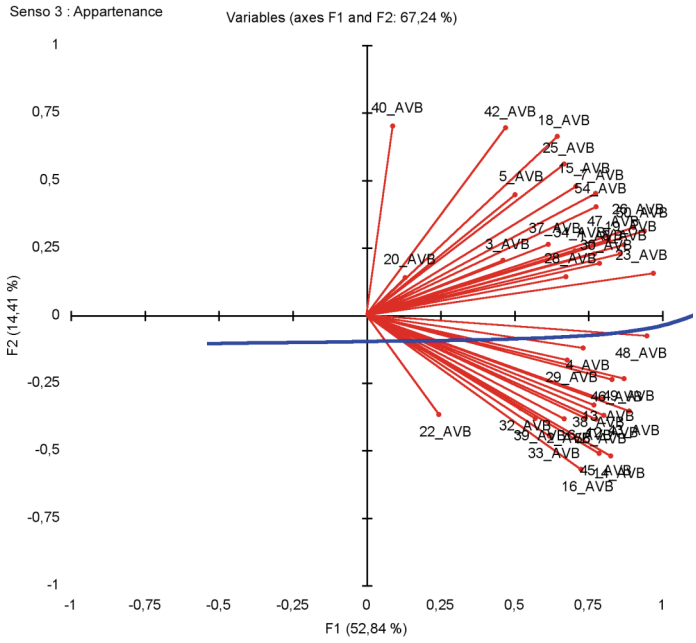


Figure 3-11. Proximité entre sujets sur les critères d'appartenance de l'AVB. ACP des données centrées par producteur

Tableau 3-15. Dissimilarité des producteurs en fonction des réponses à la question senso 3. ANOVA sur les groupes issus d'une CAH.

Réponses	Pr>F	Moyenne Gpe 1	Moyenne Gpe 2
volume/gras +	0,002	0,455	1,889
végétal -			
structuré +	<0,0001	3,591	0,333
riche/concentré +			
riche/concentré -			
qualité globale +			
Q tanins : ronds souples +	0,747		
longueur +			
fruits rouges/noirs +	<0,0001	1,318	3,111
fruits mûrs +			
couleur soutenue +	0,051		
boisé +			
boisé -			

La variable *couleur soutenue* ne permet pas de discriminer significativement les deux groupes de producteurs. Son poids important sur l'axe F1, et la direction des vecteurs de chaque producteur selon l'axe F1 montrent que ce descripteur est consensuel. Le descripteur *fruits rouges/noirs* permet de discriminer les deux groupes, mais il ne contribue pas de manière significative aux principaux axes de l'ACP.

Consensus et critères de distinction (Senso4).

Les producteurs se répartissent en trois groupes, et sont distribués, dans le plan factoriel de l'ACP, sur l'axe F1 (Vin *moins structuré* ; vin à la *couleur soutenue* ; contribution 21%) et sur l'axe F2 (vin à la *couleur soutenue* ; contribution 58%).

Le descripteur volume/gras permet également de discriminer les groupes. Sur l'ACP, il contribue à l'axe F3 (Contribution de l'axe F3 : 10,3% ; contribution du descripteur sur l'axe F3 : 56%). Ces termes/expressions représentent plus de 52% des termes/expressions exprimés. Ils ont en commun de représenter un AR comme *moins* coloré, gras ou structuré, comparé à un AVB. L'idée générale semble plutôt partagée, même si les termes/expressions générés diffèrent.

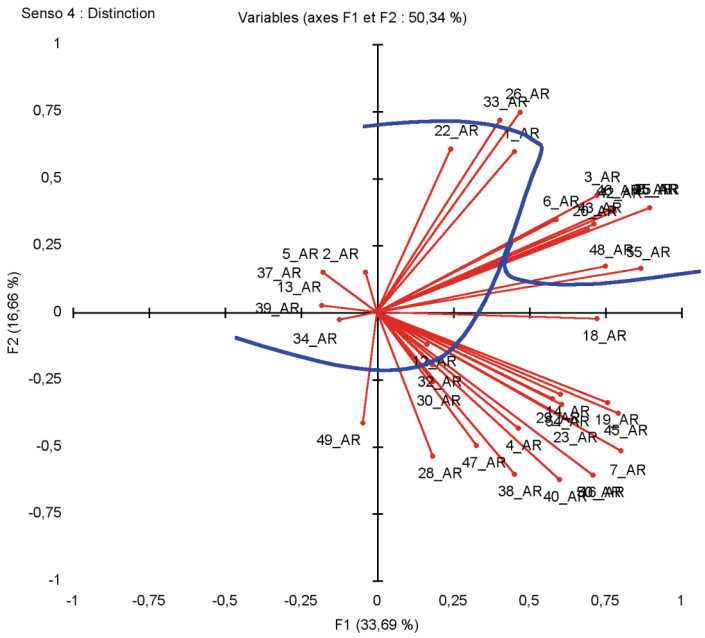


Figure 3-12**.** Proximité entre sujets sur les critères de distinction de l'AVB. ACP des données centrées par producteur

Tableau 3-16. Dissimilarité des producteurs en fonction des réponses à la question senso 4.

Réponses	**Pr>F**	**Moyenne Gpe 1**	**Moyenne Gpe 2**	**Moyenne Gpe 3**
volume/gras -	0,001	0,000	0,462	2,647
végétal +				
structuré +				
structuré -	<0,0001	0,444	3,154	4,353
riche/concentré -	0,467			
qualité globale +				
qualité globale -				
Q tanins : ronds souples +				
Q tanins : ronds souples -				
longueur -				
fruits rouges/noirs +				
fruits rouges/noirs -				
fruits rouges/frais	0,126			
fruits mûrs -				
floral				
couleur soutenue -	<0,0001	1,000	5,385	0,235
boisé -				

ANOVA sur les groupes issus d'une CAH.

Consensus et facteurs de production (Senso5).

Les producteurs se répartissent en 4 groupes, distribués dans le plan factoriel de l'ACP, sur les axes F1 (*sol*, contribution 66%) et F2 (*itinéraires techniques*, contribution 62%).

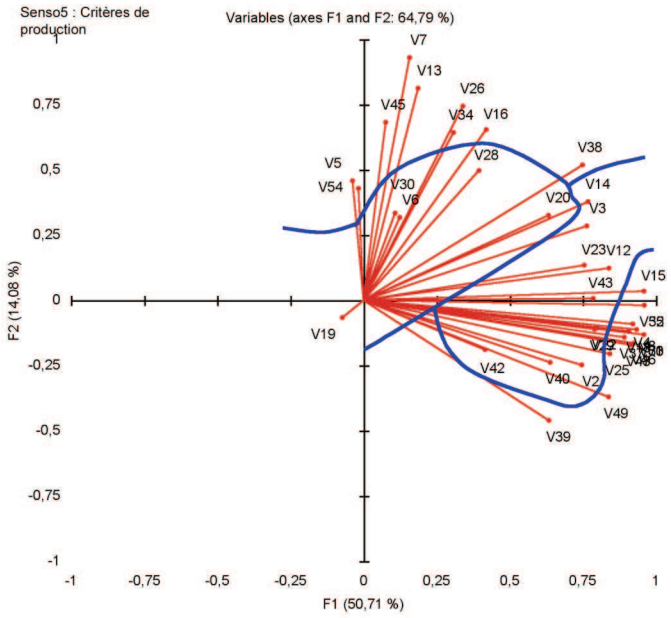


Figure 3-13**.** Proximité entre sujets sur les critères de production d'un AVB. ACP des données centrées par producteur

Tableau 3-17. Dissimilarité des producteurs en fonction des réponses à la question senso 4. ANOVA sur les groupes issus d'une CAH.

Réponses	**Pr>F**	**Moyenne Gpe 1**	**Moyenne Gpe 2**	**Moyenne Gpe 3**	**Moyenne Gpe 4**
cépage	<0,0001	0,625	0,8	0,111	2,8
millésime	0,143				
sol	<0,0001	2,875	2,9	0,556	0,6
itinéraire technique	<0,0001	0,875	0,5	2,556	0,6
orientation parcelle					
sous sol	<0,0001	2,125	0	0,225	0
maturité					
porte-greffe	0,069				
sécheresse					
pente					
âge de la vigne					
vinification					
rendement					
production					
très peu de pépins					
terroir					

Les descripteurs sol/sous sol, cépage et itinéraire technique permettent de différencier plusieurs groupes de producteurs. Vingt six producteurs (groupes 1 et 2 de la CAH) placent le descripteur *sol* comme important. Parmi ceux-ci, 16 y ajoutent le *sous-sol*. Pour cinq producteurs, c'est le *cépage* qui domine (contribuant pour 62% de l'axe F3, non représenté). Enfin, pour 9 producteurs, *l'itinéraire technique* est discriminant. Nous retrouvons les

différentes définitions du concept de terroir, limité à un système physique, élargi aux cépages adaptés, élargi à nouveau à une communauté d'acteurs. La définition la plus stricte domine largement.

3.3.7. Conclusion

Les producteurs ont une image conceptuelle de la typicité des vins de leur AOC plutôt consensuelle. Il existe des différences, mais la plupart sont marginales et s'expliquent par la fait qu'ils expriment différemment des concepts assez poches. La principale divergence vient de ce que nous avons appelé leur concept de terroir. Si une grande majorité (2/3) considèrent le terroir comme d'abord une entité physique, pour un tiers, le cépage et les itinéraires techniques sont des éléments importants du système terroir. Les producteurs sont également consensuels sur les caractéristiques sensorielles des vins, et plus particulièrement sur les caractéristiques d'appartenance. Il est intéressant de noter que s'il existe des divergences sur les facteurs de production explicatifs des caractéristiques sensorielles des vins, il existe finalement peu de divergences sur le résultat, c'est à dire sur les caractéristiques sensorielles d'appartenance et de distinction des mêmes vins,.

3.4. Typicité perceptuelle

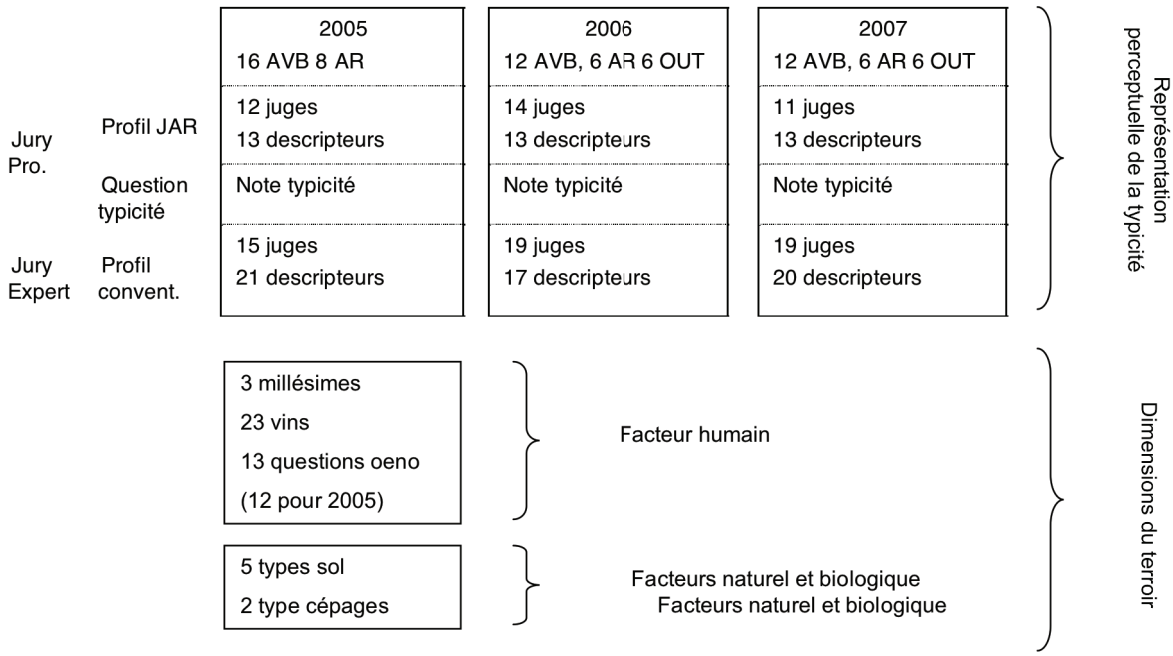
La représentation perceptuelle de la typicité a été étudiée à partir de l'analyse sensorielle de vins commercialisés, fournis par les producteurs. L'espace produit était constitué de 72 vins, de 3 millésimes, 2005, 2006 et 2007. La répartition entre les vins AVB et les vins de catégories voisines (« outliers ») varie selon les millésimes étudiés : 16 AVB et 8 AR pour le millésime 2005, 12 AVB, 6 AR et 6 OUT pour les millésimes 2006 et 2007. Deux jurys ont été utilisés à chaque fois, un jury expert, tel qu'il est défini dans la norme AFNOR (ISO 1993; 1994) et un jury de professionnels ou experts produits, au sens proposé par Parr *et al.* (Parr *et al.* 2002; Parr *et al.* 2004), sélectionnés en fonction de leur implication dans l'élaboration des vins de l'AOC AVB.

Dans un premier temps, nous mesurerons le degré de typicité global, à partir d'une question de typicité posée au panel de professionnels. Nous pourrons ainsi vérifier si les vins de la catégorie de référence (AVB) sont plus représentatifs que ceux des catégories comparables (AR et OUT). Nous évaluerons le niveau de consensus du panel sur cette question de représentation globale de la typicité.

Dans un second temps, nous tenterons de relier le niveau de typicité perçu (question de typicité) et la typicité théorique (AOC) à des descripteurs sensoriels. Ces descripteurs sensoriels sont ceux issus de l'analyse du concept de typicité (profil JAR) et ceux générés par le jury expert. L'analyse des pénalités du profil JAR permettra de hiérarchiser ces

descripteurs. Le niveau de consensus des professionnels sera également mesuré pour chacun des descripteurs.
Dans un troisième temps, nous nous intéresserons au lien entre le degré de typicité, les descripteurs sensoriels, et les facteurs du terroir étudiés (sol, cépage et actes oenologiques).

L'ensemble de ces traitements ont été réalisés dans un premier temps sur le millésime 2005, dans le but d'évaluer la pertinence du dispositif et des principaux résultats que les croisements permettent d'obtenir.
Les résultats du millésime 2005 ont été ensuite repris et retraités de manière à pouvoir être comparés à ceux des millésimes suivants (2006 et 2007).



L'ensemble du dispositif est présenté dans la Figure 3-14.

Figure 3-14. Ensemble des jeux de données.

3.4.1. Mise en œuvre du dispositif sur les vins du millésime 2005

La démarche a été testée sur les vins du millésime 2005. Cette première étude a permis d'établir la capacité des deux jurys à discrimer les produits et de mettre en évidence des liens entre les descripteurs sensoriels utilisés par le jury expert et les critères sensoriels intervenant dans l'évaluation de la typicité par le jury de professionnels. Par exemple, les AVB n'ont pas été jugés plus typiques de l'appellation que les autres vins par le jury de professionnels. Cependant, certains critères sensoriels évalués par le jurty expert permettent

de distinguer les deux catégories de vins. Au sein du jury de professionnels, il n'existe pas de consensus sur le vin typique idéal. Cette première approche a permis de valider la pertinence du dispositif, mais également a permis de mieux cerner les éléments à confirmer sur plusieurs millésimes, et qui font l'objet des paragraphes suivants.

L'ensemble de ce travail a fait l'objet d'un article intitulé **Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assessment,** publié dans la revue Analytica chimica Acta (Cadot *et al.* 2010).

Les matériels et méthodes et les premiers résultats sont rassemblés ci-dessous sous la forme d'une publication intitulée **Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assessment.** Cet article a été publié dans la revue Analytica chimica Acta (Cadot *et al.* 2010).

Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assessment.

Abstract

The distinctive French wine style "Anjou Village Brissac" was investigated through quantitative descriptive analysis by a sensory expert panel, through Just About Right analysis by wine experts, and through assessment of the typicality by wine experts. Typicality was defined as perceived representativeness, with good examples of the concept being considered more typical. Wine experts were producers, winemakers, and enologists from the area.

Three types of data were used: (i) quantitative descriptive data on a non structured scale, (ii) preference data that corresponded to a global typicality index for the wine on a non structured scale, (iii) data collected on a Just About Right non structured scale, where the middle of the scale, for each attribute, corresponded to Just About Right, an ideal of typicality for wine experts. The two panels, sensorial experts and wine experts, rated 24 Cabernet franc wines from different French "Appellation d'Origine Contrôlée", including two thirds "Anjou Village Brissac". Single factor analysis was performed on each panel's data, and results were compared. Multifactor analysis was performed with the data of both panels to highlight the correspondence between the panels. ANOVAs conducted on the differences to

the ideal scores permitted the wines to be sorted according to the similarity of their profiles. A penalty analysis was performed to determine, for each attribute, if the rankings on the Just About Right scale were related to significantly different results in the preference scores. Therefore, multivariate analysis of Just About Right scales served (i) to show an ideal point (ii) to point out the distance between each product, (iii) and to evaluate the consensus of producers.

The results showed the relevance of the sensory expert panels in discriminating the products. The panel of wine experts proved relevant for characterizing the global quality of the wines but did not appear consensual for some attributes. Some attributes from the wine expert panel could be explained by precise descriptors generated by the sensory expert panel. Typicality ratings were considered in relation with descriptive ratings, for example astringency and color attributes. The results presented in this study suggest the usefulness of these sensory techniques for describing wine typicality related to a terroir.

Keywords.

Just About Right analysis; Quantitative Descriptive analysis; Penalty analysis; Wine typicality

1. Introduction.

According to Salette (Salette 1997), the “type” is defined as the reference, which combines to the highest degree the properties, the essential characters of a class of the same things within a category. The typicality, character of what is typical, makes it possible to differentiate, identify, and recognize the product. Applied to the wines of “Appellation d’Origine Contrôlée” (AOC; protected designation of origin), the typicality, which corresponds to biochemical and sensory characteristics, is the most synthetic expression of the soil, contributing to making AOC wine an original product that can be considered as typical. According to Letablier and Nicolas (Letablier and Nicolas 1994), the typicality consists of two essential dimensions: historical/geographic and sensory. For Sauvageot (Sauvageot 1994), when the concept of typicality is applied to enology, it represents wine characteristics on the whole , resulting from type of vine, soil, and wine making process. Thus, the typicality includes sensory, technical, and environmental dimensions.

The typicality can be defined as a set of properties of belonging, and distinction (Casabianca *et al.* 2005). There is great sensory variability within the same sensory space, particularly for wine. In fact, the members of categories considered more prototypical are those with most attributes in common with other members of the category and least attributes

in common with other categories, so there is a representativeness gradient within a product category, with some items considered more typical than others (Rosch and Mervis 1975). The boundaries between neighboring categories are not clear-cut; membership in a category is not dichotomous (all or none) but graded . Some studies showed that wine categories are organized along a typicality gradient.

Quantitative Descriptive Analysis (QDA) (Stone 1974) has gained acceptance for sensory evaluation of food, including wines (Chapman *et al.* 2004; Preys *et al.* 2006; Sharma and Joshi 2004). QDA provides a complete word description for all the sensory properties of a product (Stone and Sidel 1998). Usually, an anchored scale is used. In the quest for the ideal product, different approaches may be used, such as overall liking rating by a consumer panel, ideal attribute rating by Just About Right (JAR) methodology, and overall typicality assessment by a panel of product experts (Ballester *et al.* 2005; Trijp *et al.* 2007). In the wine industry, the judgments of wine experts are usually taken as reference, even if they are not formally trained. For the typicality of the product, Ballester showed that their wine expertise could be more cognitive than perceptual (Ballester *et al.* 2008).

The Just About Right methodology is a direct approach to the measurement of the deviation from ideal levels per attribute. With JAR, assessors directly assess deviations from ideal, usually in terms of labeled scales with the end points “much too weak” to “much too strong”, with the midpoint of the scale labeled as “just about right”. This is a direct measure of the perceived attribute intensities, but it does not directly quantify them. JAR is usually expressed as the percentage of respondents who consider the attribute level as too high, too low, and just about right (Chambers and Baker Wolf 1996). Also, with JAR, overall liking is collected and deviations from the ideal can be related through penalty analysis (Cavitt *et al.* 2005).

The aim of this study was to describe the “typicality concept”, as a perceptual concept, by means of sensory validation of certain conceptual descriptors in the typicality of a French “Appellation d’Origine Controlée”, and to interpret these descriptors by comparison with results from a QDA generated by a sensory expert panel. For that, the JAR method was used for quantitative and qualitative analysis of the typicality concept. As a product scored “too weak” could be considered as “weaker” than a product scored “too strong” or “JAR”, the JAR method can be used to quantify on a non-linear scale.

2. Experimental

2.1. Samples

The wines studied were commercially available red wines produced in the Loire valley, near Angers. These wines were selected to represent the diversity of type of wines produced in the « Anjou Villages-Brissac » area. Sixteen « Anjou-Villages Brissac » AOC (AVB) and eight outliers, « Anjou rouge » AOC (OUT) were selected, all of which came from plots allowed to produce AVB wines. Outliers were produced as an initial choice of the winemakers. AVB wines are considered as “premium wines” and OUT wines as “standard wines”. All the wines were of 2005 vintage. Thus, a ratio of 2/3 « AVB » and 1/3 « OUT » was used. All wines were from Cabernet (Cabernet franc and Cabernet-Sauvignon). Wines were chosen to be representative of type of soils and main technical practices (viticultural and enology) of the area. Their grape varieties and enological characteristics are shown in Table 1. OUT wines were produced by the same producers as the AVB wines. AVB wines could be regarded as representative of this AOC, but OUT wines could not be regarded as representative of the diversity of the AOC "Anjou rouge" because the sampled ones were produced only on AVB area, by the same producers as for the AVB wines, when the area for "Anjou rouge" production is noticeably larger. Their main biochemical properties are given in Table 2.

Table 1

Average characteristics of the studied wines. Vintage 2005.

AOC	AVB		OUT		ANOVA
	Average	*St. dev.*	Average	*St. dev.*	Pr>F
Cab. Franc (%)	61.66	*39.98*	95.0	*14.14*	0.032
Harvest date	10/10	*6.4*	10/4	*5.0*	0.024
Yield (hl.Ha-1)	44.71	*4.26*	46.87	*5.25*	0.291
Potential alcohol (% by vol.)	14.03	*0.67*	13.78	*0.47*	0.371
Alcoholic fermentation (days)	22.3	*9.67*	29.37	*21.11*	0.268
Mean Alcoholic fermentation temp. (°C)	23.43	*2.99*	21.62	*1.94*	0.136
Vatting time (days)	20.5	*12.7*	8.5	*1.5*	0.015
Maturing time (after FML, Months)	12.0	*3.1*	5.1	*2.2*	<0.0001
Aging in oak barrels (Nb. Wines)	2	/	0	/	N/A

Table 2

Chemical analysis of the wines. Average for AVB and OUT wines. Vintage 2005.

AOC			AVB		OUT		ANOVA
			Average	*St. dev.*	Average	*St. dev.*	Pr>F
Alcohol by vol.		%	13.65	*0.85*	13.32	*0.35*	0.304
Acidity	Titrable	$g.L^{-1}$ (tartaric acid)	4.95	*0.37*	4.79	*0.37*	0.324

	pH		3.58	*0.12*	3.63	*0.11*	0.386
Wine color characteristics by spectro-photometry		A420	4.39	*1.16*	3.59	*0.48*	0.080
		A520	6.30	*1.97*	4.89	*0.94*	0.069
		A620	1.67	*0.58*	1.31	*0.28*	0.112
	Color intensity	A420+A520+A620	12.37	*3.69*	9.80	*1.68*	0.076
	Shade	A420 /A520	0.70	*0.05*	0.74	*0.06*	0.123
CIE coordinates	L		46.44	*9.50*	53.00	*6.45*	0.094
	a		54.16	*6.12*	48.97	*7.22*	0.079
	b		15.39	*3.91*	12.61	*2.64*	0.085
Phenolics	Anthocyanins	$g.L^{-1}$	0.32	*0.05*	0.30	*0.07*	0.588
	Folin Ciolcalteu index		80.80	*26.15*	62.52	*13.22*	0.078

2.2. Quantitative descriptive analysis (QDA)

QDA was carried out by a sensory expert panel. This panel was composed of 20 judges unrelated to the wine industry (6 men and 14 women; average age, 42.5 years; average seniority in the panel, 1.5 year). This panel was selected on the basis of their sensory performances and interest and trained to perform wine descriptive analysis.

Twenty one attributes were generated by trained assessors according to the method described in the ISO 13299:2003 (ISO 2003a). To increase its homogeneity, the panel was trained to include/understand and correctly use the selected terms. For that, olfactory and gustatory standards were adopted. Wines were evaluated in duplicate according to a completely randomized design (Williams Latin Squares) to balance presentation order and carry over effect. Wines were presented in a monadic way. Samples (40 ml) were served in 215 ml AFNOR wine glasses (AFNOR 1971) and labeled with three-digit random numbers. Assessors scored each attribute on unstructured linear scales. Scales were anchored with the terms « low intensity » on the left and « high intensity » on the right. Data acquisition was assisted by FIZZ software (FIZZ network, v.2.38; Biosystème, Courtenon, France). The list of attributes is shown in Table 3a.

Table 3a

List of the 21 attributes scored in the quantitative descriptive analysis.

Attributes	Definitions
Shade	Shade of the color, from orange to purple
Intensity	Intensity of color, from pale to dark
Viscosity	Visual viscosity
Cloudy	Visual cloudiness
Odor intensity	Global intensity of the odor
Blackcurrant	Blackcurrant (fruit and liqueur)

Kirsch	Cherry brandy bitter almond
Pastry	Vanilla, cinnamon, candy
Prune	Prune
Empyreumatic	Smoky, toast
Spicy	Pepper
Barrel	New oak
Vegetal	Green wood, freshly-mown grass
Humus	Undergrowth, moist wood, ground
Mold	Damp cellar, mushroom
Animal	Leather, stable
Aromatic persistence	The time that aromas persist in the mouth after spit out
Acidity	Intensity of sour taste
Bitterness	Intensity of bitter taste
Sweetness	Intensity of sweet taste
Astringency	Intensity of astringent taste

Table 3b

List of the 13 attributes scored in the Just About Right analysis.

Attributes	Definitions
Color intensity	Intensity of color
Odor intensity	Intensity of odors
Odor complexity	Complexity, richness
Red fruits	Wines aromas that suggest red currants
Black fruits	Wine aromas that suggest black currants
Ripe fruits	Wine aromas that suggest ripe fruits, candied fruits
Barrel	Barrel aromas
Vegetal	Vegetal, Herbaceous, sweet pepper
Soft tannins	Tannins with smooth and fine textured astringency
Robustness	Wine marked by richness, fullness; full-bodied
Thickness	The viscosity as an indicator of a full-bodied style
Balance	Balance between aromas, flavor, structure and mouthfeel
Length	The time that aftertaste persists in the mouth

2.3. Just About Right (JAR) profile

Twelve judges (5 winemakers, 6 enologists, and 1 wine broker) took part in the experiment. They had good experience with the different expressions of Cabernet-franc and Cabernet-Sauvignon produced in the Loire Valley as all of them practice their professions in the area. The 24 wines were divided into 2 blocks of 12 wines with the same ratio of AVB/OUT in each. The panel took part in two sessions assessing one block per session. In each block, the 12 samples were evaluated on a JAR non-structured scale (Chambers and Baker Wolf 1996). The middle of the scale, “the right”, was for the ideal of typicality for each descriptor. Descriptors were generated after interviewing the 41 producers of the area,

reduced after text analysis and valuation by a winemaker from the area, an enologist from the area, and a winemaker from outside the area. The list of attributes is shown in Table 3b.

Wine samples were poured at room temperature (about 19 °C) into AFNOR wines glasses with plastic covers and labeled with three-digit random numbers. The presentation was monadic and balanced for presentation order and carry-over effect. Assessors were instructed as follows: "for each descriptor, you must answer the following question: "do you think this descriptor is ideal from a typicality point of view, too strong, or too weak?"

Table 4

(a) and (b) Univariate analyses for variance of the sensory attributes generated by the sensory expert panel and the wine expert panel.

Table 4a. Sensory expert panel

F - values for sources of variation

Attributes	Judge	Wine	Replication
Shade	**41.04*** **	**25.03*** **	0.02
Color intensity	**81.77*** **	**25.23*** **	**5.85***
Viscosity	**59.31*** **	**13.73*** **	0.07
Cloudy	**132.48*** **	**6.96*** **	0.01
Odor intensity	**31.45*** **	**7.09*** **	1.42
Black currant	**23.22*** **	**3.30*** **	2.52
Kirsch	**16.86*** **	**2.39*** **	2.18
Pastry	**11.85*** **	**4.00*** **	1.64
Prune	**32.13*** **	**2.66*** **	0.67
Empyreumatic	**24.01*** **	**2.81*** **	0.96
Spicy	***46.30****	*1.34*	***4.57****
Barrel	**30.40*** **	**5.32*** **	3.28
Vegetable	**17.23*** **	**2.88*** **	0.03
Humus	**18.24*** **	**2.33*** **	**9.06****
Mold	**15.63*** **	**4.32*** **	0.16
Animal	**19.93*** **	**10.69*** **	**4.26***
Aromatic persistence	**12.81*** **	**3.83*** **	0.11
Acidity	**68.01*** **	**2.67*** **	1.35
Bitterness	**57.94*** **	**2.40*** **	**9.95****
Sweetness	**46.97*** **	**2.44*** **	**21.30*** **
Astringency	**54.18*** **	**11.21*** **	2.87

Table 4b. Wine expert panel

F - values for sources of variation

Attributes	Judge	Wine
Color intensity	**9.72*** **	**3.55*** **
Odor intensity	***6.54****	*1.44*
Complexity	***15.69****	*1.44*
Red fruits	***14.52****	*1.54*
Black fruits	**11.27*** **	**2.11****
Ripe fruits	**15.22*** **	**2.28****
Barrel	**34.24*** **	**3.80*** **
Vegetal	**14.87*** **	**2.32*** **
Soft tannins	***4.22****	*0.88*
Robustness	**6.26*** **	**3.28*** **
Thickness	**8.46*** **	**1.71***
Balance	***9.14****	*1.39*
Length	**5.72*** **	**1.96****

Descriptors significant for wines are in bold. * $P<0.05$, ** $P<0.01$ and *** $P< 0.001$ respectively.

2.4. Typicality assessment

After the JAR profile was established, the same twelve judges (5 winemakers, 6 enologists, and 1 wine broker) assessed the typicality. Wine samples were poured at room temperature (about 19 °C) into AFNOR wines glasses with plastic covers and labeled with

three-digit random numbers. The presentation was monadic and balanced for presentation order and carry-over effect. Assessors were instructed as follows: “For each wine presented, you must answer the following question: « do you think this wine is a good example or a bad example of what an AVB wine is? ». These instructions were derived from Ballester (Ballester *et al.* 2008). Assessors were asked to rate the wine sample’s typicality on non-structured scale, anchored at left by « very bad example », and at right « very good example”.

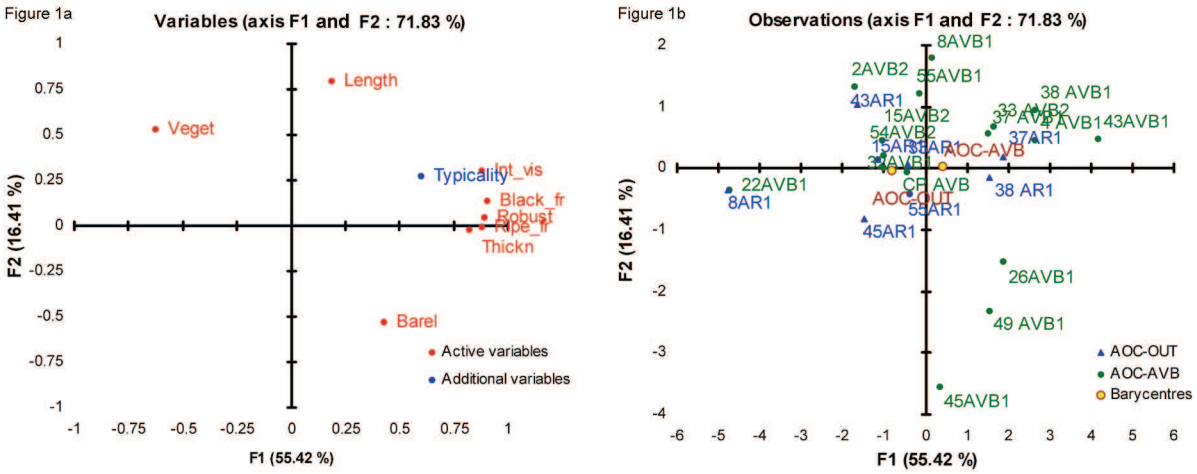


Fig. 1. (a) PCA from JAR data. Correlation circle. (b) PCA from JAR data. Observations.

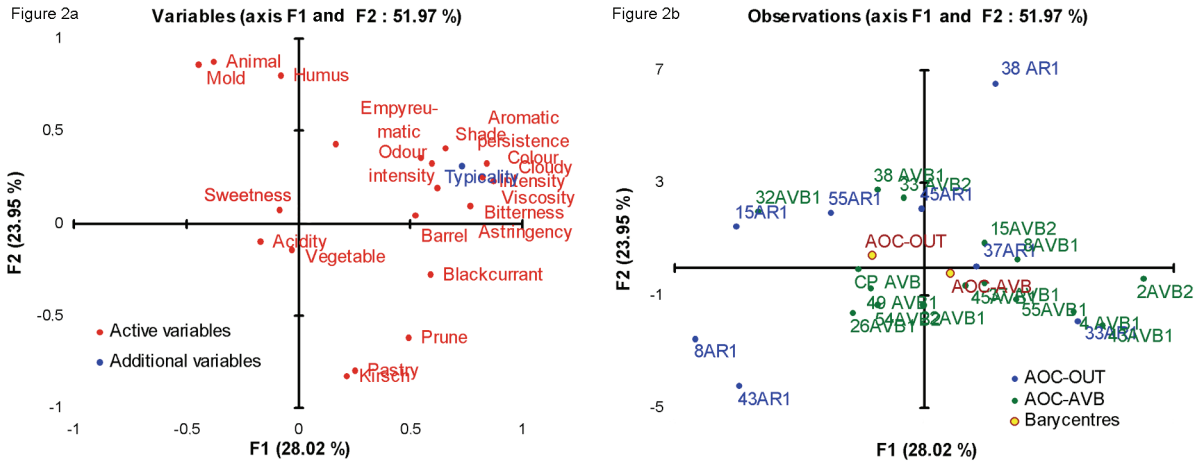


Fig. 2. (a) PCA from QDA data. Correlation circle. (b) PCA from QDA data. Observations.

2.5. Statistical analyses

ANOVAs for each parameter were carried out to determine the level of significance (Statgraphics Centurion XV, Statpoint, 2006). Principal Component Analyses (PCA) were carried out to describe QDA and JAR profiles (XLstat-pro, Addinsoft, 2009). A multifactor analysis (MFA) was carried out to compare the two panels (XLstat-ADA, Addinsoft, 2009).

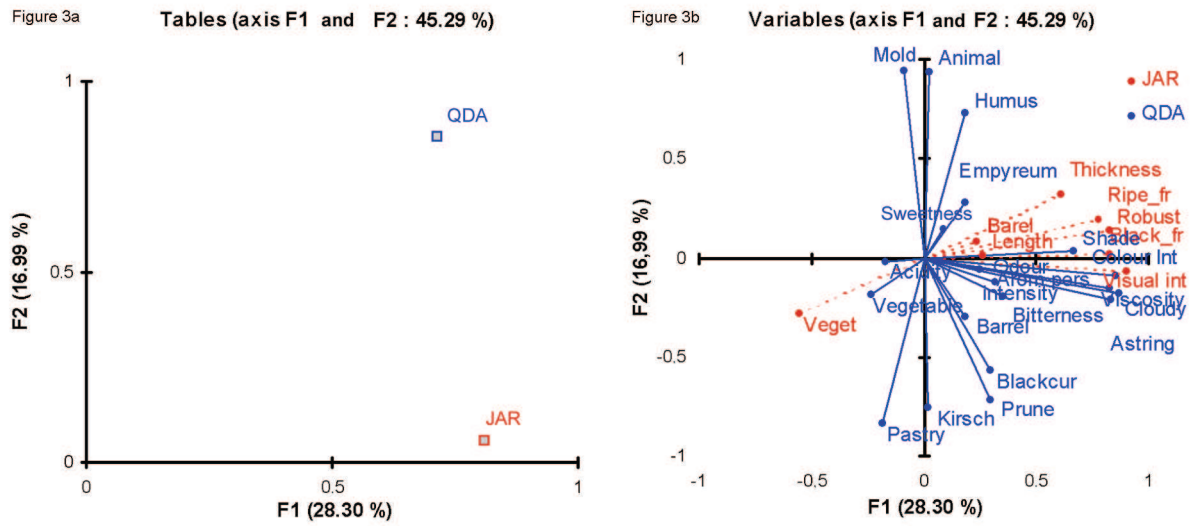


Fig. 3. (a) Representation of the JAR and the QDA profile by MFA : the profiles are closed on the fist axis, but QDA profile gives more information on the axis F2. (b) Correlation circle. Descriptors from JAR in red, descriptors from QDA in blue.

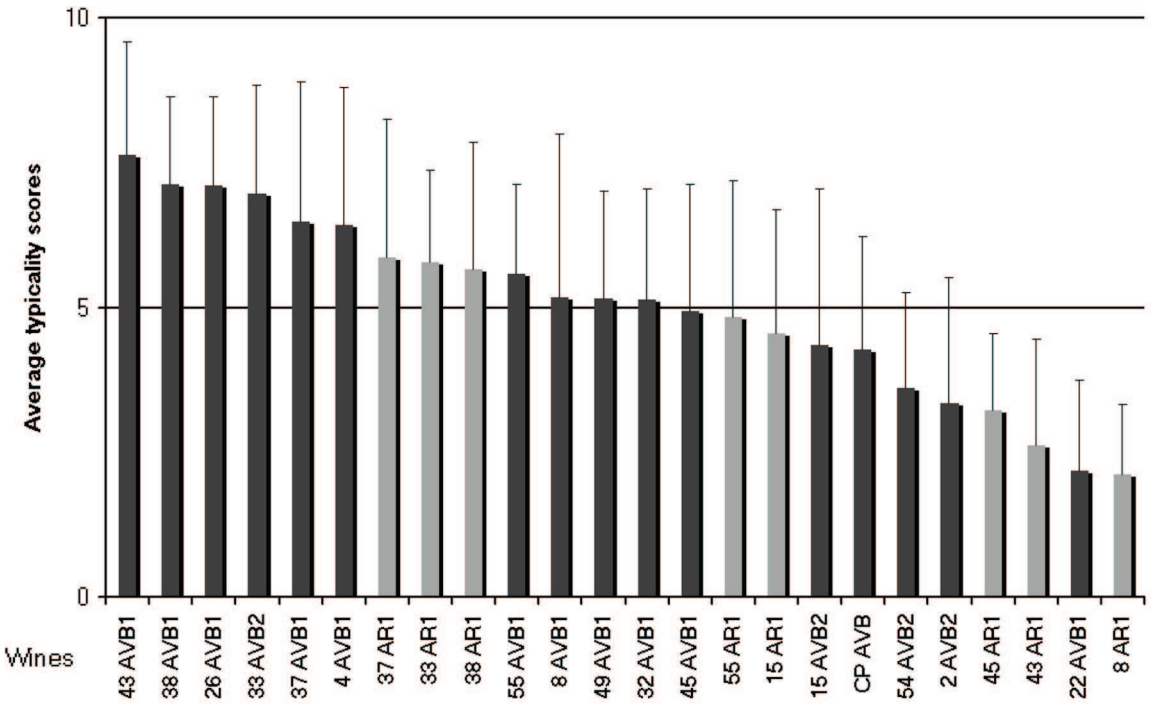


Fig. 4. Experts' average AVB typicality scores and standard errors.

We assumed that JAR analysis was used as quantitative analysis of the typicality concept, since, for each assessor, a product scored "too weak" could be considered as weaker than a product scored "too strong" or "JAR", even if the scale could not be considered as a linear scale.

Penalty analysis (PA) is used in sensory data analysis to identify potential directions for product improvement, i.e. overall liking, on the basis of the other sensory attributes presented to wine experts. Through this analysis, one seeks to determine whether the impressions expressed relative to quality are correlated with precise attributes. PA does not require independence between attributes but considers the notes given to the attributes both as a whole and in an individual way. For the latter, the distance between “JAR” level and the end of the scale makes possible to define those descriptors which have a significant incidence on the opinion of the producers. Thus, PA aims to evaluate if negative perceptions are associated with weak scores and if, conversely, positive perceptions are correlated with high scores. PA was carried out on JAR profiles (Xlstat-MX, Addinsoft, 2009). The scores were aggregated into 5 classes ([0-3];]3-4.5];]4.5-5.5[; [5.5-7[; [7-10]). The p-values corresponded to the comparison test of the mean for the JAR level and the means for the four other levels.

Table 5. Univariate analyses for variance of the typicality scores generated by the wine expert panel.

Wine expert panel		
F - values for sources of variation		
Typicality assessment	Judge	Wine
Typicality AVB	**4.08*** **	**6.50*** **

* *P*<0.05, ** *P*<0.01 and *** *P*< 0.001 respectively. Descriptors significant for wines are in bold

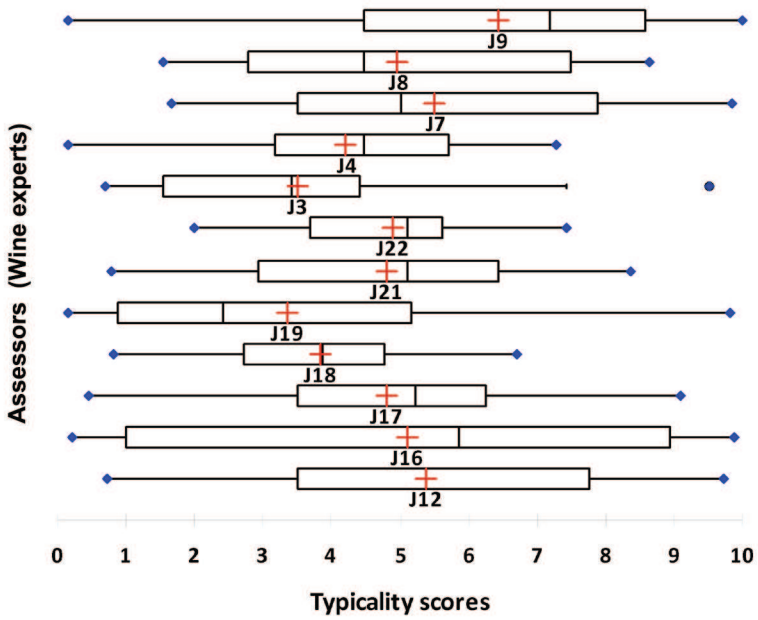


Fig. 5. Distribution of the expert AVB typicality scores, before centring. Red cross: mean.

3. Results and discussions

3.1. Sensory profiles.

Significant differences were observed between the two wine populations (AVB and OUT) for some of the enological characteristics (Table 1), namely proportion of Cabernet franc (lower for AVB wines), harvest date (later for AVB wines), vatting and maturing time (longer for AVB wines). The biochemical characteristics showed no significant difference between AVB and OUT wines (Table 2).

For QDA, ANOVAs were performed according to the model descriptor=judge+product+replication. Discriminatory descriptors are shown in Table 4 (Table 4a for the sensory expert panel and Table 4b for the wine expert panel). As expected, and like other studies (Douglas *et al.* 2001; Fischer *et al.* 1999), the judge effect was significant. The effect of interactions judge x replication and wine x replication were not significant (not shown) and indicate a good repeatability of the panel. Only one descriptor was not significant for wine (Spicy, P>F=0.102). For JAR profiles, ANOVAs were performed according to the model descriptor=judge+product. Nine among thirteen descriptors were significant for wine effect (Table 4). Descriptors that were not significant were Odor intensity (P>F=0.092), Complexity (P>F=0.092), Red fruits (P>F=0.058), Soft tannins (P>F=0.620), and Balance (P>F=0.116).

The analyses of the JAR and QDA profiles are shown in Figures 1 and 2. For JAR, the first axis was described by Visual intensity (square cosinus in brackets; 0.878), Black fruits (0.905), Ripe fruits (0.878), Robustness (0.890), and Thickness (0.820). The second axis was described by Length (0.796), as shown in Figure 1a. Typicality was significantly correlated with Visual intensity, Black fruits, Ripe fruits, Robustness, and Thickness. AOC OUT and AOC AVB were not well separated (Figure 1b).

For QDA, the first axis was described by Color intensity (0,710), Viscosity (0.674), Cloudy (0.760), and Astringency (0.591) as shown in Figure 2a. Typicality was significantly correlated with Shade, Color intensity, Viscosity, and Cloudy. OUT and AVB were not well separated (Figure 2b).

To compare the two panels, a multifactor analysis was done with the two sets of data (Figure 3). The profiles were close on the first axis, but the QDA profile gave more information on axis F2.

Table 6

Correlation between descriptors from QDA profile and JAR profile. P-values (less than 0.1). In bold: P-values inf. 0.05.

	p-values	Wine experts - JAR												
	Variables	Color intensity	Odor intensity	Complexity	Red fruits	Black fruits	Ripe fruits	Barrel	Vegetal	Soft tannins	Robustness	Thickness	Balance	Length
Sensory expert - QDA	Shade	**0.0003**	**0.0134**	**< 0.0001**		**0.0045**	**0.0242**		**0.0117**		**< 0.0001**	**0.0485**	**0.0206**	**0.0117**
	Color int.	**< 0.0001**	**0.0058**	**< 0.0001**		**< 0.0001**	**0.0004**		**0.0045**		**< 0.0001**	**0.0104**	**0.0090**	**< 0.0001**
	Viscosity	**< 0.0001**	**0.0134**	**< 0.0001**		**< 0.0001**	**0.0009**		**0.0229**		**< 0.0001**	**0.0174**	**0.0115**	**< 0.0001**
	Cloudy	**< 0.0001**	**0.0116**	**< 0.0001**		**< 0.0001**	**0.0008**		**0.0124**		**< 0.0001**	**0.0209**	**0.0317**	**< 0.0001**
	Odor int.		**0.0047**					**0.0466**						
	Blackcur.	**0.0450**	0.0732											
	Kirsch													
	Pastry													
	Prune					**0.0300**	0.0591							
	Empyreum.				0.0919									
	Spicy	**0.0048**				**0.0367**					**0.0081**			**0.0351**
	Barrel		**0.0228**		**0.0444**			**< 0.0001**						
	Vegetable								0.0718					
	Humus												**0.0439**	
	Mold													
	Animal													
	Arom. Pers.	**0.0250**	**0.0204**	0.0522				**0.0137**						
	Acidity													0.0977
	Bitterness	0.0743	**0.0233**											
	Sweetness											0.0506	**0.0439**	
	Astringency	**0.0017**		**0.0239**	0.0631	**0.0207**	**0.0440**	0.0926	**0.0036**		**0.0009**			**0.0024**

The first axis was described by JAR descriptors: Visual intensity, (0.811), Robustness (0.684), Black fruits (0.678), and Ripe fruits (0.605), and by QDA descriptors: Cloudy (0.755), Color intensity (0.727), Astringency (0.695), and Viscosity (0.683). The second axis was described only by QDA descriptors: Mold (0.989), Animal (0.982), and Humus (0.764). These descriptors were specific to the sensory expert panel, which shows that characterization by this panel was more exhaustive than by the wine expert panel.

Table 7. Distribution of wines: typicality scores according to the denomination of origin (AOC) where not significant by *chi-square* test. Wines with typicality scores under 4.5 were noted "-", wines with typicality scores between 4.5 and 5.5 were noted "+" and wines with typicality scores over 5.5 were noted "+".

Contingency table (AOC / Typicality AVB)				
		Typicality		
		-	=	+
AOC	AR	3	3	2
	AVB	5	7	4

Chi-square observed	0.12
Chi-square theorical	9.5
degrees of freedom	4
Pval	>0,995

Table 8a. Wine expert panel: relationship between denomination of origin and sensory descriptors. Descriptors in bold are significant (α = 5%).

2005- Wine experts		
AOC (DDL = 1)	F	Pr > F
Length	**6.35**	**0.019**
Black fruits	2.76	0.111
Color intensity	2.37	0.138
Ripe fruits	1.94	0.177
Robustness	1.57	0.223
Odor intensity	1.30	0.267
Red fruits	0.70	0.412
Odor complexity	0.50	0.488
Soft tannins	0.26	0.614
Vegetal	0.24	0.630
Balance	0.14	0.716
Barrel	0.11	0.754
Thickness	0.07	0.794

3.2. Typicality assessment.

For typicality assessment, ANOVAs were performed according to the model descriptor=judge+product (Table 5). AVB typicality was highly significant, (P<0.0001), the scores of AVB typicality showed significant differences between wines. The average typicality scores are shown in Figure 4 and it is clear that even if the six

Table 8b. Wine expert panel: relationship between typicality score and sensory descriptors. Descriptors in bold are significant (*α = 5%, **α =1%, ***α =0,1%).

2005- Wine experts	
Typicality (correlation)	r
Robustness	**0.884*** **
Color intensity	**0.862*** **
Odor complexity	**0.837*** **
Black fruits	**0.772** **
Length	**0.768** **
Thickness	**0.734** **
Balance	**0.699** **
Ripe fruits	**0.696***
Odor intensity	0.476
Barrel	0.397
Soft tannins	-0.003
Red fruits	-0.080
Vegetal	**-0.637***

Table 9a. Sensory expert panel: relationship between typicality score and sensory descriptors. Descriptors in bold are significant (α = 5%).

2005 - Sensory experts		
AOC	F	Pr > F
Viscosity	**6.46**	**0.019**
Bitterness	**6.23**	**0.021**
Animal	**5.70**	**0.026**
Spicy	**5.47**	**0.029**
Color Intensity	**5.43**	**0.029**
Cloudy	**5,00**	**0.036**
Astringency	**4.90**	**0.037**
Blackcurrant	4.03	0.057
Prune	2.87	0.104
Sweetness	2.69	0.115
Mold	1.63	0.215
Aromatic persistence	1.28	0.27
Shade	0.91	0.351
Humus	0.65	0.428
Pastry	0.56	0.462
Barrel	0.40	0.532

Empyreumatic	0.35	0.56
Kirsch	0.35	0.561
Vegetal	0.24	0.63
Odor intensity	0.12	0.732
Acidity	0.00	0.949

higher scores were AVB wines, three of the AVB wines were judged with low scores. On the other hand, the judge effect was significant; the distribution of the expert AVB typicality scores is shown in Figure 5. This figure shows that the perceptual concept is not consensual.

Table 9b. Sensory expert panel: relationship between typicality score and sensory descriptors. Descriptors in bold are significant (*α = 5%, **α =1%, ***α =0,1%).

2005 - Sensory experts	
Typicality	r
Color Intensity	**0.871*** **
Viscosity	**0.863*** **
Cloudy	**0.822*** **
Shade	**0.751** **
Astringency	**0.636** **
Spicy	0.525
Aromatic persistence	0.352
Bitterness	0.337
Odor intensity	0.318
Barrel	0.274
Sweetness	0.252
Prune	0.246
Humus	0.229
Blackcurrant	0.222
Empyreumatic	0.063
Mold	-0.01
Animal	-0.017
Kirsch	-0.061
Acidity	-0.075
Pastry	-0.087
Vegetal	-0.167

3.3. Correlations between descriptors from JAR and QDA profiles.

The correlations between descriptors from both profiles are shown in Table 6. Major correlations were revealed with visual descriptors from QDA, as vision induces other sensory perceptions (Brochet and Dubourdieu 2001; Morrot *et al.* 2001; Ross *et al.* 2008). Soft tannins were correlated with no descriptor of the sensory expert panel. Astringency in the QDA profile was well correlated with Visual intensity, Robustness, and Length. Barrel was

highly correlated for the two profiles. Vegetal was not significantly correlated between the two panels, but the sensory dimension was not quite the same: dry wood for the sensory expert panel, and green pepper and cut grass for the wine expert panel (as shown in the vocabulary enquiry with the producers, before the study).

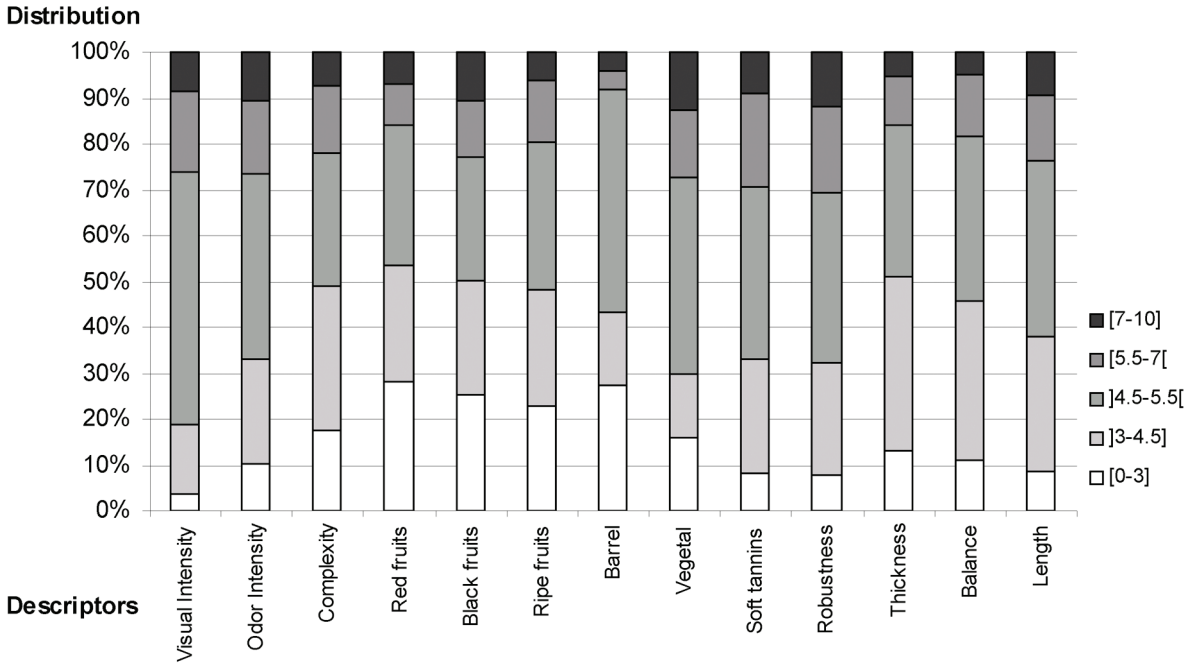


Fig. 6. Distribution of JAR scores for each dimension.

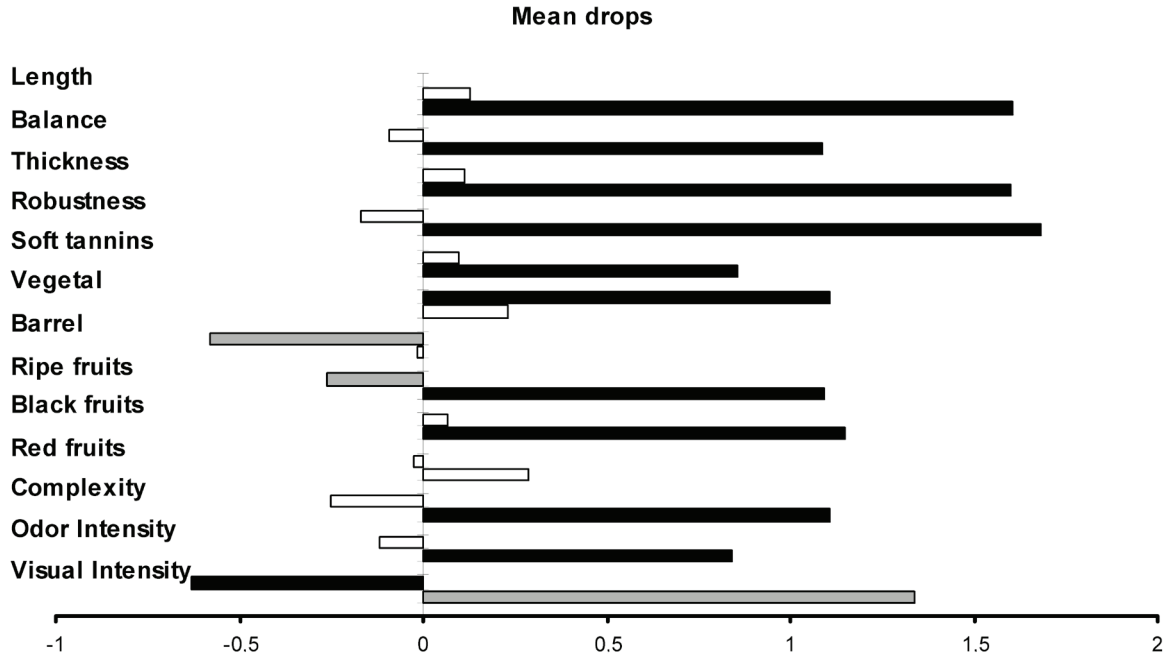


Fig. 7. Mean drops for the "too much" and "too little" levels (Difference between the liking mean for the JAR levels minus the "too much" or "too little" levels. It shows how many points of liking were loose for having a product "too strong" or "too weak". In black : penalties significants and more than 20%

experts, en grey, penalties significants and less than 20% of experts, in white, penalties non significants. For each descriptor, the higher bar is for "too strong" and the lower bar is for "too weak".

3.4. Relationship between typicality assessment and sensory profiles.

On the whole, wine experts did not judge AVB wines as better examples of AVB wines than OUT wines. Moreover, chi-square test showed that AVB samples were not scored by experts as significantly better examples of AVB wines than OUT wines (table 7). This is also shown in figure 4. The relationship between the “AOC” and descriptors from JAR profiles showed that only « Length » was significantly associated with AOC (P>F=0.019, Table 8a). This result might appear to question the concept of typicality [14], but in this study, it questions only its expression in a label. In fact, the typicality score was significantly correlated with 9 descriptors out of 13: Robustness, Color intensity, Odor complexity, Black fruits, Length, Thickness, Balance, Ripe fruits, and Vegetal (Table 8b). The wine experts were not consensual and wine expert effects were highly significant, as shown in Figure 5 and table 4b. Moreover, wine expert were not formally trained for this study, particularly for consistent use of the scale. We will see (refer to section 3.6) that if wine experts were not consensual, it was also because their “ideal wine” was different.

The sensory expert panel was more discriminant: seven descriptors were related to the AOC (Table 9a): Viscosity (P>F=0.019), Bitterness (P>F=0.021), Animal (P>F=0.026), Spicy (P>F=0.029), Color intensity (P>F=0.029), Cloudy (P>F=0.036), and Astringency (P>F=0.037). Moreover, 5 descriptors explained the typicality score (Table 9b): Color intensity (P>F=0.001), Viscosity (P>F=0.001), Cloudy (P>F=0.001), Shade (P>F=0.002), and Astringency (P>F=0.004). This difference between the results from the two profiles can be explained by the fact that the vocabulary generation did not have the same objectives: exhaustive description of products (QDA) and description of the typicality (JAR). The typicality reported by the producers was described as prototypic (Ballester *et al.* 2008). OUT wines produced on AVB area could be claimed to be representative of AVB wines as premium wines. In addition, the wine experts were not formally trained with the sensory analysis.

3.5. Penalty analysis (PA).

Penalty importance was measured by comparing the Overall Liking ratings of those wine experts who thought the product was Too much or Not enough on a particular JAR attribute with the ratings of those wine experts indicating that the JAR attribute was Just About Right (JAR). Penalty Analysis shows to what extent Overall Liking was penalized by the Not-JAR respondents. Figure 6 visualizes how the JAR scores were distributed for each dimension.

The penalty is shown in Figure 7. Penalty is a weighted difference between the means (Mean of Liking for JAR - Mean of Liking for the four other levels taken together). It shows how many points of liking were lost because the descriptors were not as expected by the wine experts (too strong or too weak). All the checked attributes represented at the same time a penalty and a reward; for this reason, a positive performance was related to global positive perceptions, and a poor performance was related to global negative perceptions of the typicality of the wines. For Odor intensity, Complexity, Black fruits, Ripe fruits, Soft tannins, Robustness, Thickness, Balance, and Length, wine experts strongly penalized the product when they considered it was too weak. For Visual intensity and for Vegetal, when the product was too strong, the product was highly penalized. For Red fruits and Barrel, none of the tests were significant.

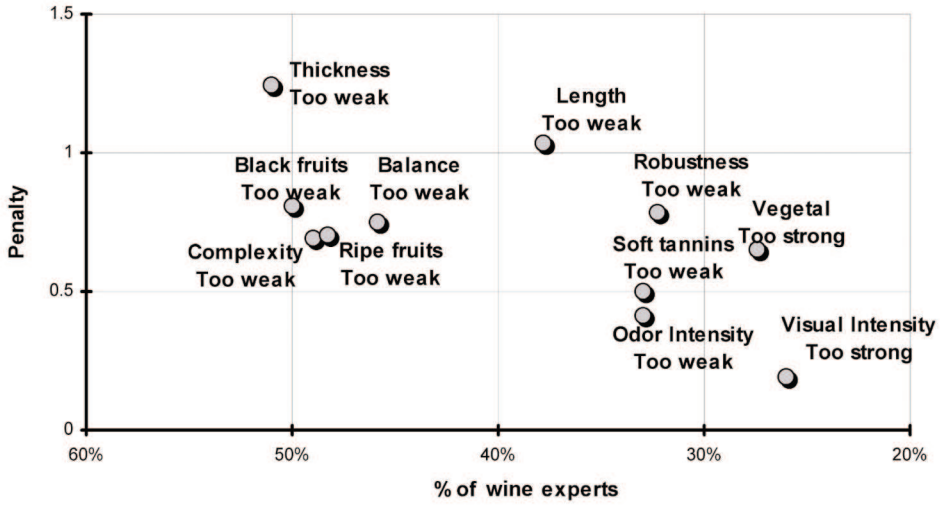


Fig. 8. Representation of the significant penalties according to the proportion of experts. The JARs with the larger values for Total Penalty are to be take into account. A JAR with a total penalty > 0.50 is high and > 0.25 is noteworthy.

Figure 8 summarizes the results from the PA. The highest penalties were for 7 descriptors: Length, Balance, Robustness, Ripe fruits, Black fruits, Robustness, and Complexity (penalty higher than 0.5 and more than 30% of cases). These results linked with those in Tables 8 and 9 (correlation between typicality scores and sensory descriptors from both profiles) reveal a hierarchy in the descriptors that are included in the concept of typicality.

3.6. Ideal wines for a typicality point of view.

We have projected the scores of the ideal wines for each judge from the data of the JAR profile on the first two axes of the PCA (Figure 9). The winemakers (7/12 judges; squares) are distributed on the F1 and F2 axes, while the other judges (5/12 judges, triangles) are

distributed on the right of axis 1 and top of axis 2. The different forms permitted us to represent the distances between the ideal wines of each winemaker and the wines he/she actually produced. This representation confirms that judges were not consensual.

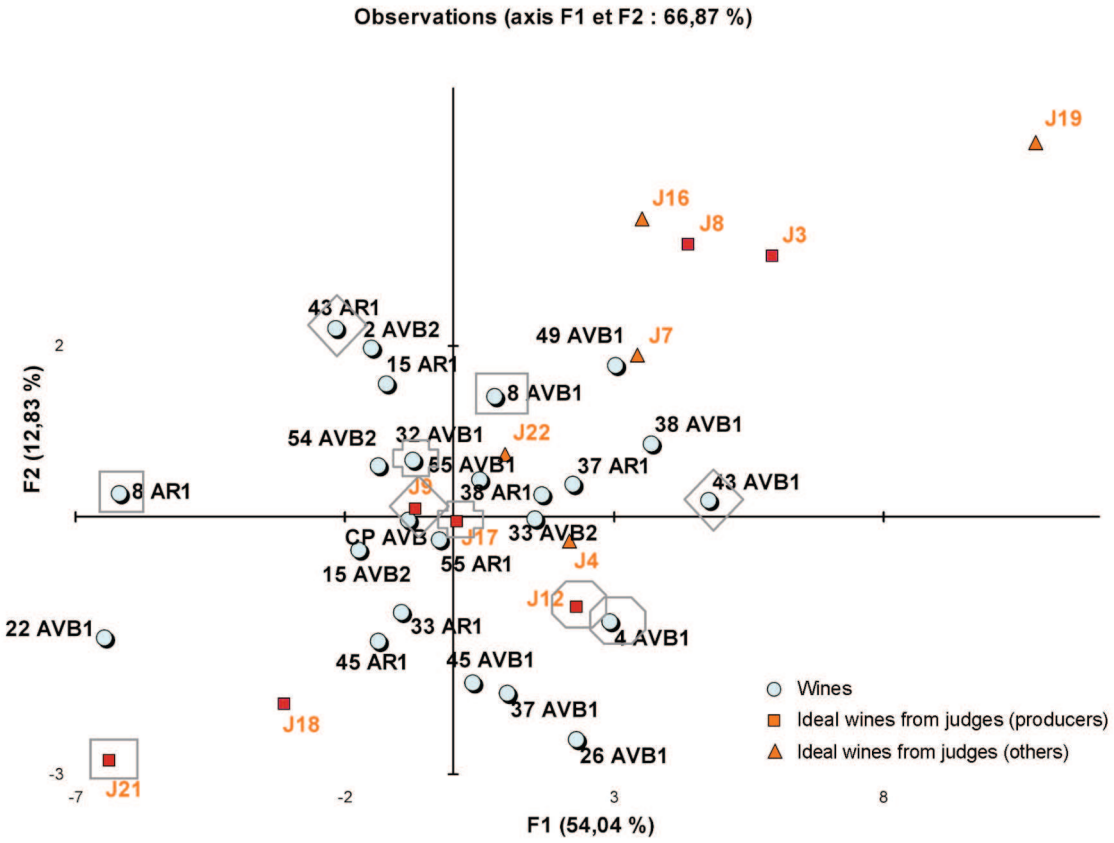


Fig. 9. Representation of ideal wine for each assessor projected on the PCA from JAR data. The arrows shown the distance between the assessor (winemaker) and the wines from his production. Shades permitted to link ideal wine of a producer to his own wine perceived by the panel.

Regardless, it was possible to point out sensory criteria highlighting the typicality perception. Ideal wines take up larger space than real wines, particularly on the positive side of the axis 1 and 2. It might be interpreted as ideal wines were expected with more Visual intensity, Robustness, Black and Ripe fruits (axis 1) and with more Length (axis 2). Ideal wines of non-producers were different from ideal wines of producers, as they were distributed only on the positive sides of axes 1 and 2.

4. Conclusion

AVB wines and outliers wines, produced in the same geographical area, were discriminated neither by QDA analysis performed by a trained panel nor by JAR analysis performed by wine experts. However, a number of descriptors significantly differentiated

between the two groups of wines and appeared correlated with the typicality scores given by the wine expert panel. Viscosity, Bitterness, Animal, Spicy, Color intensity, Cloudy and Astringency with the sensory expert panel, Length with the wine expert panel. The results provided by the two descriptive methods (Quantitative Descriptive Analysis and Just About Right analysis) were not identical, but they gave close representations. The main characteristics of typicality were highlighted by the quantitative analysis of QDA data and JAR data and the penalty analysis of JAR data. For wine experts, wines were described from the typicality point of view by descriptors Robustness, Color intensity, Odor complexity, Black fruits, Length, Thickness, Balance, Ripe fruits, and Vegetal for wine experts, that were correlated with the visual descriptors and astringency from sensory experts. Divergences in the perception of sensory characteristics “typical” of AVB wines were observed between the wine experts, much exceeding the variations actually observed in the analyzed sample set.

Penalty Analysis permitted us to rank the descriptors in relation with the typicality concept. Sensory experts permitted wines to be described by specific dimensions other than those of wine experts, who described wine more globally. Considering both characterizations, JAR appeared to be a good complement to QDA. Moreover, this combination made it possible to better understand the description by wine experts, particularly for interpreting the wine experts’ descriptors.

In future experiments, it would be useful to add, in comparisons with AVB and OUT wines, wine outliers produced in other areas but that have a “premium level”, like AVB wines.

Acknowledgments

The authors thank The National Institute for Agricultural Research (INRA) for funding. This work was also supported by Pays de Loire Regional Council, Interloire, and by Vinifhor. We thank Dr. Marie Scholtus, Cecile Coulon, Severine Julien, Jocelyne Marsault, and Michel Cosneau for the data collection from producers. We also thank Erik Picou for assistance with conventional profiles, as well as all the tasters. We are grateful to Pr. Philippe Courcoux and Dr. Dominique Bertrand for helpful discussions.

3.4.2. Représentation globale de la typicité

L’ensemble des données collectées pour les trois millésimes ont été traitées en prenant comme référence le travail présenté dans le paragraphe précédent. Les trois millésimes ont été comparés, selon les même méthodologies, afin de pouvoir confirmer, ou non, les résultats présentés précédemment. Par ailleurs, l’évaluation de la notion de consensus a été apporfondie. Les vins analysés pour les millésimes 2006 et 2007 sont sensiblement

différents, afin d'intégrer, parmi les catégories voisines des AVB, des vins de Loire revendiquant un positionnement similaire (vins « premium, meme crenau de prix), et produits sur des zones différentes de l'AOC AVB.
Ainsi, certains résultats du millésime 2005, préalablement discutés, sont repris et retraités, afin de les mettre en paralèle avec les deux millésimes 2006 et 2007.

3.4.2.1. Scores de typicité

Il s'agit de vérifier si les vins de référence (AVB) sont jugés plus typiques que les vins des catégories voisines (AR et OUT). Dans laFigure 3-14, les vins sont classés en fonction de leur note de typicité globale. Il existe un effet millésime, car si les notes moyennes de 2005, 2006 et 2007 sont sensiblement équivalentes (moyennes de 4,61, 4,59 et 4,68), par contre les écart-types sont différents (1,61, 1,05 et 0,93, et pour 2007, sans 22AVB1 : 0,67). Enfin, les AVB du millésime 2006 sont globalement mieux classés que ceux des millésimes 2005 et 2007 .Pour confirmer ces observations, un test de Khi2 a été réalisé pour vérifier le lien entre le classement de typicité et l'AOC. Le test a été réalisé sur les vins, après recodage des notes : [0 ;4.5] : typicité-non ;]4,5 ;5,5[: typicité-peut-être ; [5,5 ;10] : typicité-oui (Tableau 3-18). Si l'indépendance des deux catégories testées (AVB vs AR/OUT) n'est pas significative au seuil de 5%, mais pour le millésime 2006, le Khi2 observé est néanmoins proche du Khi2 théorique. Pour l'année 2006, les limites entre les catégories ne sont pas précisément définies, confirmant qu'il s'agit plus d'un gradient de typicité que de réelles limites. Le gradient de typicité a ainsi été montré par de nombreuses études, par exemple pour des catégories de fromages ou de vins (Ballester *et al.* 2005; Dacremont and Vickers 1994; Lorrain *et al.* 2006; Moio *et al.* 1993).

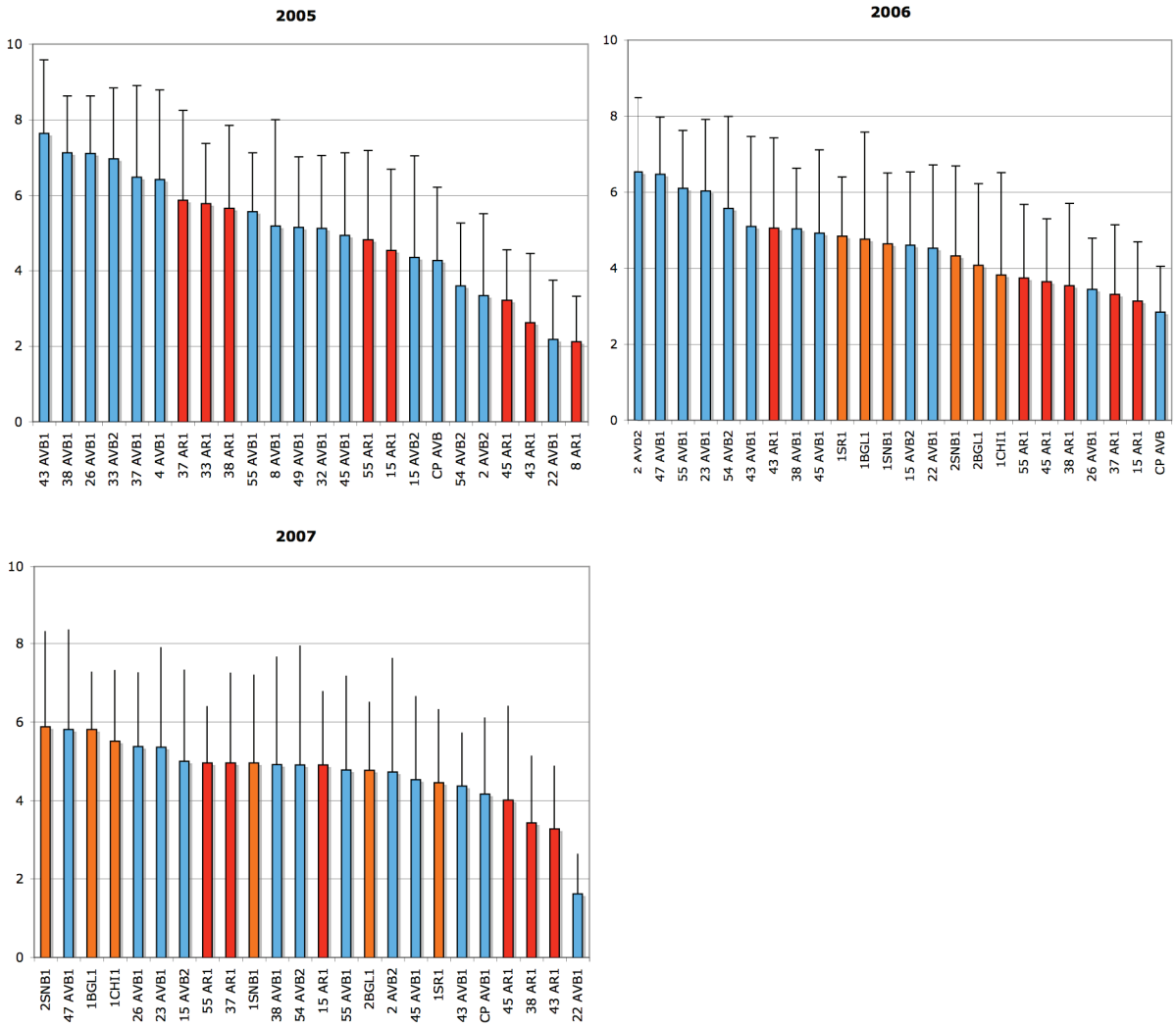


Figure 3-15. Scores moyens de typicité pour les millésimes 2005, 2006 et 2007.

Tableau 3-18. Relations entre AOC et scores de typicité. Tableaux de contingence (Catégories/typicité AVB).Test Khi2.

Millésime 2005		Typicité				
		non	peut-être	oui	Chi2 observé	0,1
					Chi2 théorique	6,0
Catégorie	AR	3	3	2	DDL	2
	AVB	5	7	4	Pval	**0,945**

Millésime 2006		Typicité				
		non	peut-être	oui	Chi2 observé	5,0
					Chi2 théorique	6,0
Catégorie	non AVB	8	4	0	DDL	2
	AVB	5	7	4	Pval	**0,08**

Millésime 2007		Typicité				
		non	peut-être	oui	Chi2 observé	0,2
					Chi2 théorique	6,0
Catégorie	Non AVB	3	6	3	DDL	2
	AVB	5	7	4	Pval	**0,927**

3.4.2.2. Consensus entre juges

Afin d'évaluer l'agrément entre juges, des ACP ont été réalisées sur les matrices vins X juges, pour chacun des trois millésimes. Le consensus interne a été évalué à partir de la matrice des corrélations entre juges, par la valeur moyenne des coefficients de corrélations entre juges, et par le calcul de statistiques descriptives, regroupées en box plot. (Figure 3-16 et Tableau 3-19) Les ACP suivantes (Figure 3-17) illustrent les notations de chaque juge, projetées sur les deux premières composantes principales. La variance cumulée est de 56,38% pour 2005, 43,66% pour 2006 et 41,95% pour 2007. La variance cumulée n'est pas tres élevée, néanmoins, les différences observées entre les variances des millésimes 2005 d'une part, 2006 et 2007 d'autre part suggèrent un meilleur accord entre juges en 2005. Pour le confirmer, les statistiques descriptives issues de la matrice de corrélation entre juges montrent une moyenne de 0,305 pour 2005 contre 0,178 et 0,105 pour les deux autres millésimes. Il est possible de déduire de ces valeurs que le consensus entre juges est généralement faible. En plus de ne pas être consensuels, il semble que certains juges aient une image idéelle instable selon les années car les positions relatives entre les juges communs, pour au moins deux millésimes, sont variables. Par exemple, J17 est positionné sur l'axe 1, comme la majorité des autres juges, mais il est positionné sur un autre axe en 2007, les J15 et J21 semblent proches en 2007 mais opposés sur l'axe 2 en 2006.

Les professionnels, qui connaissent bien l'AOC de référence, ont été capables de différencier l'AOC AVB des vins des catégories voisines, pour le millésime 2006. Cependant, cela n'a pas été le cas pour les deux autres millésimes. Les professionnels semblent plus consensuels pour le millésime 2005 que pour les millésimes 2006 et 2007. Il est possible que les vins issus des millésimes 2006 et 2007 soient jugés comme moins représentatifs de l'AOC à cause de conditions de production (i.e. conditions climatiques) moins favorables. La reconnaissance de produits comme représentatifs d'une famille pouvant se faire par comparaison à un prototype (Brochet and Dubourdieu 2001; Parr *et al.* 2007; Rosch and Mervis 1975), cela suggère que les professionnels partagent, pour partie, une image conceptuelle commune. Néanmoins, ce consensus est variable selon les années, et il a déjà été montré qu'il pouvait exister des désaccords dans l'expertise dans le domaine du vin (Lesschaeve 2003).

Tableau 3-19. Statistiques descriptives des matrices de corrélations entre juges.

	mill 2005	mill 2006	mill 2007
Minimum	-0,199	-0,315	-0,242
Maximum	0,731	0,696	0,579
Médiane	0,340	0,202	0,115
Moyenne	0,315	0,178	0,105
Ecart-type	0,205	0,202	0,212



Figure 3-16. Box plot illustrant les statistiques descriptives des matrices de corrélations entre juges.

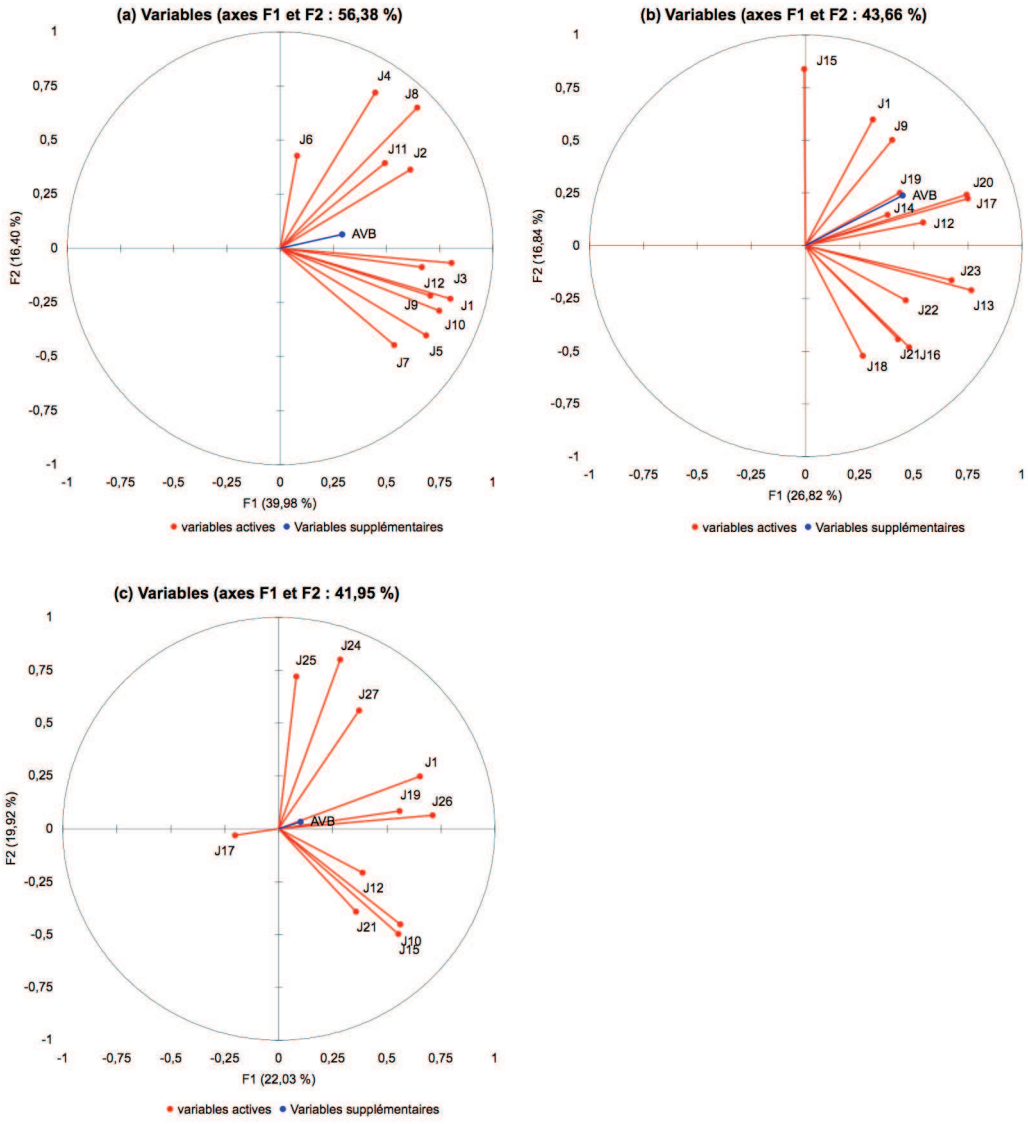


Figure 3-17. Consensus des juges. Cercles de corrélations des scores de typicité (ACP). (a) millésime 2005 ; (b) millésime 2006 ; (c) millésime 2007. Pour illustration,les scores de typicité sont projetés sur les cercles de corrélations.

Au final, la typicité des vins est perçue selon un gradient, où les limites entre catégories ne sont pas clairement définies. Si la différenciation des vins en fonction de la typicité revendiquée (AOC) est possible (millésime 2006), cela ne correspond pas au millésime où le consensus est le meilleur (2005).

3.4.3. Typicité et descripteurs sensoriels.

Une description quantifiée a été réalisée par un jury expert sensoriel. En parallèle, une description sur une échelle JAR a été réalisée par un jury de professionnels. Le profil de type QDA® est jugé comme une méthode de référence, objective (McLeod and Strigler 1998). Le profil JAR permet d'évaluer l'impact des descripteurs évalués sur la note globale de typicité.

3.4.3.1. Approche unidimensionnelle

Descripteurs sensoriels discriminants.

Il s'agit de déterminer, pour chacun des millésimes, quels sont les descripteurs sensoriels qui discriminent les vins. Les données issues du profil conventionnel sont traitées de manière suivante. Une ANOVA est réalisée sur l'ensemble des données Juges X Produits X Descripteurs. Le modèle suivant est utilisé : $Y = \mu$ + juge + produit + ε pour mesurer le pouvoir discriminant du jury (F produit). Lorsque des comparaisons multiples de moyennes ont été réalisées, le test de Tuckey a été utilisé. Une ACP a été réalisée ensuite sur une matrice Vins X Descripteurs. Une Classification Hiérarchique Ascendante, utilisant la distance de Ward, a également été réalisée en complément de l'ACP.

Les résultats des ANOVA sont regroupés dans le Tableau 3-20 et le Tableau 3-21. Les descripteurs générés par le jury expert sont discriminants, sauf *épicé*, *amer* et *sucrosité* (millésime 2005), *végétal* (millésime 2006), *poivré* et *acide* (millésimes 2006 et 2007). Le pouvoir discriminant du panel expert est donc satisfaisant. Le jury professionnel est lui moins discriminant : 8 descripteurs (2005), 12 descripteurs (2006) et 7 descripteurs (2007) sont discriminants. Les descripteurs *intensité aromatique*, *complexité, fruits rouges, tanins fondus* et *équilibre* ne sont pas discriminants en 2005. Le descripteur *fruits mûrs* n'est pas discriminant pour le millésime 2006. Enfin, les descripteurs *intensité aromatique, boisé, végétal, fruits rouges, tanins fondus* et *acide* ne sont pas discriminants pour le millésime 2007. Les descripteurs *fruits rouges-noirs* et *qualité tanins* sont des descripteurs important dans la représentation conceptuelle du produit, mais finalement peu discriminants « perceptuellement » par les producteurs.

Tableau 3-20. Probabilités issues des analyses de variance à deux facteurs, sur les données du profil conventionnel du jury expert.

2005

Variables	R^2 ajusté	Probabilité du modèle	Effet juge	Effet produit
nuance	0,600	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
intensité colorante	0,630	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
viscosité	0,604	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
trouble	0,688	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
intensité aromatique	0,471	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
cassis	0,426	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
kirsch	0,297	< 0,0001	< 0,0001	0,000
pâtisserie	0,299	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
pruneaux	0,428	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
empyreumatique	0,344	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
épicé	0,416	< 0,0001	< 0,0001	**0,387**
barrique	0,332	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
végétal	0,261	< 0,0001	< 0,0001	0,000
humus	0,252	< 0,0001	< 0,0001	0,000
moisi	0,261	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
animal	0,365	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
persistance aromatique	0,255	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
acide	0,502	< 0,0001	< 0,0001	0,001
amer	0,490	< 0,0001	< 0,0001	**0,131**
sucrosité	0,499	< 0,0001	< 0,0001	**0,052**
astringence	0,600	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

2006

Variables	R^2 ajusté	Probabilité du modèle	Effet juge	Effet produit
intensité colorante	0,489	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
nuance	0,441	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
intensité aromatique	0,318	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
cassis	0,404	< 0,0001	< 0,0001	0,001
pruneaux	0,445	< 0,0001	< 0,0001	0,038
fruits rouges	0,488	< 0,0001	< 0,0001	0,000
kirsch	0,394	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
pâtisserie	0,292	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
poivré	0,364	< 0,0001	< 0,0001	**0,734**
barrique/empyreumatique	0,298	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
végétal	0,414	< 0,0001	< 0,0001	**0,591**
humus/moisi	0,329	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
animal	0,357	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
persistance aromatique	0,449	< 0,0001	< 0,0001	0,003
acide	0,427	< 0,0001	< 0,0001	**0,264**
amer	0,495	< 0,0001	< 0,0001	0,006
astringence	0,430	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

2007

Variables	R^2 ajusté	Probabilité du modèle	Effet juge	Effet produit
intensité colorante	0,687	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
nuance	0,636	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
intensité aromatique	0,324	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
végétal	0,442	< 0,0001	< 0,0001	0,008
cassis	0,350	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
pruneaux	0,523	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
fruits rouges	0,364	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
humus	0,342	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
kirsch	0,409	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
pâtisserie	0,453	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
poivré	0,490	< 0,0001	< 0,0001	**0,338**
boisé	0,534	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
empyreumatique	0,577	< 0,0001	< 0,0001	0,001
alcool	0,489	< 0,0001	< 0,0001	0,006
animal	0,369	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
persistance aromatique	0,465	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
acide	0,593	< 0,0001	< 0,0001	**0,127**
amer	0,584	< 0,0001	< 0,0001	0,029
astringence	0,492	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
sucrosité	0,419	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Descripteurs associés à la typicité

Neuf, trois et trois descripteurs issus du jury expert sont significativement liés à la typicité théorique (AOC) respectivement pour les millésimes 2005, 2006 et 2007 (Tableau 3-22). Le descripteur *astringence* est discriminant les trois millésimes. Les descripteurs *acide, animal, amer* et *cassis* sont discriminants deux années sur trois.

Tableau 3-21. Probabilités issues des analyses de variance à deux facteurs, sur les données du profil JAR des professionnels.

2005

Variables	R² ajusté	Probabilité du modèle	Effet juge	Effet produit
intensité colorante	0,350	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
intensité aromatique	0,199	< 0,0001	< 0,0001	**0,092**
complexité	0,374	< 0,0001	< 0,0001	**0,091**
fruits rouges	0,360	< 0,0001	< 0,0001	**0,058**
fruits noirs	0,326	< 0,0001	< 0,0001	0,003
fruits mûrs	0,393	< 0,0001	< 0,0001	0,001
boisé	0,600	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
végétal	0,389	< 0,0001	< 0,0001	0,001
tanins fondus	0,103	0,002	< 0,0001	**0,620**
charpente	0,278	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
gras	0,255	< 0,0001	< 0,0001	0,026
équilibre	0,255	< 0,0001	< 0,0001	**0,116**
longueur	0,205	< 0,0001	< 0,0001	0,007
Note Typicité	0,359	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

2006

Variables	R² ajusté	Probabilité du modèle	Effet juge	Effet produit
intensité colorante	0,235	< 0,0001	< 0,0001	0,000
nuance	0,165	< 0,0001	< 0,0001	0,027
intensité aromatique	0,272	< 0,0001	< 0,0001	0,011
fruits rouges	0,354	< 0,0001	< 0,0001	0,002
fruits noirs	0,238	< 0,0001	< 0,0001	0,004
fruits mûrs	0,209	< 0,0001	< 0,0001	**0,067**
boisé	0,605	< 0,0001	< 0,0001	0,001
végétal	0,423	< 0,0001	< 0,0001	0,036
acide	0,316	< 0,0001	< 0,0001	0,012
gras	0,243	< 0,0001	< 0,0001	0,006
astringence	0,358	< 0,0001	< 0,0001	0,000
tanins fondus	0,177	< 0,0001	< 0,0001	0,014
longueur	0,283	< 0,0001	< 0,0001	0,005
Note Typicité	0,242	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

2007

Variables	R² ajusté	Probabilité du modèle	Effet juge	Effet produit
intensité colorante	0,555	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
nuance	0,335	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
intensité aromatique	0,134	0,000	**0,323**	< 0,0001
fruits rouges	0,192	< 0,0001	< 0,0001	**0,093**
fruits noirs	0,248	< 0,0001	< 0,0001	0,000
fruits mûrs	0,283	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
boisé	0,176	< 0,0001	< 0,0001	**0,146**
végétal	0,123	0,001	< 0,0001	**0,360**
acide	0,169	< 0,0001	< 0,0001	**0,363**
gras	0,173	< 0,0001	< 0,0001	0,006
astringence	0,284	< 0,0001	< 0,0001	0,002
tanins fondus	0,143	0,000	< 0,0001	**0,062**
longueur	0,216	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Note Typicité	0,184	< 0,0001	< 0,0001	0,001

Les descripteurs *trouble, épicé, sucrosité, intensité colorante, viscosité* et *pruneaux* ne sont discriminants qu'une année (les descripteurs *trouble*, *épicé* et *viscosité* n'ont été générés que pour un seul millésime).

Concernant la relation entre les descripteurs du jury expert et la note de typicité, 6, 3 et 4 descripteurs sont corrélés à la typicité globale, respectivement, pour les millésimes 2005, 2006 et 2007. Le descripteur *intensité colorante* est corrélé pour les trois millésimes, *pruneau* et *nuance* pour deux millésimes, *persistance aromatique, amer, astringent, viscosité, trouble* et *épicé* pour un seul millésime (les trois derniers descripteurs n'ont été générés qu'une seule année).

Pour le jury professionnel, la relation descripteurs/typicité théorique est équivalente à celle du jury expert : 5 en 2005, 9 en 2006 et 3 en 2007. En revanche, les relations avec la note

globale de typicité sont plus nombreuses : 9 en 2005, 8 en 2006 et 2007. Comme il s'agit de relations entre des notes absolues (typicité globale) et des notes provenant d'une échelle JAR, une explication possible est une utilisation de l'échelle JAR comme d'une échelle classique à deux bornes. Certains juges pourraient avoir mal utilisé les échelles JAR.

Tableau 3-22. Relations entre descripteurs sensoriels et typicité. Probabilités issues des analyses de variance pour la typicité théorique (AOC). Coefficients de corrélation pour la note de typicité (AVB).

Jury experts produits

2005			2006			2007		
Descripteurs	AOC	AVB	Descripteurs	AOC	AVB	Descripteurs	AOC	AVB
boisé	0,505	0,391	acide	**0,011**	-0,332	acide	0,267	**-0,434**
charpente	**0,042**	**0,885**	astringence	**0,013**	-0,224	astringence	**< 0,0001**	0,362
complexité	0,389	**0,837**	boisé	0,078	0,084	boisé	0,590	0,329
équilibre	0,620	**0,695**	fruits mûrs	**0,001**	**0,713**	fruits mûrs	0,806	**0,749**
fruits mûrs	**0,036**	**0,680**	fruits noirs	**0,002**	**0,746**	fruits noirs	0,865	**0,818**
fruits noirs	**0,023**	**0,774**	fruits rouges	**0,001**	**0,454**	fruits rouges	0,883	**0,452**
fruits rouges	0,349	-0,086	gras	**0,005**	**0,785**	gras	0,230	**0,800**
gras	0,690	**0,731**	intensité aromatique	0,386	-0,007	intensité aromatique	0,052	0,278
intensité aromatique	0,164	**0,473**	intensité colorante	**0,001**	**0,717**	intensité colorante	**0,022**	**0,796**
intensité colorante	**0,009**	**0,862**	longueur	**0,008**	**0,699**	longueur	**0,032**	**0,785**
longueur	**0,002**	**0,763**	nuance	**0,001**	**0,479**	nuance	0,347	**0,757**
tanins fondus	0,641	-0,005	tanins fondus	0,255	**0,529**	tanins fondus	0,150	0,011
végétal	0,473	**-0,637**	végétal	0,604	-0,079	végétal	0,124	-0,240

Jury experts sensoriels

2005			2006			2007		
Descripteurs	AOC	AVB	Descripteurs	AOC	AVB	Descripteurs	AOC	AVB
nuance	0,165	**0,751**	intensité colorante	0,204	**0,562**	intensité colorante	0,106	**0,628**
intensité colorante	**0,010**	**0,871**	nuance	0,221	**0,554**	nuance	0,293	0,282
viscosité	**0,006**	**0,863**	intensité aromatique	0,907	-0,108	intensité aromatique	0,157	0,341
trouble	0,015	**0,822**	cassis	**0,014**	0,219	végétal	0,794	-0,209
intensité aromatique	0,454	0,318	pruneaux	0,259	**0,416**	cassis	0,662	0,273
cassis	**0,016**	0,222	fruits rouges	0,941	0,122	pruneaux	0,081	**0,444**
kirsh	0,351	-0,061	kirsh	0,249	-0,042	fruits rouges	0,567	-0,179
pâtisserie	0,201	-0,087	pâtisserie	0,152	0,211	humus	0,445	-0,059
pruneaux	**0,042**	0,246	poivré	0,462	0,146	kirsh	0,472	0,064
empyreumatique	0,612	0,063	barrique/empyreumatiqu	0,694	-0,145	pâtisserie	0,236	0,141
épicé	**0,025**	**0,525**	végétal	0,635	0,203	poivré	0,752	0,201
barrique	0,480	0,274	humus/moisi	0,090	-0,337	boisé	0,102	0,273
végétal	0,115	-0,167	animal	0,058	-0,311	empyreumatique	0,127	0,337
humus	0,177	0,229	persistance aromatique	**0,032**	-0,122	alcool	0,217	0,161
moisi	0,053	-0,010	acide	0,614	-0,173	animal	**0,041**	0,030
animal	**0,013**	-0,017	amer	0,548	0,070	persistance aromatique	0,424	**0,406**
persistance aromatique	0,376	0,352	astringence	**0,001**	0,109	acide	0,115	0,145
acide	0,503	-0,075				amer	**0,009**	**0,431**
amer	**0,006**	0,337				astringence	**0,050**	0,372
sucrosité	**0,032**	0,252				sucrosité	0,819	0,004
astringence	**0,020**	**0,636**						

Les descripteurs *intensité colorante, longueur, fruits noirs, fruits mûrs,* et *gras* sont discriminants pour les 3 années. Certains de ces descripteurs ont été cités comme étant des descripteurs d'appartenance et de distinction lors de l'enquête auprès des producteurs (*couleur soutenue, gras, riche /concentré, fruits noirs/rouges*). Le descripteur *tanins souples et ronds* (propriété de distinction du concept) n'est finalement que peu associé à la typicité perceptuelle.

Des tests *de Tukey* et de *Newman-Keuls*, sont réalisés en parallèle des analyses de variance pour comparer les AOC sur les descripteurs discriminants. Les vins d' « Anjou Villages Brissac » se caractérisent par :

- une *intensité colorante* et une *nuance* plus fortes que les vins « AR » ou les « OUT »,
- une *astringence* plus élevée que les AR ou les OUT,
- une note *animale* moins élevée que les AR et les OUT.

Relations entre descripteurs sensoriels.

Afin de mieux comprendre le sens des termes générés par les producteurs, il est possible d'analyser (i) les corrélations entre descripteurs du profil JAR (Tableau 3-23), (ii) les corrélations entre descripteurs du profil JAR et ceux du profil conventionnel (Tableau 3-24).

Le descripteur *fruits noirs* est corrélé à *intensité colorante*. Cela peut être expliqué par le rôle de la couleur dans la reconnaissance des odeurs (Brochet and Dubourdieu 2001; Morrot *et al.* 2001; Ross *et al.* 2008). Le descripteur *tanins fondus* est corrélé négativement à *astringence,* ce qui est en accord avec les études de Brossaud *et al.* et Vidal *et al*. (Brossaud et al. 1998; Brossaud et al. 2001; Vidal et al. 2004a). Le descripteur *végétal* est corrélé négativement à *longueur, charpente, complexité* et *gras* (2005) et *astringence* (2006). Le descripteur *fruits mûrs* est corrélé à *intensité colorante* et à *longueur*. Le descripteur intensité *aromatique* peut ne pas être associé à un descripteur d'odeurs. La génération de vocabulaire par les producteurs peut être incomplète. Certaines molécules, à l'état de traces, peuvent avoir une importance dans la perception globale des odeurs d'un vin (Ryan *et al.* 2008).

Concernant les relations entre descripteurs du jury expert (JE) et de jury professionnels (JP), plusieurs informations peuvent être extraites du Tableau 3-24. Certains descripteurs ayant le même énoncé pour les deux jurys sont fortement corrélés : *intensité colorante, nuance, intensité aromatique, boisé* et *astringence*. Le descripteur *végétal* (JP) n'est pas corrélé à *végétal* (JE), cela peut être expliqué de différentes manières. Cela peut traduire que, pour une partie au moins des professionnels, ce descripteur ne correspond pas à la référence utilisée par le jury expert (bois vert) ; cela peut également traduire que la dimension *végétal* peut ne pas être partagée entre les professionnels (poivron ? herbe coupée ? bois vert ?). Enfin, la notation des professionnels, sur l'échelle JAR peut ne pas être consensuelle.

Le descripteur *tanins fondu* (JP) est corrélé négativement à *astringence* (JE, 2006 et 2007). Le terme *tanins fondus* (JP) pourrait être traduit par *astringence* faible.

Tableau 3-23. Corrélations entre descripteurs du jury professionnel.

2007

Variables	intensité colorante	intensité aromat-ique	comple-xité	fruits rouges	fruits noirs	fruits mûrs	boisé	végétal	tanins fondus	charpen-te	gras	équilibre	longueur
intensité colorante	**1**												
intensité aromatique	**0,527**	**1**											
complexité	**0,819**	**0,615**	**1**										
fruits rouges	-0,083	0,073	0,044	**1**									
fruits noirs	**0,845**	**0,568**	**0,825**	0,145	**1**								
fruits mûrs	**0,722**	**0,529**	**0,758**	0,233	**0,910**	**1**							
boisé	0,249	0,375	0,404	-0,235	0,239	0,259	**1**						
végétal	-0,390	-0,144	**-0,569**	0,193	-0,386	**-0,444**	**-0,437**	**1**					
tanins fondus	0,095	0,276	0,050	-0,034	0,234	0,224	-0,165	0,196	**1**				
charpente	**0,782**	**0,416**	**0,812**	-0,014	**0,717**	**0,634**	0,283	**-0,615**	0,000	**1**			
gras	**0,593**	**0,486**	**0,727**	0,286	**0,681**	**0,684**	0,345	**-0,415**	0,228	**0,722**	**1**		
équilibre	**0,543**	**0,552**	**0,668**	0,299	**0,636**	**0,629**	0,295	-0,351	0,321	**0,727**	**0,925**	**1**	
longueur	**0,711**	**0,467**	**0,726**	0,022	**0,787**	**0,738**	0,287	**-0,489**	0,113	**0,823**	**0,718**	**0,726**	**1**

2008

Variables	intensité colorante	nuance	intensité aroma-tique	fruits rouges	fruits noirs	fruits mûrs	boisé	végétal	acide	gras	astrin-gence	tanins fondus	longueur
intensité colorante	**1**												
nuance	**0,653**	**1**											
intensité aromatique	0,078	-0,024	**1**										
fruits rouges	0,003	0,349	-0,106	**1**									
fruits noirs	**0,439**	0,354	0,099	**0,703**	**1**								
fruits mûrs	**0,467**	**0,438**	0,160	**0,551**	**0,784**	**1**							
boisé	0,227	0,259	0,388	0,193	0,357	**0,437**	**1**						
végétal	0,110	0,037	-0,174	-0,136	-0,255	-0,218	0,019	**1**					
acide	-0,193	-0,032	-0,181	-0,081	-0,211	-0,371	-0,323	0,284	**1**				
gras	**0,608**	**0,470**	0,295	0,340	**0,566**	**0,758**	0,253	-0,019	-0,399	**1**			
astringence	0,143	0,180	0,215	-0,272	-0,013	-0,058	0,384	**-0,421**	0,051	-0,265	**1**		
tanins fondus	0,253	0,085	-0,079	0,287	0,235	**0,434**	-0,118	0,358	-0,245	**0,615**	**-0,772**	**1**	
longueur	**0,685**	**0,476**	**0,453**	0,176	**0,576**	**0,641**	**0,441**	-0,087	-0,388	**0,784**	0,157	0,234	**1**

2009

Variables	intensité colorante	nuance	intensité aroma-tique	fruits rouges	fruits noirs	fruits mûrs	boisé	végétal	acide	gras	astrin-gence	tanins fondus	longueur
intensité colorante	**1**												
nuance	**0,847**	**1**											
intensité aromatique	**0,496**	**0,468**	**1**										
fruits rouges	0,367	**0,515**	-0,065	**1**									
fruits noirs	**0,761**	**0,735**	0,315	**0,658**	**1**								
fruits mûrs	**0,690**	**0,565**	0,206	**0,488**	**0,887**	**1**							
boisé	0,288	0,350	0,344	-0,038	0,349	0,353	**1**						
végétal	-0,077	-0,071	0,352	-0,107	-0,127	-0,301	0,024	**1**					
acide	-0,213	-0,134	-0,177	-0,247	-0,364	-0,299	-0,111	0,141	**1**				
gras	**0,661**	**0,626**	0,287	0,352	**0,703**	**0,517**	0,250	-0,158	**-0,616**	**1**			
astringence	**0,661**	**0,479**	**0,441**	0,152	0,372	0,317	0,252	-0,099	-0,134	0,353	**1**		
tanins fondus	-0,165	0,122	0,161	0,089	0,065	-0,047	0,363	0,327	-0,009	0,157	**-0,443**	**1**	
longueur	**0,816**	**0,690**	0,243	0,369	**0,706**	**0,651**	0,363	-0,198	-0,166	**0,692**	**0,459**	-0,022	**1**

Tableau 3-24. Corrélations entre descripteurs générés par le jury expert et les descripteurs générés par le jury professionnel.

2005

Descripteurs expert / pro	intensité colorante	intensité aromatique	complexité	fruits rouges	fruits noirs	fruits mûrs	boisé	végétal	tanins fondus	charpente	gras	équilibre	longueur
nuance	**0,679**	**0,493**	**0,735**	-0,198	**0,561**	**0,442**	0,193	**-0,506**	-0,070	**0,781**	0,402	**0,463**	**0,501**
intensité colorante	**0,850**	**0,544**	**0,835**	-0,176	**0,759**	**0,659**	0,236	**-0,560**	-0,070	**0,869**	**0,511**	**0,519**	**0,738**
viscosité	**0,839**	**0,497**	**0,758**	-0,192	**0,743**	**0,625**	0,192	**-0,462**	-0,006	**0,827**	**0,481**	**0,507**	**0,741**
trouble	**0,833**	**0,506**	**0,763**	-0,219	**0,748**	**0,633**	0,273	**-0,502**	-0,087	**0,798**	**0,469**	**0,439**	**0,788**
intensité aromatique	0,251	**0,554**	0,324	-0,162	0,067	0,065	0,404	-0,182	-0,073	0,307	0,177	0,160	0,167
cassis	**0,413**	0,373	0,210	-0,121	0,309	0,146	-0,109	0,027	-0,081	0,312	-0,099	-0,057	0,288
kirsh	0,079	-0,101	-0,134	-0,186	0,158	0,035	0,167	-0,042	0,010	-0,136	-0,045	-0,167	0,096
pâtisserie	-0,002	0,073	-0,138	-0,103	0,047	-0,046	0,285	0,040	0,024	-0,128	-0,048	-0,201	-0,060
pruneaux	0,326	0,172	0,150	-0,115	**0,442**	0,402	**0,432**	-0,154	-0,049	0,100	0,165	0,051	0,364
empyreumatique	-0,019	0,111	-0,044	-0,351	-0,176	0,033	0,298	-0,249	-0,020	0,019	0,006	-0,028	0,074
épicé	**0,557**	0,300	0,293	-0,321	**0,428**	0,282	0,238	-0,318	0,052	**0,524**	0,145	0,186	**0,432**
barrique	0,220	**0,462**	0,296	**-0,413**	0,142	0,068	**0,859**	-0,200	-0,092	0,177	0,117	0,104	0,174
végétal	-0,008	0,099	-0,025	0,306	0,114	0,076	**-0,448**	0,375	0,017	-0,008	-0,034	-0,004	-0,007
humus	0,069	0,105	0,337	0,016	-0,071	0,098	0,272	-0,359	-0,082	0,269	0,367	**0,406**	0,157
moisi	-0,251	-0,005	0,071	0,255	-0,253	-0,065	-0,101	-0,097	0,043	0,003	0,152	0,281	-0,102
animal	-0,171	-0,077	0,064	0,142	-0,310	-0,150	-0,205	-0,091	0,038	0,057	0,066	0,167	-0,144
persistance aromatique	**0,457**	**0,470**	0,401	-0,276	0,146	0,091	**0,496**	-0,122	-0,268	0,261	0,102	0,099	0,214
acide	-0,030	0,053	-0,115	0,036	-0,167	-0,202	-0,196	0,012	0,086	-0,142	-0,204	-0,147	-0,284
amer	0,371	**0,459**	0,268	-0,198	0,286	0,323	0,164	-0,146	0,016	0,287	0,210	0,130	0,344
sucrosité	0,294	-0,083	0,133	0,110	0,189	0,098	-0,086	-0,057	0,159	0,290	0,403	**0,414**	0,198
astringence	**0,608**	0,078	**0,459**	-0,387	**0,470**	**0,405**	0,347	**-0,571**	-0,268	**0,636**	0,138	0,115	**0,588**

2006

Descripteurs expert / pro	intensité colorante	nuance	intensité aromatique	fruits rouges	fruits noirs	fruits mûrs	boisé	végétal	acide	gras	astringence	tanins fondus	longueur
intensité colorante	**0,763**	0,312	0,252	-0,186	0,391	0,356	0,391	0,108	-0,209	**0,534**	0,281	0,043	**0,733**
nuance	**0,694**	**0,498**	0,196	-0,027	0,324	0,218	0,205	0,006	-0,091	**0,480**	0,238	0,048	**0,665**
intensité aromatique	0,240	0,070	**0,483**	**-0,473**	-0,061	0,068	**0,484**	-0,003	-0,084	0,189	0,382	-0,225	0,312
cassis	0,335	0,372	0,100	0,133	**0,438**	0,362	**0,489**	-0,301	-0,172	0,045	**0,535**	-0,356	0,316
pruneaux	**0,406**	0,150	0,106	0,128	**0,516**	**0,418**	**0,477**	-0,177	-0,260	0,363	0,336	-0,193	**0,555**
fruits rouges	-0,186	-0,066	-0,111	0,329	0,241	0,240	0,001	-0,296	-0,103	-0,056	-0,052	-0,040	-0,007
kirsh	-0,142	-0,398	0,087	-0,066	0,160	0,103	0,101	-0,351	0,051	-0,231	0,313	-0,157	0,006
pâtisserie	0,214	0,018	0,177	0,072	0,331	0,274	**0,446**	**-0,437**	-0,334	0,101	**0,461**	-0,286	0,381
poivré	0,080	-0,188	-0,080	0,011	-0,052	0,191	-0,271	0,145	0,009	0,150	-0,348	**0,590**	-0,152
barrique/empyreumatique	0,284	0,188	**0,444**	-0,366	-0,114	0,041	**0,557**	-0,008	-0,171	0,219	**0,492**	-0,235	0,284
végétal	0,243	0,288	0,014	0,179	0,256	0,179	-0,174	0,028	0,013	0,092	-0,154	0,250	0,131
humus/moisi	-0,122	-0,058	0,085	-0,403	**-0,486**	**-0,462**	-0,138	**0,469**	0,294	-0,075	-0,148	0,036	-0,149
animal	-0,140	-0,148	0,171	**-0,436**	**-0,456**	-0,404	-0,263	0,338	0,222	-0,021	-0,255	0,147	-0,215
persistance aromatique	-0,006	-0,187	**0,534**	-0,213	-0,218	0,035	0,072	0,087	-0,036	0,276	-0,061	0,193	0,116
acide	0,028	0,049	-0,224	-0,123	-0,094	0,010	-0,269	0,027	**0,423**	-0,155	0,006	0,099	-0,203
amer	0,111	-0,084	0,254	-0,331	0,082	0,019	-0,046	-0,120	-0,021	0,030	0,346	-0,313	0,262
astringence	0,269	0,167	0,098	-0,267	0,122	0,014	0,243	-0,380	-0,235	-0,044	**0,707**	**-0,462**	0,337

2007

Descripteurs expert / pro	intensité colorante	nuance	intensité aromatique	fruits rouges	fruits noirs	fruits mûrs	boisé	végétal	acide	gras	astringence	tanins fondus	longueur
intensité colorante	**0,878**	**0,668**	**0,487**	0,168	**0,590**	**0,507**	0,341	-0,079	-0,368	**0,662**	**0,726**	-0,235	**0,670**
nuance	**0,500**	**0,634**	0,176	0,092	0,175	0,086	-0,120	0,068	0,159	0,315	0,245	0,089	0,369
intensité aromatique	**0,411**	0,338	**0,725**	-0,126	0,329	0,160	**0,473**	0,153	-0,303	0,381	**0,417**	0,070	0,362
végétal	0,022	-0,016	0,259	-0,078	-0,176	-0,128	0,067	0,389	0,024	-0,171	0,116	0,033	-0,020
cassis	0,355	0,287	0,230	0,008	0,333	0,304	0,164	-0,090	0,041	0,145	0,358	-0,124	0,297
pruneaux	0,271	0,197	0,195	0,030	0,359	0,250	**0,461**	-0,376	-0,353	**0,496**	**0,407**	-0,096	0,330
fruits rouges	**-0,417**	-0,384	**-0,649**	-0,006	-0,208	-0,189	-0,285	-0,401	0,075	-0,076	-0,173	-0,051	-0,153
humus	0,140	0,182	**0,485**	-0,124	-0,149	-0,148	-0,151	0,286	-0,011	-0,135	-0,020	0,066	-0,163
kirsh	-0,087	-0,249	-0,309	-0,119	0,062	0,085	-0,220	**-0,494**	-0,151	0,130	0,010	**-0,455**	0,034
pâtisserie	-0,199	-0,156	**-0,566**	0,155	0,156	0,115	-0,069	**-0,517**	-0,079	0,200	-0,179	-0,079	0,143
poivré	0,318	0,321	0,272	0,067	0,237	0,204	0,156	0,073	-0,051	0,219	0,221	-0,159	0,200
boisé	0,223	0,077	0,395	-0,210	0,237	0,306	**0,731**	-0,227	-0,219	0,239	0,363	0,024	0,295
empyreumatique	0,100	0,090	0,283	0,112	0,305	0,258	**0,572**	-0,101	-0,294	0,310	0,164	0,230	0,141
alcool	0,133	0,095	-0,364	0,203	0,184	0,133	-0,050	-0,375	-0,163	0,214	0,133	**-0,468**	0,280
animal	0,159	0,381	0,373	0,164	0,014	-0,112	-0,117	0,304	0,148	-0,069	-0,156	0,263	-0,097
persistance aromatique	0,373	0,231	0,245	-0,092	0,296	0,371	**0,623**	-0,319	-0,353	0,398	0,200	0,087	**0,447**
acide	-0,020	0,193	-0,400	0,281	0,012	-0,119	-0,177	0,018	0,105	0,209	-0,312	0,316	0,226
amer	**0,532**	0,322	**0,443**	0,197	0,330	0,267	0,209	-0,084	**-0,611**	**0,476**	**0,574**	-0,149	0,362
astringence	**0,589**	0,322	0,137	-0,006	0,321	0,347	0,235	-0,331	-0,138	0,348	**0,833**	**-0,591**	**0,482**
sucrosité	-0,243	-0,069	-0,292	0,036	0,039	-0,062	-0,010	-0,147	-0,175	0,259	**-0,479**	**0,436**	-0,046

Relations avec la composition biochimique des vins

Afin de confirmer les observations faites avec les descripteurs sensoriels discriminants, la composition biochimique des vins a également été prise en compte (Tableau 3-25) au travers des paramètres suivants :

- Couleur : intensité colorante (somme de 3 absorbances, 420, 520 et 620 nm), nuance (A520/A420), chromaticité absolue du vin par les coordonnées tristimulaires L*, a*, b* (CIE 2008) où L* représente la clarté et a* et b*, appelées coordonnées de chromaticité, sont les positions du vin sur un axe vert/rouge (a*) et bleu/jaune (b*).
- Composés phénoliques totaux par l'indice de Folin-Ciocalteu, considéré comme une méthode de référence (de Beer *et al.* 2004), même si la spécificité du réactif avec les phénols n'est pas complète (Ma and Cheung 2007) ;
- Teneur en substances non volatiles diminuée des sucres totaux, ou extrait sec réduit (OIV 2010a) ;
- Anthocyanes totales (Ribereau-Gayon 1965) ;
- Titre alcoométrique volumique, acidité totale et acidité volatile.

Les principales caractéristiques associées à la typicité sont les caractéristiques de couleur, les composés phénoliques totaux et les teneurs en composés non volatils. Même si les composés volatils peuvent sembler *a priori* importants dans la représentation sensorielle de la typicité, ils n'ont pas de correspondance avec les analyses réalisées sur les vins. Les teneurs en anthocyanes totales sont peu explicatives des notes de typicité, cela pouvant s'expliquer par le fait que (i) les anthocyanes natives du raisin, qui ne sont pas colorées initialement dans le vin, et donc pas appréciées par les valeurs issues des mesures par spectométrie (IC, nuance) et par colorimétrie (CIE L*a*b*), sont colorées après mesure en milieu acide, (ii) une partie des anthocyanes natives peuvent avoir pour une partie réagi avec d'autres composés du moût et du vin pour former des molécules incolores (Cheynier *et al.* 2006).

Néanmoins, ces résultats confirment l'importance de la perception de la couleur en lien avec les caractéristiques biochimiques du vin (mesurées au travers des caractéristiques chromatiques et spectrométriques et pas des teneurs en anthocyanes totales), et de la perception de sensations somesthésiques (*gras*, *astringence),* en lien avec certaines caractéristiques biochimiques (mesurées au travers de l'extrait sec et de l'indice de Folin-Ciocalteu). Les caractéristiques biochimiques les plus pertinentes des AVB sont donc les suivantes : plus intenses (L*, IC), plus rouges (composante a*), globalement plus riches en alcool, en extraits non volatils (extrait sec réduit) et en comosés phénoliques totaux (indice

Folin-Ciocalteu). Concernant la nuance jaune, les résultats sont peu stables d'une année à l'autre (seul le millésime 2005 est jugé moins « jaune » : nuance et composante b*).

Tableau 3-25. Relations entre composition biochimique et typicité. Probabilités issues des analyses de variance pour la typicité théorique (AOC). Coefficients de corrélation pour la note de typicité (AVB).

	Typicité (AVB)			Typicité (AOC)		
Analyses biochimiques	2005	2006	2007	2005	2006	2007
L	**-0,841**	**-0,572**	**-0,584**	**0,014**	**0,009**	**0,069**
a	**0,719**	**0,526**	**0,624**	**0,016**	**0,009**	**0,029**
b	**0,560**	0,034	0,368	**0,002**	0,369	**0,047**
Intensité colorante	**0,795**	0,300	**0,615**	**0,010**	**0,081**	**0,072**
Nuance	**-0,464**	-0,253	0,045	**0,055**	0,185	0,960
Anthocyanes	0,261	0,214	0,270	**0,061**	0,167	0,134
Indice Folin Ciolcalteu	**0,442**	-0,234	**0,414**	**0,028**	0,203	**0,096**
Ac Total	0,284	-0,157	0,178	0,483	**0,003**	0,833
Ac. Volatile	-0,114	0,131	0,330	0,892	0,185	0,151
Alcool	**0,512**	0,325	**0,443**	0,267	0,283	0,274
Extrait sec réduit	**0,559**	0,142	**0,598**	**0,074**	0,558	**0,070**
	r pearson (alpha=0,05)			Pr<F		

Au final, plusieurs cas de figure se dégagent concernant la distinction des vins :

D'un point de vue général,

Le profil conventionnel est discriminant pour les trois années, où seuls trois descripteurs maximum ne sont pas discriminants, les descripteurs *acide* et *poivré* ne l'étant pas pour deux des trois millésimes. Le profil JAR est également discriminant pour les trois années, mais les descripteurs *intensité aromatique, fruits rouges* et *tanins fondus* ne permettent pas, pourdeux des trois millésimes, de différencier les différentes catégories de vins.

Du point de vue de la typicité théorique (AOC),

Les deux profils sont discriminants, mais de manière variable selon les années : 9 descripteurs pour 2005, 3 pour 2006 et 2007 pour le profil conventionnel ; 5 pour 2005, 9 pour 2006 et 3 pour 2007 dans le cas du profil JAR. D'autre part, pour le jury expert, les AVB sont caractérisés par les descripteurs *astringents* (+, 3 millésimes), *animal* (-, 2 années) et *cassis* (+, 2 années). Pour le jury professionnels, les AVB sont caractérisés par *longueur, intensité colorante* (+, 3 années), *fruits mûrs, fruits noirs* et *astringence* (+, 2 années).

Du point de vue de la typicité globale (AVB),

Les deux profils sont discriminants (6, 5, et 4 descripteurs pour le profil conventionnel ; 10, 8 et 8 descripteurs pour le profil JAR). La typicité AVB est associée globalement aux descripteurs visuels pour les deux jurys. Dans le cas du profil JAR, la typicité AVB est également associée aux odeurs fruitées.

Les caractéristiques biochimiques confirment l'importance de la couleur dans la différenciation des vins. Les perceptions somesthésiques (*gras*, *astringence*)

trouvent également un écho dans certaines caractéristiques biochimiques (composés non-volatils, composés phénoliques totaux).

3.4.3.2. Approche multidimensionnelle.

Afin d'obtenir une configuration des vins, pour chaque jeu de données, une ACP a été réalisée, sur les données du jury expert et du jury professionnel, pour chaque année. Une CAH a été réalisée sur les même jeux de données afin de dégager des groupes de vins. Dans un deuxième temps, afin de comparer les configurations dans un même espace, une AFM a été réalisée, par année, dans laquelle chaque groupe correspond à un jury.

Jury expert.

Les deux premiers facteurs de l'ACP restituent environ 53, 56 et 47% de l'inertie totale pour les millésimes 2005, 2006 et 2007 (Tableau 3-26).

Tableau 3-26. Valeurs propres des l'ACP réalisées sur les données de profil du jury expert

2005			
Axes	F1	F2	F3
Valeur propre	6,237	4,802	2,913
Variabilité (%)	29,698	22,867	13,870
% cumulé	29,698	52,565	66,436

2006			
Axes	F1	F2	F3
Valeur propre	5,211	4,354	1,602
Variabilité (%)	30,650	25,614	9,426
% cumulé	30,650	56,265	65,690

2007			
Axes	F1	F2	F3
Valeur propre	5,161	4,336	2,623
Variabilité (%)	25,803	21,680	13,113
% cumulé	25,803	47,482	60,596

Les ACP des millésimes 2005, 2006 et 2007 sont représentées Figure 3-18 et Figure 3-19, et les contributions des variables aux principaux axes sont les suivantes (Tableau 3-27).

Pour le millésime 2005, le premier axe oppose principalement les vins 8AR1, 15 AR1, 43 AR1 (contributions de 8,7% à 14,0%) aux vins 43 AVB1 et 26AVB1 (contributions cumulées : 26,1%); cet axe est caractérisé par les descripteurs *trouble*, *épicé*, *intensité colorante, viscosité* et *astringence*. Cet axe pourrait être interprété comme un axe de "intensité/richesse". Le deuxième axe oppose principalement le vin 38AVB1 (contribution : 37,9 %) aux autres vins, notamment le vin 43AR1 (contribution : 17,5%). Le vin 38 AVB1 est caractérisé par les notes *humus*, *animal* et *moisi* et des faibles notes *kirsch* et *pâtisserie*. Cet axe peut être interprété comme un axe "qualité aromatique".

Pour le millésime 2006, le premier axe oppose principalement les vins AllCHI et TalSNB, (contributions de 14,5% et 21,1%) aux autres vins, en particulier COOPAVB (contribution de 9,2%). Cet axe est caractérisé par les descripteurs *animal, humus-moisi* opposés à *kirsch, cassis, pâtisserie* et *fruits rouges*. Cet axe pourrait être interprété comme un axe de "qualité aromatique".

Tableau 3-27. Contribution des variables (ACP)

2005		
Variables	Corrél.	% explication
F1		
trouble	0,840	11,32%
épicé	0,823	10,86%
intensité coloran	0,807	10,86%
viscosité	0,789	9,99%
astringence	0,771	9,54%
F2		
animal	0,843	14,81%
moisi	0,818	13,94%
Humus	0,791	13,54%
Patisserie	-0,775	13,03%
kirsh	-0,806	12,50%
F3		
empyreumatique	0,722	17,89%
végétal	-0,675	15,63%

2006		
variables	Corrél.	% explication
F1		
animal	0,399	15,90%
humus/moisi	0,398	15,82%
kirsh	-0,690	12,60%
cassis	-0,708	12,53%
pâtisserie	-0,808	9,61%
fruits rouges	-0,810	9,15%
F2		
variables	Corrélations	% explication
intensité coloran	0,828	15,74%
intensité aromati	0,748	12,84%
pruneaux	0,723	12,01%
nuance	0,708	11,52%
barrique/empyre	0,700	11,26%
astringence	0,676	10,48%
F3		
végétal	0,767	36,68%

2007		
variables	Corrél.	% explication
F1		
pruneaux	0,874	14,82%
boisé	0,780	11,80%
persistance aror	0,738	10,57%
astringence	0,655	8,32%
F2		
pâtisserie	0,896	18,50%
fruits rouges	0,828	15,82%
kirsh	0,666	10,23%
animal	-0,657	9,96%
humus	-0,780	14,04%
F3		
empyreumatique	0,713	19,36%

Le deuxième axe oppose principalement le vin 26AVB1 (contribution : 25,1%) aux autres vins. Le vin 26AVB1 est caractérisé par les descripteurs *intensités colorante et aromatique*, *nuance, pruneau* et *astringence*. Cet axe peut être interprété comme un axe "intensité/richesse".

Pour le millésime 2007, le premier axe oppose principalement le vins 47AVB1, (contribution de 32,6%) aux autres vins, en particulier 22AVB1 (contribution de 8,8%). Cet axe est caractérisé par les descripteurs *pruneaux, boisé, persistance aromatique* et *astringence*. Cet axe pourrait être interprété comme un axe de "puissance aromatique et astringence". Le deuxième axe oppose principalement les vins 45AR1, 2AVB2 et TalSNB (contributions de : 25,6%, 14, 7% et 10,2%) aux autres vins. Le vin 45AR1 est caractérisé par les descripteurs *humus* et *animal*, et par des notes faibles de *pâtisserie, fruits rouges* et *kirsch*. Cet axe peut être interprété comme un axe "qualité aromatique".

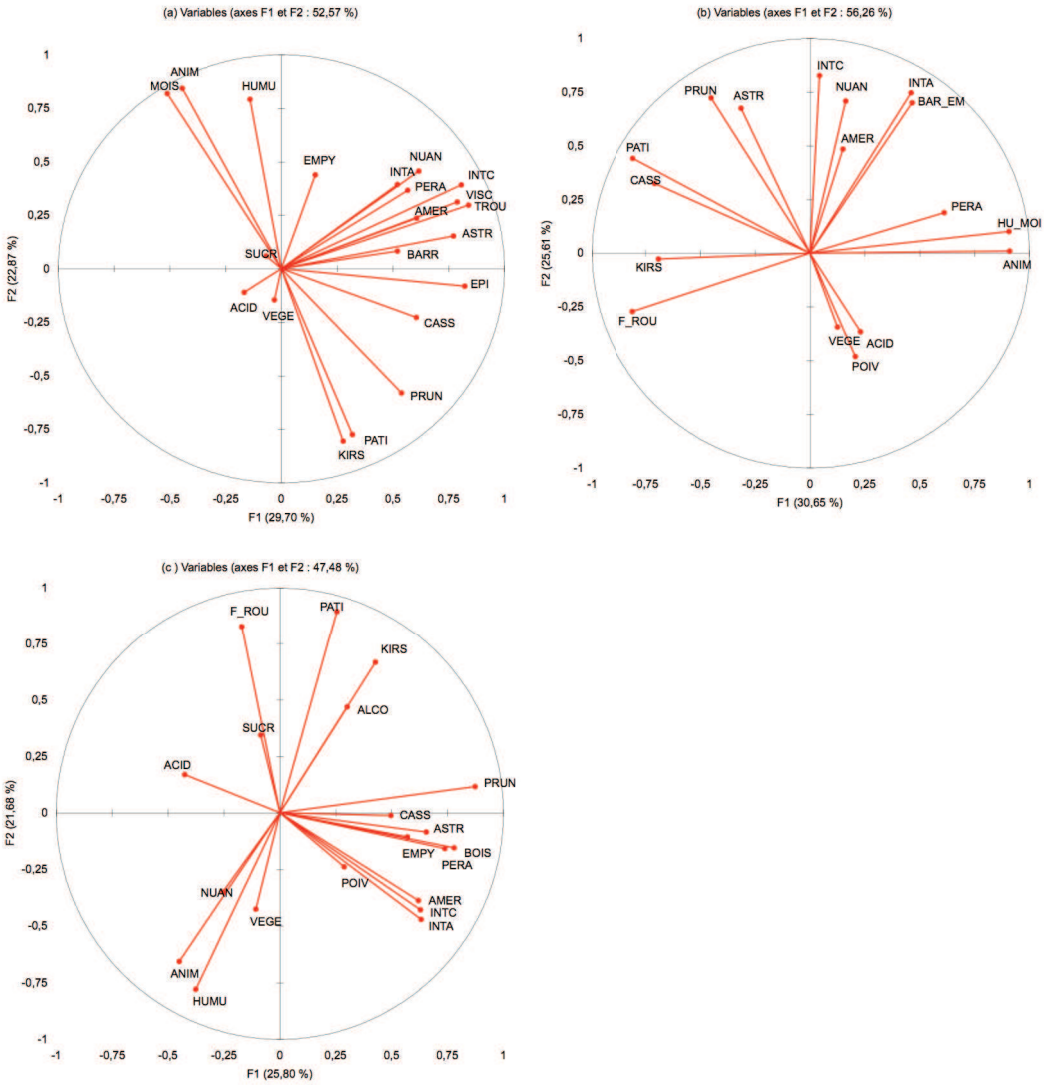


Figure 3-18. Représentation des variables par ACP sur les données de profil du jury expert (F1-F2). (a) 2005; (b) 2006; (c) 2007.

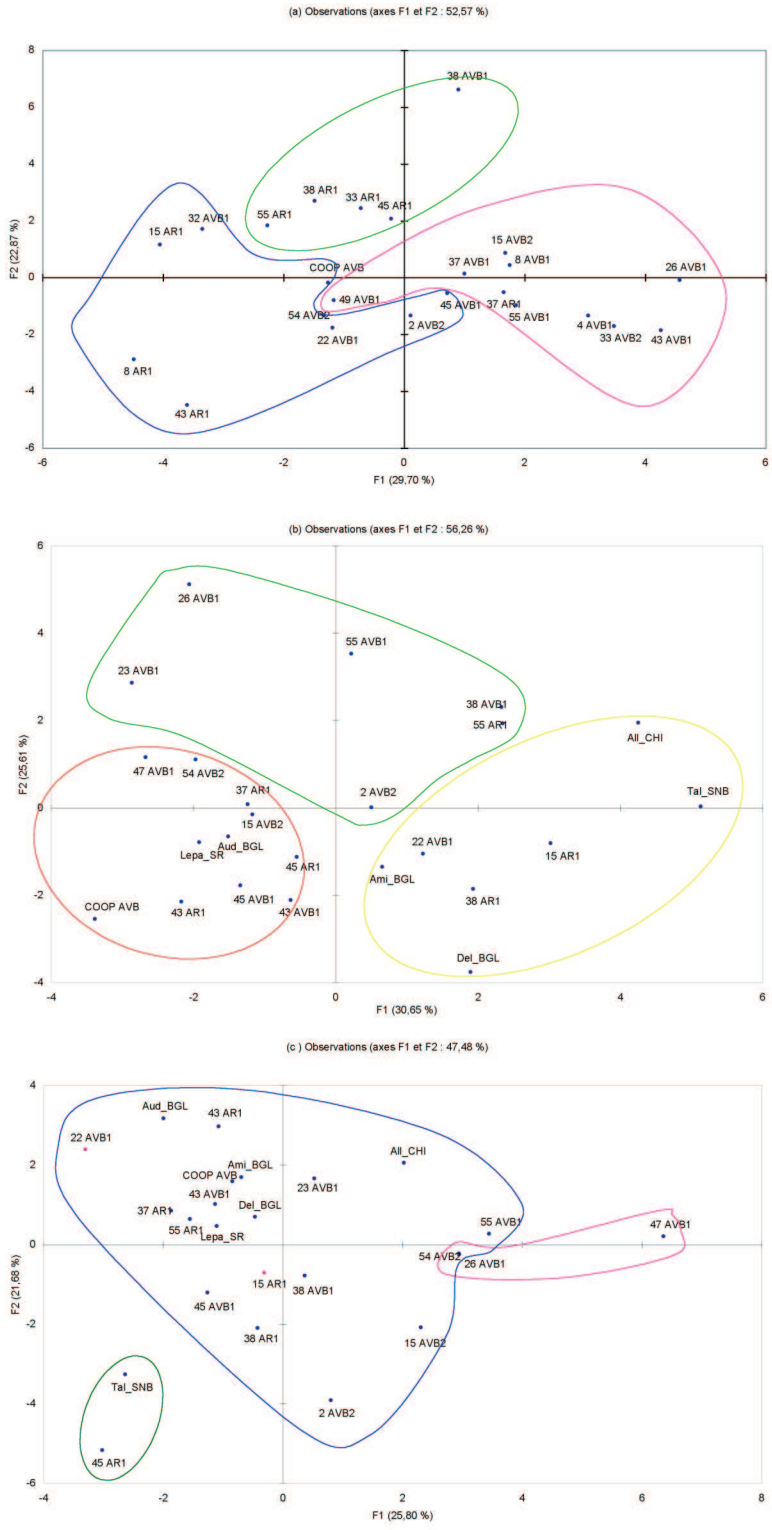


Figure 3-19. Représentation des individus par ACP sur les données de profil du jury expert (F1-F2). (a) 2005; (b) 2006; (c) 2007. Les groupes générés par CAH sont figurés par les ensembles colorés.

Jury de professionnels

Les deux premiers facteurs de l'ACP restituent environ 67, 55 et 57% de l'inertie totale pour les millésimes 2005, 2006 et 2007 (Tableau 3-28).

Tableau 3-28. Valeurs propres des l'ACP réalisées sur les données de profil du jury professionnels

2005			
Axes	F1	F2	F3
Valeur propre	7,044	1,659	1,129
Variabilité (%)	54,186	12,759	8,685
% cumulé	54,186	66,945	75,630

2006			
axes	F1	F2	F3
Valeur propre	4,784	2,400	1,489
Variabilité (%)	36,800	18,461	11,455
% cumulé	36,800	55,261	66,716

2007			
Axes	F1	F2	F3
Valeur propre	5,640	1,794	1,517
Variabilité (%)	43,382	13,803	11,671
% cumulé	43,382	57,185	68,856

Les ACP sont représentées Figure 3-20 et Figure 3-21 ; les contributions des vaiables sur les axes de l'ACP sont les suivantes (Tableau 3-29).

Pour le millésime 2005, le premier axe oppose principalement les vins 8AR1 et 22AVB1 (contributions de 24,7% et 22,7%) au vin 43AVB1 (contribution de 13,4%); cet axe est caractérisé par les descripteurs *complexité*, *fruits noirs*, *intensité colorante, charpente, longueur, fruits mûrs, gras* et *équilibre*. Cet axe pourrait être interprété comme un axe de "richesse/équilibre". Le deuxième axe oppose principalement le vin 26AVB1 (contribution : 16,8 %) aux autres vins, notamment les vins 43AR1 et 2AVB2 (contributions de 12,0% et de 10,6%). Le vin 26 AVB1 est caractérisé par les notes faibles de *fruits rouges* et *tanins fondus*. Cet axe peut être interprété comme un axe "souplesse et arômes fruits rouges".

Tableau 3-29. Contribution des variables (ACP)

2005		
Variables	Corrélations	% explication
F1		
Complexité	0,917	11,94
Fruits noirs	0,899	11,47
Charpente	0,882	11,05
longueur	0,875	10,86
Fruits mûrs	0,869	10,71
Gras	0,856	10,41
Intensité coule	0,845	10,15
Equilibre	0,832	9,82
F2		
Fruits rouges	0,634	24,22
Tanins fondus	0,608	22,30
F3		
Fruits rouges	0,695	42,75
Tanins fondus	-0,651	37,51

2006		
Variables	Corrélations	% explication
F1		
Fruits mûrs	0,889	16,52
Gras	0,885	16,38
Longueur	0,847	14,99
Fruits noirs	0,794	13,17
Intensité coule	0,686	9,83
F2		
Astringence	0,934	36,33
Tanins fondus	-0,802	26,82
F3		
Fruits rouges	0,647	28,15
Végétal	-0,607	24,75

2007		
Variables	Corrélations	% explication
F1		
Fruits noirs	0,914	14,82
Intensité coule	0,913	14,77
Nuance	0,858	13,04
Longueur	0,841	12,54
Fruits mûrs	0,810	11,63
Gras	0,798	11,29
F2		
Tanins fondus	0,728	29,526
Végétal	0,723	29,124
F3		
Astringence	0,664	29,053
Tanins fondus	-0,596	23,409

Pour le millésime 2006, le premier axe oppose principalement les vins 2AVB2 et 23AVB1 (contributions de 18,7% et 14,6%) aux vins 15AR1, 45AR1 et COOPAVB1 (contribution cumulée de 33,9%); cet axe est caractérisé par les descripteurs *longueur*, *fruits noirs*, *fruits*

mûrs, intensité couleur et *gras*. Cet axe pourrait être interprété comme un axe de "richesse/maturité". Le deuxième axe oppose principalement le vin 26AVB1 (contribution : 35,0 %) aux autres vins. Le vin 26 AVB1 est caractérisé par une note d'*astringence* élévée et une note faible de *tanins fondus*. Cet axe peut être interprété comme un axe "astringence".

Pour le millésime 2007, le premier axe oppose principalement le vins 22AVB1 (contribution de 64,9%) aux autres vins ; cet axe est caractérisé par les descripteurs *fruits noirs*, *intensité colorante, nuance, longueur, fruits mûrs* et *gras*. Cet axe pourrait être interprété comme un axe de "richesse/équilibre". Le deuxième axe oppose principalement les vins 45AVB1 et 2 AVB2 (contributions : 20,8% et 16,8%) au vin 54AVB2 (contribution : 18,9%). Les vin 45AVB1 et 2 AVB2 sont caractérisés par les notes de *végétal* et *tanins fondus*. L'ACP a été réalisée également après avoir supprimé le vin 22AVB1 (Figure 3-22). L'axe 1 peut être a nouveau caractérisé par « richesse/harmonie ». L'axe trois est caractérisé par tanins fondus, significativement corrélé à « - astringence » et à « -typique AVB ».

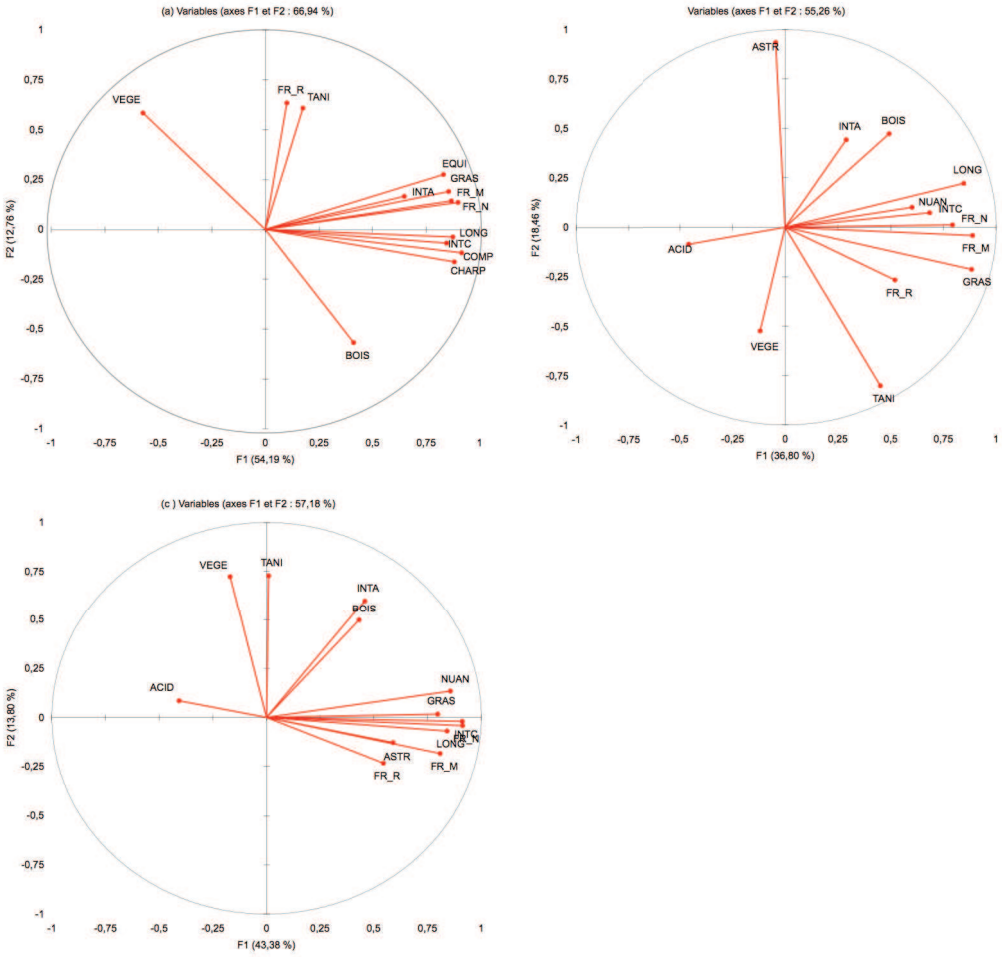


Figure 3-20. Représentation des variables par ACP sur les données de profil du jury professionnels (F1-F2). (a) 2005; (b) 2006; (c) 2007.

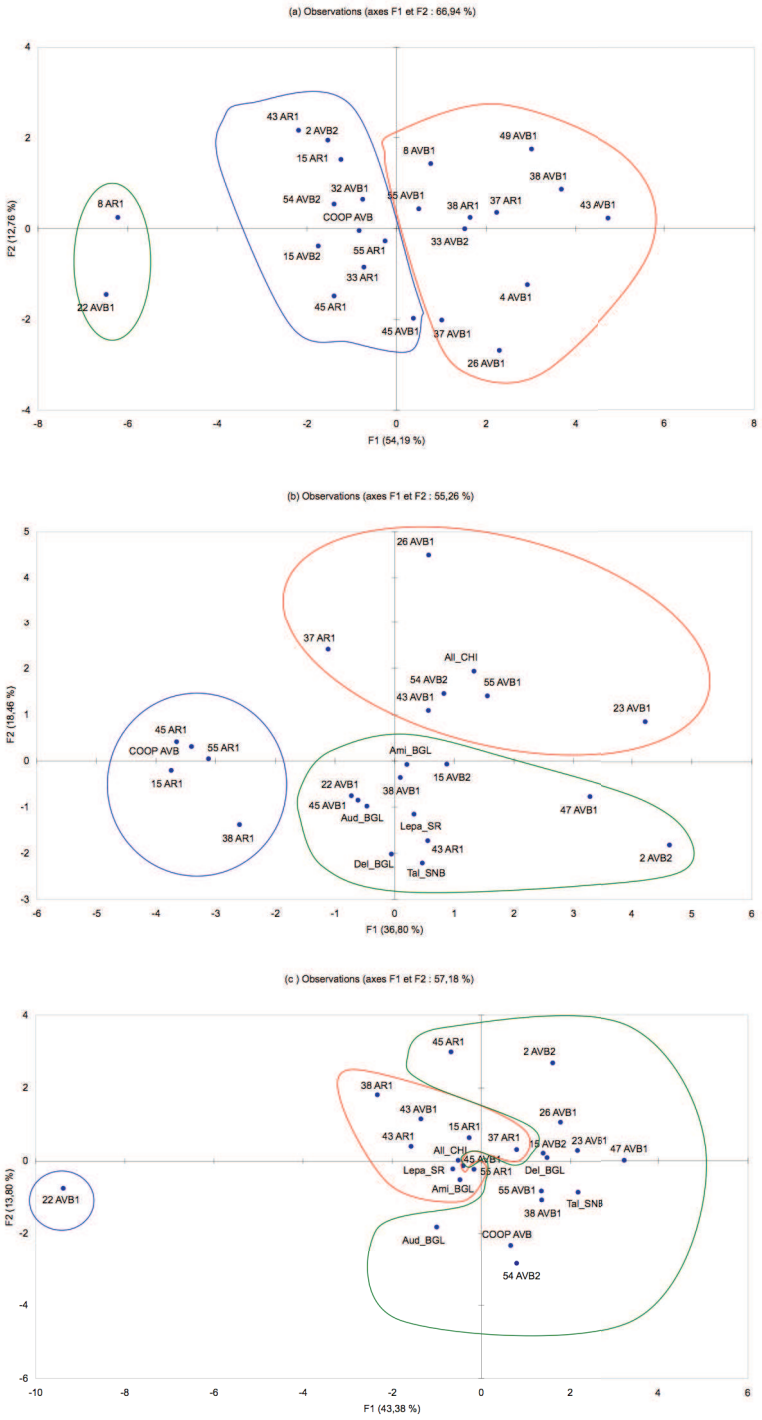


Figure 3-21. Représentation des individus par ACP sur les données de profil du jury professionnels (F1-F2). (a) 2005; (b) 2006; (c) 2007. Les groupes générés par CAH sont figurés par les ensembles colorés.

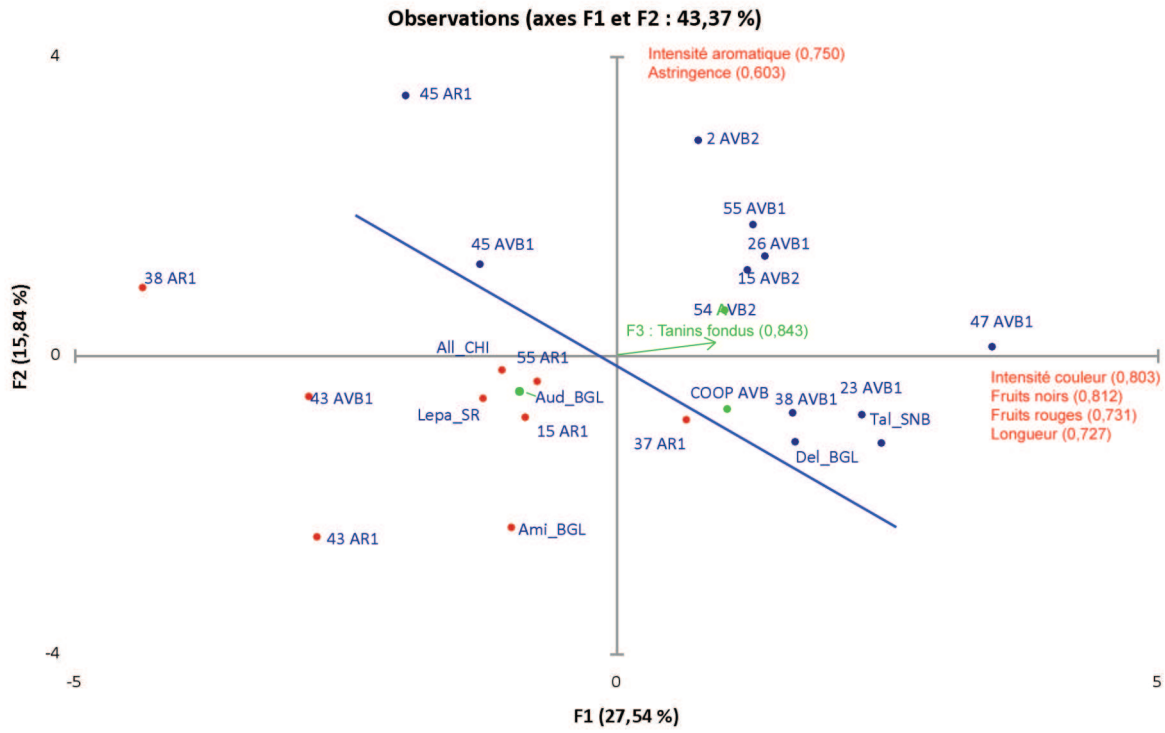


Figure 3-22. Représentation des individus par ACP sur les données de profil du jury professionnels (F1-F2-F3), sans le vin 22 AVB1. Les groupes générés par CAH sont figurés par les points colorés (bleu, rouge, vert). Les axes sont décrits par les variables (corrélations entre parenthèses).

Comparaison des profils issus des deux jurys

La comparaison des profils issus des deux jurys est réalisée par AFM (Figure 3-23). Les données suivantes sont utilisées : « pro » : les moyennes des notes de chaque descripteur pour chaque vin, accordées par le jury de professionnels. « expert » : les moyennes des notes de chaque descripteur pour chaque vin, accordées par le jury expert. « typicité » : la note de typicité moyenne accordée pour chaque vin par le jury de professionnels. La table typicité ne participe pas à la formation des axes de l'AFM.

Les descripteurs du jury expert (JE) constituent un premier groupe de variables, et les descripteurs des professionnels (JP), un second groupe. Les deux premiers axes de l'AFM restituent 49,25 % de l'inertie totale pour le millésime 2005, 43,21 % de l'inertie totale pour le millésime 2006 et 43,62 % de l'inertie totale pour le millésime 2007.

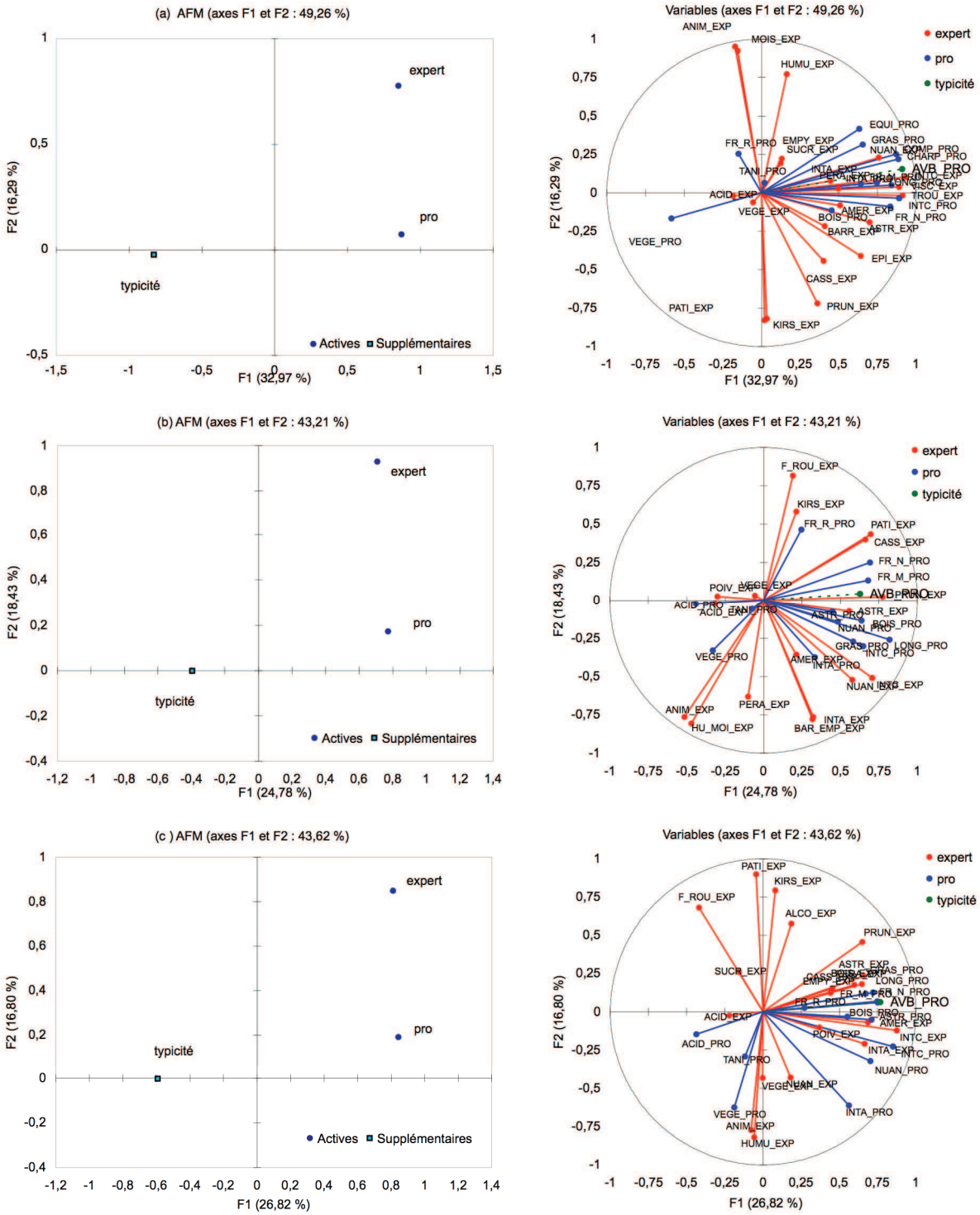


Figure 3-23. Représentation des individus et des variables (b) par AFM sur les données de profil duJury expert et du jury professionnels (F1-F2). (a) 2005 ; (b) 2006 ; (c) 2007.

Le premier axe de l'AFM (Figure 3-23) est commun aux deux groupes pour les trois millésimes. Les vins sont cependant décrits partiellement de la même façon, car le second

axe est expliqué pour chaque millésime par le jury expert : les vins sont décrits avec les descripteurs *humus, animal, moisi* et *pâtisserie*, contrairement au jury de professionnels dont ces dimensions sensorielles sont absentes.
Le jury expert permet d'explorer des caractéristiques que le jury professionnel n'explore pas.

Relation avec les scores de typicité

Afin d'étudier les relations entre les profils et les scores de typicité, plusieurs approches sont proposées :
A partir des groupes générés par les CAH réalisées sur les jeux de données des jurys expert et professionnels, des analyses de variances sont réalisées afin d'évaluer l'effet de la note de typicité sur l'appartenance à un groupe (Tableau 3-30).
A partir des jeux de données des jurys professionnels, des analyses de pénalités sont réalisées, pour connaître l'incidence des notes pour chaque descripteur sur la note globale de typicité.
Les groupes de vins générés par les CAH sur les données du jury expert ne sont pas significativement différents du point de vue de leur score de typicité globale, sauf pour le millésime 2005 Le groupe 1 s'oppose aux groupes 2 et 3. Sur le plan factoriel de l'ACP correspondante, ce groupe de vin s'oppose aux autres groupes sur le facteur F1. Cet axe a été interprété comme un axe « richesse ». Ces vins sont considérés moins puissants et moins riches.
Les groupes de vins générés par les CAH sur les données du jury professionnels sont significativement différents du point de vue de leur score de typicité globale. Pour 2005, les trois groupes se répartissent le long du facteur F1 de l'ACP correspondante. Cet axe a été interprété comme un axe de "richesse/équilibre". Le gradient de typicité se répartit le long de cet axe. Pour 2006, les groupes 1 ; 2&4 et 3 se répartissent sur le plan factoriel F1 de l'ACP correspondante. Cet axe a été interprété comme un axe de "richesse/maturité ». Les vins du groupe 3 étant notés globalement plus riches/mûrs. Pour 2007, le vin 22 AVB1 s'oppose à l'ensemble des autres vins sur le plan factoriel F1 de l'ACP correspondante. Cet axe a été interprété comme « richesse/équilibre ». Ce vin a été jugé globalement moins riche/équilibré.
Globalement, le gradient de typicité semble correspondre, pour les trois millésimes, à la notion de « richesse », associée à « équilibre » et « maturité ».

Tableau 3-30. Relations entre groupes issus des CAH et notes globales de typicité.

2005

vins	AVB	gpes JAR	gpes QDA
43 AVB1	7,633	3	2
38 AVB1	7,120	3	3
26 AVB1	7,105	3	2
33 AVB2	6,960	3	2
37 AVB1	6,478	3	2
4 AVB1	6,413	3	2
37 AR1	5,863	3	2
33 AR1	5,778	1	3
38 AR1	5,655	3	3
55 AVB1	5,567	3	2
8 AVB1	5,180	3	2
49 AVB1	5,144	3	2
32 AVB1	5,122	1	1
45 AVB1	4,931	1	1
55 AR1	4,819	1	3
15 AR1	4,539	1	1
15 AVB2	4,350	1	2
COOP AVI	4,272	1	1
54 AVB2	3,595	1	1
2 AVB2	3,337	1	1
45 AR1	3,215	1	3
43 AR1	2,622	1	1
22 AVB1	2,180	2	1
8 AR1	2,121	2	1
ANOVA	Pr > F	< 0,0001	0,001
	R^2	0,715	0,503

Modalité	Moy. estimée	Groupes
QDA		
2	6,069	A
3	5,317	A
1	3,636	B
JAR		
3	6,283	A
1	4,235	B
2	2,151	C

2006

vins	AVB	gpes JAR	gpes QDA
2 AVB2	6,95	3	3
47 AVB1	6,89	3	2
55 AVB1	6,52	4	3
23 AVB1	6,44	3	3
54 AVB2	5,99	4	2
43 AVB1	5,51	4	2
43 AR1	5,46	2	2
38 AVB1	5,45	2	3
45 AVB1	5,34	2	2
Lepa_SR	5,26	2	2
Aud_BGL	5,18	2	2
Tal_SNB	5,06	2	1
15 AVB2	5,02	2	2
22 AVB1	4,94	2	1
Ami_BGL	4,73	2	1
Del_BGL	4,49	2	1
All_CHI	4,23	4	1
55 AR1	4,16	1	3
45 AR1	4,05	1	2
38 AR1	3,95	1	1
26 AVB1	3,86	4	3
37 AR1	3,72	4	2
15 AR1	3,54	1	1
COOP AVI	3,26	1	2
ANOVA	Pr > F	< 0,0001	0,143
	R^2	0,658	0,169

Modalité	Moy. estimée	Groupes
QDA		
3	5,563	A
2	5,061	A
1	4,421	A
JAR		
3	6,759	A
2	5,093	B
4	4,972	B
1	3,792	C

2007

vins	AVB	gpes JAR	gpes QDA
Tal_SNB	6,160	2	4
47 AVB1	6,123	2	3
Del_BGL	6,123	2	2
All_CHI	5,829	1	2
26 AVB1	5,687	2	3
23 AVB1	5,673	2	2
15 AVB2	5,319	2	2
55 AR1	5,274	1	1
37 AR1	5,270	1	1
Ami_BGL	5,269	1	1
38 AVB1	5,227	2	2
54 AVB2	5,222	4	2
15 AR1	5,221	1	1
55 AVB1	5,092	4	2
Aud_BGL	5,084	4	2
2 AVB2	5,040	2	2
45 AVB1	4,842	4	1
Lepa_SR	4,770	1	2
43 AVB1	4,684	1	1
COOP AVI	4,482	4	2
45 AR1	4,327	2	4
38 AR1	3,746	1	1
43 AR1	3,592	1	1
22 AVB1	1,943	3	1
ANOVA	Pr > F	0,000	0,085
	R^2	0,607	0,276

Modalité	Moy. estimée	Groupes
QDA		
3	5,905	A
2	5,260	A
4	5,244	A
1	4,427	A
JAR		
2	5,520	A
4	4,945	A
1	4,850	A
3	1,943	B

Tableau 3-31. Tableau des pénalités. Exemple pour le descripteur intensité colorante ; millésime 2007.

Variable	Niveau	Effectifs	%	Moyenne (AVB)	Effets sur la moyenne	Différence standardisée	p-value	Significatif	Pénalités	Différence standardisée	p-value	Significatif
	Pas assez	54	20,5%	3,833	1,478	5,561	< 0,0001	Oui				
INTC	JAR	154	58,3%	5,312					0,675	2,673	0,008	Oui
	Trop	56	21,2%	5,411	-0,099	-0,357	0,932	Non				

L'analyse des pénalités est effectuée après recodage des notes par descripteur, en trois catégories (inf. 4,5 = « pas assez » ; 4,5-5,5= »JAR » ;>4,5= »trop »). Des analyses de variance sont réalisées pour chacun des descripteurs afin d'identifier si à une différence de notation JAR est associée une différence significative au niveau du score global de typicité. La taille seuil des effectifs est fixée à 20%. Un exemple des informations obtenues par descripteur est donné dans le Tableau 3-31. Dans ce tableau des pénalités, les informations suivantes sont fournies : le nom du descripteur, les trois niveaux agrégés des notes JAR, les fréquences correspondant à chaque niveau, la note de typicité moyenne pour chaque

niveau, le nombre de points perdus lorsque le vin est jugé « pas assez » ou « trop », la significativité de cette perte (seuil 5%), la pénalité globale, la significativité de cette pénalité (seuil 5%).

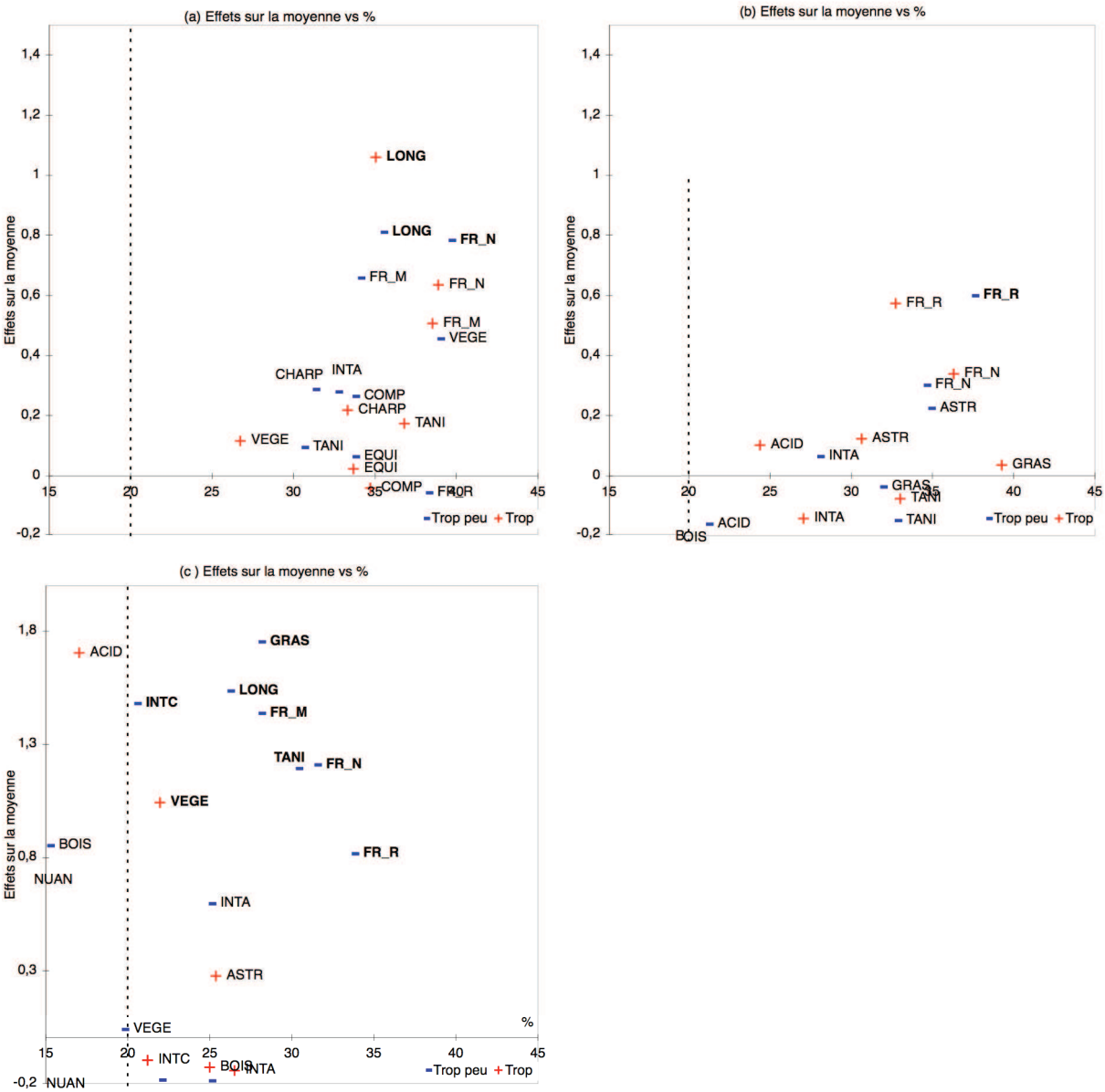


Figure 3-24.. Analyse des pénalités. Effets sur la moyenne (a) 2005 ; (b) 2006 : (c) 2007. En gras : pénalité significative à un niveau de signification alpha=0,05.

Le graphique « Effets sur la moyenne » simplifie le tableau en terme d'interprétation (Figure 3-24). Pour le millésime 2005, deux descripteurs ont un effet sur la note de typicité : *fruits noirs* (pas assez : 0,782) et *longueur* (pas assez : 0,810 ; trop : 1,059). Pour le millésime 2006, un descripteur a un effet significatif sur la note de typicité : *fruits rouges* (pas assez : 0,598).

Pour le millésime 2007, 8 descripteurs ont un effet significatif sur la note de typicité : *intensité colorante* (pas assez : 1,478), *fruits rouges* (pas assez : 0,816), *fruits noirs* (pas assez : 1,208), *fruits mûrs* (pas assez : 1,437), *végétal* (trop : 1,042), *gras* (pas assez : 1,751), *tanins fondus* (pas assez : 1,193) et *longueur* (pas assez : 1,535). Ainsi, par exemple, la note moyenne de typicité, en 2007, des vins ayant le descripteur *intensité colorante* JAR est de 5,312, les vins ayant une note jugée « pas assez » ont une note moyenne de typicité de 3,833. La différence significative, appelée pénalité, est ainsi de 1,478.

L'intensité colorante est ainsi « pénalisante » pour un seul millésime (2007). Pour 2006, la pénalité correspondant à 13% des effectifs, n'est pas prise en compte. Pour le millésime 2007, l'intensité colorante mesurée (IC, L*) était significativement plus élevée que pour les deux autres millésimes. Les descripteurs fruités sont pénalisants pour les trois millésimes (*rouges* en 2007 et 2006, *noirs* en 2007 et 2005 et *mûrs* en 2007). Les descripteurs *bois* (pas assez) et *acide* (trop), ne sont pas considérés comme pénalisants en 2007 car ils ne concernent que 15% et 17% des effectifs. Les descripteurs *végétal* (trop), *gras* (pas assez) et *tanins fondus* (pas assez) ne sont pénalisants qu'en 2007. Enfin le descripteur *longueur* est pénalisant en 2005 (pas assez et trop) et en 2007 (pas assez). Les descripteurs *astringence, intensité aromatique* et *nuance* ne sont pas jugés pénalisants. Si le millésime 2007 semble beaucoup plus pénalisé que les deux autres millésimes, cela pourrait être dû, pour partie, à un effet de l'entraînement d'une partie des membres du jury à l'utilisation des échelles JAR (leur expérience était supérieure lors de la troisième année). En effet, pour 2005 et 2006, les descripteurs *intensité colorante* et *bois* (pas assez et trop) ont un effet positif sur la note de typicité. Elle n'est pas prise en compte dans la Figure 3-24, car moins de 20% des effectifs sont concernés. Cependant, cela peut révéler une mauvaise utilisation de l'échelle JAR pour une partie des panélistes. Si l'on ne considère alors que le millésime 2007, il est intéressant de noter que si dans une approche quantitative de l'échelle JAR, le descripteur *tanins fondus* n'est pas corrélé à la note de typicité, il est significativement corrélé à la note de typicité dans la partie inférieure de l'échelle JAR (pas assez). Les descripteurs générés pour l'analyse JAR peuvent être considérés comme satisfaisants, dans la mesure où 8 sur 13 ont un effet sur la note de typicité (cas du millésime 2007).

3.4.3.3. Liens entre millésimes

Afin de comparer profils effectuées sur les trois millésimes, seuls les vins présents les trois années sont conservés (16 vins, 12 AVB et 4 AR). Si ce ne sont pas les mêmes vins, les itinéraires de production peuvent en effet évoluer en fonction du millésime, nous supposons

qu'ils revendiquent un « air de famille » constant, correspondant à leur étiquette. Une AFM a été réalisée pour chaque jury, sur les tableaux suivants :

- Millésime 2005 / millésime 2006 / millésime 2007 : les moyennes des notes de chaque descripteur pour chaque vin, accordées par le jury concerné pour les millésimes 2005, 2006 et 2007.
- Typicité 2005 / typicité 2006 / typicité 2007 : la note de typicité moyenne pour chaque vin accordée par le jury de professionnels pour les millésimes 2005, 2006 et 2007.

Les tableaux typicité sont considérés comme supplémentaires dans cette analyse. Etant simplement projetés sur le graphique, ils ne contribuent pas à la formation des axes (Figure 3-25 et Tableau 3-32).

Tableau 3-32. Contribution des tableaux au plan factoriel de l'AFM. Jury Professionnels.

Contributions (%)	F1	F2
millésime 2005	39,005	15,322
millésime 2006	19,236	71,445
millésime 2007	41,759	13,233

Le millésime 2005 et le millésime 2007 contribuent presque autant à la formation de l'axe F1 (environ 40% chacun), alors que le millésime 2006 ne contribue qu'à 19%. Le millésime 2006 contribue essentiellement à la formation de l'axe F2 (plus de 70%). Le millésime 2006 apporte une information supplémentaire par rapport aux autres millésimes sur l'axe F2. Cet axe est principalement expliqué par les variables du millésime 2006 : *gras*, *fruits mûrs* et *intensité colorante*.

D'après le tableau des coefficients RV (Tableau 3-33), qu'il n'y a pas de lien significatif entre les différents millésimes. Il n'y a pas de lien entre les tableaux de typicité. S'il n'existe pas de lien entre les typicités ni entre les millésimes, il existe un lien fort entre typicité et millésime chaque année. Il semble donc que la perception de la typicité diffère d'un millésime à l'autre. Cette variabilité peut être expliquée en partie par le fait que (i) les vins sont différents (effet millésime important sur les caractéristiques biochimiques), (ii) le jury est en partie renouvelé chaque année (les représentations prototypiques sont basées sur l'expérience personnelle de chaque professionnel), (iii) les attentes des professionnels peuvent varier en fonction des millésimes.

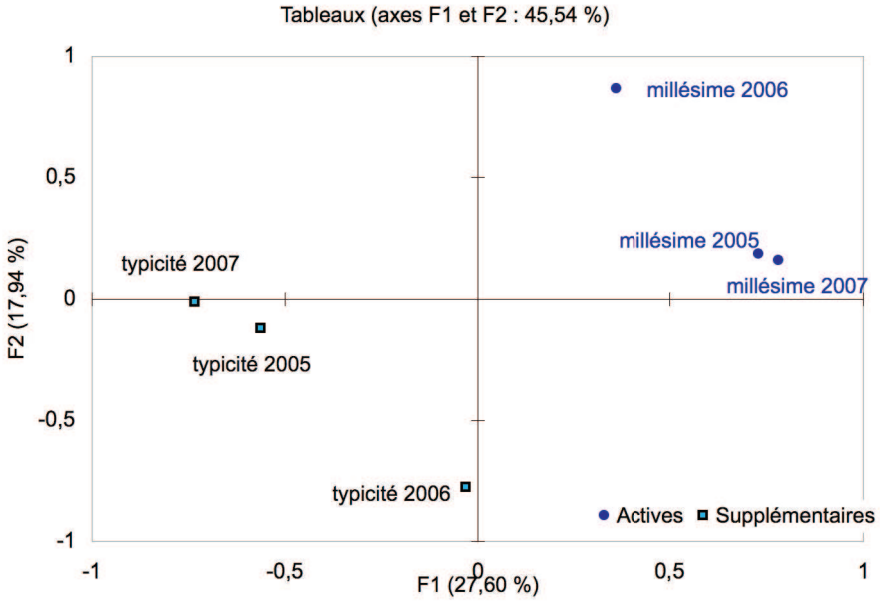


Figure 3-25. Graphique de représentation des tableaux de l'AFM. Jury professionnels.

Tableau 3-33. Tableau des coefficients RV de l'AFM sur le jury de professionnels. En gras : valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

coefficients RV	millésime 2005	millésime 2006	millésime 2007	typicité 2005	typicité 2006	typicité 2007
millésime 2005	1,000					
millésime 2006	0,284	1,000				
millésime 2007	0,408	0,299	1,000			
typicité 2005	**0,824**	0,174	0,225	1,000		
typicité 2006	0,082	**0,630**	0,152	0,015	1,000	
typicité 2007	0,351	0,210	**0,758**	0,298	0,000	1,000

Tableau 3-34. Contribution des tableaux dans le plan factoriel de l'AFM. Jury expert.

Contributions (%)	F1	F2
millésime 2005	33,392	38,240
millésime 2006	36,572	35,447
millésime 2007	30,036	26,313

Tableau 3-35. Coefficients RV de l'AFM, jury de professionnels. En gras : valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,10

Coefficients RV	millésime 2005	millésime 2006	millésime 2007	typicité 2005	typicité 2006	typicité 2007
millésime 2005	1,000					
millésime 2006	**0,442**	1,000				
millésime 2007	**0,445**	**0,449**	1,000			
typicité 2005	**0,474**	0,205	0,162	1,000		
typicité 2006	0,165	0,165	0,152	0,015	1,000	
typicité 2007	0,252	0,226	0,309	0,298	0,000	1,000

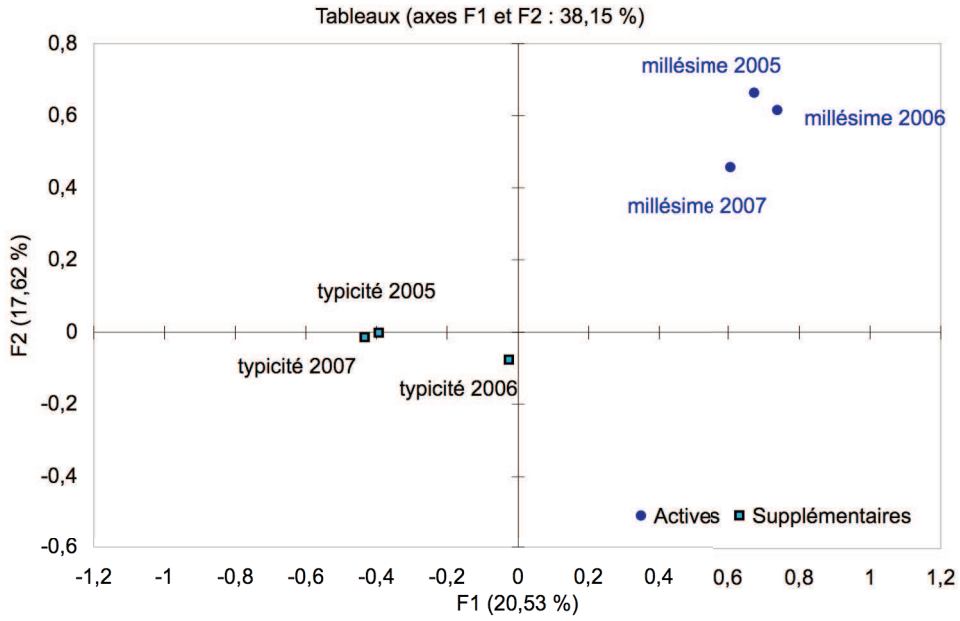


Figure 3-26. Graphique de représentation des tableaux de l'AFM. Jury professionnels.

La configuration n'est pas la même pour le jury expert. Les trois millésimes sont situés à peu près de la même manière sur les deux axes du plan factoriel de l'AFM (Tableau 3-34 et Figure 3-26). Les coefficients RV sont pratiquement les mêmes entre les différents millésimes avec un seuil de signification de 10% (Tableau 3-35). Précédemment nous avons vu qu'il existait un lien, pour le millésime 2005, entre la note de typicité, accordée par le jury de professionnels, et l'analyse sensorielle du jury expert.

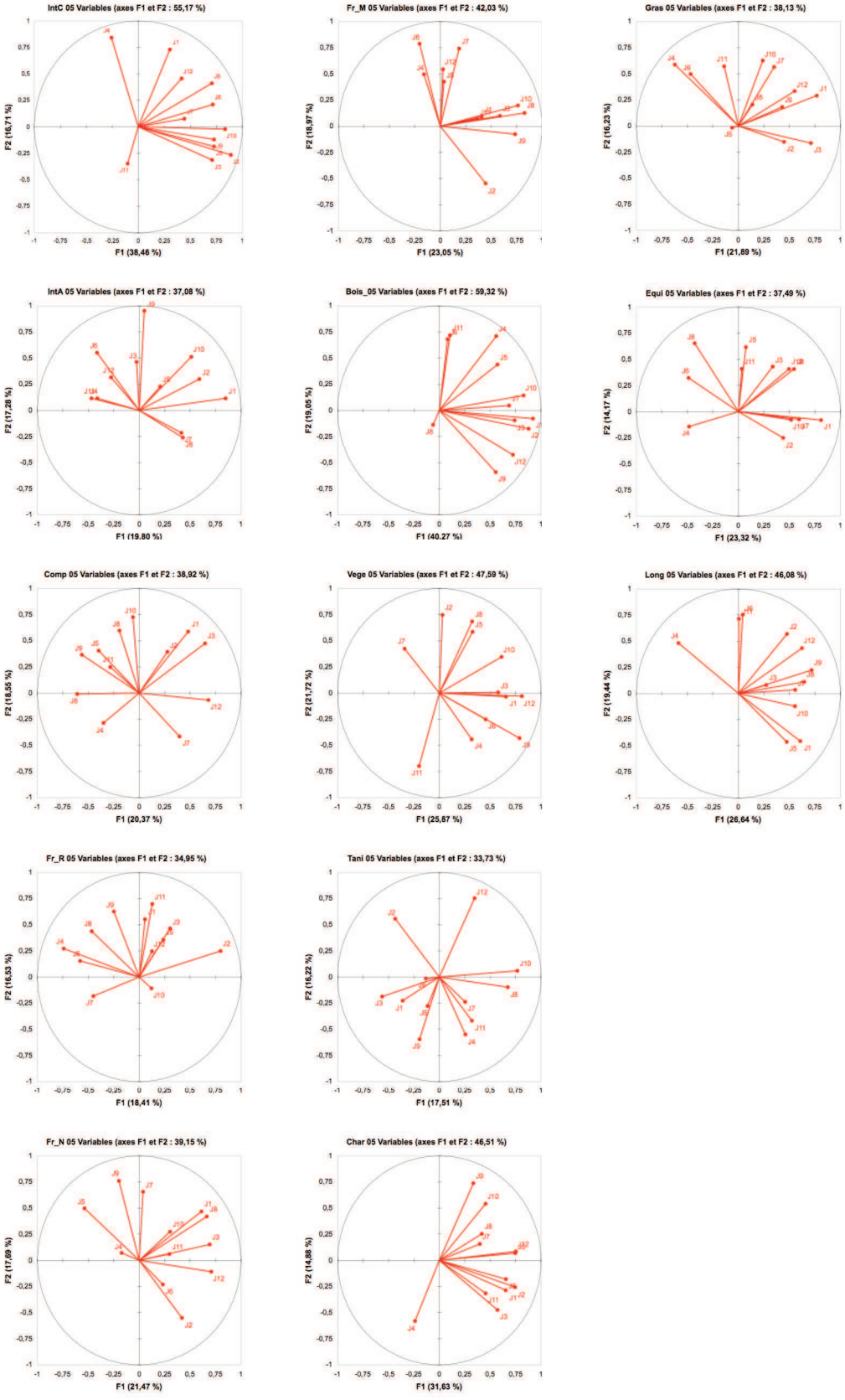
En conclusion, les analyses sensorielles du jury expert sont liées d'un millésime à l'autre, contrairement au jury de professionnels où nous n'avons pas pu mettre en évidence de lien.

3.4.3.4. Consensus des panélistes

Pour évaluer l'agrément entre juges, des ACP ont été réalisées sur les matrices vins X juges pour chaque descripteur et pour chaque millésime. Le consensus interne a été évalué à

partir de la matrice des corrélations entre juges, par la valeur moyenne des coefficients de corrélations entre juges. Une cartographie des préférences a également été réalisée sur les trois millésimes afin de vérifier le positionnement des juges vis à vis des vins classés selon leur degré d'appartenance au type AVB.

Consensus des juges par ACP.



Les ACP des Figure 3-27, Figure 3-28 et Figure 3-29 illustrent les notations de chaque juge, projetées sur les deux premières composantes principales. La variance cumulée maximum

est de 56,17% pour 2005 (descripteur *intensité colorante*), 41,49% pour 2006 (descripteur *intensité colorante)* et 73,74% pour 2007 (descripteur *intensité colorante*). Les différences observées entre les variances des millésimes 2005, 2006 et 2007 d'une part, et les moyennes des coefficients de corrélation d'autre part (Tableau 3-36), suggèrent un meilleur accord entre juges en 2007. Cet accord est particulièrement fort pour le descripteur *intensité colorante*.

Tableau 3-36. Consensus entre juges. Moyenne des coefficients de corrélations par descripteur.

2005		2006		2007	
variables	coeff	variables	coeff	variables	coeff
boisé	0,267	intensité colorante	0,106	intensité colorante	**0,602**
intensité colorante	0,225	astringence	0,097	nuance	0,225
charpente	0,193	fruits rouges	0,079	fruits mûrs	0,140
longueur	0,112	fruits noirs	0,079	intensité aromatique	0,116
fruits mûrs	0,106	intensité aromatique	0,078	fruits noirs	0,115
fruits noirs	0,081	boisé	0,078	longueur	0,110
végétal	0,080	longueur	0,078	astringence	0,093
gras	0,066	gras	0,077	gras	0,076
complexité	0,053	acide	0,064	tanins fondus	0,068
fruits rouges	0,051	tanins fondus	0,057	boisé	0,038
intensité aromatique	0,048	nuance	0,052	végétal	0,037
équilibre	0,047	fruits mûrs	0,041	fruits rouges	0,026
tanins fondus	-0,017	végétal	0,033	acide	0,006

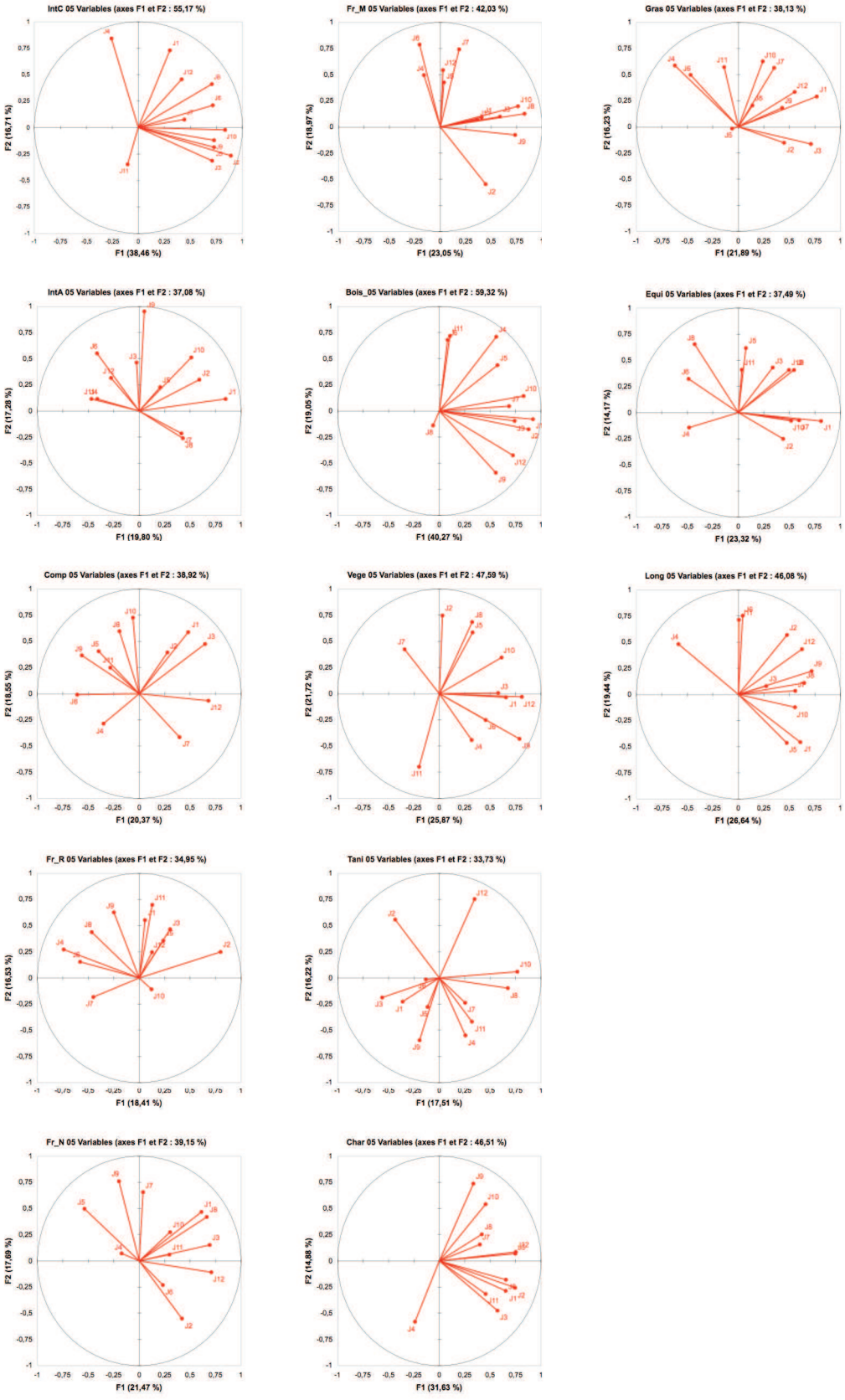


Figure 3-27. Consensus des juges. Cercles de corrélations des notes par descripteur. Millésime 2005

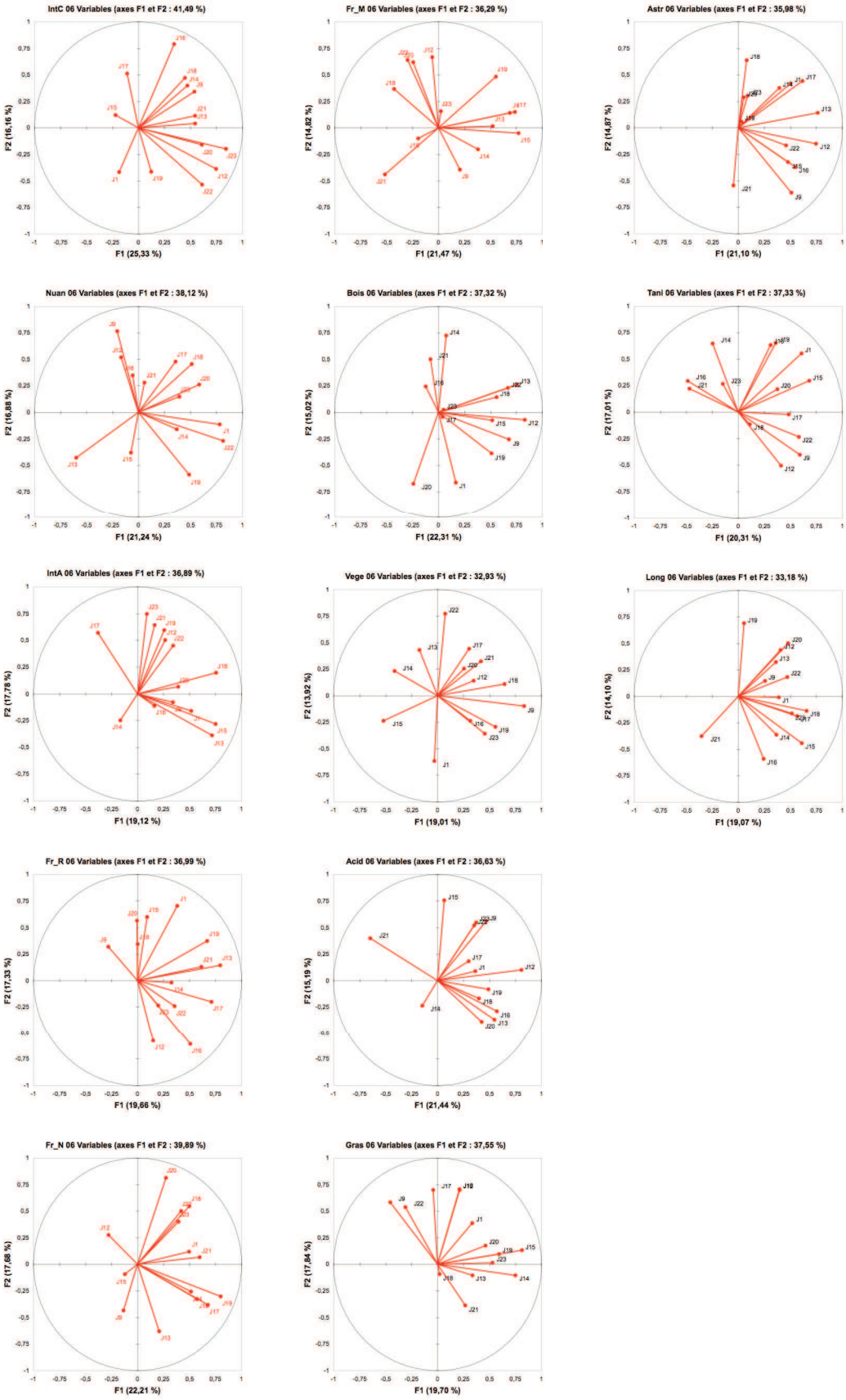
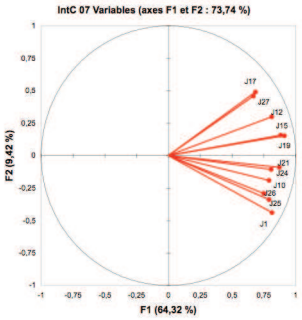
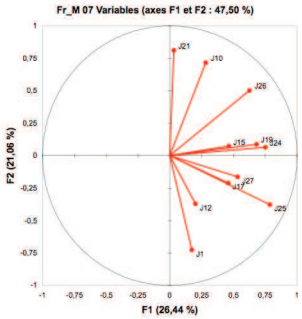
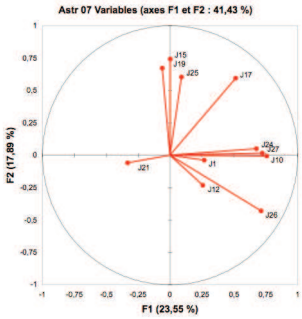
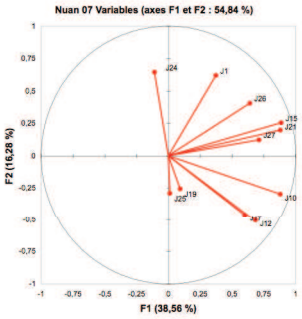


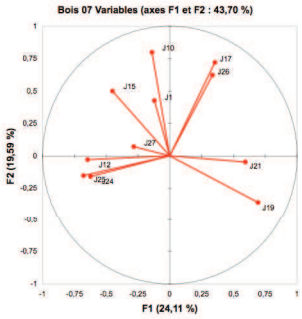
Figure 3-28. Consensus des juges. Cercles de corrélations des notes par descripteur. Millésime 2006

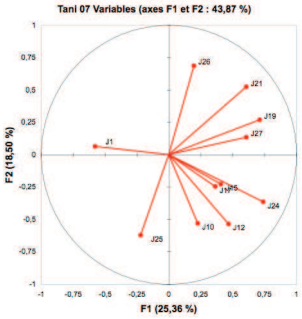

IntC 07 Variables (axes F1 et F2 : 73,74 %)
F2 (9,42 %)
F1 (64,32 %)

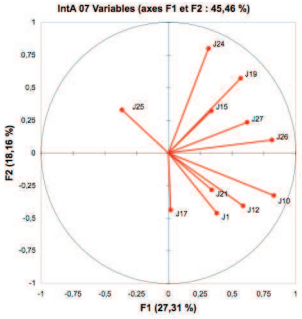

Fr_M 07 Variables (axes F1 et F2 : 47,50 %)
F2 (21,06 %)
F1 (26,44 %)

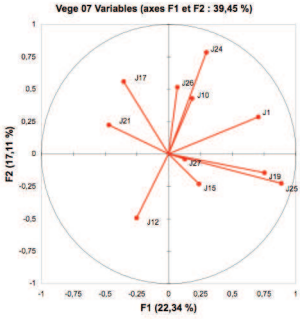

Astr 07 Variables (axes F1 et F2 : 41,43 %)
F2 (17,89 %)
F1 (23,55 %)

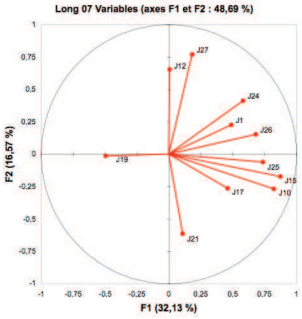

Nuan 07 Variables (axes F1 et F2 : 54,84 %)
F2 (16,28 %)
F1 (38,56 %)

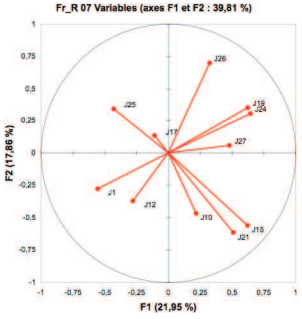

Bois 07 Variables (axes F1 et F2 : 43,70 %)
F2 (19,59 %)
F1 (24,11 %)

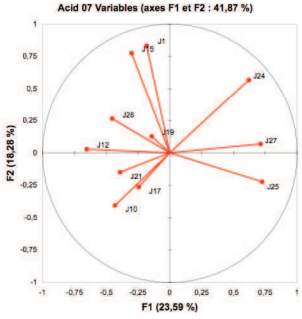

Tani 07 Variables (axes F1 et F2 : 43,87 %)
F2 (18,50 %)
F1 (25,36 %)

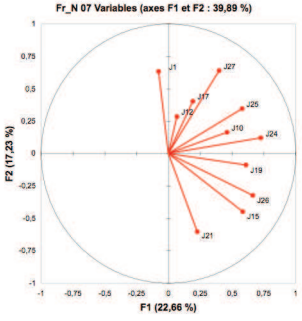

IntA 07 Variables (axes F1 et F2 : 45,46 %)
F2 (16,16 %)
F1 (27,31 %)


Vege 07 Variables (axes F1 et F2 : 39,45 %)
F2 (17,11 %)
F1 (22,34 %)


Long 07 Variables (axes F1 et F2 : 48,69 %)
F2 (16,57 %)
F1 (32,13 %)


Fr_R 07 Variables (axes F1 et F2 : 39,81 %)
F2 (17,86 %)
F1 (21,95 %)


Acid 07 Variables (axes F1 et F2 : 41,87 %)
F2 (18,28 %)
F1 (23,59 %)


Fr_N 07 Variables (axes F1 et F2 : 39,89 %)
F2 (17,23 %)
F1 (22,66 %)

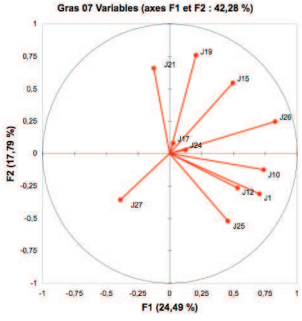

Gras 07 Variables (axes F1 et F2 : 42,28 %)
F2 (17,79 %)
F1 (24,49 %)

Figure 3-29. Consensus des juges. Cercles de corrélations des notes par descripteur. Millésime 2007.

Consensus des juges par cartographie des préférences.

Cette approche permet d'évaluer les différences de préférence des juges professionnels, pour les différents millésimes. Pour chaque millésime, les résultats des *ACP* réalisées précédemment sont mises en relation avec les notes de typicité accordées pour chaque vin par les différents juges (Figure 3-30).

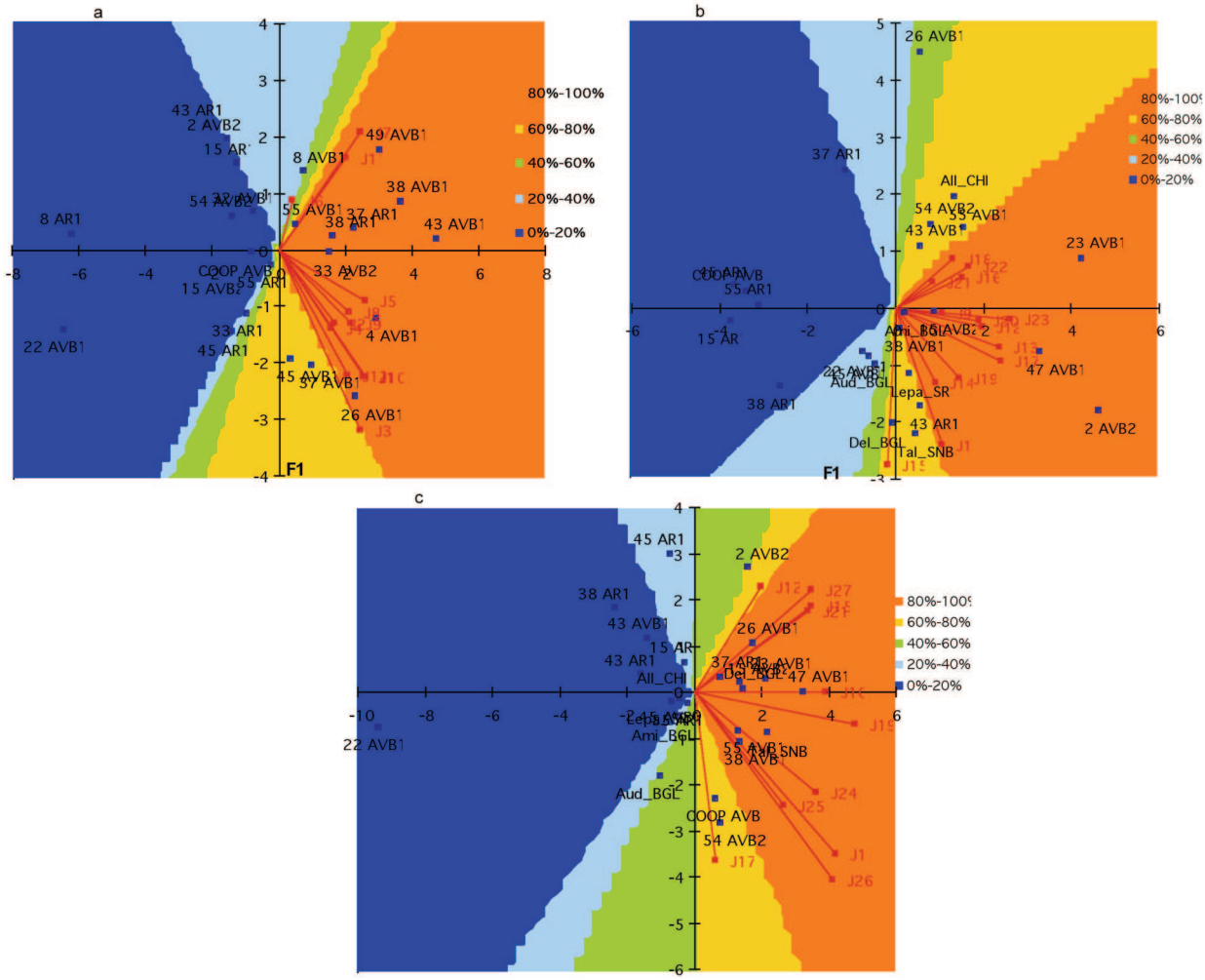


Figure 3-30. Carte des préférences. (a) 2005 (b) 2006 (c) 2007.

Sur les cartes de préférences, les régions jugées peu typiques « Anjou Villages Brissac » sont figurées en bleu, à l'opposé, les produits situés dans la zone orange reçoivent l'approbation de 80% des juges. En 2007, 9 vins sont situé dans la zone 80-100%. Comme nous l'avons vu précédemment (0), le gradient de typicité est figuré par l'axe F1 des ACP

pour les trois millésimes. Cette cartographie permet également de distinguer les différences de préférence des juges, sur l'axe F2. En 2007, les juges J1 et J26 semblent avoir des préférences similaires quant à la typicité, alors que les juges J12 et le J17 n'ont pas les mêmes préférences. En 2006, la zone qui reçoit l'approbation de 80% des juges quant à la typicité est beaucoup plus restreinte qu'en 2007. Seuls cinq vins se trouvent dans cette région. En 2005, la configuration est semblable au millésime 2007, à l'exception près qu'on peut distinguer deux groupes de juges. Cette cartographie est à relier avec les résultats montrés précédemment sur l'évaluation du consensus des producteurs, où pour la note de typicité, les juges étaient plus consensuels en 2005, mais où pour le profil JAR, le consensus était meilleur en 2007. Le vin 22AVB est éloigné de la typicité AVB en 2005 et 2007 .

Au final, les juges sont peu consensuels, sauf pour l'évaluation de l'intensité colorante des vins. Ce manque de consensus peut s'expliquer de plusieurs manières. La génération de vocabulaire a été réalisé à partir des citations des producteurs de la zone d'étude, alors que le panel de dégustateurs était constitué d'un groupe plus large, appelé « acteurs de la production » composés de 12 producteurs pour 37 juges au total. Par ailleurs, les termes générés peuvent être interprétés de manière variable en l'absence d'entraînement des juges sur ces termes. Enfin, les juges ont pu éprouver des difficultés à utiliser l'échelle JAR, en particulier en 2005, première année de l'étude.

3.4.4. Lien entre la perception sensorielle et les facteurs du terroir.

Dans cette partie, il s'agit de déterminer quels sont les facteurs du terroir qui ont le plus d'impact sur la perception sensorielle des vins. Les facteurs étudiés sont les suivants : type de sol (facteur naturel du terroir), cépage, teneur en sucres des baies (facteurs biologiques du terroir), rendement à la vendange (facteur humain, agronomique), date de vendange, durée et température de fermentation alcoolique, durées de cuvaisons et d'élevage (facteur humain, oenologique). Enfin, des pratiques oenologiques qualitatives ont été évaluées (utilisation d'enzymes lors de la cuvaison, de levures lors de la fermentation alcoolique, utilisation de bois lors de l'élevage, pratiques du collage et de la filtration des vins). Ces facteurs ont été sélectionnés afin de prendre en compte la nature du sol et le type de cépages, jugés importants, par les producteurs, dans l'élaboration des vins, et les pratiques associées au chantier de vendange, de vinification et d'élevage des vins, supposés importants dans l'élaboration de vins rouges. La date de vendange a été prise en compte

après correction avec la date du ban de vendanges, pour prendre en compte les différences de précocité observées entre les régions Anjou et Saumur-Touraine.

3.4.4.1. Corrélations avec les descripteurs sensoriels.

Pour étudier le lien qui existe entre les différents actes œnologiques répertoriés par enquête et les profils sensoriels, des corrélations entre les variables œnologiques quantitatives et les variables sensorielles des deux jurys ont été calculées (Tableau 3-37 etTableau 3-38). Pour les variables oenologiques qualitatives des *AFM* ont été réalisées.

Tableau 3-37. Corrélations de Pearson entre les variables quantitatives de l'enquête AVO et les descripteurs sensoriels du jury expert pour le millésime 2007. En gras : valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

Variables	Rendement	Ecart date récolte-ban	Durée FA	T° FA moyenne	T° FA maximale	Durée de cuvaison	Durée élevage	Degré alcoolique potentiel
intensité colorante	-0,036	0,341	0,241	-0,132	-0,023	0,296	0,373	0,344
nuance	-0,274	0,087	-0,260	0,142	0,373	-0,240	-0,096	-0,227
intensité aromatique	-0,193	0,322	0,270	-0,302	-0,241	0,311	-0,171	0,291
végétal	**0,548**	0,319	-0,313	0,173	0,111	-0,281	-0,183	0,017
cassis	-0,225	0,047	0,063	0,209	0,272	0,188	0,006	0,103
pruneaux	-0,161	0,227	**0,423**	-0,158	-0,143	**0,708**	0,326	**0,617**
fruits rouges	-0,304	0,017	0,030	-0,072	-0,117	0,156	0,317	0,026
humus	0,203	-0,108	-0,248	-0,135	0,045	**-0,427**	**-0,631**	-0,394
kirsch	-0,230	-0,105	0,083	-0,044	-0,180	**0,467**	**0,418**	0,042
pâtisserie	-0,243	0,004	0,070	0,254	0,045	0,396	**0,441**	0,305
poivré	0,190	0,075	-0,013	-0,040	0,062	0,071	0,138	-0,085
boisé	-0,073	0,140	**0,590**	-0,349	**-0,465**	**0,539**	0,200	**0,439**
empyreumatique	0,005	0,069	**0,503**	-0,268	-0,346	**0,532**	0,038	**0,614**
alcool	-0,016	0,177	-0,125	-0,091	-0,076	0,388	**0,466**	-0,023
animal	0,137	-0,109	-0,300	-0,024	0,208	**-0,496**	**-0,670**	-0,286
persistance aromatique	-0,087	0,107	0,251	-0,130	-0,304	**0,498**	0,315	**0,487**
acide	-0,259	-0,062	**-0,496**	0,243	0,203	-0,096	-0,012	0,021
amer	0,160	**0,428**	0,046	-0,274	-0,234	0,354	0,162	**0,482**
astringence	-0,116	0,322	0,348	-0,301	-0,179	**0,469**	**0,444**	0,174
sucrosité	-0,376	0,166	-0,146	0,055	0,076	-0,014	-0,006	**0,491**

Il existe plusieurs corrélations significatives entre les actes techniques pratiqués et les caractéristiques sensorielles des vins déterminées par le jury expert. Le *rendement* est corrélé positivement avec le descripteur *végétal*. La *durée de cuvaison*, la *durée de fermentation alcoolique* et le *degré alcoolique potentiel* sont corrélés positivement avec les descripteurs *pruneaux*, *boisé* et *empyreumatique*. La *durée de cuvaison* et la *durée d'élevage* sont corrélées négativement avec *humus* et *animal*, et corrélées positivement avec *kirsch* et *astringence*. Noble *et al.* (Noble *et al.* 1995) ont montré qu'un niveau de maturité faible et un rendement élevé avaient un impoct positif sur la composition en

methoxypyrazines du Cabernet (responsables d'odeurs végétales). Si la relation entre la *durée de cuvaison* et l'*astringence* est aisément explicable par une extraction accrue de tanins en cas de macération longue (del Llaudy *et al.* 2008; Mansfield and Zoecklein 2003; Oszmianski *et al.* 1986), les relations avec les odeurs d*'humus* et *animal* sont plus difficiles à interpréter, et peuvent être le reflet de techniques associées, mais pas identifiées dans le questionnaire (pertes des composés volatils associés pendant la cuvaison ? plus de remontages en cas de cuvaison longue ? adsorption sur les macromolécules ?). L'odeur *animal* peut être liée à des déviations microbiologiques lors de l'élevage et de la fermentation alcoolique, avec apparition d'odeurs liées à la production de phénols volatils (Romano *et al.* 2008), mais également à l'intensité de l'exposition à l'oxygène, des vins, durant l'élevage (Caille *et al.* 2010). Moins l'exposition est forte, plus les odeurs animales sont fortes, et moins les odeurs fruités sont fortes (lien avec kirsh ?). C'est peut-etre ce qui explique la corrélation négative entre *durée d'élevage* et *humus* et *animal* Enfin, l'éthanol peut avoir des conséquences sur les perceptions aromatiques des vins, en modifiant les interactions entre les composés volatils (Goldner *et al.* 2009). L'effet de l'éthanol, qui est lié au degré alcoolique potentiel, peut également être lié au niveau de maturité des baies.

Il existe plusieurs corrélations significatives entre les actes techniques pratiqués et les caractéristiques sensorielles des vins évaluées par le jury de professionnels. Cependant, celles-ci sont moins nombreuses que pour le jury expert. Le *% Cabernet franc* est corrélé négativement avec le descripteur *astringence*. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Cliff *et al.* (Cliff *et al.* 2007) montrant que les vins issus de Cabernet franc sont significativement moins astringents que ceux issus de Cabernet-Sauvignon. La précocité des vendanges ne peut pas expliquer ce lien (corrélation %CF – date récolte : -0,470) dans la mesure où il a été montré que l'astringence pouvait diminuer avec niveau de maturité des raisins (del Llaudy *et al.* 2008). La relation entre *astringence* et *date de récolte*, ne peut pas être expliquée directement dans la mesure où il a été montré que l'astringence pouvait diminuer avec la maturité des raisins (del Llaudy *et al.* 2008). Par contre, la proportion de Cabernet-Sauvignon plus importante des vendanges les plus tardives peut expliquer ce lien (corrélation %CF – date récolte : -0,470). En effet ces résultats sont en accord avec les travaux de Cliff *et al.* (Cliff *et al.* 2007) montrant que les vins issus de Cabernet franc étaient significativement moins astringents que ceux issus de Cabernet-Sauvignon, les parcelles de Cabernet Sauvignon étant récoltées plus tardivement que celles de Cabernet franc. L'*astringence* est corrélée logiquement aux conditions de la fermentation alcoolique. la *durée de cuvaison* et l'odeur *végétal* sont corrélées négativement, ce qui peut être interprété par une co-variable (corrélation degré alcoolique probable et durée de cuvaison : 0,424),

traduisant que les vendanges considérées comme plus mûres ont une durée de cuvaison plus longue. Enfin, le degré alcoolique probable, et donc le degré alcoolique des vins, est logiquement corrélé à une acidité moindre (effet du niveau de maturité (Galet 1993)) et à la sensation de gras (Richard *et al.* 2007).

Tableau 3-38. Corrélations de Pearson entre les variables quantitatives de l'enquête AVO et les descripteurs sensoriels du jury professionnels pour le millésime 2007. En gras : valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

Variables	Rendements (hl/ha)	Dates de récolte	Durée FA (jrs)	T° FA moyenne	T° FA maximale	Durée de cuvaison (jrs)	Durée élevage (mois)	Degré alcoolique potentiel
INTC	-0,064	0,123	0,176	-0,121	-0,025	0,266	0,228	0,091
NUAN	-0,020	0,038	-0,004	-0,064	0,167	0,093	-0,063	0,025
INTA	0,129	0,239	0,311	-0,331	-0,195	-0,052	-0,297	-0,013
FR_R	0,174	0,002	-0,171	-0,053	0,048	0,076	-0,051	0,202
FR_N	-0,115	-0,013	0,130	-0,149	-0,065	0,295	0,125	0,222
FR_M	-0,107	-0,170	0,230	-0,077	-0,134	0,318	0,208	0,123
BOIS	-0,037	0,224	0,349	-0,295	-0,270	0,404	0,031	0,277
VEGE	0,061	0,063	-0,182	-0,031	0,157	**-0,528**	-0,259	-0,285
ACID	-0,024	-0,316	0,110	0,277	0,202	-0,216	-0,277	**-0,471**
GRAS	-0,159	0,282	0,013	-0,178	-0,143	0,389	0,385	**0,477**
ASTR	-0,132	**0,547**	**0,491**	**-0,444**	-0,178	0,365	0,303	0,183
TANI	-0,068	0,003	-0,170	-0,038	-0,047	-0,201	-0,360	0,144
LONG	-0,150	0,136	0,164	-0,018	-0,177	**0,462**	0,408	0,217
AVB	-0,105	-0,103	0,081	0,052	-0,002	0,402	0,290	0,187

.

Pour les millésimes 2005 et 2006 (résultats non présentés), seuls quelques descripteurs du jury de professionnels sont significativement corrélés avec les variables de l'enquête AVO, en comparaison du jury expert. La durée de cuvaison est corrélée positivement avec les descripteurs visuels des deux jurys pour les millésimes 2005, 2006 et 2007.

Concernant l'influence du cépage dans la caractérisation des vins, elle est faible et se résume quasiment, pour le millésime 2007, à plus *végétal* et moins *astringent*. Le caractère végétal peut être lié au fait que les Cabernet franc ont été récoltés plus tôt que les Cabernet-Sauvignon, et pourraient être plus riches en methoxypyrazines (Noble *et al.* 1995). Le caractère moins astringent du Cabernet franc a déjà été observé dans d'autres études (Cliff *et al.* 2007).

La variable sols n'est associée à aucun descripteur sensoriel.

3.4.4.2. Corrélations avec la typicité.

Si l'on admet que les liens entre actes techniques et typicité théorique (AOC) permettent d'expliquer ce que les producteurs ont mis en oeuvre pour revendiquer l'AOC « Anjou-Villages Brissac », et que les liens entre les actes techniques et les notes de typicité (AVB)

permettent d'expliquer ce que les producteurs devraient avoir mis en oeuvre pour revendiquer l'AOC « Anjou-Villages Brissac », alors les différences entre ces relations peut s'interpréter comme des pistes de progrès. En d'autres termes, il est possible de considérer que si la note de typicité est faible, elle ne reflête pas ce qui aurait dû etre mis en œuvre mais ce qui n'a pas été fait correctement ; si elle est forte au contraire, c'est que l'itinéraire a été bien choisi par rapport aux objectifs de typicité fixés.

Tableau 3-39. Corrélations de Pearson entre les proportions de Cabernet franc et de Cabernet-Sauvignon (enquête AVO) et les descripteurs sensoriels des jurys professionnels (JP) et des jurys expert (JE) pour les trois millésimes. Seules sont présentées les valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05.

Variables	%CF
JE	
2005	
BARR	-0,485
PERA	-0,540
AMER	-0,502
2007	
VEGE	0,607
AMER	-0,441
ASTR	-0,515
SUCR	0,425
JP	
2007	
ASTR	-0,520

Tableau 3-40. Corrélations de Pearson entre les variables quantitatives de l'enquête AVO et la note de typicité du jury de professionnels. Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,10

Variables	2005	2006	2007
Rendement	**-0,388**	-0,184	-0,105
écart date récolte-ban	0,350	**0,409**	-0,066
Durée FA	0,026	0,152	0,081
T° FA moyenne	0,121	-0,004	0,052
T° FA maximale	-	-0,092	-0,002
Durée de cuvaison	**0,559**	0,095	**0,402**
Durée élevage	0,309	**0,522**	0,290
Degré alcoolique potentiel	**0,406**	0,207	0,187

La note de typicité est surtout corrélée à la durée de cuvaison et dans une moindre mesure à la durée d'élevage, à la date de vendange et (négativement) au rendement à la récolte (Tableau 3-40). Les critères de production associés à la typicité perçue sont variables d'une année à l'autre, mais font cependant bien référence à des caractéristiques de composition du raisin et de ses diffusions et transformations lors de la vinification et de l'élevage.

Tableau 3-41. Corrélations entre les variables quantitatives de l'enquête AVO et la typicité théorique (AOC). P-Values.

	AOC		
	2005	2006	2007
Rendements	0,303	0,182	0,826
écart date récolte-ban	**0,024**	**0,1**	**<0,0001**
Durée FA	0,334	0,181	**0,035**
T° FA moyenne	0,189	0,144	**0,046**
T° FA maximale	-	0,135	0,254
Durée de cuvaison	**0,019**	**0,052**	**0,025**
Durée élevage	**<0,0001**	**0,016**	**0,022**
Degré alcoolique poten	0,269	**0,044**	**0,024**

Les producteurs mettent en oeuvre des pratiques spécifiques pour l'élaboration des vins AVB (Tableau 3-41). Ainsi, les récoltes sont plus tardives, les raisins plus mûrs, les durées de cuvaison et d'élevage sont plus longues. Ces pratiques sont cohérentes avec l'image conceptuelle qu'ils ont de la typicité d'un AVB (et en accord avec le cahier des charges de l'AOC). Il est intéressant de noter que selon ces même producteurs, les facteurs humains, en particulier oenologiques ne sont pas ou peu cités comme déterminants dans l'élaboration d'un vin sensoriellement typique.

Afin de vérifier à quels actes techniques sont associés des caractéristiques d'appartenance, les actes techniques partagés, pour l'élaboration des vins revendiquant l'AOC « AVB, sont mis en évidence. Les actes techniques partagés sont visualisés par des box plots (Figure 3-31). La durée d'élevage (2005, 2006, 2007) est l'acte technique le mieux partagé. Date de récolte et durée de cuvaison sont généralement supérieurs pour les AVB, néanmoins, la variabilité est également importante.

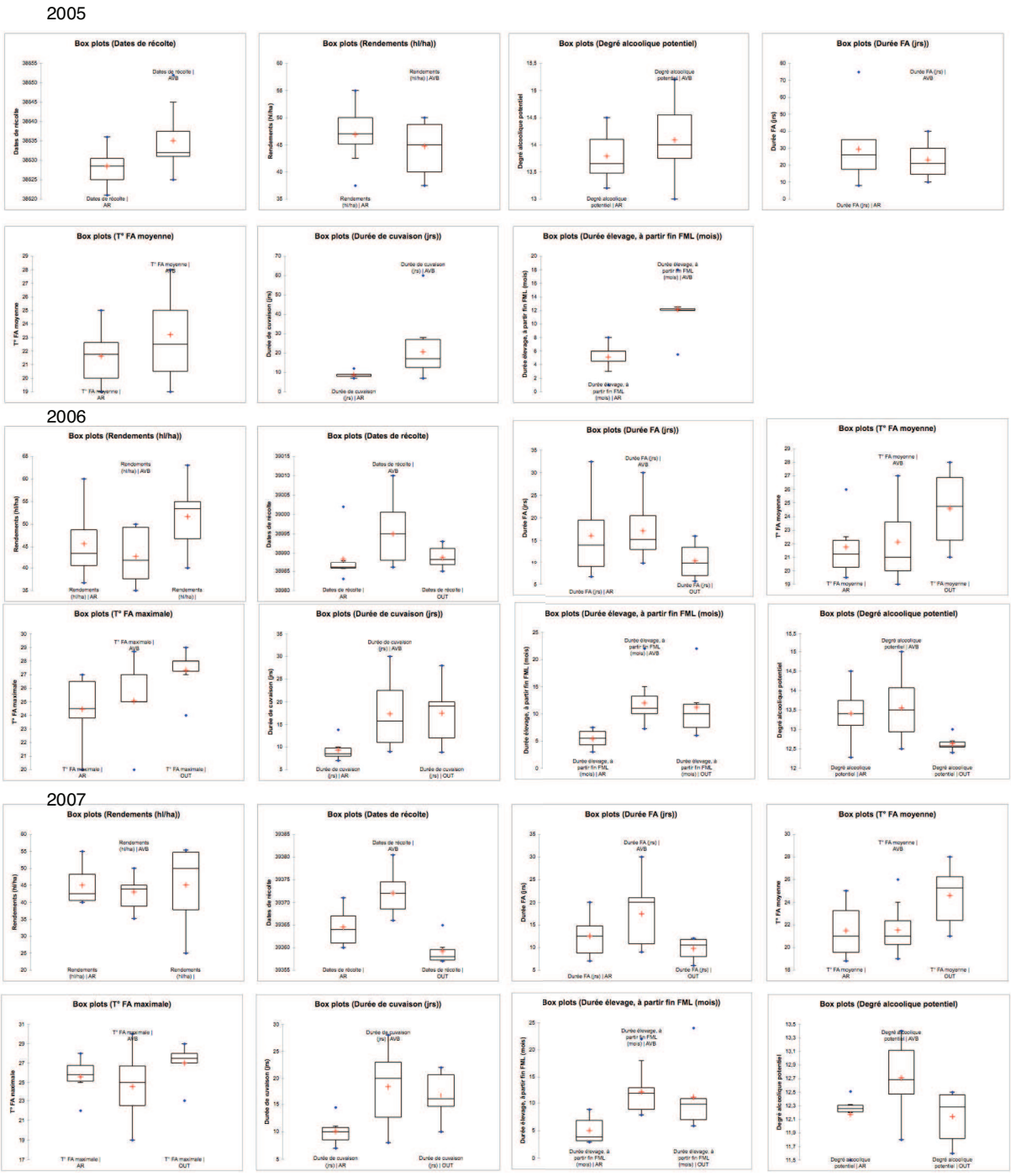


Figure 3-31. Actes techniques liés à la typicité théorique (AOC). Box plot.

Tableau 3-42. Coefficients RV entre les variables qualitatives de l'enquête AVO et la note de typicité du jury de professionnels pour le millésime 2005.

	2005	2006	2007
levures	0,013	0,055	0,042
enzymes	0,089	0,010	0,079

barrique	0,038	0,058	0,021
filtration	0,080	0,101	0,075
collage	0,024	0,122	0,101

Concernant les autres pratiques oenologiques recensées (Tableau 3-42), aucun lien n'a été mis en évidence.

Si la variable cépage est liée à l'AOC (P-Values de 0,034 pour 2005 et 0,031 pour 2007), elle n'est pas significativement associée aux scores de typicité (P-Values de 0,442 à 0,739). La variable sol n'est associée ni à l'AOC, ni au score de typicité, quel que soit le millésime.

Au final, plusieurs informations concernant les liens entre les variables du terroir étudiées et les caractéristiques sensorielles peuvent être dégagées :

- **La variable sol n'est associée ni aux descripteurs sensoriels, ni à la typicité théorique ou perçue.**
- **La variable cépage est associée à la typicité théorique et, si elle est associée à quelques descripteurs sensoriels, elle n'est pas explicative du score de typicité.**
- **Certaines variables oenologiques sont associées à la typicité théorique. Elles sont également associées à des descripteurs sensoriels, et participent à la typicité perçue.**

3.5. Typicité : de la représentation conceptuelle à la représentation perceptuelle.

Afin d'étudier le lien entre le concept et la perception de la typicité, trois approches sont mises en oeuvre. Pour la première approche, le concept est interprété comme un vin idéal. Ce vin idéal est calculé, pour chaque dégustateur et chaque descripteur, à partir des écarts à 5 sur les échelles JAR. Ces vins idéaux sont projetés sur le premier plan factoriel des ACP réalisées à partir des notations des vins des profils JAR. Les écarts observés sont interprétés comme les écarts entre le concept et la perception. Pour la deuxième approche, nous discutons les écarts de relations entre les dimensions sensorielles et les relations au terroir. Enfin, pour la troisième approche, nous discutons les écarts entre la typicité théorique (ou revendiquée par l'AOC), les facteurs du terroir et la note de typicité.

3.5.1. Etude sur le millésime 2005

Les premiers résultats, concernant le millésime 2005, sont rassemblés ci-dessous sous la forme d'une publication intitulée **From conceptual typicality to perceptive typicality: are winemaking practices decisive?**

Cet article a été soumis à la revue « Food Quality and Preference, le 22 juin 2010.

Cet article va être revu, conformément aux remarques des reviewers..

From conceptual typicality to perceptive typicality: are winemaking practices decisive?

Yves Cadot, Soline Caillé, Marie Thiollet-Scholtus, Alain Samson, Gérard Barbeau, Véronique Cheynier.

Abstract:

From the producers' point of view, the conceptual image of a wine in relation to the terroir has consequences in technical terms. We postulate that the concept of "phenolic maturity" must be considered as an essential criterion for the production of high quality red wine. The date of grape harvest and vatting time are key factors underlying the "phenolic maturity" concept. Because of the nature of the corresponding biochemical compounds, these choices may have important consequences on the sensory profile of wines. This study made it possible to show the shift between the conceptual typicality and the perceptual typicality from the point of view of technical actions as well as from the sensory point of view. Producer surveys made it possible to pinpoint soil as the primary factor affecting typicality (conceptual). Sensory profiles highlighted the influence of technical factors, and the dominance of enological factors over environmental factors, in particular. Finally, sensory attributes were classified according to typicality acceptability by penalty analysis from Just About Right data.

Keywords:

Terroir; typicality; Cabernet franc; *Vitis vinifera*; sensory analysis; JAR; QDA; typicality assessment.

Introduction.

Geographical indication with respect to wine is a concept based on the assumption that the combination of wine characteristics can be attributed to the “terroir”. For example, the label, Protected Designation of Origin (PDO) (known in French as “Appellation d'Origine Contrôlée”, or AOC) defines a product that is native to a region or a definite place, and whose quality or specific characteristics are essentially due to this geographical environment. It results from the combination of a production process and a “terroir”, which expresses itself through the producer's know-how (République Française 1993). The characteristics of a product from a terroir are referred to as its “typicality”, meaning that the product is representative of its terroir as defined by two dimensions: (i) environmental factors (ii) grape variety, cultivation and winemaking (Salette 1997). Typicality should make it possible to differentiate, identify and recognize the product. For AOC wines, the typicality, which corresponds to biochemical and sensory characteristics, is the most synthetic expression of the soil, contributing to making AOC wine an original product (Letablier and Nicolas 1994; Salette *et al.* 1998). According to (Sauvageot 1994), when the concept of typicality is applied to enology, it represents the overall wine characteristics that are the result of grape variety, soil and the winemaking techniques used. Thus, typicality includes sensory, technical and environmental dimensions and can be defined as a set of properties of similarity and distinction (Casabianca *et al.* 2005).

Terroir is usually defined in terms of a delimited geographical area, (Laville 1990; Morlat and Asselin 1992), a combination of environmental parameters and the functioning of the grapevine in response to these parameters (Carey *et al.* 2007), or a combination of delimited geographical area, agronomic potentialities and local practices (Cadot 2006; Casabianca *et al.* 2005; Deloire *et al.* 2008b; Salette *et al.* 1998). Moreover, most of the studies conducted have shown the influence of terroir as that of natural environmental factors on the composition and the quality of grapes and wines (Chone *et al.* 2001; Jones and Davis 2000; Leeuwen *et al.* 2004; Morlat and Bodin 2006; Vaudour *et al.* 1998). However, if we consider only the environmental factors involved in the terroir system, this could lead to the dominance of the soil to the detriment of the other dimensions such as the grape cultivation and winemaking practices. For (Casabianca *et al.* 2005), the characteristics of a product from a given terroir must be defined by a consensus of the producers of the protected area. Obtaining a consensus from the producers would be easier in the case where the terroir dimension is limited to its environmental dimension. In contrast, if the number of explanatory factors in the terroir system is increased as a result of including technical practices, consensus may be decreased as well. The harvest date is of great importance in the production cycle: it synthesizes all previous technical choices and determines future

enological choices. For red wine producers, an important technological criterion that determines the choice of harvest date is “phenolic maturity” (Glories 1998). Phenolic maturity can be defined as the level of maturity that makes it possible to simultaneously obtain an important enological potential in the grapes and a good capacity of diffusion into the wine. Grape and wine phenolics are an important requirement for managing wine styles, and many factors influence the chemical composition of grapes and, consequently, wine quality, including maturity stage and management practices (Conde *et al.* 2007).

Our hypothesis is that both representations of the terroir (delimited geographical area or a combination of delimited geographical area, agronomic potentialities and local practices) could lead to different representations of wine typicality. These representations should be linked, which could be highlighted by measuring the conceptual typicality (where environmental factors might be dominant), and the perceptual typicality (where human factors may be dominant). Conventional sensory profiling has been previously used within the framework of the typicality concept (Cadot *et al.* 2010; Fischer *et al.* 1999; Perrin *et al.* 2008). It is adapted from Quantitative Descriptive Analysis (Stone 1974) and is a well-established methodology for the description of the sensory dimension. To assess the sensory dimension of typicality related to Protected Designation of Origin, other tools have been proposed such as typicality judgment (Ballester *et al.* 2005; Cadot *et al.* 2010; Moio *et al.* 1993), napping tests (Perrin *et al.* 2008), free profiling (Perrin *et al.* 2007), descriptive rating tasks (Parr *et al.* 2007) or Just About Right profiles (Cadot *et al.* 2010). Cadot showed the relevance of the QDA profile in discriminating products according to their typicality (Cadot *et al.* 2010). Surveys were used in sensory analysis to evaluate consumer behaviour (Jaeger *et al.* 2009), to establish the meaning of the terroir concept (Aurier *et al.* 2005) and to highlight the relationship between the producers’ knowledge and terroir (Carey *et al.* 2007). However, to our knowledge, it was never used to identify the relationship between wine producers wanted to produce (conceptual typicality) and the wine they produced (perceptual typicality).

This work aims at comparing the sensory dimension of a wine as a concept with descriptive methods in order to evaluate the shift between the conceptual and the perceptual dimension of its typicality: a conceptual dimension based on interviews with producers as the first reference, plus three perceptual dimensions (conventional profiling, taken as the second reference, a JAR profile and a quest for typicality). The ability to discriminate products, in term of typicality, was based on dominance of some sensory descriptors and the consensus of producers.

2. Material and methods

2.1. Wines

Two AOC wines were studied, "Anjou-Villages Brissac" (AVB) and "Anjou Rouge" (OUT). Both are located in the middle Loire valley (France), south-east of Angers. AVB wines are produced on approximately 250 acres, distributed over ten rural districts. "Anjou Rouge" can be produced in this area as well, even if the area is larger (they are produced on 6200 acres, distributed over 151 rural districts). For both AOCs, different criteria for grape varieties, training systems and enological practices allow winegrowers to easily change the type of wine produced, depending on the wine market. The plot soils were classified into three categories using a field soil typology based on the type of parent rock, the depth and the clayeyness of the soil, mainly in connection with the weathering level of the parent rock: weakly weathered rock (wWR), moderately weathered rock (mWR) and strongly weathered rock (sWR), according to studies on this area by (Bodin and Morlat 2006; Morlat and Bodin 2006).

The wines studied were commercially available red wines. The wine bottles, from the 2005 vintage, were directly collected at the wineries in March 2007, and the sensory analysis was performed in May and June 2007. Sixteen "Anjou-Villages Brissac" AOC (AVB) and eight outliers, "Anjou rouge" AOC (OUT), were selected, all of which came from plots allowed to produce AVB wines. Outliers were produced as an initial choice of the winemaker. Thus, a ratio of 2/3 AVB and 1/3 OUT was used. All wines were made from Cabernet grapes (Cabernet franc and/or Cabernet-Sauvignon). Wines were chosen to represent the soil types and major technical practices (viticultural and enological) of the area. OUT wines were produced by the same producers as the AVB wines. AVB wines could be regarded as a representative sample of this AOC. Since OUT wines were produced only in the AVB area, these wines could not be regarded as an exhaustive representation of the AOC "Anjou rouge". Among the Loire Valley wines, AVB wines are considered as “premium wines” and OUT wines as “standard wines”.

2.2. Agronomical and enological practices

In order to characterize vine production systems in the Anjou-Villages Brissac area, we based a survey on direct “closed-ended” interviews with winegrowers who produced OUT and AVB wines in the AVB area (n=41). Interviews were carried out between June 2006 and June 2007. The questions aimed at: (i) conceptually describing all the technical choices; (ii) describing the conceptual dimension of the sensory typicality. The interview also included a survey of variety distribution and the pinpointing of plots on a map in order to correlate the wines with soil and bedrock data. Their main technical characteristics are shown in Table 1.

Table 1. Average characteristics of the wines. wWR: weakly weathered rock; mWR: moderately weathered rock; sWR: strongly weathered rock.

	AOC	AVB		OUT		Khi2/ANOVA
Soil (bedrock type)						P value
wWR		*8*		*5*		
mWR		*6*		*2*		0.817
SWR		*2*		*1*		
Technical characteristics		Averag	*St. dev.*	Average	*St. dev.*	Pr>F
Cabernet franc (%)		61.66	*39.98*	95.0	*14.14*	0.032
Harvest date		10/10	*6.4*	10/4	*5.0*	0.024
Yield (hl.Ha-1)		44.7	*4.3*	46.9	*5.3*	0.291
Potential alcohol (% by vol.)		14.03	*0.67*	13.78	*0.47*	0.371
Mean alcoholic fermentation temp. (°C)		23.4	*3.0*	21.6	*1.9*	0.136
Vatting time (days)		20.5	*12.7*	8.5	*1.5*	0.015
Maturation time (after FML, in months)		12.0	*3.1*	5.1	*2.2*	<0.0001
Aging in oak barrels (number of wines)		2	/	0	/	N/A
Biochemical characteristics		Average	*St. dev.*	Average	*St. dev.*	Pr>F
Alcohol by vol. (%)		13.66	0.85	13.33	0.36	0.304
Acidity (pH)		3.58	0.13	3.63	0.12	0.386
Absorbance 420nm		4.39	1.16	3.60	0.48	0.080
Absorbance 520nm		6.31	1.97	4.89	0.94	0.069
Absorbance 620nm		1.68	0.58	1.31	0.29	0.112
CIE Coordinate L		46.44	9.51	53.01	6.46	0.094
CIE Coordinate a		54.16	6.13	48.98	7.23	0.079
CIE Coordinate b		15.39	3.91	12.61	2.64	0.085
Total anthocyanins (mg.L-1)		0.32	0.06	0.31	0.07	0.588
Total phenolics (Folin Ciocalteu Index)		80.81	26.15	62.53	13.22	0.078

2.3. Sensory analysis

2.3.1. Quantitative descriptive analysis (QDA). QDA, based on the method described by Stone (Stone 1974), was carried out by an expert sensory panel. The sensory panel was composed of 20 judges unrelated to the wine industry (6 men and 14 women; average age: 42.5 years; average seniority on the panel, 1.5 years). Panelists were selected on the basis of their sensory performances and interest and were trained to perform wine descriptive analysis. Tasters were asked to individually generate a set of descriptors for the appearance, odor and flavor of the 24 wines. After subsequent discussions, a consensus vocabulary of 21 descriptors was generated, according to the method described in the ISO 13299:2003

standard (ISO 2003a). To increase its homogeneity, the panel was trained to correctly use the selected terms. Olfactory and gustatory standards were adopted for that purpose. Wines were evaluated in duplicate according to a completely randomized design (Williams Latin Squares) to balance presentation order and carry-over effect. Wines were presented monadically. Samples were served in AFNOR (AFNOR 1971) wine glasses and labeled with three-digit random numbers. Anchored line scales were used for the scoring with the terms "low intensity" on the left and "high intensity" on the right, and each sample was scored on a separate form. Data acquisition was assisted by FIZZ software (FIZZ network, v.2.38; Biosystème, Courtenon, France). The list of attributes is shown in Table 2.

2.3.2. Just About Right profile (JAR). Twelve judges (Seven winemakers, five consultants or enologists) took part in the experiment. They had considerable experience with the different expressions of Cabernet franc and Cabernet-Sauvignon produced in the Loire Valley since all of them worked in the area. The 24 wines were divided into two blocks of 12 wines with the same ratio of AVB/OUT in each. The panel took part in two sessions, assessing one block per session. In each block, the 12 samples were evaluated on a JAR scale, with a non-structured scale (Chambers and Baker Wolf 1996). The middle of the scale, “the just about right”, was considered to be the ideal of typicality for each descriptor. Descriptors were generated after interviewing the 41 producers from the area and reduced after text analysis and assessment by three experts (a winemaker from the area, an enologist from the area and a winemaker from outside the area). Wine samples were poured at room temperature (about 19°C) into AFNOR wines glasses with plastic covers and labeled with three-digit random numbers. The presentation was monadic and balanced for presentation order and carry-over effect. Assessors were instructed as follows: “for each descriptor, you must answer the following question: “do you think this descriptor is ideal from a typicality point of view, too weak, or too strong?”. The list of attributes is shown in Table 2 and the list of judges and corresponding wines for producers are shown in Table 3.

2.3.3. Typicality assessment. After the JAR profile was established, the same 12 judges assessed the typicality. The presentation was monadic and balanced for presentation order and carry-over effect. Assessors were instructed as follows: “For each wine presented, you must answer the following question: "do you think this wine is a good example or a bad example of an AVB wine?". These instructions were derived from Ballester (Ballester *et al.* 2008). Assessors were asked to rate the typicality of the wine sample on a non-structured scale, anchored on the left by "very bad example", and on the right by "very good example”.

Table 2. Descriptive attributes used to evaluate sensory properties of wines in the quantitative descriptive analysis and the Just About Right analysis.

QDA	Attributes	Abbreviation	Description
Visual	Shade	Nuan	Shade of color, from orange to purple
	Intensity	Intc	Intensity of color, from pale to dark
	Viscosity	Visc	Visual viscosity
	Cloudy	Haze	Visual cloudiness
Olfactive	Odor intensity	Inta	Global intensity of the odor
	Blackcurrant	Cass	Blackcurrant (fruit and liqueur)
	Kirsch	Kirs	Cherry brandy, bitter almond
	Pastry	Pati	Vanilla, cinnamon, candy
	Prune	Prun	Prune
	Empyreumatic	Empy	Smoky, toast
	Spicy	Epic	Pepper
	Barrel	Barr	New oak
	Vegetal	Vege	Green wood, freshly-mown grass
	Humus	Humu	Undergrowth, moist wood, ground
	Mold	Mois	Damp cellar, mushroom
	Animal	Anim	Leather, stable
	Aromatic persistence	Pera	Time that aromas persist in the mouth after wine is spit out
Mouthfeel	Acidity	Acid	Intensity of sour taste
	Bitterness	Bitter	Intensity of bitter taste
	Sweetness	Sweet	Intensity of sweet taste
	Astringency	Astr	Intensity of astringent taste
JAR	Attributes	Abbreviations	Description
Visual	Color intensity	Int_vis	Intensity of color
Olfactive	Odor intensity	Int_arom	Intensity of odors
	Odor complexity	Complex	Complexity, richness
	Red fruits	Red_fr	Wines aromas that suggest red currants
	Black fruits	Black_fr	Wine aromas that suggest black currants
	Ripe fruits	Ripe_fr	Wine aromas that suggest ripe fruits, candied fruits
	Barrel	Barel	Barrel aromas
	Vegetal	Veget	Vegetal, herbaceous, sweet pepper
Mouthfeel	Soft tannins	Soft_ta	Tannins with smooth and fine textured astringency
	Robustness	Robust	Wine marked by richness, fullness; full-bodied
	Thickness	Thickn	The viscosity as an indicator of a full-bodied style
	Balance	Balance	Balance between aromas, flavor, structure and mouthfeel
	Length	Length	The time that aftertaste persists in the mouth

Table 3. List of judges and corresponding wines for producers.

Wine code	Judge code	Type
	J1	Consultant
	J2	Consultant
4 AVB1	J3	Producer
	J4	Producer
	J5	Producer

	J6	Consultant
8 AR1; 8 AVB1	J7	Producer
43 AVB1	J8	Producer
32 AVB1	J9	Producer
	J10	Consultant
	J11	Consultant
2 AVB2	J12	Producer

2.4. Statistical analysis

ANOVAs for each sensory attribute were carried out according to the model attribute=judge+product+ε to select the discriminant descriptors and to determine the level of significance (Statgraphics Centurion XV, Statpoint, 2006). Chi2 tests were used for categorical variables (Statgraphics Centurion XV, Statpoint, 2006). Principal Component Analyses (PCA), Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC), using Ward's agglomerative method and penalty analysis (PA) were carried out on sensory data to describe QDA and JAR profiles (XLstat-pro, Addinsoft, 2009). Penalty analysis (PA) was used to identify potential directions for product improvement, i.e., overall liking on the basis of the other sensory attributes presented to wine experts. Through this analysis, we attempted to determine whether the impressions expressed relative to quality were correlated with precise attributes. PA does not require independence between attributes but considers the notes given to the attributes both as a whole and in an individual way. For the latter, the distance between "JAR" level and the end of the scale made it possible to define those descriptors that had a significant incidence on the opinion of the producers. Thus, PA aimed to evaluate if negative perceptions were associated with weak scores and if, conversely, positive perceptions were correlated with high scores. The scores were aggregated into five classes ([0-3];]3-4.5];]4.5-5.5[; [5.5-7[; [7-10]).

3. Results and discussion

OUT and AVB wines were not different from a biochemical point of view. The main significant differences with the practices of AVB and OUT wines were the harvest date, the vatting date and the proportion of Cabernet franc. The bedrock type was not significant (Table 1). This must be related to the conceptual typicality of AVB wines (Fig. 1a).

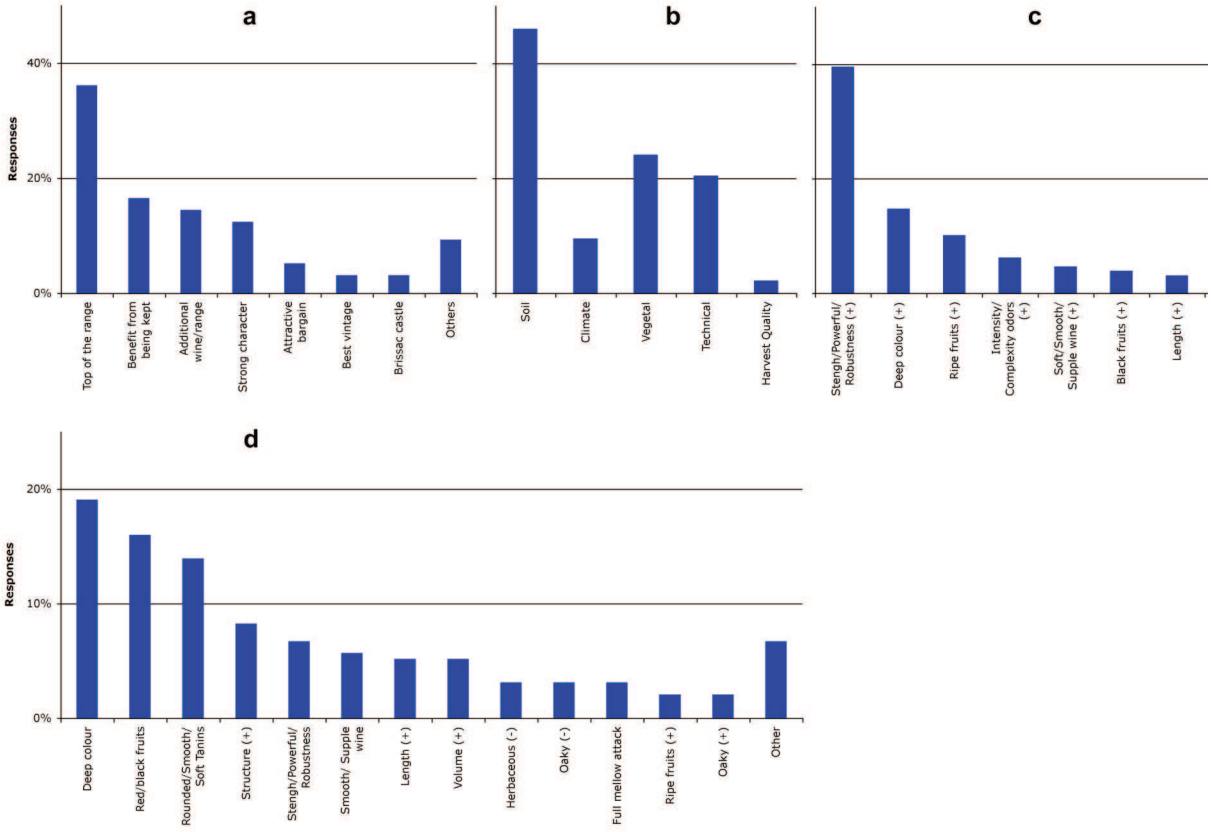


Fig. 1. Conceptual typicality for producers: % of responses for each of the following questions. (a) In your opinion, which production factor do you think have the greatest influence on the taste of AVB wines? (b) In your opinion, what do you expect from an AVB wine? (c) From a tasting point of view, how do you differentiate an AVB wine from an OUT wine? (d) In your opinion, what are the sensory characteristics of an AVB wine?

3.1. Conceptual typicality. For producers, the main characteristic that explained AVB typicality was soil, followed by variety and, finally, technical acts (Fig. 1). Since soil and climate characteristics were important for 93% of the producers (compared to 65% for practices and 5% for harvest quality), and since more than 71% mentioned soil and climate for the first or second response (Fig. 2b), we assumed that conceptual typicality, from a technical point of view, was very consensual. For producers, AVB wines were premium wines (Fig. 1a). As a result, they choose *a priori* the best process to produce their AVB wines. It was clear in this survey that environmental factors were the most important (Fig. 1b). For the expected sensory characteristics, differences between AVB and OUT wines concerned robustness, color and ripe fruits (Fig. 1c), whereas the main sensory attributes of an AVB wine were color, followed by black and red fruits and, finally, soft tannins (Fig. 1d). The consensus was once again high for producers (Fig. 2a). Deep color was an important

attribute for 93% of producers, with 63% for the first response, followed by black/red fruits and soft tannins for 73% and 58% of the producers, respectively.

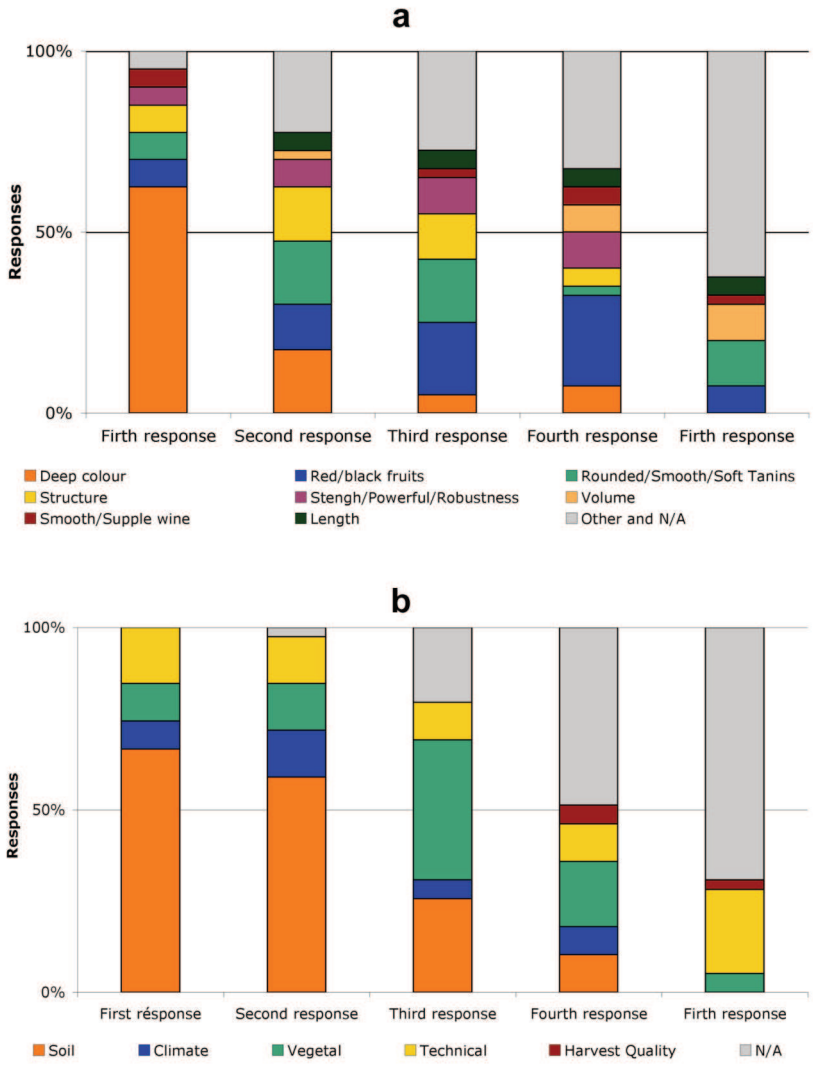


Fig. 2. Proportion of class of responses for each of the first five responses. (a) What are for you the sensory characteristics of an AVB wine? (b) In your opinion, from a wine-tasting point of view, what are the most important factors of production in the characterization of AVB wines?

Table 4. Significant correlations between sensory attributes (JAR and QDA) and biochemical characteristics of the wines.

	Alcohol by vol. (%)	Acidity (pH)	Absorbance 420nm	Absorbance 520nm	Absorbance 620nm	CIE Coordinate L	CIE Coordinate a	CIE Coordinate b	Total anthocyanins (mg.L-1)	Total phenolics Ciocalteu Folin Index)
JAR										
Int_vis					0.410	-0.437				

Int_arom										
Complex										
Red_fr										-0.457
Black_fr			0.471	0.457	0.485	-0.481	0.408			
Ripe_fr										
Barel										
Veget										
Soft_ta										
Robust			0.427		0.469	-0.491	0.463			
Thickn	0.404				0.406					
Balance										
Length			0.405		0.429					
QDA										
Nuan				0.428	0.459	-0.548	0.632			
Intc			0.505	0.500	0.553	-0.597	0.580			
Visc			0.494	0.499	0.534	-0.574	0.572			
Haze			0.455	0.422	0.501	-0.497				
Inta										
Cass		-0.530								
Kirs										
Pati										
Prun								0.435		
Empy										
Epic			0.533	0.540	0.489	-0.528	0.546			
Barr										
Vege										
Humu		0.543								
Mois		0.472								
Anim		0.421						-0.424		
Pera										
Acid		-0.605	-0.456		-0.483					-0.567
Bitter	0.406		0.619	0.576	0.598	-0.580	0.421	0.438		
Sweet										
Astr										0.477

Significance: Pr<0.05: 0.404; Pr<0.01: 0.505; Pr<0.001: 0.629.

3.2. Perceptual typicality. JAR attributes were correlated with biochemical characteristics of color (particularly black fruits and robustness), with the total phenolic index for red fruits, and with alcohol for thickness (Table 4). For relationships between alcohol and thickness, (Richard *et al.* 2007) showed that increased alcohol levels resulted in increased "body" and viscosity perception in wines. For QDA profiles, visual attributes were correlated, as expected, with biochemical characteristics of color. This was also the case for spiciness and bitterness. Even if QDA and JAR profiles provided different information, they were well linked with typicality scores, as previously shown by Cadot et al., 2010. Group n°3 of the HAC from JAR quantitative data and group n°2 from HAC from QDA data were highly correlated with the highest typicality scores (Table 5). Most of the attributes except red fruits, barrel and soft tannins (JAR) were linked to typicality (Table 6).

Table 5. Relationship between QDA profiles, JAR profiles and typicality scores.

Wine code	AOC	Typicality	HAC group

Table 6. Significant correlations between typicality scores and sensory attributes from QDA and JAR profiles.

QDA	___	JAR

		Aver. note	JAR	QDA
43 AVB1	**AVB**	**7,63**	**3**	**2**
38 AVB1	**AVB**	**7,12**	**3**	**3**
26 AVB1	**AVB**	**7,11**	**3**	**2**
33 AVB2	**AVB**	**6,96**	**3**	**2**
37 AVB1	**AVB**	**6,48**	**3**	**2**
4 AVB1	**AVB**	**6,41**	**3**	**2**
37 AR1	OUT	5,86	3	2
33 AR1	OUT	5,78	2	3
38 AR1	OUT	5,66	3	3
55 AVB1	**AVB**	**5,57**	**3**	**2**
8 AVB1	**AVB**	**5,18**	**3**	**2**
49 AVB1	**AVB**	**5,14**	**3**	**2**
32 AVB1	**AVB**	**5,12**	**2**	**1**
45 AVB1	**AVB**	**4,93**	**2**	**1**
55 AR1	OUT	4,82	2	3
15 AR1	OUT	4,54	2	1
15 AVB2	**AVB**	**4,35**	**2**	**2**
CP AVB	**AVB**	**4,27**	**2**	**1**
54 AVB2	**AVB**	**3,6**	**2**	**1**
2 AVB2	**AVB**	**3,34**	**2**	**1**
45 AR1	OUT	3,22	2	3
43 AR1	OUT	2,62	2	1
22 AVB1	**AVB**	**2,18**	**1**	**1**
8 AR1	OUT	2,12	1	1
ANOVA : typicality = HAC+product		Pr<F	<0.0001	<0.001

Attributes	AVB scores (r)	Attributes	AVB scores (r)
Nuan	0.751	Int_vis	0.862
Intc	0.871	Int_arom	0.476
Visc	0.863	Complex	0.837
Haze	0.822	Red_fr	
Inta		Black_fr	0.772
Cass		Ripe_fr	0.696
Kirs		Barel	
Pati		Veget	-0.637
Prun		Soft_ta	
Empy		Robust	0.884
Epic	0.525	Thickn	0.734
Barr		Balance	0.699
Vege		Length	0.768
Humu			
Mois			
Anim			
Pera			
Acid			
Bitter			
Sweet			
Astr	0.636		

Significance: Pr<0.05: 0.404; Pr<0.01: 0.505; Pr<0.001: 0.629

For QDA profiles, visual attributes, spiciness and astringency were linked to typicality. For both profiles, visual attributes and astringency were especially highlighted. From the perceptual point of view, AVB wines were quite different from the conceptual image of these wines, where soft tannins and red fruits were not highlighted, but color, ripe and black fruits and thickness were important. Moreover, seven out of the 21 attributes from QDA, and nine out of the 13 attributes from JAR profiles were well linked with typicality scores (Table 7). Penalty analysis was performed to highlight attributes from JAR profiles that could explain typicality scores (Table 8). Visual intensity, complexity, black and ripe fruits, thickness and balance could be linked to typicality scores (Figure 3).

Table 7. Significant correlations between attributes from QDA profiles and attributes from JAR profiles.

Attributes	Int_vis	Int_arom	Complex	Red_fr	Black_fr	Ripe_fr	Barel	Veget	Soft_ta	Robust	Thickn	Balance	Length
Nuan	0.679	0.493	0.735		0.561	0.442		-0.506		0.781		0.463	0.501
Intc	0.850	0.544	0.835		0.759	0.659		-0.560		0.869	0.511	0.519	0.738
Visc	0.839	0.497	0.758		0.743	0.625		-0.462		0.827	0.481	0.507	0.741
Haze	0.833	0.506	0.763		0.748	0.633		-0.502		0.798	0.469	0.439	0.788

nta		0.554										
Cass	0.413											
Kirs												
Pati												
Prun					0.442		0.432					
Empy												
Epic	0.557				0.428				0.524		0.432	
Barr		0.462		-0.413			0.859					
Vege							-0.448					
Humu										0.406		
Mois												
Anim												
Pera	0.457	0.470					0.496					
Acid												
Bitter		0.459										
Sweet										0.414		
Astr	0.608		0.459		0.470	0.405		-0.571	0.636		0.588	

Significance: Pr<0.05: 0.404; Pr<0.01: 0.505; Pr<0.001: 0.629.

It was also clear that responses from professionals were not consensual due to different perceptions as well as to different conceptions of the ideal wine (Table 9 and Figure 4). Perceived typicality was clearly different for J7 and J4 on one hand and J5 and J2 on the other hand. The perception of their own wines for J7, J8, J9 and J12 were different with the perception of the panel. On the contrary, J3 had a perception very close to the panel. Nevertheless, QDA and JAR profiles were able to describe the typicality scores, with good correspondence between overall representation of wines by QDA and JAR profiles and typicality.

Table 8. Penalty analysis on the basis of Just About Right data.

Attribute	Level	% level	Average (typicality)	Mean drops	p-value	Penalties	p-value
	Not enough	8.3%	2.151	2.026			
Int_vis	JAR	45.8%	4.177			-1.520	0.048
	Too much	45.8%	6.341	-2.164	< 0.0001		
	Not enough	16.7%	3.350	2.014			
Int_arom	JAR	66.7%	5.364			1.093	0.275
	Too much	16.7%	5.192	0.173			
	Not enough	41.7%	3.707	2.217	0.000		
Complex	JAR	58.3%	5.924			2.217	0.000
	Too much	0.0%					
	Not enough	75.0%	5.052	-0.207	0.794		
Red_fr	JAR	25.0%	4.845			-0.207	0.962
	Too much	0.0%					
	Not enough	58.3%	4.032	2.181	0.000		
Blac_fr	JAR	37.5%	6.213			1.941	0.006
	Too much	4.2%	7.633	-1.420			
	Not enough	66.7%	4.296	2.112	0.001		
Ripe_fr	JAR	33.3%	6.408			2.112	0.003
	Too much	0.0%					
	Not enough	83.3%	4.784	0.951	0.334		
Barel	JAR	12.5%	5.736			0.841	0.685
	Too much	4.2%	7.105	-1.370			
	Not enough	33.3%	5.890	-0.844	0.376		

Veget	JAR	41.7%	5.046			0.078	0.993
	Too much	25.0%	3.737	1.309	0.111		
	Not enough	8.3%	4.329	0.912			
Soft_Ta	JAR	75.0%	5.241			0.963	0.442
	Too much	16.7%	4.252	0.989			
	Not enough	20.8%	2.771	2.270	< 0.0001		
Robust	JAR	50.0%	5.041			0.083	0.992
	Too much	29.2%	6.521	-1.480	0.005		
	Not enough	41.7%	3.886	1.910	0.002		
Thickn	JAR	58.3%	5.796			1.910	0.006
	Too much	0.0%					
	Not enough	33.3%	3.718	1.924	0.004		
Balance	JAR	66.7%	5.641			1.924	0.010
	Too much	0.0%					
	Not enough	20.8%	3.794	1.198	0.100		
Length	JAR	66.7%	4.992			-0.025	0.999
	Too much	12.5%	7.055	-2.064			

Table 9. Squared cosines of the attributes for PCA (cf. Figure 4).

Attribute	F1	F2
Int_vis	0.710	0.007
Int_arom	0.423	0.030
Complex	0.838	0.016
Red_fr	0.0112	0.410
Black_fr	0.811	0.017
Ripe_fr	0.746	0.023
Barel	0.172	0.291
Veget	0.321	0.349
Soft_ta	0.033	0.377
Robust	0.766	0.033
Thickn	0.735	0.036
Balance	0.6942	0.077
Length	0.766	0.001

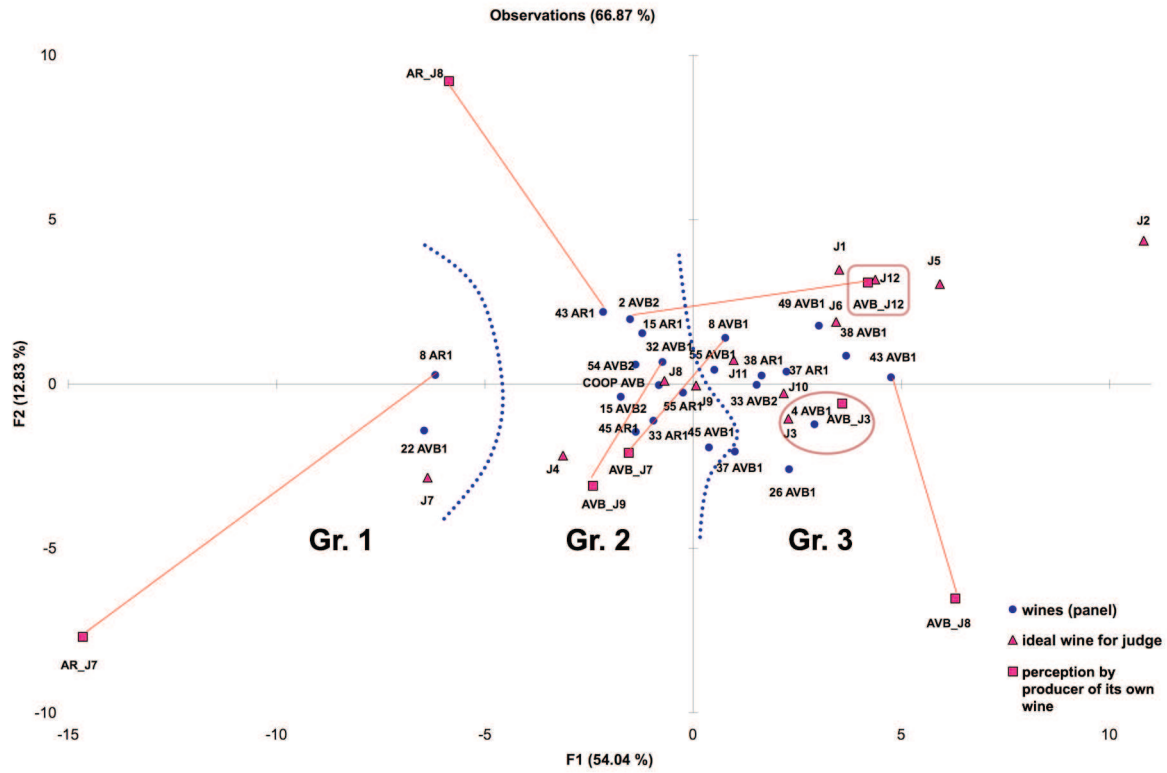


Fig. 4. Representation of ideal wine for each assessor projected on the PCA from JAR data. Ideal wines and sensory perception of wines from producers were projected as supplementary data. HAC from JAR data was performed and lead to 3 groups of wines (Gr 1; Gr 2; Gr 3).

3.3. Winemaking practices. In order to link perceptual typicality to soil and technical dimensions of the terroir system, Chi2 tests and ANOVAs were performed (Table 10). Soil effect was not significant. This may be due to the fact that producers adapt practices to the soil potential. Some enological practices were highly significant. Our hypothesis - that "phenolic maturity" must be considered as an essential criterion in wine typicality - was verified. In this study, “phenolic maturity” was determined by the date of the grape harvest and vatting time. The harvest date is related to the potential alcoholic content of the crop and could account for alcoholic fermentation time. Even if crops with higher “potentials” were submitted to particular winemaking processes, these crops were not directly linked to soils with “higher potential”, as suggested by the producers (survey) or by previous studies (Morlat, 2006, Bodin, 2006). For the production of typical AVB wines, (premium wines with associated sensory properties as previously described), producers make the choice of later harvest and longer vatting time. The synergic effect of higher sucrose levels, anthocyanin accumulation and tannin content could lead to wines with more intense color and greater tannins (Canals *et al.* 2005). Because of the sensory properties of the anthocyanins and

tannins, these choices had important consequences on the sensory profile of wines (particularly color and astringency) that were linked to typicality assessment.

The difference between the conceptual and perceptual dimensions of typicality, which highlighted the prevalence of consensual use of some practices, could reinforce the AOC concept, as suggested by (Hinnewinkel 2004a) .

Table 10. Correlations between typicality scores and some terroirs factors. Soil type is a typology of soils proposed by Morlat (Morlat & Bodin, 2006).

	Variables	Pr (AVB scores)
Soil type	Bedrock type	NS
Plant material	Cab. Franc	NS
Viticultural practices	Harvest date	P<0.01
	Yield	NS
	Potential alcohol (harvest)	P<0.001
Enological practices	Alcoholic fermentation time	P<0.01
	Mean alcoholic fermentation temperature	NS
	Vatting time	P<0.001
	Maturing time	P<0.05

Conclusion

The comparison between the sensory dimension of the wine as a concept with descriptive methods highlighted the shift between the conceptual and the perceptual dimension of the typicality. The conceptual dimension, which was studied from a survey of producers, was consensual with the soil as the first factor that affects the typicality. On the other hand, the perceptual dimension, which was studied by using three sensory methods, highlighted the prevalence of the technical factors, in particular enological, over the environmental factors. The JAR profile made it possible to classify attributes in the typicality scores. The consensus of the producers in relation to conceptual typicality was not verified in relation to perceptual typicality. This study made it possible to show the shift between conceptual typicality and perceptual typicality from the point of view of technical practices as well as from the sensory point of view.

Acknowledgments

The authors thank The National Institute for Agricultural Research (INRA) for funding. This work was also supported by Pays de Loire Regional Council, Interloire, and by Vinifhor. We

gratefully acknowledge the producers of Anjou-Villages Brissac area for the use of data from their vineyard. We thank Cecile Coulon, Severine Julien, Jocelyne Marsault, and Michel Cosneau for the data collection from producers. We also thank Erick Picou for assistance with conventional profiles, as well as all the tasters. We are grateful to Pr. Philippe Courcoux and Dr. Dominique Bertrand for helpful discussions.

3.5.2. Typicité conceptuelle issue du profil JAR : le vin idéal.

Afin de connaître la vision sensorielle des producteurs ayant participé aux analyses, les coordonnées correspondant à la perception de leur propre vin sont calculées afin de comparer leur perception à la perception du panel, mais également à leur vin idéal. La perception sensorielle de leur propre vin est projetée en tant qu'individus supplémentaires sur les axes de chaque ACP.

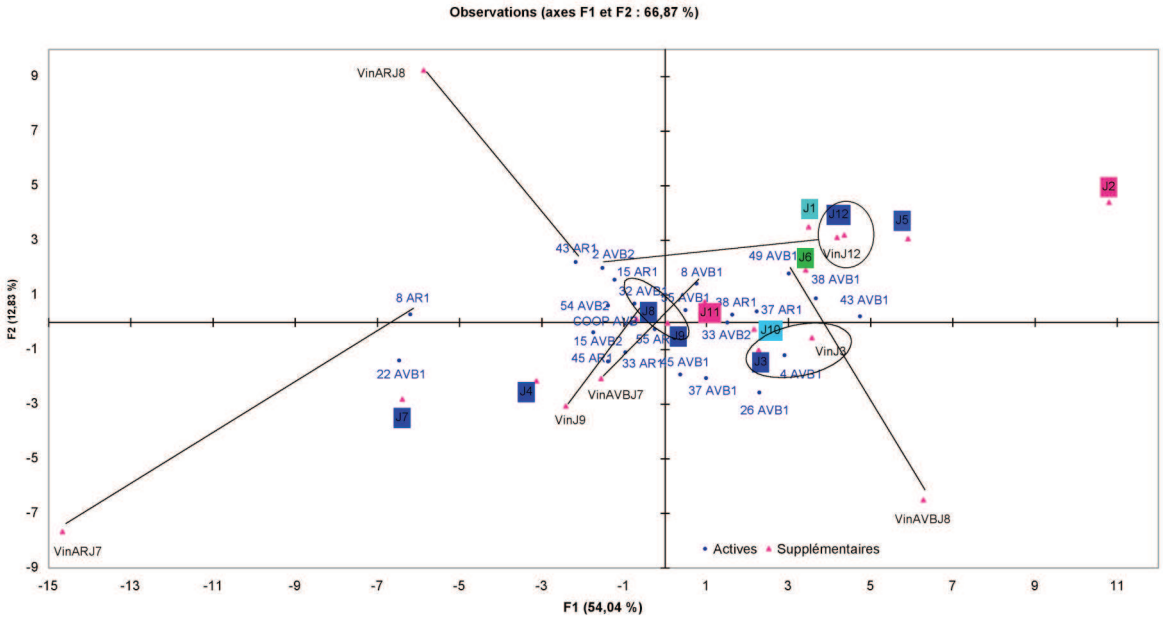


Figure 3-32. Représentation graphique de l'ACP sur la moyenne des vins pour le jury de professionnels et projection des vins idéaux de chaque juge pour le millésime 2005. Juges rouges : acheteurs ; juges bleu clairs : conseillers ; juges verts : techniciens ; juges bleu foncés : producteurs.

La Figure 3-32. nous permet de visualiser, d'une part, les vins évalués par le panel, d'autre part, les vins idéaux pour chaque juge, et enfin, la perception par les producteurs, de leur propre vin. Concernant la relation entre la perception du vin idéal et la perception moyenne du panel, plusieurs cas de figure sont observables. Certains juges ont un idéal sensoriel de l'AVB éloigné de la perception globale de l'ensemble des vins, par exemple les juges 2 et 7 qui semblent avoir une vision idéale opposée et se situe loin de l'ensemble des vins

analysés par l'ensemble des juges. Les vins produits par le juges 3 (4 AVB1) et 9 (32 AVB1) sont très proche de leur idéal. Pour ces producteurs, leur idéal est proche du jugement moyen du panel. Pour les autres producteurs, leur idéal est éloigné de la perception sensorielle globale de leur produit. Plus encore, les juges 7 et 8 ont un idéal plus proche de l'AR qu'ils produisent (8 AR1 et 43 AR1), que de leur AVB (8 AVB1 et 43 AVB1).

Concernant la relation entre le vin idéal de chaque juge, la perception moyenne du panel, et la perception personnelle de son propre vin (pour les producteurs), quatre cas de figures sont observables. Dans le cas du J3, son vin idéal, la perception de son propre vin, et la perception moyenne du panel sont très proches. Dans le cas du J9, si la projection de son idéal est proche de celle de la moyenne du panel, la projection de la perception de son propre vin est plus éloignée que dans le cas du juge 3. Le juge 12 perçoit son propre vin (VinJ12) de manière proche à son vin idéal (J12), cependant son vin n'est pas jugé de la même manière par l'ensemble du jury (2 AVB2). Ce juge est donc en accord avec son idéal au niveau de la perception de son propre produit, mais l'ensemble des juges ne le perçoit pas de la même manière. Pour les juges 8 et 7, leur idéal était plus proche du vin AR qu'ils produisent que de leur AVB. On peut observer que la perception sensorielle de ces producteurs, de leurs propres vins, est éloignée (VinAVBJ7 et 8 AVB1), voire très éloignée (VinARJ7 et 8 AR1) de la perception moyenne du panel.

Pour les millésimes 2006 et 2007, seul un producteur produisait un des vins étudiés (Figure 3-33. Pour ce qui est des vins idéaux, on constate qu'en 2006, la plupart des vins idéaux des juges se trouvent en décalage total avec l'ensemble des vins analysés. On peut donc penser que cette année là, les juges n'ont pas considéré les vins analysés comme étant en accord avec leurs attentes d'un vin typique AVB.

Par ailleurs, la distribution des vins idéaux par rapport à la moyenne des juges varie en fonction des millésimes : pour le millésime 2005, les vins idéaux sont répartis dans l'espace des vins du panel. Pour les millésimes 2006 et 2007, les vins idéaux ne se trouvent pas dans le même espace sensoriel. Ils sont situés à droite, sur l'axe F1. Nous pouvons interpréter cette observation par le fait que les vins analysés, des millésimes 2006 et 2007 sont sensiblement différents de l'idéal des juges du panel.

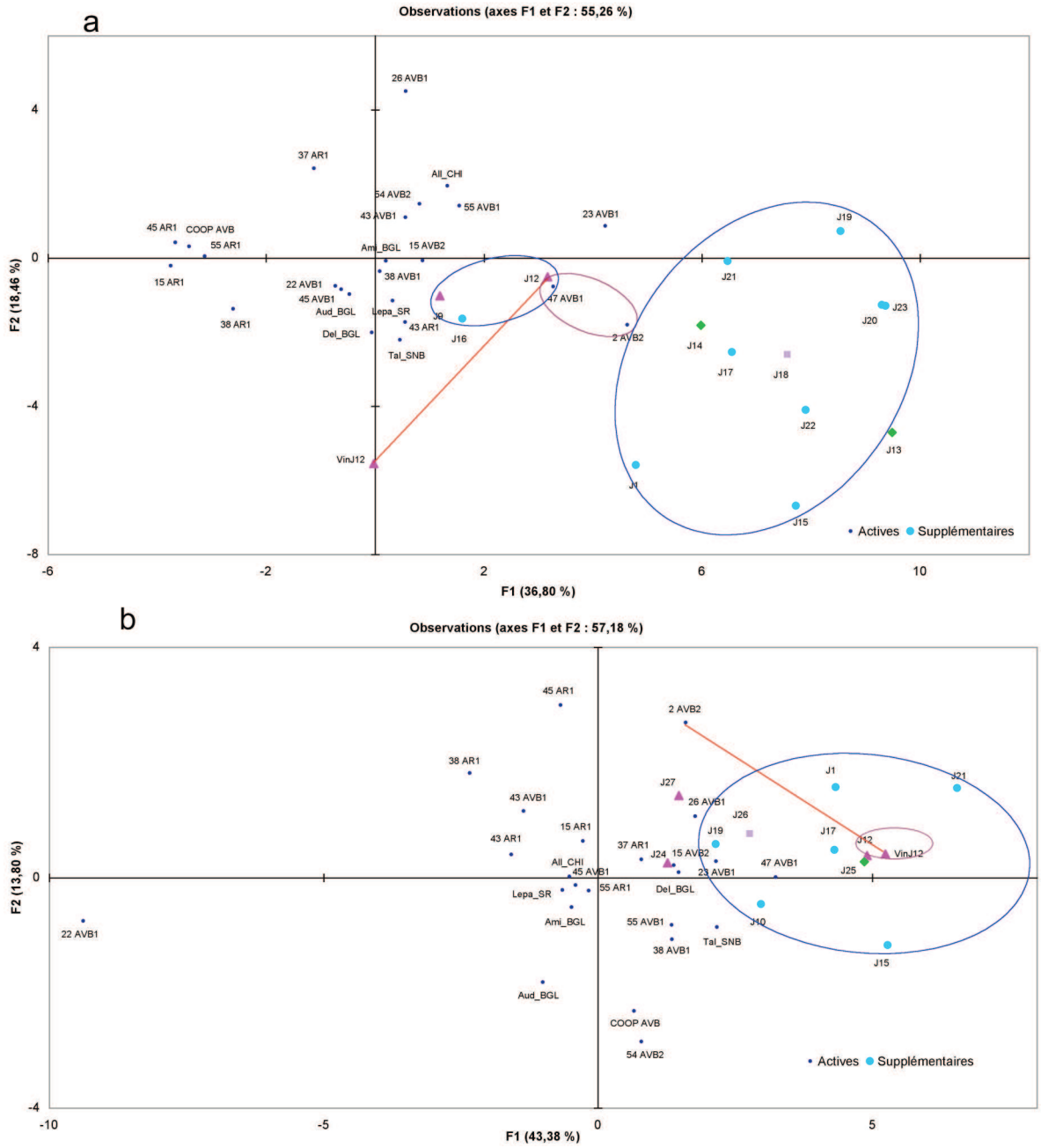


Figure 3-33 - Représentation graphique de l'ACP sur la moyenne des vins pour le jury de professionnels, projection des vins idéaux des producteurs et de la vision perceptuelle de leur produit pour les millésimes 2006 (a) et 2007 (b). Juges verts : acheteurs ; juges rouges : producteurs, juges bleus : conseillers, juges roses : techniciens.

Pour conclure, cette représentation permet de mettre en évidence les écarts existant entre le concept (vin idéal) et la perception sensorielle. Cette représentation permet également de juger, pour chaque producteur, l'écart de perception de l'idéal avec son propre vin. Seul un juge perçoit son vin de manière proche au panel et à son vin idéal. Enfin, aucune relation entre la typologie des producteurs et leur représentation n'est mise en évidence.

Chapitre 4

Etude du lien entre la date de récolte, la notion de « maturité phénolique » et la typicité.

4. Etude du lien entre la date de récolte, la notion de « maturité phénolique » et la typicité.

4.1. Introduction

La date de récolte est un moment important dans le cycle de production : elle concrétise un itinéraire viticole et suppose dans ses choix des anticipations quant au futur itinéraire œnologique. Pour comprendre les déterminants des choix de dates de récolte, des critères technologiques, plus ou moins bien connus et/ou maîtrisés, sont aisément identifiables. Parmi eux, la « maturité phénolique » est de plus en plus couramment prise en compte, et devient un critère essentiel d'évaluation de la maturité (Fournand and Moutounet 2008). Cependant, elle ne fait pas l'objet d'un consensus entre les producteurs, conseillers et scientifiques, du fait d'un manque de connaissance des éléments la constituant.

Nous faisons l'hypothèse que le choix de vendanger est déterminé en partie par le style de vin envisagé et qu'une part importante de l'influence de la date de vendange sur la typicité dépend de la « maturité phénolique » des baies au moment de la vendange (Brossaud *et al.* 1999; Glories 1998; Moutounet *et al.* 1996).

La maturité phénolique prend en compte la teneur globale en composés de cette famille, mais aussi leur structure et leur aptitude à l'extraction qui permet le passage dans le vin au cours de la vinification (Glories 1998). Ainsi, elle peut être définie comme un niveau de maturité du raisin permettant l'obtention simultanée d'un potentiel important et d'une bonne capacité de diffusion dans le vin. De nombreux auteurs montrent l'importance de ces composés sur la qualité des produits, en particulier les qualités visuelles, gustatives et somesthésiques des vins rouges (Brossaud *et al.* 1998; Cagnasso *et al.* 2008; Cheynier *et al.* 2006; Condelli *et al.* 2006; Holt *et al.* 2008b; Lesschaeve and Noble 2005; Nadal and Lampreave 2004; Preys *et al.* 2006; Vidal *et al.* 2004b). Ces composés sont fortement dépendants des conditions de milieu et peuvent être considérés comme le résultat de l'interaction entre la plante et l'environnement biotique et abiotique (Bednarek *et al.* 2003; Do and Cormier 1991; Jaakola *et al.* 2004; Pourcel *et al.* 2007; Tattini *et al.* 2005; Winkel-Shirley 2002). Cependant, les évolutions au cours de la maturation ne sont pas clairement définies : certains auteurs mettent en avant une augmentation des proanthocyanidines (Kennedy *et al.* 2002), quand d'autres études décrivent une diminution de ces mêmes composés (Downey *et al.* 2003; Gagne *et al.* 2006; Harbertson *et al.* 2002). Les anthocyanes s'accumulent dans les vacuoles des cellules hypodermiques de la pellicule. Elles peuvent être présentes sous forme d'agrégats, appelés inclusions vacuolaires anthocyaniques (AVI, anthocyanic vacuolar

inclusion) dans les pétales de fleurs (Markham *et al.* 2000). Au cours de la maturation, la teneur augmente régulièrement. En fin de période de maturation ou au début de la période de surmaturation, la teneur peut diminuer (Kennedy *et al.* 2002; Roggero *et al.* 1986).

Les méthodes d'analyse des polymères de flavanols des baies de raisin, utilisées par le laboratoire de l'UEVV (INRA Angers), permettent de caractériser la structure moyenne des tanins du raisin mais elles ne permettent pas de mettre en évidence leur polydiversité, ni des différences de concentration ou de composition spécifique dans les tissus (Cadot *et al.* 2006b). Les méthodes d'analyse histologiques, développées par la plateforme IMAC de l'UMR GenHort (INRA Angers), permettent de localiser précisément et de quantifier les flavanols dans la baie de raisin. Cependant, outre que la technique est longue à mettre en oeuvre, de nombreux artefacts sont possibles tout au long de la procédure analytique (Cadot *et al.* 2006b). Le couplage des deux approches peut permettre de mieux comprendre et interpréter les résultats de chacune des techniques.

L'approche histologique de la composition en proanthocyanidines des pellicules de raisin, en complément des autres méthodes d'analyses s'avère ainsi pertinente car elle permet l'acquisition de connaissances très complémentaires. En particulier, elle permet d'étudier la distribution des composés dans les tissus d'une part, dans les cellules d'autre part. L'utilisation conjointe de ces techniques d'analyse peut constituer un levier puissant d'interprétation de la « maturité phénolique ».

L'objectif est d'étudier l'importance de certains actes techniques, associés à la notion de « maturité phénolique », sur la représentation sensorielle de la typicité. Les actes techniques étudiés sont ceux associés au chantier de vendanges, et aux vinifications. Le type de sol est pris en référence afin d'évaluer le poids des actes techniques comparés à cette dimension du terroir. Ainsi sont étudiées (i) l'influence de la date de vendange sur la composition de la baie en composés phénoliques, (ii) leur aptitude à être extraits, (iii) et les incidences en termes de profil sensoriel.

Cette étude est réalisée en quatre étapes :

1. Etudier l'évolution de la composition des composés phénoliques à l'échelle des tissus et des cellules (analysée par histochimie), en relation avec l'évolution de la composition moyenne analysée par HPLC.
2. Etudier la relation entre l'évolution de la composition des baies et l'aptitude des composés phénoliques à être extraits.
3. Etudier la relation entre les éléments constitutifs de la maturité phénolique (composition et extractibilité) et le profil sensoriel des vins obtenus

4. Etudier l'incidence de la durée de cuvaison, comparée au niveau de maturité, sur le profil sensoriel des vins obtenus.

Les matériels et méthodes sont présentés dans les paragraphes suivants.

4.2. Etude de l'évolution de la composition des composés phénoliques à l'échelle des tissus et des cellules au cours de la maturation, et relation avec l'évolution de la composition moyenne analysée par HPLC.

Dans le cadre de l'étude des relations entre la typicité des vins, et l'importance du choix de la date de vendange, nous avons recherché le lien entre différents niveaux de maturité et la composition du raisin, du point de vue des composés phénoliques. L'objectif de cette partie est de confirmer l'intérêt de l'analyse des composés phénoliques par une méthode alternative aux analyses par HPLC. Alors que les approches par HPLC semblent diverger sur l'évolution de ces composés au cours de la maturation, nous souhaitons vérifier si des modifications de localisation et de concentration sont observables par microscopie.

L'approche histologique étant longue, nous avons utilisé des données acquises précédemment, et les avons traitées avec cet objectif. Les données acquises et présentées par la suite ont servi de base pour valider la méthode d'analyse par coloration au DMACA (Chevalier *et al.* 2003b), et pour la mise au point d'une méthode d'analyse d'images (Chevalier *et al.* 2003a).

A partir de la reprise des données et de leur traitement, un article a été soumis à la revue Journal of the Science of Food and Agriculture, qui a été accepté sous réserve de modifications. Il a été resoumis depuis en prenant en compte les remarques des relecteurs.

Evolution of the localization and the composition of the phenolics in the skin between veraison and maturity in relation with water availability and some climatic conditions.

Y. Cadot[a*], M. Chevalier[b], G. Barbeau[a]

[a]UE1117 Vigne et vin, UMT VINITERA, Centre de Recherches INRA d'Angers-Nantes, F-49070, Beaucouzé, France

yves.cadot@angers.inra.fr

[b]UMR 1259 Génétique et Horticulture, Centre de Recherches INRA d'Angers-Nantes, F-49070, Beaucouzé, France.

Abstract.
BACKGROUND: Several studies have investigated the composition in phenolics in grape skin during grape maturation, under several conditions like light exposure, water stress, nitrogen or mineral nutrition, but their localization during berry development is not well known. Proanthocyanidin composition and localization were monitored on four plots known to induce a distinctive behaviour of the vine, for three years. The composition in phenolics were determined by spectrosphotometry, and for one year, proanthocyanidins were determined by HPLC. Further information was obtained by histochemistry, according to the Toluidine-blue-O staining technique, after image analysis.
RESULTS: The results indicated that clear differences in phenolic quantification existed both in the biochemical approach and in histochemistry; the proportion of cells without phenolics was not linked with quantity determined by the analytical methods used. The histochemistry method showed an evolution of localization and typology of cells with and without phenolics during ripening. The number of cells without any phenolic compound appeared to be very dependent on the mesoclimatic conditions, and a little with site water status.
CONCLUSION: Clear differences in phenolic quantification existed both in the biochemical approach and in histochemistry; the proportion of cells with phenolics was not linked with quantity determined by biochemistry. The histochemistry method showed an evolution of localization and typology of cells with and without phenolics where mesoclimatic conditions were the most influent factor. Finally, the study showed some advantages to histochemistry approach: histochemistry give information about the anatomy of the tissue, the nature and distribution of some of the large macromolecules, and enable a reconstruction of three dimensional plant structure.

Keywords.
Flavonoids, proanthocyanidins, histochemistry, grape skin, ripening, toluidine blue O.

Introduction.
Phenolics are secondary plant metabolites, which are widely distributed in the plant kingdom. These constituents could be divided in two classes: flavonoids and non flavonoids. Flavonoids are flavanols, anthocyanins and flavan-3-ols (condensed tannins); non flavonoids are hydroxybenzoics, hydroxycinnamic acids and stibenes (Glories 1998). They are obviously present in *Vitis vinifera*, in particular in the stems and the berries; they are located in the seeds, pulp and the skin of the berries (Souquet *et al.* 1996c). Several studies have shown that the condensed tannins are responsible for some major flavour properties of the

red wines such as colour (Cheynier *et al.* 2006; Fulcrand *et al.* 1996; Remy *et al.* 2000), bitterness (Drewnowski and Gomez-Carneros 2000; Peleg *et al.* 1999; Vidal *et al.* 2004b) and astringency (Brossaud *et al.* 2001; Cheynier *et al.* 1998; Haslam 1974; Vidal *et al.* 2004b). The flavan-3-ol are catechin, epicatechin and epicathechin-3-O-gallate monomers and the polymeric proanthocyanidins (PA) (Downey *et al.* 2003; Kennedy *et al.* 2001; Kennedy *et al.* 2000b; Souquet *et al.* 1996b). The color of red grapes (non teinturiers) is due to the presence of anthocyanins located in the skin of the berries (Bourzeix 1973). PA could also play a role as copigments (Mistry *et al.* 1991) or as red-pigmented PA (Kennedy *et al.* 2001). Biotic factors could affect phenolic biosynthesis. Kraeva (Kraeva 1999) showed an increase of the polymerisation of the tannins in the necrosed cells. Radix *et al.* (Radix *et al.* 1998) studied the phenolic composition of the tissues of walnut fruits affected by bacteria (*Xanthomonas campestris pv. Juglandis*). Soil permeability could explain the differential composition of the seeds in phenolic compounds and therefore, their natural resistance or susceptibility to the bacterial necrosis. Abiotic factors could affect grape berry compositions: important differences can be observed, according to climatic conditions, mainly sunlight exposure and hydric status. Crippen *et al.* (Crippen and Morrison 1986a; b) showed the influence of light exposure on phenolic concentration of grape berries. Berries exposed to sunlight were significantly richer than berries in the shade. This was particularly true for the anthocyanin content after veraison; however, at harvest time, berries in the shade had a higher content per gram of fresh weight than berries in full sunlight. Edreva (Edreva 2005) showed the role of non-photosynthetic pigments in the protection of plants from excess light and UV-radiation. These pigments can dissipate excess photon energy, while the antioxidant and reactive oxygen species scavenging ability of non-photosynthetic pigments can also protect against light- and UV-induced oxidative stress. Cadot *et al.* (Cadot *et al.* 2006b) showed the influence of the direct light exposure on the biosynthesis of proanthocyanidins before veraison, and on the localization in the skin before veraison. Ojeda *et al.* (Ojeda *et al.* 2002) studied the influence of water stress, through the application of different levels of controlled irrigation between anthesis and veraison on one hand, and between veraison and maturity, on the other hand. The period of apparition of a water stress and its strength seemed to play the major role on the biosynthesis of tannins and their degree of polymerization; they were much higher when the water stress occurred between veraison and maturity. In addition, this was enhanced by the increment of the skin/pulp ratio in stressed berries. Roby *et al.* (Roby *et al.* 2004) showed that, in addition to decreasing berry size, water deficits increased the amount and the concentration of skin tannins and anthocyanins. The role of terroirs (combination of soil and climatic properties) was studied on

Cabernet franc; the results showed that the vintage played an important role on the anthocyanin content, and for a given vintage some differences could be attributed to the terroir through its soil physical properties. Pereira *et al.* (Pereira *et al.* 2006) showed that the vintage effect on grape metabolic profiles prevailed over the soil effect, where climatic traits such as the seasonal sum of temperatures and water balance were the main factors. Morlat *et al.* (Morlat and Bodin 2006) showed significant relationships between several ecophysiological variables such as lower water supply regime or precocity of budburst and higher content in anthocyanins or smaller size of berries.

The phenolic compounds evolve during the development of the berries. In red berries, the anthocyanins begin to appear at veraison and they continue to build up during the maturation, but generally slightly decrease nearly harvest time (Glories 1998). This phenomena may be due to conversion of free anthocyanins to derived pigments, the presence of such compounds in grape skins has been previously reported (Kennedy *et al.* 2001; Vidal *et al.* 2004c). This evolution is parallel to the accumulation of sugars but no direct relationship has been established. The flavan-3-ols pool is set before veraison, and at veraison, condensed tannins are already present in large quantities (Cadot *et al.* 2006b). Brossaud (Brossaud 1999) showed that during the month before harvest, for a plot, the quantity and the quality of flavan-3-ols did not evolve, but these results are not in agreement with Kennedy *et al.* (Kennedy *et al.* 2002) where the apparent average degree of polymerization of proanthocyanidins increased with maturity. Viticulturists and winemakers observed that higher maturity was correlated with lower astringency and higher robustness of the wines. These observations suggest evolution of the extractability and/or structure of PA. Kennedy *et al.* (Kennedy *et al.* 2000b) suggested that the decrease in PA depolymerization yield during fruit maturation may be due to such evolution.

Few studies were done to localize the flavanols and the anthocyanins in the skin. Amrani-Joutei *et al.* (Amrani-Joutei *et al.* 1994) determined 3 groups of tannins. The first consisted of free tannins in solution in the vacuolar sap, which appeared as granules and decreased in size from the epidermis to the pericarp. The second group comprises tannins bound to the proteins of the internal face of the tonoplast and the third group were those bound to the cell wall polysaccharides by osmotic bonds. Cadot *et al.* (Cadot *et al.* 2006b) studied the evolution of the flavanols in grape skin from *Vitis vinifera* before mid-veraison and they used p-dimethylaminocinnamaldehyde (DMACA) for staining proanthocyanidins. Chevalier *et al.* (Chevalier *et al.* 2003a) studied the localization of phenolics from the onset of veraison, throughout the maturation process, and they used toluidine blue O for staining the cells. Chevalier and Cadot, detected two types of cells: cells without tannins and cells colored,

which varied from a uniform coloration to the presence of spherical or shapeless inclusions, free into the vacuoles or stuck to the tonoplast. Moreover, Cadot *et al.* (Cadot *et al.* 2006b) showed that the content of tannins was lower, whatever the sampling date, in the plot with low water holding capacity (WHC). Gabler *et al*. (Gabler *et al.* 2003) have shown that resistance of berries to *Botrytis cinerea* increased with increase in thickness and number of epidermal and hypodermal skin cell layers. Segade *et al*. (Segade *et al.* 2008) have studied the texture properties of the skin and the extractability of phenolics during winemaking. Berry skin thickness, as extracted from rheological measurement, which is related with cellular maturity index (Saint-Cricq de Gaulejac *et al.* 1998) which, provides an estimation of phenolic extractability. Hanlin *et al.* (Hanlin *et al.* 2010) suggested that tannin extraction from grape berries into wine was limited by tannin binding to cell walls; cell wall changes during berry development may increase the tannin-binding capacity of cell walls, while tannin structure may also influence its affinity for cell wall material (Le Bourvellec *et al.* 2009; Le Bourvellec *et al.* 2007).

Although several studies have investigated the composition in phenolics in grape skin during development of grape, under several conditions like different levels of light exposure, water stress, N or mineral nutrition, their histological localization, during berry development is not well known. The aim of this study is to follow the evolution of the localization and the composition of the phenolics in the skin between veraison and maturity in relation with water availability and some climatic conditions.

Experimental.

Samples.

Samples consisted of berries sampled at 4 dates between veraison and maturity except in 2001, where only 2 sampling dates were achieved, from 4 different “terroirs” during three consecutive years (1999 to 2001), according to the following protocol:

Two sets of two parcels were selected among a network of experimental plots, which had been monitored for at least 4 years before 1999. The same cultural practices were performed on all the plots from 1995 to 2001. The first set was located in the Saumur area, on sedimentary sites from the secondary and tertiary eras. The Cabernet franc issued from a massal selection was grafted onto SO4; it was 20 years old in 1999. Plots were called CHA and TUR. The second set was located in the region of Anjou (30 km from Saumur), characterized by soils originated from Precambrian and Ordovician-Silurian igneous and metamorphic rocks. The Cabernet franc variety, clone 214, was grafted onto the 3309 C rootstock; it was 9 years old in 1999. Plots were called SCI an ALT. CHA and SCI were known for their high potential for precociousness due to their high water-stress sensitivity, on

contrary to TUR and ALT. Their main characteristics are given in table 1.

Climatic data.

The climatic data were supplied by the INRA meteorological station located in Montreuil-Bellay, in between the two sets of parcels. Solar radiation (hours), temperature (°C) and rainfall (mm), were daily collected. Potential evapotranspiration (PET, in mm) was estimated using Penman-Monteith (Monteith 1965) method for calculating evapotranspiration. Mesoclimatic conditions were the same for each plot, and data are shown in table 2. The positioning of the sampling according to veraison is shown in figure 1. The berry composition was strongly influenced by the meteorological conditions during the vegetative period (from April to September). There was no clear evidence of differences between the three vintages, when looking at the averages or the summations for the main climatic parameters. However, the monthly analysis indicated some peculiarities in the patterns of distribution. Comparing the three years, 1999 was characterized by a lower temperature in June, but higher in July and September. Rainfall in July 1999 was much lower than in 2000 and 2001, but in September 1999 precipitations were very abundant after the 13th of the month; up to September 13th, 1999 was considered as a rather hot and dry year, favorable to a good quality of grapes. The 2000 vintage had a very low temperature in July as well as a lower sunshine exposure for three consecutive months: May, June and July. Due to these conditions and a high rainfall in July, it was not considered as a “good” vintage for producing quality wines (Ribereau-Gayon *et al.* 2000). 2001 had a low rainfall in May and June and the highest evapotranspiration during these two months. It showed a regular curve of temperature throughout the season, except for a drastic drop in September, but most of the berry components were already in place. For these reasons, 2001 was considered as a good vintage for producing quality wines (Ribereau-Gayon *et al.* 2000).

Histochemistry.

Samples were collected every Monday morning, from the onset of veraison until maturity. On each plot, three berries with their pedicels were picked on each side of the first bunch located on the third stem of the baguette; the picking was randomly repeated on three plants. Therefore, 18 berries were collected for each date and terroir. Then, only the 10 most homogeneous berries in terms of size and color were retained for the histological analysis; 5 of them were used. Samples' preparation: in 1999 and 2001, the berries were taken back to the laboratory before preparation (less than 2 hours after sampling). In 2000, the preparation took place directly in the field. Square portion of the skin (about 0.25cm2) was taken off from the equator of the berry. Specimens were fixed in 4% glutaraldehyde in 0.1M Soerensen

buffer (pH 7.4) for 2 hours 4°C under vacuum. Specimens were dehydrated in a graded ethanol series and embedded in a resin technovit 7100 according to Kroes *et al.*(Kroes *et al.* 1998). Sections were cut at 1.5μm with a Reichert Jung microtome and mounted on glass slides, stained with toluidine blue O (2-Amino-7-dimethylamino-3-methylphenothia zinium chloride, CAS#92-31-9, figure n°2) and mounted after dehydration in a synthetic resin and examined under BH2/RFCA Olympus microscope. Toluidine blue O is a blue basic dye used as a nuclear and metachromatic stain. It is useful for staining cell granules, both in metachromatic and orthochromatic techniques. It is used also to stain some of macromolecules present in the cells. With the toluidine blue O, the polyphenolic compounds have a characteristic greenish-blue coloration whereas cell walls are pinkish-purple (Chevalier *et al.* 2003a; Feder and O'Brien 1968; O'Brien *et al.* 1964); skin stained with the toluidine blue O is showed figure n°3. The counting of the cells was randomly done on three cuts per slide among, on 100 cells per cut, with the help of cell counter (figure n°4). Thickness of skin was measured on these cross section only for years 1999 and 2000. A digital image was captured and saved for image analysis. Image analysis was performed with NIH Images Software (National Institute of Mental Health, Bethesda, MA) as described previously by Chevalier (Chevalier *et al.* 2003a).

Analytical methods.

Two people carried out the sampling of berries with pedicel, as a way to decrease the effect of the sampler. From each plot, 300 berries were collected, and were immediately packed in an icebox at 10°C and transported promptly to the laboratory, for processing and analysis. Each sampling was separated in third, using a board sampling composed by numbered alveoli. 3x100 alveoli were chosen randomly in order to compose 3 lots with an equal number of berries. To evaluate berries undergoing veraison, the three lots of 100 berries were observed. A berry with a beginning of pigmentation was considered as a ripe berry. 2 lots of berries were preserved by freezing at –30°C before extraction and analysis (Spectrometric methods). Total anthocyanins were determined according to Puissant-Leon method (Puissant and Leon 1967), which, is commonly used for anthocyanins measurement (Asselin *et al.* 1979; Brossaud *et al.* 1998; Morlat and Bodin 2006; Morlat *et al.* 1981; Riou and Asselin 1996) and total polyphenolic index (TPI) was determined by direct measurement at 280 nm. Total sugar were determined with a digital refractometer. Chevalier *et al.* (Chevalier *et al.* 2003a) have shown that histochemistry localization by toluidine blue-O was linked to localization by DMACA, in 2000, proanthocyanidins were analyzed by HPLC in order to match with localization with toluidine O. (+)-catechin, (-)-epicatechin, epigallocatechin, and (-)-epicatechin gallate were purchased from Extrasynthese (Genay, France), and were used as

external standard, methyl 4-hydroxybenzoate from Acros Organics (Geel, Belgium) and Fractogel Toyopearl® TSK HW40 (F) from Tosoh Corporation (Tokyo, Japan). Grape skins from 2 lot of 50 berries were subjected to extraction with a solution of methyl alcohol/water/TFA (80:20:0.05) and afterwards with 80 ml of acetone/water (60:40), twice for each solution. The grape skin extract was fractionated by Toyopearl gel column chromatography according to the procedure described previously (Cadot *et al.* 2006b). Methyl 4-hydroxybenzoate was added after fractionation as an external standard. Each extract was characterized by thiolysis performed at 90°C for 2 minutes as described earlier (Prieur *et al.* 1994). Grape extracts were analysed directly by HPLC under the following conditions: flow rate 1mL.min^{-1}, temperature 30°C; column, Lichrospher 18 RP100, 5μm (250X4.6 mm) (Merck, Darmstadt, Germany); solvent A, H_2O-HCO_2H (98:2); solvent B, MeCN-H_2O-HCO_2H (18:2:80); elution isocratically with 100% A for 5 min, followed by linear gradients from 100% to 90% in 30 min; from 90% to 80% in 30 min, from 80 to 0% in 5 min, from 0% to 100% in 5 min, washing and re-equilibrating the column, detection at 280nm. 2 sub-samples berries were extracted, and the acetonic fractions after fractionation on Toyopearl gel were analysed in duplicate (two thiolysis per acetonic fraction). So in this way, final results for procyanidins were the arithmetic mean of four analyses.

Statistical analysis.

Analyze of the data: The software STATVIEW (Abacus Concepts, Berkeley, CA) was used for the statistical analysis of the results.

Results and discussion.

Biochemistry

The berry weights from plots CHA and TUR were significantly higher than SCI and ALT, especially in year 2000 (table 3). This may due to earlier maturity rather than water stress (the onset of veraison was earlier for the three years, see figure n°1). The sugar content was similar for the four plots in year 1999 and 2000. In 2001, the sugar content was higher in SCI plot, due to lower weight of the berries. The TPI at the onset of veraison were between 34.5 (TUR, 1999) and 63.0 (SCI, 2000). No significant correlation (linear correlation analysis) could be observed between the TPI before the onset of veraison (where the TPI reflects mainly the proanthocyanidins), and the percentage of cells with phenolics: the TPI were from 34.5 (TUR, 16/08/99) to 63.0 (SCI, 21/08/00), and the percentage of cells with phenolics were from 22.2 (ALT, 21/08/00) to 82.7 (ALT, 16/08/99). In term of % veraison, acidity and sugar composition, the dates 16/09/99, 12/09/00 and 12/09/01 seemed to be quite similar. In this way, it could be possible to compare the three years at these dates in order to evaluate a

year effect in the phenolic content, with berries at a similar level of ripening. For proanthocyanidins (PA), results showed no evident evolution of the content during ripening (table 4), but clear differences between plots, with total PA higher for ALT than for TUR, and intermediate for SCI and CHA. These results were in accordance with previous studies (Brossaud *et al.* 1999). These results were not correlated with phenolic characterisation by histochemistry (see below). Kennedy *et al*. (Kennedy *et al.* 2001) showed that decrease in thiolysis yield could be linked to maturity stage, and suggested that skin proanthocyanidins were affected by berry development. Hanlin *et al*. (Hanlin *et al.* 2010) showed that tannins could bind to cell walls with maturity stage. Some evolutions, or stability in skin PA, relating to maturity stage, could be also due to an evolution in the depolymerisation yield (Kennedy *et al.* 2000b).

Histochemical localisation for phenolic compounds.

Histological observations of Cabernet franc berry skins colored with toluidine blue showed two cell types: cells without any vacuole precipitate or granulations (Figure 5A) and cells with dense granulations enclosed into the vacuoles (Figures 5B-5E). These granulations were stained in blue green; they corresponded to phenolic compounds. Chevalier *et al.* (Chevalier *et al.* 2003b) have described previously that these granulations are well correlated with DMACA (p-dimethylaminocinnamaldehyde) staining. As DMACA is specific of flavanols, this suggests that anthocyanins were not stained by Toluidine O, probably due to anthocyanins loss during the dehydration process. The distribution, the size and the shape of the phenolic granulations in the vacuole permitted to classify the skin cells in 5 classes (figure 5):

-Class1: cells without any coloration (figure 5A)

-Class 2: cells with uniform coloration (figure 5B)

-Class3: cells with fine granulations homogeneously distributed in the vacuole (figure 5C)

-Class 4: cells with small spherical inclusions, some of them stuck to the tonoplast (figure 5D)

-Class 5: cells with large round and distorted inclusions, free inside the vacuole (figure 5E)

Year effect and site influence on the presence of phenolic compounds into the vacuoles.

Evolution of phenolics in 1999: counting results are shown in table n°5.

Plots TUR, ALT and SCI showed a similar evolution of their types of phenolic compounds, although the proportions were different from one plot to the other. The main observations were that if the number of cells without phenolics vary during the ripening process, no evident trend was observed; cells with a uniform coloration accounted for about 10% at mid-August,

then decreased until mid-September when they disappeared. At mid-August, cells with fine granulations were abundant (between 30 and 40%), and then their number decreased until mid-September. The number of cells with small spherical inclusions and large inclusions tended to increase during the same period, although some important differences were observed. For ALT, cells with small spherical inclusions started to decrease at the beginning of September. For SCI, the same happened for cells with large inclusions. Plot CHA had a different behavior. Cells with a uniform coloration increased up to the 6th of September; then, they followed the same pattern as in the other plots. The other groups of cells remained almost constant throughout the ripening process. This behavior suggests that CHA suffered a delay in the evolution of its phenolic compounds. The difference in skin phenolic aspect between CHA and ALT is illustrated in figure 6. This result seemed to be contradictory with the well-known precocity of this plot and may indicate a blockage due a water stress. In the same way, ALT plot underwent changes associated to maturation faster than SCI plot, although SCI is well known to be precocious. Some differences could be observed between plots, according to the cell size. Cells with higher size, from CHA for example, were saturated with water, and exhibited cells with uniform and fine granulations, as illustrated in figure 7. Finally, cells with uniform coloration seemed to evolve first to cells with network structure, and finally to cells with spherical or shapeless inclusions free or stuck to the tonoplast (figure 5).

Evolution of phenolics in 2000 (table n°6). As in 1999, sampling was performed at 4 dates in each one of the plots. The number of cells without phenolics was very important for all the plots, between 50 and 87%, and no obvious evolution was observed. Plots TUR, ALT and CHA had a similar evolution: at mid-veraison (August 21st), very few cells with a uniform coloration were observed. Then, this type of cell disappeared. The number of cells with fine granulations decreased progressively for the 3 plots. Plot CHA again seemed to be slightly delayed. Cells with small spherical inclusions remained almost constant during the period, and there was no significant difference between the plots. There were very few cells with large inclusions before September 11th, date of the last counting. The SCI plot behaved differently: the number of cells without coloration was much less important as in the other plots (average of 60% versus 80%). Cells with a uniform coloration decreased with time. Cells with fine granulations tended to remain stable, although a reduction was noted on August 28. The number of cells with small spherical and large inclusions increased towards the end of the period.

These results indicate that, in 2000, SCI had a regular evolution of its spatial distribution of phenolic compounds, similar to the evolution observed for 3 of the plots in 1999. As in 1999,

cells with spherical inclusions were predominant since mid-August.

Evolution of phenolics for 2001 (table n°7): The first sampling date coincided with the last one on the 2 previous years, when the last sampling date occurred 2 weeks later. The evolution of the types of cells was similar in all the plots: the number of cells without any coloration was high (about 60%) for all the plots, but lower than in 2000. On September 12th, cells with a uniform coloration were very few. The number of cells with fine granulations decreased during the period, except for SCI. The number of cells with small spherical and large inclusions remained stable in between the two sampling dates.

As expected, some differences occur between years, for example for CHA, where uniform and fine granulations were more important in 1999 than 2000 (figure n°8).

The number of cells without any phenolic compound in the vacuole appeared to be very dependent on the year. In 2000, a small number of cells contained phenolic aggregates in their vacuole, while in 1999, a much higher number of cells had phenolic compounds. 2001 was intermediate. The figure n°9 gives the repartition of skin cells without phenolics on the 4 plots (CHA, TUR, ALT and SCI) plots for three years (1999 to 2001).

The similarity observed from a site to a site for a given year (except for SCI in 2000) and the large differences between years may indicate that the synthesis of the phenolic compounds is more dependent on the climate of the year than of the site (terroir effect). The observations made in 1999 and 2000 started at mid-veraison and during the whole period of study, the number of cells containing phenolics remained stable. This suggests that the climatic conditions before veraison are determinant for the total amount of phenolics found in skin cells, according to other studies (Kennedy *et al.* 2001), (Cadot *et al.* 2006b). If we consider the climate in 2000, the main characteristic was a lower sunlight exposure for 3 consecutive months (May, June and July), combined with a drastic drop of temperatures and a high rainfall in July. The year 2001 had also a high rainfall in July, compared to 1999 and 2000, without the drop of temperatures neither the lack of sunshine. That seems to indicate that solar radiation acts as a key factor, early in the season, for the biosynthesis of the phenolic compounds. Cadot *et al.* showed the positive influence of the direct light exposure on the biosynthesis of proanthocyanidins before veraison, and the relation with localization in the skin (Cadot *et al.* 2006b). Crippen *et al.* showed on grape berries the influence of light exposure on phenolic concentration, but it was particularly true for the anthocyanin content after veraison (Crippen and Morrison 1986a; b). The water stress between anthesis and veraison could also play a role, as showed by Ojeda *et al.* and Roby *et al.* (Ojeda *et al.* 2002; Roby *et al.* 2004). Two mechanisms could explain the role of water deficit on the concentration of skin PA, according to the expression of the results (mg.g-1 or

mg.berry-1): the differential growth responses of skin and inner mesocarp tissues to water deficit, and a direct stimulation of the biosynthesis. The period of apparition and its intensity seemed to play the major role on the biosynthesis of tannins and their degree of polymerization.

The site influence was milder. Only TUR plot had a significant difference with other plots in 1999. The SCI plot contained more cells with phenolic granulations than the other plots during the year 2000. The evolution of the cell number with polyphenolic compounds varied over time. During the 1999 summer only the TUR plot had no significant differences between the four dates. For the three other plots, the Newmans-Keuls test showed (positive constance) that percentage of cells with polyphenolics was constant for a plot but could differ from one plot to another.

Distribution study of the different phenolic classes: the 1999 vintage plots were characterized by the abundance of cell classes 3 and 4. The cell distribution in the different classes was significantly altered by time. In TUR, ALT, SCI plots, class 2 quickly regressed; class 3 regressed too and finally, classe 4 and 5 increased during grape maturation. The uniform type was changed into large spherical type. The grapes taken on the CHA plot had an atypical maturity, the class 1 increased while the class 4 and 5 decreased; the class 3 was dominant. During the 2000 vintage cell skin contained few polyphenolic compounds. The class 2 was the dominant class. All studied plots had a logical evolution and at the last date the class 5 increased (figure n°10). The increase in sugar content during ripening, could explain an evolution in osmotic pressure in cells, which could reach to an aggregation of the proanthocyanidins.

Thickness of skin: The skin is constituted by three layers: the cuticle, covered by epicuticular waxes, the epidermis and the hypodermis, this hypodermis which are composed by large cells. The thickness of the skin, the number of cells and their size are cultivar-specific (Barnavon *et al.* 2000). There was no ripening effect (Table n°8 and Table n°9). If the plot effect was clear, the effect of WHC was shown only for one year (1999, see table n°9). Without other results to compare with, we assume that the thickness of the skin, which was related to resistance to *Botrytis cinerea* (Gabler *et al.* 2003), could not be related to “phenolic maturity index”. In the case of Segade *et al.*, the thickness was extrapolated from physical measurements (rheology), and was not related to direct thickness measurements (Segade *et al.* 2008). Moreover, the histology observations of cells and tissues could be distorted by the fixation process (shrinkage /dehydration and embedding processes), and some compounds may be washed by the dehydration process. These drawbacks may explain some distortions with previous studies using physical or biochemical approaches.

Conclusion.

The results of this investigation indicated that phenolic quantification by biochemical approach and by histochemistry leads to clear differences; the proportion of cells without phenolics was not linked with quantity determined by biochemistry. The histochemistry method showed an evolution of localization and typology of cells with and without phenolics; the cell granulations evolved during ripening. The number of cells without any phenolic compound appeared to be highly dependent on the mesoclimatic conditions, and a little with site water status. Finally, the synthesis of the phenolic compounds seemed to be more dependent on the vintage than on the site.

If there are some drawbacks in histology approach to study the evolution of phenolics during ripening, some new observations could be done. This approach could be reinforced by association of biochemical and histochemical analysis which, allows the association of quantification and spatial data. This next development may constitute a powerful level to interpretation of the “phenolic maturity” of grapevines.

Acknowledgements.

We acknowledge the National Institute for Agricultural Research of the French Republic for funding this research, the Pays de Loire Regional Council for supporting this project. We thank Bernard Petit and Delphine Ramillon for managing the plots, Rejane Champenois, Marie-Hélène Bouvet and Anne Mege for their assistance in biochemical analysis, Marie Tellier and Anne Laure Dubot for her assistance in histology. We are also grateful to Dr. Veronique Cheynier and Dr. Michel Moutounet from the Joint Research Unit for Oenology (UMR Sciences Pour l’Oenologie, INRA Montpellier) for their numerous discussions on this project. Finally, Y. Cadot would like to acknowledge Dr. Paul Colonna, head of the SPEAP department (Science and Process Engineering of Agricultural Products) and Dr. Guy Albagnac Deputy head of the SPEAP department to allow this research.

Table 1
Main characteristics of the experimental plots

Zone	Saumur	Saumur	Anjou	Anjou
Name	CHA	TUR	SCI	ALT
Geology	Sandstones and conglomerates from the Tertiary era (Continental Eocene)	Aeolian silty loam from the Tertiary era	Weathered schists from the Primary era (O4-S3).	Weathered schists from the Primary era (O4-S3).
Soil characterization	Brown stony soil anthropogenically carbonated, less than 100 cm deep	Leached brown earth, at least 70 cm deep	Shallow sandy loam (40 cm) resting on the parent rock	Shallow loamy sand (40 cm) on thick clay, down to 120cm
Potential for precociousness	High	Low	High	Low
Water-stress sensitivity	High	Low	High	Low
Cultivar	Cabernet franc, massal selection	Cabernet franc, massal selection	Cabernet franc cl 213	Cabernet franc cl 214
Rootstock	SO4	SO4	3309C	3309C
Average age in 1999	20	20	9	9
Density (plant/ha)	5000	5000	5000	5000
Trellising	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
Pruning	Guyot (simple)	Guyot (simple)	Guyot (simple)	Guyot (simple)
Weeding	Chemical	Chemical	Chemical	Chemical

Table 2
Climatic data for the studied period. Mesoclimatic data were identical for all plots.

	Sunshine (hours)			Temperature (°C) *			Rainfall (mm)			ETP (mm)		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001
April	173.3	171.7	165.4	11.4	11.1	10.5	70.5	67.5	67.5	72.3	76.5	75.0
May	249.4	225.3	280.9	16.3	16.6	16.5	67.5	43.5	33.5	117.0	118.7	135.6
June	282.6	271.5	323.0	17.7	19.3	18.8	25.0	26.0	12.0	135.2	147.3	159.1
July	295.6	256.0	268.5	21.1	18.4	20.0	47.7	98.5	105.0	142.4	130.9	140.0
August	247.4	258.1	258.8	20.7	20.4	20.8	64.5	41.5	52.0	118.1	121.2	122.7
September	177.0	210.6	200.7	18.3	17.8	15.6	142.0	50.0	30.0	77.9	77.3	74.0
Average	237.6	232.2	249.6	17.6	17.3	17.0	69.5	54.5	50.0	110.5	112.0	117.7
Amount	1425.3	1393.2	1497.3	1393.1	1333.4	1293.3	417.2	327.0	300.0	662.9	671.9	706.4

* for temperature, the amount is calculated as the sum of active temperatures (> 10° C).

Table 3. Biochemical characterization for the three years and date effect for each plot.

Year	Dates	Plots	Weight (g.1000 berries^{-1})	Sugar ($g.L^{-1}$)	Total acidity ($g.L^{-1}$ H_2SO_4)	pH	Tartaric acid ($g.L^{-1}$)	Malic acid ($g.L^{-1}$)	IPT Skin (index)	Total antho-cyanins ($mg.kg^{-1}$)	Vérai-son (%)
1999	16/08/99	CHA	894^{b}	50.2^{a}	N/A	N/A	11.6^{b}	22.8^{a}	42.3^{a}	41^{a}	5.0^{a}
		TUR	973^{a}	44.1^{b}	N/A	N/A	10.1^{a}	22.8^{a}	34.5^{a}	34^{a}	5.0^{a}
		SCI	804^{c}	47.1^{b}	N/A	N/A	13.9^{a}	22.7^{a}	45.6^{a}	0^{b}	0.0^{b}
		ALT	873^{b}	38.9^{c}	N/A	N/A	12.6^{b}	20.3^{a}	42.1^{a}	0^{b}	0.0^{b}
	23/08/99	CHA	1080^{a}	97.1^{a}	15.4^{a}	2.69^{a}	9.7	14.7	43.8^{a}	226^{a}	79.3^{a}
		TUR	1071^{a}	91.8^{a}	16.8^{a}	2.66^{a}	10.5^{b}	17.3^{a}	35.2^{b}	109^{c}	59.5^{b}
		SCI	894^{a}	81.1^{b}	17.5^{a}	2.56^{a}	11.6^{a}	16.3^{a}	46.5^{a}	144^{b}	60.8^{b}
		ALT	912^{b}	78.0^{b}	18.3^{a}	2.59^{a}	10.2^{b}	18.5^{a}	42.8^{a}	110^{c}	44.6^{c}
	6/09/99	CHA	1367^{a}	170.4^{a}	6.0^{a}	3.17^{a}	7.2^{b}	4.2^{b}	64.5^{a}	1298^{a}	100.0^{a}
		TUR	1387^{a}	164.8^{a}	7.4^{a}	3.04^{ab}	8.4^{a}	5.5^{a}	60.3^{a}	1163^{ab}	100.0^{a}
		SCI	1327^{a}	161.5^{a}	6.7^{a}	2.99^{ab}	8.2^{a}	4.5^{b}	62.9^{a}	1070^{b}	100.0^{a}
		ALT	1371^{a}	155.9^{a}	7.6^{a}	3.01^{ab}	8.2^{a}	5.9^{a}	61.7^{a}	1108^{ab}	100.0^{a}
	13/09/99	CHA	1532^{a}	188.6^{a}	4.4^{b}	3.59^{a}	5.8^{a}	2.6^{ab}	71.3^{a}	1545^{ab}	100.0^{a}
		TUR	1593^{a}	185.1^{a}	5.7^{a}	3.42^{a}	6.3^{a}	3.3^{a}	72.4^{a}	1682^{a}	100.0^{a}
		SCI	1365^{b}	182.8^{a}	5.0^{ab}	3.43^{a}	6.1^{a}	2.3^{ab}	70.7^{a}	1358^{b}	100.0^{a}
		ALT	1383^{b}	178.3^{a}	5.8^{b}	3.43^{a}	5.9^{a}	3.6^{a}	73.5^{a}	1466^{ab}	100.0^{a}
2000	21/08/00	CHA	1035^{a}	49.2^{a}	21.5^{b}	2.60^{a}	N/A	22.8^{a}	47.9^{b}	36^{a}	9.0^{a}
		TUR	1021^{a}	40.0^{b}	23.3^{ab}	2.58^{a}	N/A	23.9^{a}	47.3^{b}	39^{a}	0.0^{c}
		SCI	801^{b}	43.0^{b}	25.8^{a}	2.54^{a}	N/A	24.9^{a}	63.0^{a}	4^{ab}	0.7^{ab}
		ALT	892^{b}	31.8^{c}	23.4^{ab}	2.60^{a}	N/A	24.2^{a}	46.0^{b}	10^{ab}	1.0^{ab}
	28/08/00	CHA	1248^{a}	103.6^{a}	11.9^{b}	2.82^{a}	9.0^{a}	10.0^{b}	49.3^{b}	377^{a}	84.0^{a}
		TUR	1304^{a}	89.7^{b}	15.9^{ab}	2.71^{a}	9.2^{a}	13.9^{ab}	46.9^{b}	261^{ab}	68.0^{a}
		SCI	912^{b}	81.0^{ab}	19.1^{a}	2.61^{a}	9.9^{a}	16.6^{a}	59.0^{a}	106^{b}	57.3^{b}
		ALT	947^{b}	71.0^{b}	18.6^{a}	2.65^{a}	8.2^{a}	17.0^{a}	43.5^{a}	82^{b}	43.7^{b}
	6/09/00	CHA	1359^{a}	124.0^{a}	8.6^{b}	2.98^{a}	7.4^{ab}	7.4^{c}	58.8^{a}	808^{a}	97.3^{a}
		TUR	1453^{a}	118.6^{a}	11.3^{a}	2.90^{a}	7.7^{ab}	10.2^{b}	46.4^{b}	561^{b}	94.7^{a}
		SCI	1134^{b}	116.5^{a}	12.3^{a}	2.85^{a}	8.8^{a}	9.7^{b}	62.6^{a}	532^{b}	92.3^{a}
		ALT	1015^{b}	107.9^{a}	13.6^{a}	2.89^{a}	7.8^{ab}	12.4^{a}	53.1^{ab}	553^{b}	84.0^{ab}
	12/09/00	CHA	1490^{a}	150.3^{a}	6.2	3.22^{a}	6.8^{ab}	4.6	72.8^{a}	1334^{a}	100.0^{a}
		TUR	1423^{a}	150.3^{a}	7.7^{a}	3.15^{ab}	7.5^{ab}	6.0^{b}	64.3^{a}	1108^{b}	100.0^{a}
		SCI	1279^{b}	147.0^{a}	8.2^{a}	3.05^{b}	8.2^{a}	6.4^{b}	70.6^{a}	993^{c}	98.7^{a}
		ALT	1139^{c}	144.8^{a}	8.6^{a}	3.14^{ab}	7.1^{ab}	7.7^{a}	69.6^{a}	1144^{b}	99.0^{a}
2001	12/09/01	CHA	1695^{a}	150.3^{a}	7.1^{b}	3.16^{a}	5.5^{a}	6.0	64.0	1342^{a}	99.0^{a}
		TUR	1760^{a}	132.0^{b}	8.8^{a}	3.05^{b}	6,0^{a}	7.7^{a}	50.7	1001^{b}	96.0^{a}
		SCI	1287^{c}	155.4^{a}	7.6^{b}	3.08^{b}	5.9^{a}	6.2	80.8^{a}	1226^{ab}	95.0^{a}
		ALT	1535^{b}	137.7^{b}	9.2^{a}	3.05^{b}	6.0^{a}	8.1^{a}	53.5	901^{c}	99.0^{a}
	25/09/01	CHA	1810^{a}	178.3^{bc}	5.1^{b}	3.30^{a}	4.2^{a}	4.3^{bc}	70.0^{b}	1701^{b}	100.0^{a}
		TUR	1903^{a}	167.0^{c}	5.9^{a}	3.18^{b}	4.3^{a}	4.9^{ab}	61.0^{b}	1487^{c}	100.0^{a}
		SCI	1478^{c}	189.7^{a}	4.9^{b}	3.25^{a}	3.9^{a}	3.9^{c}	90.0^{a}	1884^{a}	100.0^{a}
		ALT	1668^{b}	171.5^{bc}	6.1^{a}	3.16^{b}	3.8^{a}	5.5^{a}	62.0^{b}	1356^{c}	100.0^{a}

(ANOVA). $P<0.05$. The superscript lowercase letters corresponds to groups as the result of Newman-Keuls multiple comparison tests.

Table 4. Evolution of the proanthocyanidins content. Year 2000. PA: proanthocyanidins; mDP: mean degree of polymerization. C : catechin ; EC : epicatechin ; EGC : epigallocatechin ; ECG epicatechin-3-O-gallate

Dates	Plots	C + EC units		EGC units		ECG		Sum PA		mDP	
		$mg.kg^{-1}$	+/-	$mg.kg^{-1}$	+/-	$mg.kg^{-1}$	+/-	$mg.kg^{-1}$	+/-		+/-
08/21/00	CHA	2533 ^{ab}	380	636 ^{b}	95	265 ^{a}	40	3433 ^{b}	515	23.2 ^{a}	2.3
	TUR	1531 ^{c}	214	290 ^{c}	41	136 ^{b}	19	1957 ^{c}	274	21.6 ^{b}	1.9
	SCI	2446 ^{ab}	391	544 ^{b}	87	261 ^{a}	42	3251 ^{b}	520	22.0 ^{ab}	1.3
	ALT	2935 ^{a}	382	1014 ^{a}	132	266 ^{a}	35	4215 ^{a}	548	24.0 ^{a}	2.4
08/28/00	CHA	2283 ^{ab}	365	606 ^{b}	97	210 ^{ab}	34	3099 ^{ab}	496	24.1 ^{ab}	1.9
	TUR	1498 ^{c}	225	235 ^{d}	35	127 ^{c}	19	1861 ^{c}	279	22.0 ^{b}	1.1
	SCI	2070 ^{b}	228	441 ^{c}	49	191 ^{b}	21	2738 ^{b}	301	21.3 ^{b}	2.3
	ALT	2721 ^{a}	435	916 ^{a}	147	240 ^{a}	38	3877 ^{a}	620	25.9 ^{a}	1.6
09/06/00	CHA	1967 ^{ab}	256	498 ^{b}	65	152 ^{ab}	20	2618 ^{b}	340	22.0 ^{ab}	1.8
	TUR	1312 ^{c}	197	279 ^{d}	42	76 ^{c}	11	1667 ^{c}	250	20.6 ^{bc}	1.4
	SCI	1821 ^{b}	273	376 ^{c}	56	187 ^{a}	28	2383 ^{b}	358	21.8 ^{b}	1.3
	1ALT	2769 ^{a}	499	839 ^{a}	151	194 ^{a}	35	3802 ^{a}	684	23.6 ^{a}	0.7
09/12/00	CHA	2350 ^{a}	423	683 ^{ab}	123	213 ^{ab}	38	3246 ^{ab}	584	27.0 ^{a}	2.2
	TUR	1653 ^{b}	264	136 ^{d}	22	170 ^{b}	27	1959 ^{c}	313	23.8 ^{b}	1.4
	1SCI	1942 ^{ab}	291	403 ^{c}	60	127 ^{c}	19	2578 ^{b}	387	20.2 ^{c}	1.4
	ALT	2458 ^{a}	295	895 ^{a}	107	260 ^{a}	31	3614 ^{a}	434	30.2 ^{a}	3.0

(ANOVA). $P<0.05$. The superscript lowercase letters corresponds to groups as the result of Newman-Keuls multiple comparison test. Results are the average of four analysis. In this way, standard deviation correspond to column with symbol "+/-".

Table 5. Typology of skin cells in 1999 (Toluidine blue staining) and date effect for each plot (ANOVA).

Plots	Date	Type of cells (%)				
		Absence of coloration	Uniform coloration	Fine granulations	Small spherical inclusions	Large inclusions
CHA	16/08/99	45.5 ^{a}	6.7 ^{c}	38.5 ^{a}	9.0 ^{b}	0.3 ^{a}
	23/08/99	27.9 ^{b}	13.1 ^{c}	40.3 ^{a}	18.1 ^{a}	0.5 ^{a}
	06/09/99	27.6 ^{b}	33.6 ^{a}	29.9 ^{a}	9.9 ^{b}	0.1 ^{a}
	13/09/99	27.2 ^{b}	20.9 ^{b}	47.1 ^{b}	4.9 ^{c}	0.0 ^{a}
TUR	16/08/99	33.2 ^{a}	10.9 ^{a}	36.2 ^{a}	18.3 ^{b}	1.4 ^{c}
	23/08/99	32.7 ^{a}	16.1 ^{a}	35.7 ^{a}	15.3 ^{b}	0.0 ^{c}
	06/09/99	40.7 ^{a}	1.1 ^{b}	7.5 ^{b}	42.2 ^{a}	8.5 ^{b}
	13/09/99	36.3 ^{a}	2.3 ^{b}	4.5 ^{b}	44.5 ^{a}	12.4 ^{a}
SCI	16/08/99	24.2 ^{b}	10.4 ^{a}	42.4 ^{a}	20.8 ^{b}	1.9 ^{c}
	23/08/99	23.7 ^{b}	6.6 ^{a}	42.2 ^{a}	26.3 ^{b}	1.1 ^{c}
	06/09/99	31.3 ^{a}	0.0 ^{b}	33.8 ^{b}	27.3 ^{b}	7.6 ^{b}
	13/09/99	23.2 ^{b}	0.3 ^{b}	25.6 ^{c}	36.9 ^{a}	13.7 ^{b}
ALT	16/08/99	17.3 ^{b}	11.7 ^{a}	32.5 ^{a}	35.7 ^{b*}	2.8 ^{b}
	23/08/99	16.3 ^{b}	0.2 ^{b}	32.1 ^{a}	50.7 ^{a*}	0.7 ^{b}
	06/09/99	29.9 ^{a}	0.0 ^{b}	13.8 ^{b}	46.3 ^{ab*}	9.9 ^{a}
	13/09/99	25.6 ^{a}	0.0 ^{b}	17.9 ^{b}	44.7 ^{ab*}	11.8 ^{a}

P<0.0001 except: * P<0.05. The superscript lowercase letters corresponds to groups as the result of Newman-Keuls multiple comparison tests.

Table 6. Typology of skin cells in 2000 (Toluidine blue staining) and date effect for each plot (ANOVA).

Plots	Date	Type of cells (%)				
		Absence of coloration	Uniform coloration	Fine granulations	Small spherical inclusions	Large inclusions
CHA	21/08/00	77.4 ^{ab*}	1.7 ^{a}	14.4 ^{ab**}	6.1 ^{ab}	0.4 ^{b}
	28/08/00	73.6 ^{b*}	0.7 ^{a}	19.4 ^{a**}	5.3 ^{b}	1.0 ^{b}
	06/09/00	81.5 ^{a*}	0.2 ^{a}	14.7 ^{ab**}	3.1 ^{b}	0.4 ^{b}
	12/09/00	75.3 ^{ab*}	0.0 ^{a}	12.0 ^{b**}	9.6 ^{a}	3.1 ^{a}
TUR	21/08/00	70.4 ^{b}	2.1 ^{a*}	18.6 ^{a}	8.8 ^{a}	0.2 ^{b*}
	28/08/00	82.4 ^{a}	0.2 ^{b*}	10.7 ^{b}	5.9 ^{b}	0.8 ^{ab*}
	06/09/00	81.5 ^{a}	0.0 ^{b*}	8.4 ^{b}	9.5 ^{a}	0.5 ^{ab*}
	12/09/00	82.8 ^{a}	0.2 ^{b*}	11.7 ^{b}	3.8 ^{b}	1.4 ^{a*}
SCI	21/08/00	50.6 ^{c}	13.4 ^{a}	28.3 ^{a}	7.0 ^{b}	0.2 ^{c}
	28/08/00	75.2 ^{a}	3.7 ^{b}	16.5 ^{b}	4.4 ^{b}	0.2 ^{c}
	06/09/00	58.3 ^{b}	2.5 ^{b}	30.4 ^{a}	6.4 ^{b}	2.5 ^{b}
	12/09/00	50.1 ^{c}	0.4 ^{b}	26.5 ^{a}	15.5 ^{a}	7.4 ^{a}
ALT	21/08/00	78.8 ^{b}	0.4 ^{a*}	13.2 ^{a}	7.5 ^{a}	0.1 ^{b}
	28/08/00	86.6 ^{a}	0.2 ^{ab*}	7.7 ^{b}	5.4 ^{a}	0.1 ^{b}
	06/09/00	86.4 ^{a}	0 ^{b*}	8.7 ^{b}	8.4 ^{a}	0.9 ^{b}
	12/09/00	81.7 ^{b}	0.1 ^{b*}	5.3 ^{c}	7.3 ^{a}	5.7 ^{a}

P<0.0001 except: * P<0.05 and ** P<0.001. The superscript lowercase letters corresponds to groups as the result of Newman-Keuls multiple comparison tests.

Table 7. Typology of skin cells in 2001 (Toluidine blue staining) and date effect for each plot (ANOVA).

Plots	Date	Type of cells (%)				
		Absence of coloration	Uniform coloration	Fine granulations	Small spherical inclusions	Large inclusions
CHA	12/09/01	64.3 ^{a}	0.2 ^{a}	4.2	28.5	2.8 ^{a}
	25/09/01	66.3 ^{a}	0.3 ^{a}	2.3	27.7	3.4 ^{a}
TUR	12/09/01	52.4 ^{b}	0.3 ^{a}	11.3 ^{a}	32.6 ^{a*}	3.4 ^{a}
	25/09/01	68.1 ^{a}	0.0 ^{b}	0.9 ^{b}	28.7 ^{b*}	2.3 ^{a}
SCI	12/09/01	66.0 ^{a}	0.1 ^{a}	5.6 ^{b}	26.2 ^{b*}	2.2 ^{a}
	25/09/01	54.9 ^{b}	0.2 ^{a}	10.7 ^{a}	31.5 ^{a*}	2.3 ^{a}
ALT	12/09/01	55.9 ^{b}	1.0 ^{a*}	7.9 ^{a}	33.8 ^{a**}	1.3 ^{a}
	25/09/01	69.6 ^{a}	0.1 ^{b*}	2.6 ^{b}	26.1 ^{b**}	1.5 ^{a}

P<0.0001 except: * P<0.05 and ** P<0.001. The superscript lowercase letters corresponds to groups as the result of Newman-Keuls multiple comparison tests.

Table 8. Thickness of skin for the 4 plots. ANOVA.

Year	dates	Thickness skin (micrometer)			
		CHA	TUR	SCI	ALT
1999	08/16/99	206.9 ^{c}	167.8 ^{c}	199.4 ^{b*}	223.6 ^{b*}
	08/23/99	224.9 ^{bc}	250.1 ^{a}	217.1 ^{ab*}	218.8 ^{b*}
	09/06/99	238.4 ^{b}	221.5 ^{b}	228.6 ^{a*}	219.7 ^{b*}
	09/13/99	305.6 ^{a}	208.1 ^{b}	200.2 ^{b*}	258.9 ^{a*}
2000	08/21/00	231.7 ^{ab}	193.3 ^{b}	245.1 ^{a}	232.0 ^{a}
	08/28/00	213.8 ^{b}	218.2 ^{ab}	250.3 ^{a}	229.2 ^{a}
	09/06/00	235.8 ^{a}	230.1 ^{b}	248.7 ^{a}	244.4 ^{a}
	09/12/00	245.7 ^{a}	235.6 ^{b}	252.7 ^{a}	N/A

P<0.001. except *, P<0.05. Other were non significant. The superscript lowercase letters corresponds to groups as the result of Newman-Keuls multiple comparison tests.

Table 9. Thickness of skin for the 4 plots. Plot, date and WHC effect (ANOVA).

Thickness skin (micrometers) - plot effect for each year		
Year	Plot	Average
1999	CHA	244.0 [a]
	ALT	233.4 [b]
	SCI	212.3 [c]
	TUR	211.9 [c]
2000	SCI	249.2 [a]
	ALT	232.7 [b]
	CHA	231.8 [b]
	TUR	218.9 [c]

Thickness skin (micrometers) - date effect for each year		
Year	Date	Average
1999	36416	229.6 [a]
	36320	224.7 [a]
	36395	217.9 [a]
	36388	208.3 [a]
2000	36839	244.7 [a]
	36625	238.1 [a]
	36766	227.6 [a]
	36759	223.9 [a]

Thickness skin (micrometers) - WHC effect for each year		
Year	WHC	Average
1999	High	227.7 [a]
	Low	220.7 [a]
2000	High	240.7 [a]
	Low	223.7 [b]

P<0.001. The superscript lowercase letters corresponds to groups as the result of Newman-Keuls multiple comparison tests.

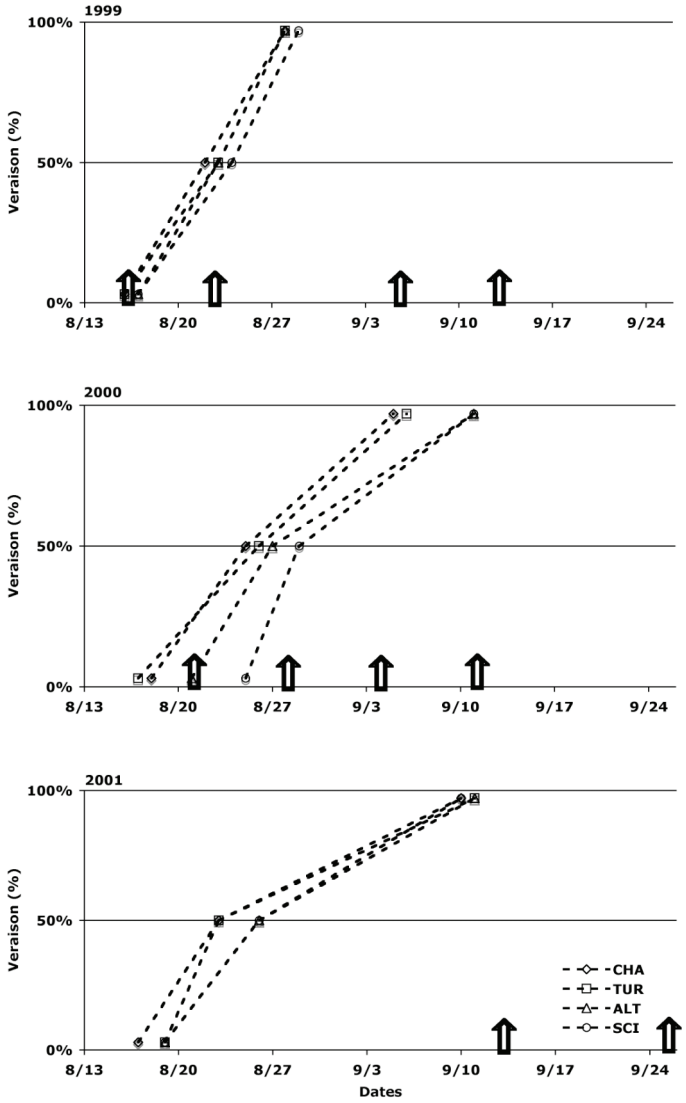


Figure n°1. Positioning of the sampling according to veraison kinetics for 1999, 2001 and 2001 years.

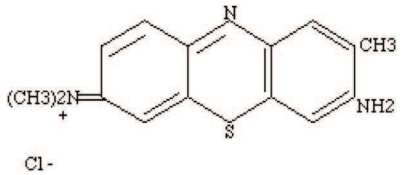


Figure n°2. 2-Amino-7-dimethylamino-3-methylphenothia zinium chloride or Toluidine blue O salt.

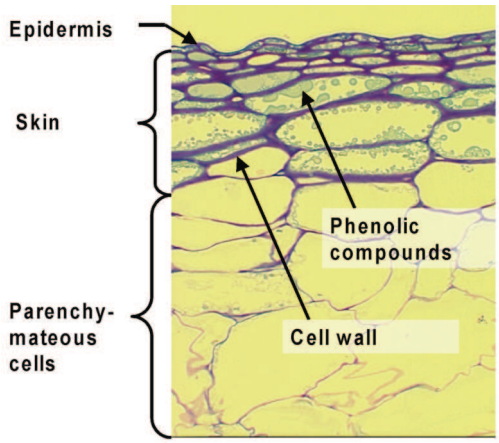


Figure n°3. Microscopy of grape berry skin. The sections were stained with toluidine blue and show the epidermis and mesocarp. The polyphenolic compounds have a characteristic greenish-blue coloration whereas cell walls are pinkish-purple.

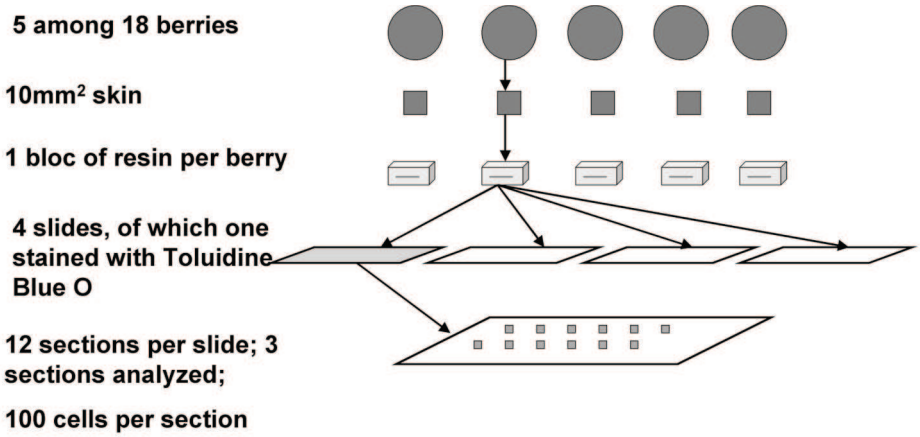


Figure n°4. Scheme of the histochemistry process.

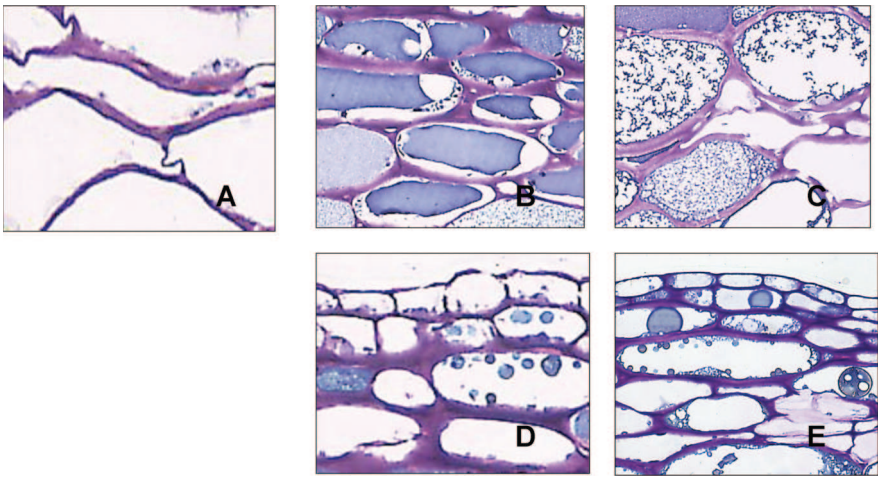


Figure n°5. Microscopy of grape berry skin. The sections were stained with toluidine blue and show the classification of cells within 5 classes according to their phenolic granulations. (5A) Class1: cells without any coloration (5A) ; (5B) Class 2: cells with uniform coloration (5B) ; (5C). Class3: cells with fine granulations homogeneously distributed into the vacuole ; (5D) Class 4: cells with small spherical inclusions, some of them stuck to the tonoplast (5E) Class 5: cells with large round and distorted inclusions, free inside the vacuole.

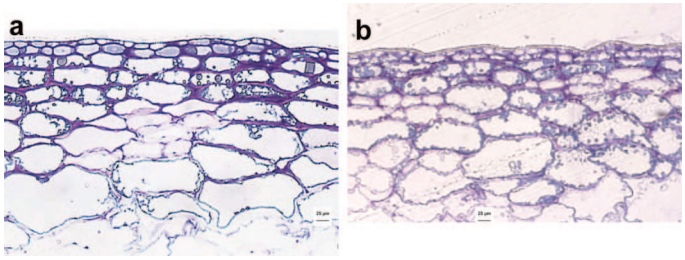


Figure n°6. Microscopy of grape berry skin. The sections were stained with toluidine blue O and show the difference between two plots. 6a: CHA, 04.09.1999, with high proportion of parenchymatous cells with uniform and fine granulations. 6b: ALT, 04.09.1999, with high proportion of parenchymatous cells with small and large inclusions.

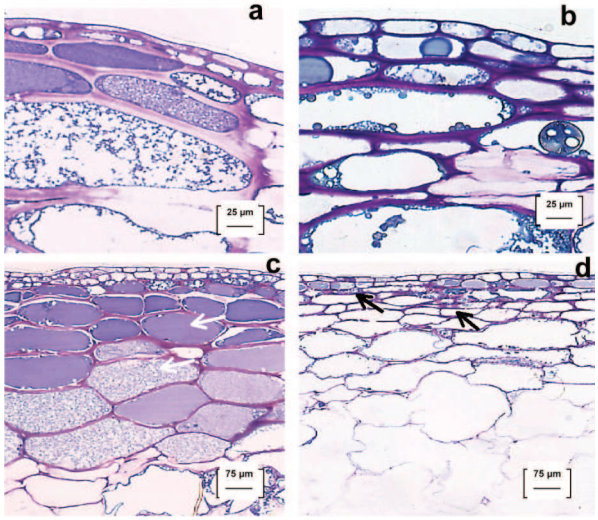


Figure n°7. Microscopy of grape berry skin. The sections were stained with toluidine blue O and show the relation between thickness of the skin, and vacuolar aspect of phenolics. 1999 vintage. 7a and 7c: Plot CHA. 13.09.1999. Cells are saturated with water. Arrows in figure 7c shows parenchymatous cells with uniform and fine granulations. 7b and 7d: Plot TUR. 13.09.1999. Parenchymatous cells walls are less thick, especially against epidermis. Arrows in figure 7d shows flat cells with small inclusions.

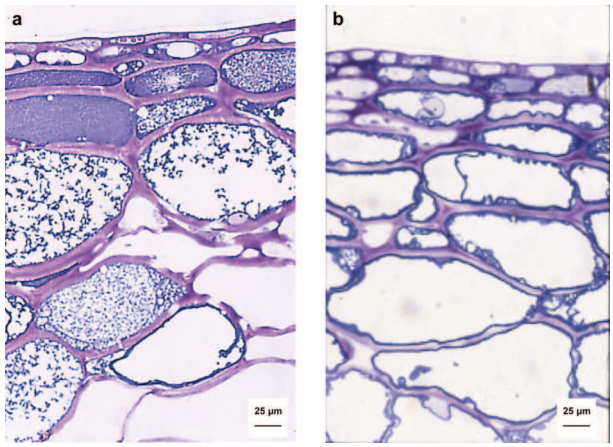


Figure n°8. Microscopy of grape berry skin. The sections were stained with toluidine blue and shows the difference in cells aspect for CHA between 1999 and 2000. 8a: CHA, 13.09.1999, with high proportion of cells with uniform and fine granulations.
8b: CHA, 11.09.2000, with high proportion of cells with small and large inclusions.

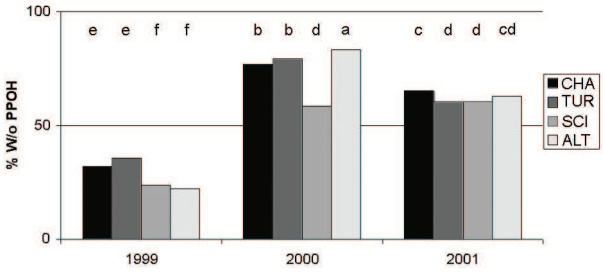


Figure n°9. Year effect. Cells without phenolics. P<0.0001. Three groups as the result of Newman-Keuls multiple comparison tests: 1999[c]; 2000[a]; 2001[b].

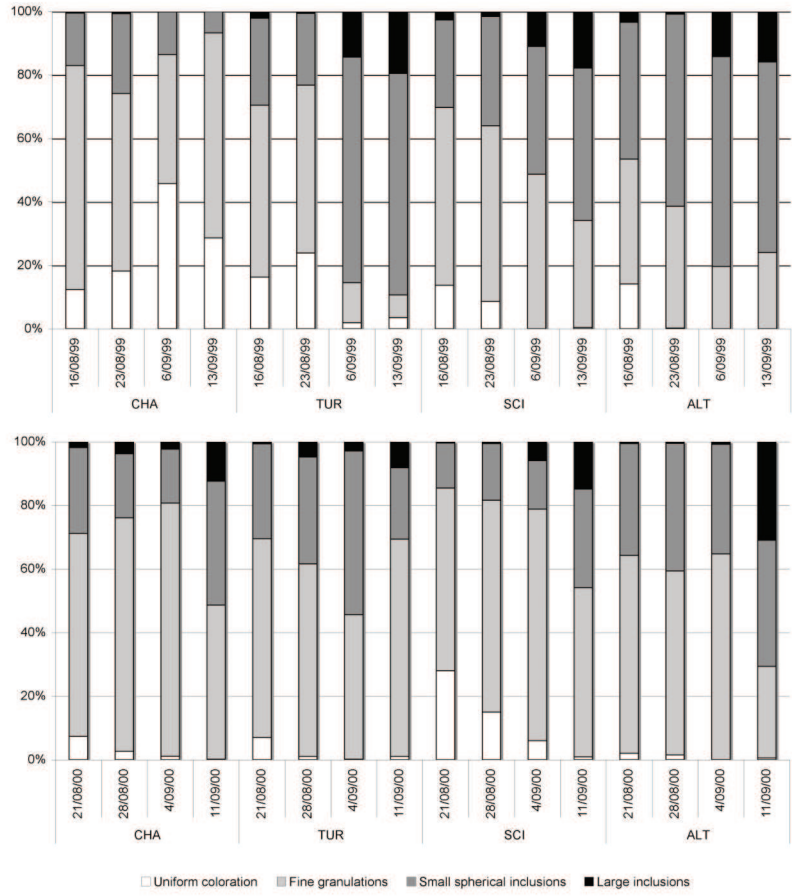


Figure n°10. Ripening effect. Cells with coloration. Evolution from cells with uniform colouration to cells with spherical or shapeless inclusions, free or stucked to the tonoplast for the four plots and for years 1999 and 2000.

4.3. Etude de la relation entre l'évolution de la composition des baies en fin de maturation et l'aptitude des composés phénoliques à être extraits.

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence des différences de composition et de localisation des composés phénoliques en fonction du niveau de maturité des baies, et de les relier à des différences d'extractibilité au cours du processus de cuvaison.

4.3.1. Matériels et méthodes

Trois parcelles ont été sélectionnées dans un réseau de 27 suivies par l'IFV Val de Loire, selon les critères suivants: parcelles situées en Anjou-Saumur, sur lesquelles les vignerons peuvent revendiquer l'AOC de référence (Anjou-Villages Brissac) et des AOC « candidates » (Anjou rouge et Saumur, Saumur-Champigny, Chinon, Bourgueil ou Saint Nicolas de Bourgueil), et présentant des caractéristiques variées du point de vue de l'alimentation hydrique. Les trois parcelles sélectionnées sont codées LEB, CYR et BMO. Elles sont plantées en Cabernet franc. Aucun suivi phénologique ni d'alimentation en eau (pluviométrie, stress hydrique, etc.) n'a été réalisé en 2007. Leurs caractéristiques sont rassemblées dans le Tableau 4-1.

Cinquante grappes ont été prélevées sur 2 rangs, (1 grappe par cep) et alternativement de chaque coté du rang à deux dates. La première date correspondait à : mi-véraison +34jours (CYR), mi-véraison + 30jours (BMO) et mi-véraison + 27jours (LEB). La seconde date correspondait à mi-véraison +52jours (CYR), mi-véraison + 47jours (BMO) et mi-véraison + 44jours (LEB). Par convention, nous noterons la première date V34 et le seconde V49 (en 2007, les vignerons ont récolté aux dates suivantes : CYR et BMO : 5 jours avant le second prélèvement et LEB : jour du second prélèvement). La grappe prélevée était située sur le sarment médian. Au laboratoire, 200 baies ont été prélevées au hasard avec pédicelle. Un tirage aléatoire de 100 baies parmi 200 a été réalisé de manière à obtenir deux lots. Chaque lot a été pesé. Cent baies ont été immédiatement congelées à -80°C. 100 baies ont été broyées sans que les pépins ne soient abîmés, puis le jus a été filtré sur papier.

10 baies ont été prélevées avec pédicelle puis pesées. Les 5 baies les plus proches de la masse moyenne des lots de 100 baies ont été conservées pour les prélèvements en vue des analyses histologiques.

Les analyses suivantes ont été réalisées sur le jus filtré :

- Sucres : réfractomètre différentiel
- Acidité totale et pH : titrimétrie automatique

- Anthocyanes totales : décoloration SO2 (Ribereau-Gayon and Stonestreet 1965).
- Composés phénoliques totaux : Folin Ciocalteu (OIV 2010a; Singleton and Rossi 1965).
- Acide malique : méthode enzymatique (OIV 2010a).
- Acide tartrique : méthode métavanadate d'ammonium (OIV 2010a)

Sur les baies congelées, les pellicules et les pépins ont été séparés manuellement de manière à pratiquer les analyses suivantes :

- Anthocyanes libres (HPLC, méthode selon Roggero et al. (Roggero et al. 1992). Le mode opératoire a été décrit dans le chapitre précédent.
- Tanins condensés (HPLC, fractionnement gel Toyopearl, thiolyse (Rigaud et al. 1991). Le mode opératoire est décrit dans la partie suivante.

Sur les baies prélevées pour histologie : aussitôt les baies prélevées, une portion de pellicule est prélevée à l'équateur de la baie. Ses dimensions sont d'environ 1X3 mm. Chaque morceau est coupé en deux parties de taille équivalente. L'un des morceaux est plongé dans du liquide de Baker (pour analyse après cryotomie, sans coloration), l'autre dans du glutaraldéhyde (pour analyse après inclusion en résine, microtomie et coloration). Sur ces baies, les pépins sont séparés, puis sur un pépin de chaque baie, une rondelle est prélevée (épaisseur : env. 1 mm) sur la partie médiane du pépin. Chaque rondelle est immédiatement plongée dans du glutaraldéhyde.

Tableau 4-1. Principales caractéristiques des parcelles d'étude.

Plot	LEB	BMO	CYR
AOC	Anjou Villages Brissac	Anjou	Saumur-Champigny
Water availibility	Low	High	Average
Soil	shallow sandy schist	Sandy and sandy clay - Senonien	Turonian chalk (yellow limestone)
Ecartement mxm	1,90x1,05	2,00x1,05	2,00x1,05
Density vinestock.(Ha-1)	5000	4750	4750
Height (m)	130	140	130
Age (year)	20	30	30
Soil maintenance	mowed seedling	Controled natural weed	semis tondu
Pruning	Guyot double	Guyot double	Guyot double
Nb bud per vine stock	4+3 + 2x2	2x4 +2x2	7 + 2x2

Les pellicules et les pépins sont ensuite inclus en résine, marqués au bleu de toluidine (TBO) (O'Brien *et al.* 1964) et au *p*-diméthylaminocynamaldéhyde (DMACA) (Treutter 1989) puis analysés avec le logiciel « ImageJ » (Figure 4-2Figure 4-1. Schéma synthétique histochimie + analyse d'images.

Tableau 4-2) selon les procédures précédemment décrites, pour le TBO, dans la partie précédente, et pour le DMACA, par Cadot *et al.* (Cadot *et al.* 2006a; b).

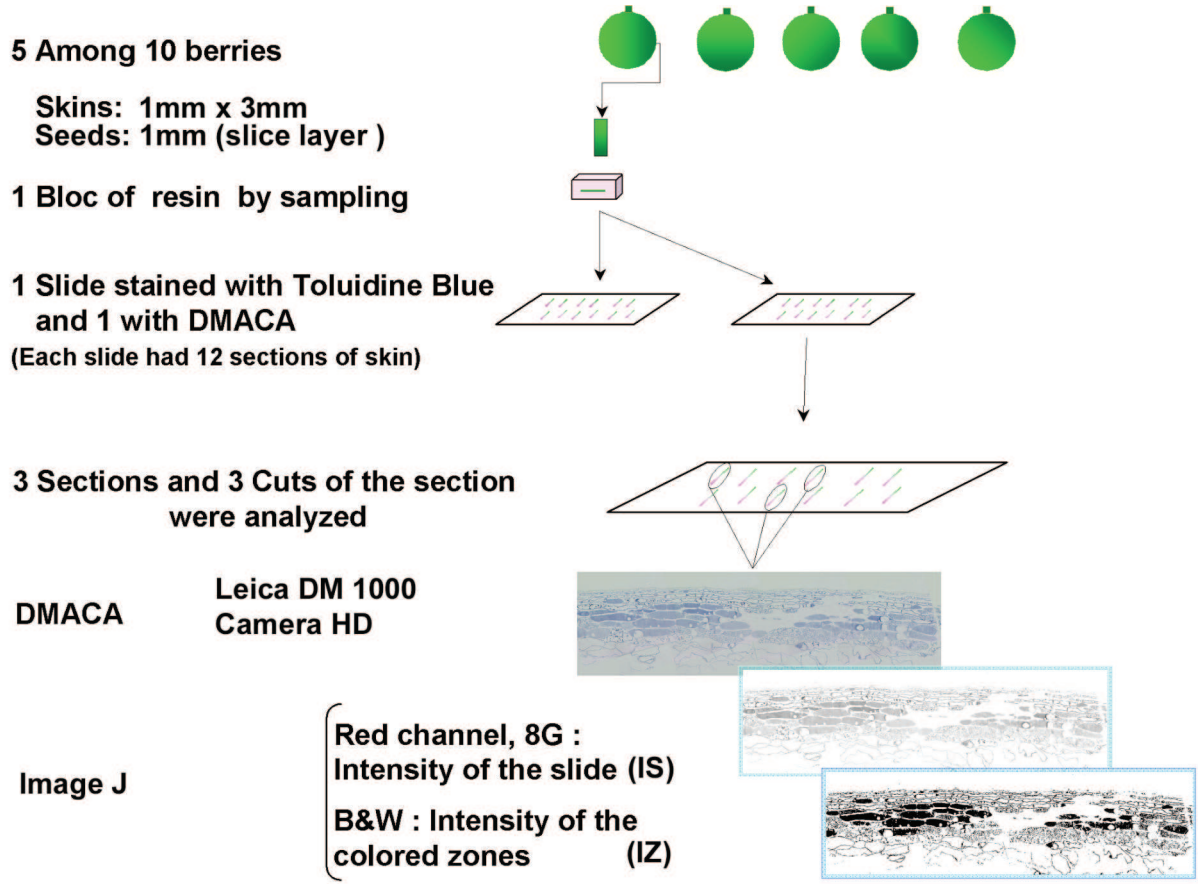


Figure 4-1. Schéma synthétique histochimie + analyse d'images.

Tableau 4-2. Mesures réalisées sur les clichés des coupes histologiques (marquage DMACA).

IS	Intensité moyenne de la coloration sur la coupe
SO	Taux d'occupation de la coloration
IZ	Intensité moyenne de coloration des zones colorées

Des analyses de la variance ont été réalisées sur les résultats des analyses des anthocyanes et des proanthocyanidines. Lorsque les conditions de l'analyse de la variance n'étaient pas respectées, la significativité a été estimée d'après l'incertitude élargie (U) déterminée selon la procédure proposée par l'Organisation internationale de Normalisation (Organisation Internationale de Normalisation 1995). Par ailleurs, U a été déterminée pour l'ensemble des analyses d'anthocyanes et des proanthocyanidines dans l'objectif d'estimer les sources d'incertitude dans les « chaînes d'analyses » (du prélèvement sur la parcelle à l'intégration des spectres d'HPLC), dans le cadre d'une démarche d'Assurance Qualité en Recherche (AQR).

Les microvinifications ont été réalisées en triple pour chacune des modalités. Environ 1,6Kg de vendanges ont été mis en oeuvre pour chaque vinification. Les moûts ont été sulfités dès l'encuvage (60 mg.L-1), supplémentés en azote assimilable, dans la limite de 130 mg.L-1, puis ensemencés le lendemain matin (levures sèches actives, 200 mg.L-1). Le suivi de la fermentation a été réalisé par mesure de la perte de masse. Les températures n'ont pas été maîtrisées. Les températures de fermentations ont été comprises entre 20 et 24°C max. Les marcs ont été remis en suspension chaque jour, par retournement de la cuve. La durée de cuvaison a été de 7 jours.

Le dispositif mis en place est décrit par la Figure 4-2.

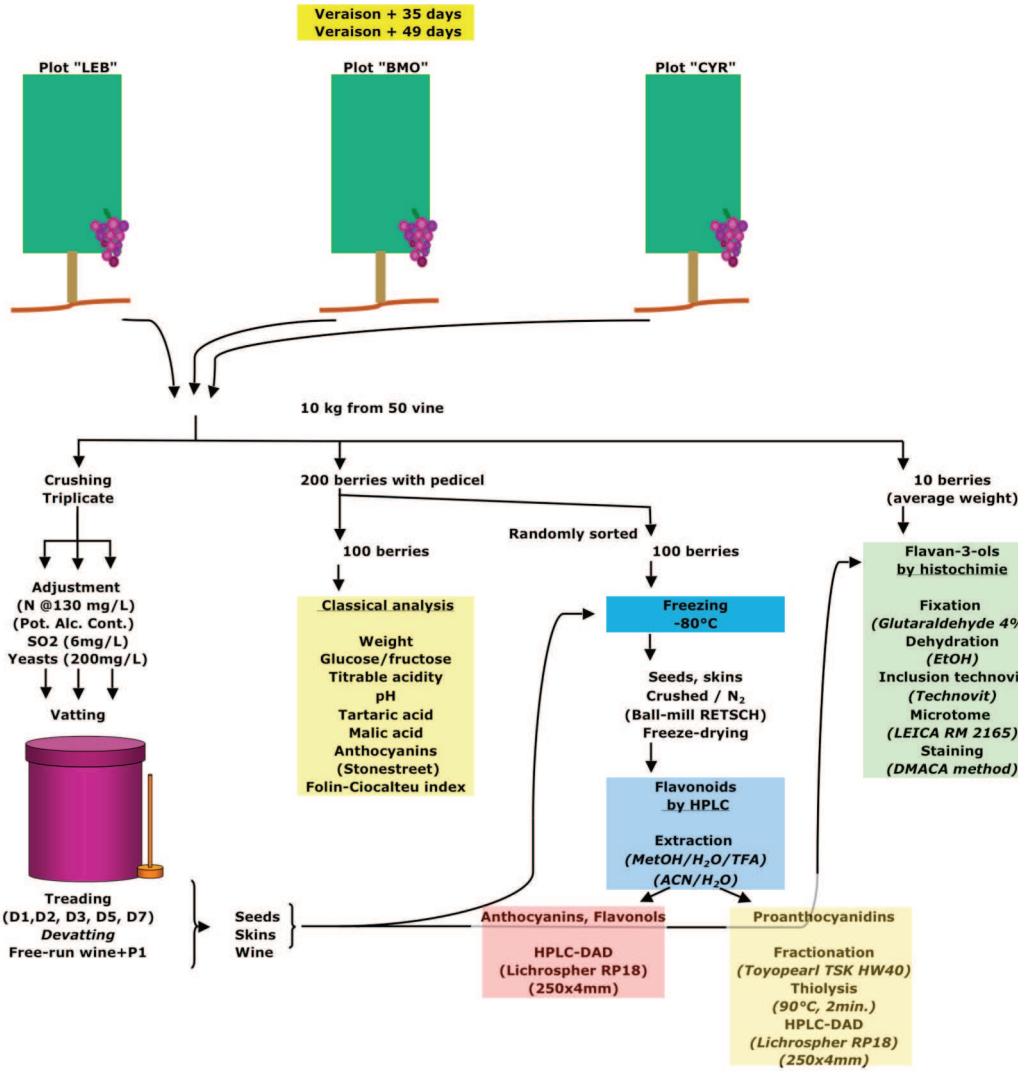


Figure 4-2: Dispositif général mis en oeuvre pour le millésime 2007.

4.3.2. Résultats discussion

Tableau 4-3. Principales caractéristiques biochimiques des raisins récoltés.

Parcelle	Stade	Masse (g.100 baies-1)	Sucres (g.L-1)	Alcool probable (% vol.)	Ac, Totale (g.L-1 H2SO4)	Ac tartrique (g.L-1)	Ac Malique (g.L-1)	Indice de maturité	Antho. totales (g.Kg-1)	Indice Folin Ciocalteu
LEB	V34	125,1	179,5	10,7	6,1	5,5	11,3	29,4	1,469	46,5
BMO	V34	143,0	179,5	10,7	6,5	6,4	12,6	27,6	1,322	41,2
CYR	V34	132,4	191,9	11,4	5,2	5,7	10,4	36,9	1,632	40,7
LEB	V49	136,3	211,3	12,6	4,1	4,9	4,9	51,5	1,369	29,6
BMO	V49	156,0	198,7	11,8	4,8	5,9	4,9	41,8	1,528	37,0
CYR	V49	137,0	214,7	12,8	3,6	4,6	4,9	59,6	1,837	37,6

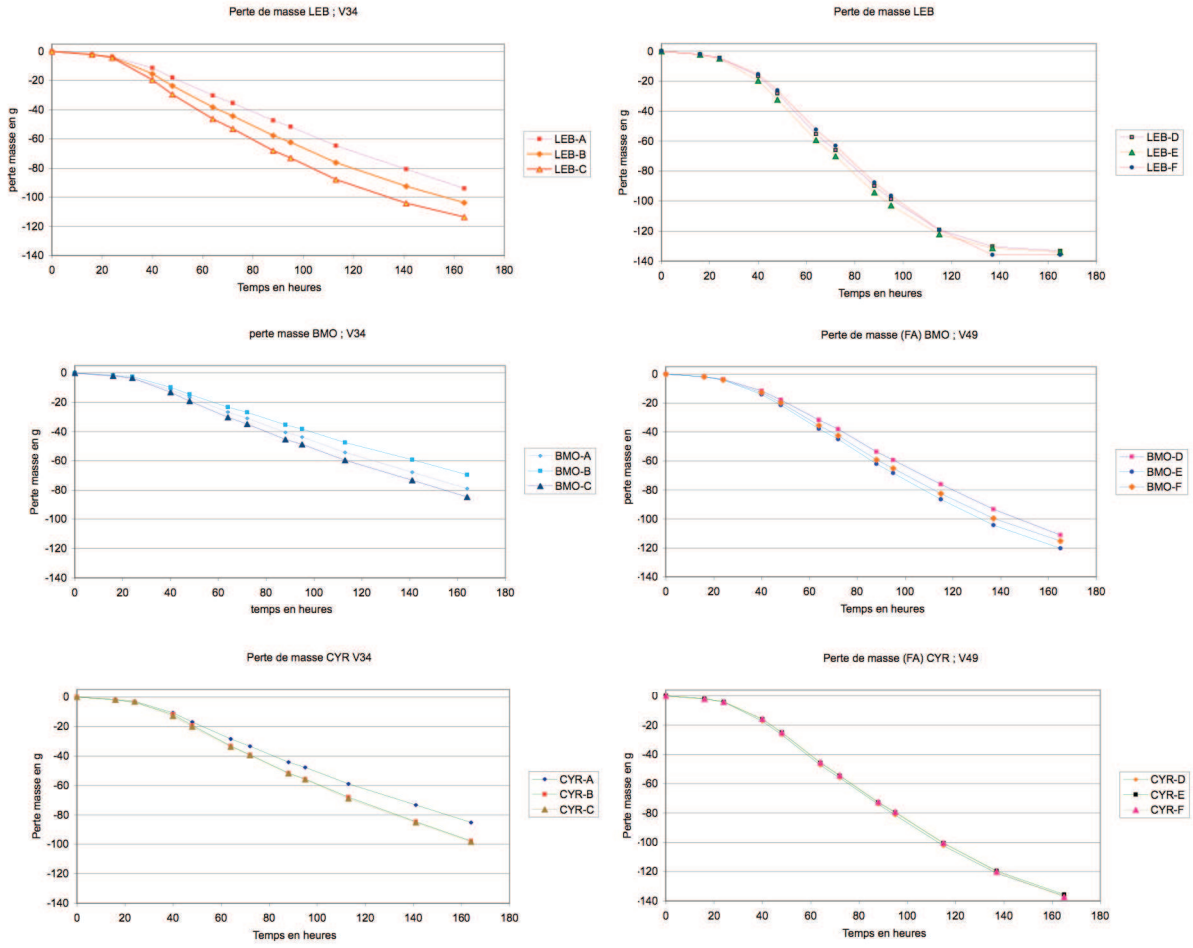


Figure 4-3. Suivi fermentaire des microvinifications.

Selon leur origine, les baies se différencient essentiellement en fonction de leur taille (les baies de la parcelle BMO étant plus grosses) et de leur teneur en sucres. La parcelle CYR a des indices de FC plus élevées, qui peuvent s'expliquer par des teneurs en anthocyanes totales plus élevées (

Tableau 4-3).

Les cinétiques fermentaires sont significativement différentes selon la parcelle, mais également selon le niveau de maturité. Les baies récoltées plus tard fermentent plus rapidement (Figure 4-3). Par ailleurs, il existe également un effet parcelle, avec LEB fermentant plus rapidement et BMO moins rapidement. Une cinétique fermentaire plus rapide peut contribuer à une extraction plus importante de composés phénoliques (Oszmianski *et al.* 1986). Ces différences pourraient provenir de teneurs en azote assimilables plus importantes (Malherbe *et al.* 2004) même si généralement, les teneurs en azote qui ont diminué après véraison, évoluent peu en fin de maturation (Conde *et al.* 2007). Les températures à l'encuvage étaient identiques pour les deux dates.

Concernant les résultats des analyses histochimiques, les mesures réunies dans le Tableau 4-4 montrent que les proanthocyanidines évoluent positivement en fonction du niveau de maturité : les PA n'occupent pas plus de surface, et leur répartition cellulaire ne change pas, mais leur intensité moyenne augmente très significativement. Des exemples de coupes histologiques sont rassemblées dans les Figure 4-4,

Figure 4-5 et Figure 4-6. Or, en termes de quantité totale (cf. Figure 4-7 et Figure 4-8), cela ne se traduit pas par des teneurs plus importantes, ou des degrés de polymérisation différents. Par ailleurs, les différences entre parcelles sont importantes : sur la parcelle CYR, la surface colorée est moins importante, et l'intensité de la coloration significativement plus élevée alors que les résultats des analyses biochimiques ne ne montrent pas de telles différences). Plusieurs éléments de discussion peuvent être avancés.

- Nous avons montré dans la partie précédente (#3.2) que l'agencement des tanins dans les tissus évoluait vers des formes plus condensées avec la maturité. Les teneurs en sucres et acidité de CYR confirment l'état d'avancement de CYR par rapport aux autres parcelles (date de mi-véraison plus précoce de 7 et 4 jours par rapport à LEB et BMO).
- Une étude précédente (Cadot *et al.* 2006b) a montré que l'intensité et la surface occupée étaient corrélées à la présence plus forte de contrainte avant véraison (hydrique, lumière).
- La réaction au DMACA est basée sur la réactivité des sommets nucléophiles des flavanols avec l'aldéhyde protoné en milieu fortement acide (Treutter 1989; Treutter *et al.* 1994). Plus le milieu contient des flavanols et plus l'intensité de la réaction colorée est élevée. Cependant, la réaction est affectée par le degré de polymérisation des proanthocyanidines. Plus le degré de polymérisation est élevé, moins les sites nucléophiles des noyaux phloroglucinols sont accessibles à l'aldéhyde. Dans le cas

de réaction colorée au DMACA, il a été montré que l'intensité de la couleur diminuait et que la couleur après réaction évoluait également (Errea *et al.* 2000). Ce principe de diminution d'intensité colorante en fonction du DPm a été employé pour la détermination du niveau de polymérisation des proanthocyanidines du vin (Vivas *et al.* 1994).

- La préparation des échantillons en vue de leur analyse par histochimie peut conduire à des biais analytiques, liés aux procédures de fixation (avec un aldéhyde) et de déshydratation (avec des solutions croissantes d'éthanol). Par ailleurs, des pertes et des diffusions peuvent avoir lieu lors de la coupe au microtome (Cadot *et al.* 2006b).

Afin de mieux comprendre les écarts observés entre les approches histochimiques et les approches biochimiques, et de manière à renforcer les possibilités d'interprétations de la combinaison de ces deux techniques, il conviendra (i) d'étudier les artefacts possibles lors de la mise en œuvre des analyses par histochimie, (ii) d'analyser spectralement et/ou biochimiquement des prélèvements de tissus en utilisant des fragments frais, et dont la localisation des flavanols pourrait être lié à leur autofluorescence.

Tableau 4-4. Synthèse des résultats des analyses d'image (n=150/modalité). Analyse de la variance. Tests Newman-Keuls. IS :Intensité moyenne de la coloration sur la coupe ; SO : taux d'occupation de la coloration ; IZ : intensité moyenne de la coloration.

IS

Parcelle	Moyenne estimée	Groupes	***
BMO	8,011	A	
LEB	7,347	B	
CYR	6,254		C

IS

Stade	Moyenne estimée	Groupes	***
V+49	7,879	A	
V+35	6,717		B

SO

Parcelle	Moyenne estimée	Groupes	***
BMO	9,20%	A	
LEB	9,05%	A	
CYR	7,46%		B

SO

Stade	Moyenne estimée	Groupes	NS (P=0,075)
V+35	8,53%	A	
V+49	8,77%	A	

IZ

Parcelle	Moyenne estimée	Groupes	***
BMO	86,662	A	
CYR	83,045	B	
LEB	78,780		C

IZ

Stade	Moyenne estimée	Groupes	***
V+35	77,060	A	
V+49	89,306		B

Stade V+35

IS	Moyenne estimée	Groupes	***
LEB	7,951	A	
BMO	7,099	B	
CYR	5,071		C

SO	Moyenne estimée	Groupes	***
LEB	9,51%	A	
BMO	9,09%	A	
CYR	6,92%		B

IZ	Moyenne estimée	Groupes	***
LEB	82,453	A	
BMO	77,101	B	
CYR	71,768		C

Stade V+49

IS	Moyenne estimée	Groupes	***
BMO	8,999	A	
CYR	7,814		B
LEB	6,798		B

SO	Moyenne estimée	Groupes	*
BMO	9,31%	A	
LEB	8,64%	A	B
CYR	8,18%		B

IZ	Moyenne estimée	Groupes	***
CYR	97,911	A	
BMO	97,019	A	
LEB	75,438		B

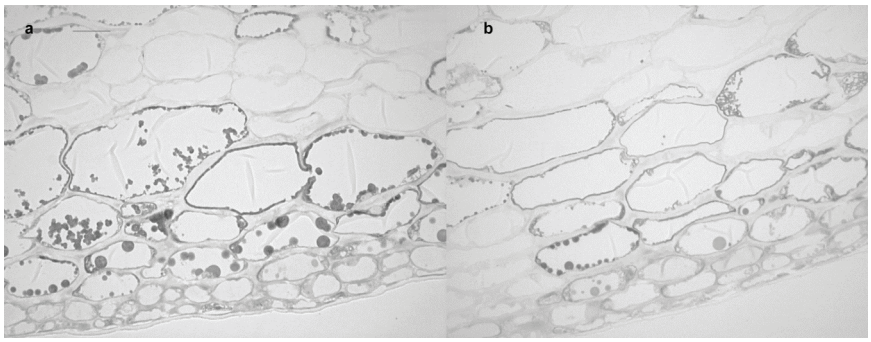


Figure 4-4. Coupes histologiques de pellicules. (a) BMO V35. (b) CYR V35. Coloration DMACA. Le trait correspond à 25 microns. IS : BMO=7,0 ; CYR=5,1 ; SO : BMO=9,2%, CYR=6,0%. Echelle : 25 microns.

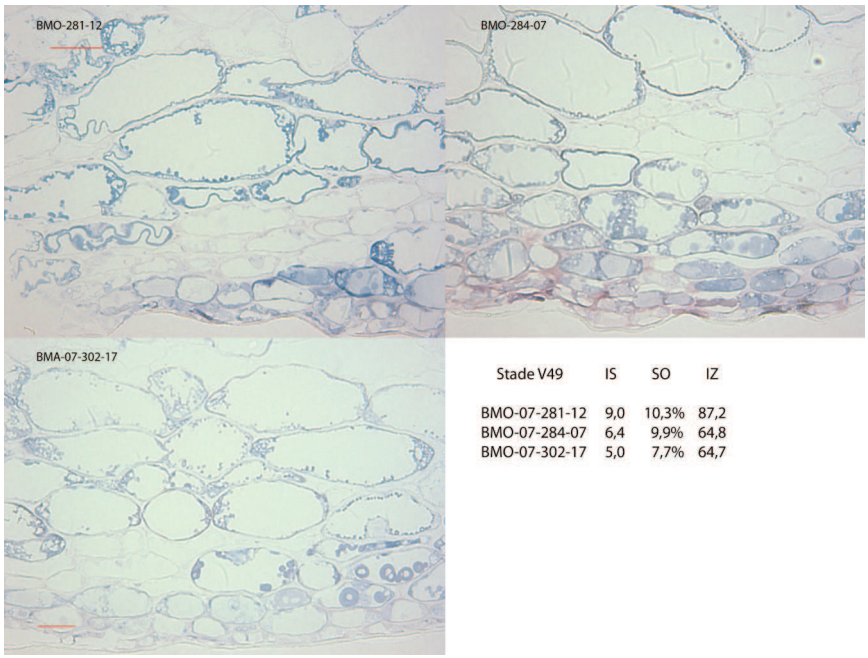


Figure 4-5. Coupes histologiques de pellicules de BMO à V49. Coloration DMACA. Résultats des analyses d'image. Echelle : 25 microns.

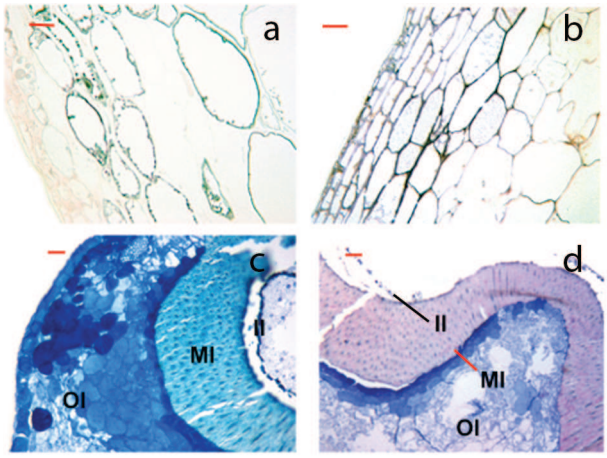


Figure 4-6. Coupes histologiques de pellicules (a,b) et de pépins (c,d) pour CYR à V35. (a) et (c) Baies récolte. (b) et (d) Décuvage. OI Tégument externe. MI Tégument moyen. OI Tégument interne. Au décuvage, l'ensemble des cellules de la pellicules sont colorées et les cellules de la partie interne du tégument interne contiennent encore des tanins. Echelles : 25 microns.

Tableau 4-5. Teneurs en anthocyanes et effet date et origine. Analyses de la variance pour effet stade. Incertitude élargie (U) pour effets parcelles.

Anthocyanes sur pellicules avant microvinification

Stade	Parcelle	AnthoT g/Kg	Antho g/1000b	Trisub %	Coum-acét. %	Mv %
V30	LEB	0,800	0,999	40,0%	31,6%	46,4%
V30	BMO	0,718	0,986	39,1%	28,3%	48,9%
V30	CYR	0,959	1,257	52,7%	28,5%	49,4%
VGE	LEB	0,956	1,352	47,6%	29,2%	49,5%
VGE	BMO	0,954	1,462	51,3%	31,6%	53,7%
VGE	CYR	0,884	1,271	47,0%	28,1%	51,1%

Stade		/	°	/	/	/
Parcelle VGE		ns	s	nc	nc	nc
Parcelle V30		s	ns	nc	nc	nc

**	0,01
*	0,05
°	0,10
/	non significatif
s	significatif selon incertitude élargie (U) mesure sur baies
ns	non significatif selon incertitude (U) élargie sur baies
nc	non calculé

Tableau 4-6. Teneurs en proanthocyanidines à la récolte et au décuvage. EGC : epigallocaéchine. ECG : Epicatechine gallate.

Veraison + 35 days			Veraison + 49 days			Date effect	
	% épigall.	% galloylated		% épigall.	% galloylated	%EGC	%ECG
Seeds harvest			Seeds harvest				
LEB	/	31.9 +/-1.0^{ab}	LEB	/	30.9 +/-0.4^{a}		
BMO	/	33.0 +/-1.5^{a}	BMO	/	30.6 +/-0.4^{a}	/	NS
CYR	/	29.0 +/-2.3^{b}	CYR	/	30.3 +/-0.9^{a}		
Skins harvest			Skins harvest				
LEB	41.8 +/- 4.2^{a}	3.7 +/-0.4^{a}	LEB	42.5 +/-4.3^{a}	3.6 +/-0.4^{a}		
BMO	44.9 +/- 4.5^{a}	2.8 +/- 0.3^{b}	BMO	42.3 +/-4.2^{a}	3.7 +/-0.4^{a}	NS	NS
CYR	42.6 +/- 4.3^{a}	3.2 +/-0.3^{ab}	CYR	46.4 +/-4.6^{a}	3.1 +/-0.3^{b}		
Seeds devatting			Seeds devatting				
LEB	/	29.0 +/-2.4^{a}	LEB	/	27.8 +/-2.7^{a}		
BMO	/	28.4 +/-0.5^{a}	BMO	/	29.9 +/-3.1^{a}	/	NS
CYR	/	27.2 +/-4.0^{a}	CYR	/	30.0 +/-3.4^{a}		
Skins devatting			Skins devatting				
LEB	31.4 +/-4.6^{ab}	7.1 +/-1.4^{a}	LEB	29.8 +/-3.1^{b}	5.9 +/-0.7^{b}		
BMO	35.5 +/-0.9^{a}	4.1 +/-0.1^{b}	BMO	33.7 +/-1.4^{a}	5.1 +/-0.6^{c}	0.05	NS
CYR	31.5 +/- 3.4^{b}	6.1 +/-1.5^{a}	CYR	27.1 +/-0.9^{b}	8.0 +/-1.4^{a}		
Wine devatting			Wine devatting				
LEB	22.7 +/-0.9^{b}	6.3 +/-1.3^{a}	LEB	17.2 +/-6.2^{b}	12.0 +/-2.4^{a}		
BMO	26.5 +/-0.7^{a}	4.2 +/-0.5^{b}	BMO	26.6 +/-2.3^{a}	7.2 +/-0.5^{b}	NS	0.01
CYR	24.7 +/-2.4^{ab}	4.9 +/-0.5^{b}	CYR	21.6 +/-1.7^{b}	7.1+/-0.1^{b}		

Les teneurs en anthocyanes sont dépendantes du niveau de maturité (Tableau 4-5) même si l'effet stade est faible. Les teneurs dans le vin après cuvaison ne sont pas significativement différentes (résultats non présentés).

Concernant les compositions en proanthocyanidines (Tableau 4-6), l'effet date de récolte n'est significatif que pour deux paramètres, sur les pellicules au décuvage (%EGC, effet date) et le vin au décuvage (%ECG, effet date). Si des différences entre parcelles sont

mesurées et significatives, elles sont faibles sur la vendange. Les différences sont plus importantes sur le vin au décuvage (Figure 4-7 et Figure 4-8). Le DPm des pellicules (décuvage) est significativement plus faible à V49, même si cela ne se traduit pas, dans le le vin, par un DPm différent selon la date (le DPm des pépins restant stable). Les PA les plus gros sont moins extraits à V35 qu'à V49, comme le suggère l'augmentation du DP dans les pellicules au décuvage. Enfin, les bilans d'extraction montrent que certains composés natifs ne sont pas retrouvés au décuvage, reflètant la transformation des composés extraits ou non, en d'autres composés non accessibles à notre analyse.

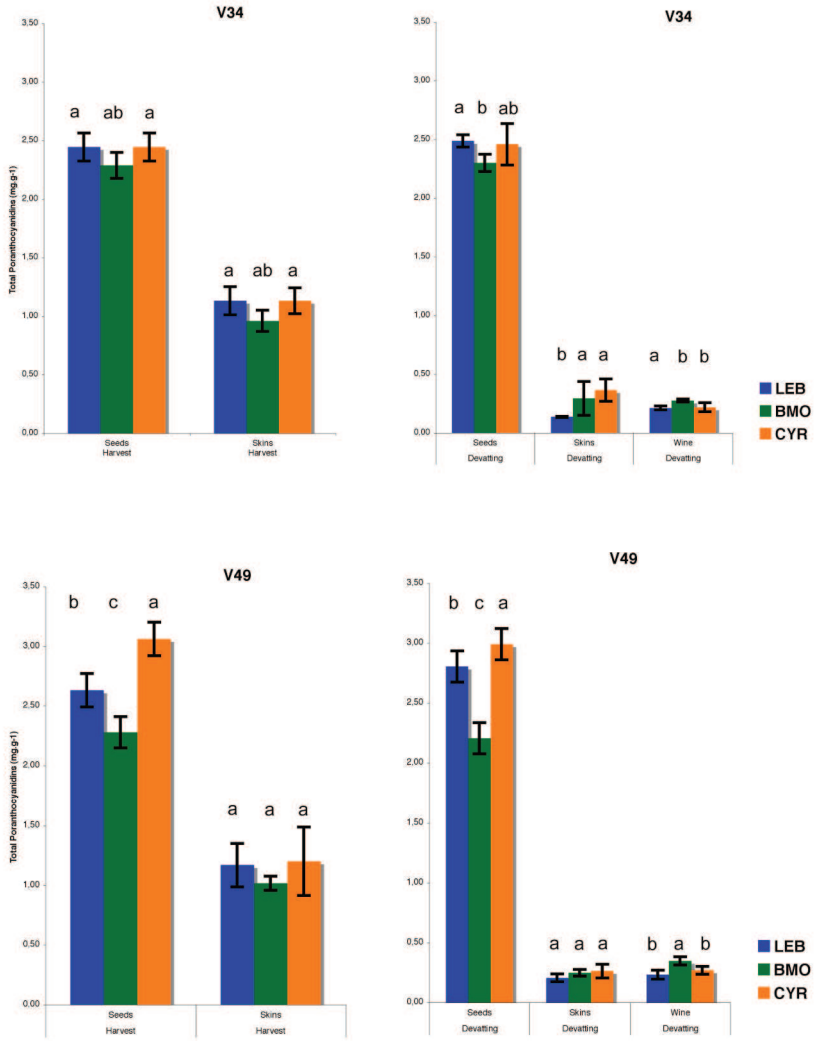


Figure 4-7. Teneur en proanthocyanidines à la récolte et au décuvage. V34 et V49.

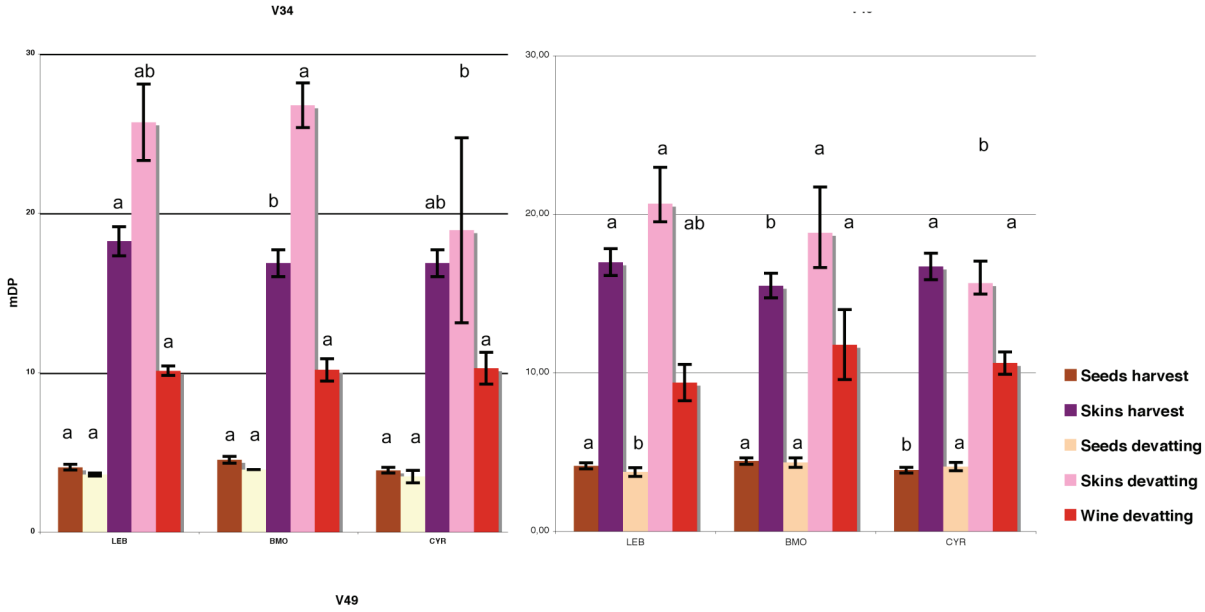


Figure 4-8. Degré moyen de polymérisation des proanthocyanidines à la récolte et au décuvage. V34 et V49.

Enfin nous avons calculé la contribution potentielle des pépins à la composition du jus au décuvage à partir de la concentration en EGC, ECG, du total des proanthocyanidines et du degré moyen de polymérisation des pépins, des pellicules avant cuvaison, et des valeurs mesurées dans les pépins, les pellicules et le jus au décuvage (Tableau 4-7). L'hypothèse de calcul est basée sur les éléments suivants : (i) les composés du jus proviennent exclusivement des pellicules et des pépins, en faisant abstraction des tanins de la pulpe, (ii) la formation de nouveaux composés durant la phase de cuvaison affecte dans la même proportion tous les composés natifs, (iii) les taux d'extraction ne sont pas dépendants du DP. Les résultats montrent qu'il n'est pas possible de prévoir, à partir des compositions des pépins et des pellicules, la composition du jus, du fait que l'hypothèse de calcul n'est sans doute pas vérifiée et du fait des imprécisions liés aux prélèvements de pellicules et de pépins lors du décuvage.

Tableau 4-7. Contribution des pépins à la composition du jus au décuvage, calculée à partir de quatre paramètres analytiques.

	Veraison +35d			
	EGC	ECG	mDP	Total PA
LEB	46%	9%	57%	30%
BMO	41%	5%	54%	11%
CYR	42%	7%	51%	0%
	Veraison +49d			
	Prodelph.	Galloyl.	mDP	
LEB	60%	31%	59%	0%
BMO	37%	13%	34%	0%
CYR	53%	15%	47%	0%

Au final, s'il semble, à partir des analyses histochimiques, que la composition des baies évolue au cours de la maturation, ces évolutions sont difficiles à confirmer par les analyses par HPLC. Des différences de composition du vin ont été mises en évidence, mais leur effet sur le style de vin produit n'est pas certain. Pour vérifier les relations possibles entre la composition de la vendange et le style du vin, des analyses sensorielles des vins produits ont été ajoutées au dispositif (paragraphe suivant).

4.4. Etude de la relation entre les éléments constitutifs de la maturité phénolique (composition et extractibilité) et le profil sensoriel des vins obtenus

L'objectif de cette partie est d'étudier l'incidence, au niveau sensoriel, du niveau de maturité des baies, et éventuellement, de relier cet effet à une composition biochimique particulière. Lors de l'analyse par HPLC, des pertes d'information sont possibles lors de l'analyse des proanthocyanidines (dépolymérisation partielle (Kennedy *et al.* 2000b), rétention de flavanols dans la colonne de l'HPLC). Aussi, afin de prendre en compte de possibles pertes lors de la dépolymérisation, un rendement de thiolyse a été calculé, à partir de l'extrait avant thiolyse. Une mesure de l'absorbance à 280nm a été effectuée sur cet extrait et sur l'extrait après thiolyse ; le rendement de thiolyse a été calculé, prenant en compte la surface des pics après fractogel, thiolyse et HPLC et l'absorbance de l'extrait à 280nm (exprimés en équivalent catéchine). Cette mesure permet d'évaluer la proportion de composés absorbants à 280 nm mais pas séparés par HPLC. le rapport d'absorbance avant/après thiolyse.

Les résultats, concernant le millésime 2006, sont rassemblés ci-dessous sous la forme d'une publication en préparation intitulée **Effect of soil and ripening stage on the extractability of flavonoids during winemaking: what is the impact on wine sensory profiles?**

Effect of soil and ripening stage on the extractability of flavonoids during winemaking: what is the impact on wine sensory profiles?

Abstract

In order to produce wines with distinctive styles, the harvest time is a critical point to the winemaker. In particular, the relation between the ripening stage and the extractability of flavonoids must be highlighted. The aim of this study was to understand the relationship between the ripening stage of the berries and the sensory profile of the wines, and to relate these relationships to flavonoid composition and extractability during winemaking.

The extractability of anthocyanins and proanthocyanidins from *Vitis Vinifera* var. Cabernet franc was monitored at two stages of maturity, from three plots with different types of soils in term of water status. The flavonoid analysis has been performed by RPLC. The distinctive style “Anjou” was investigated through a sensorial conventional profile and through assessment of the typicality.

Results showed that the composition of flavonoids was related to date of harvest, both in the skin and seeds. The quality of tannins contained in the wine at devatting was different according to the harvest date. Moreover, the quantity and quality of condensed tannins were highly correlated to the typicality scores. The extractability evolved during ripening, with for the skin compartment, an increase of lower molecular weight proanthocyanidins, prodelphinidins, and a decrease of galloyled proanthocyanidins, and for the seed compartment, a decrease of total extractability and of the proportion of galloyled proanthocyanidins. For anthocyanins, if total anthocyanins increased, the extraction yield did not evolve.

For the sensorial point of view, ripening effect was significant for colour and for bitterness attributes. Typically assessment was linked with total anthocyanins, and with the ratio between proanthocyanidins and anthocyanidins.

Introduction

Phenolics are secondary plants metabolites compounds which are widely distributed in the plant kingdom and they are obviously present in *Vitis vinifera*. The phenolic composition of the grape at maturity is a major information for the winemaker. Phenolic compounds include anthocyanins, i.e. the red grape pigments, and proanthocyandins, or condensed tannins. The former are located in skins and accumulate during ripening (Boss *et al.* 1996) while the latter are located in the grape skin and seeds (Souquet *et al.* 1996c; Souquet *et al.* 2000b) and

biosynthesis in earlier stages of berry development (Cadot *et al.* 2006b; Downey *et al.* 2003; Gagne *et al.* 2006; Ristic and Iland 2005).

The skin contains a lower concentration of flavan-3-ols than the seeds and their composition are different according to variety (Cheynier 1999; Moutounet *et al.* 1996; Ricardo-da-Silva *et al.* 1991; Souquet *et al.* 1996a; Thorngate and Singleton 1994). The proanthocyanins (PA) are oligomeric and polymeric flavan-3-ols, linked together by C(4)-C(6) or C(4)-C(8) interflavanoids bonds (Ricardo-da-Silva *et al.* 1990; Souquet *et al.* 2000a). As pointed out by some authors, the proanthocyanidins play an important role according to their high reactivity: polymerisation, condensation, oxidation (Cheynier *et al.* 1997; Kennedy *et al.* 2000b) and the content of flavan-3-ols is an important factor in determining the quality of juices and wines (Arnold *et al.* 1980; Brossaud *et al.* 2001; Haslam 1980; Jordao *et al.* 2001; Lea *et al.* 1979; Treutter 1989). PA are responsible for astringency, due to precipitation of salivary proteins which reduce saliva viscosity (Brossaud *et al.* 2001; Cheynier *et al.* 1998; Haslam 1974; Vidal *et al.* 2004b), and could play a role as copigments or as red-pigmented PA after condensations with anthocyanins (Budic-Leto *et al.* 2006; Duenas *et al.* 2006; Fulcrand *et al.* 2006; Salas *et al.* 2004; Salas *et al.* 2005; Schwarz *et al.* 2004).

Seeds are a large source of phenolic compounds even though seeds represent only 0-6% of berry weight (Brossaud *et al.* 1999; Roson and Moutounet 1992). Some authors have indicated that the number and weight of seeds are related to berry weight and berry ripening (Coombe 1973; Huglin and Schneider 1998; May 2000; Olmo 1946; Ristic and Iland 2005; Walker *et al.* 2005). The relationship between berry size and seed number is quadratic (May 2000). Changes in seed coat colour and in seed phenolics is related to berry phenolics (Ristic and Iland 2005). Moreover, the composition of wine is linked with berry size; wines made from smaller berries have a higher proportion of compounds derived from skin and seed (Walker *et al.* 2005).

However, if the proanthocyanidins are major compounds of the grape, their synthesis, properties, and availability are still misunderstood in spite of many studies, in particular about their extractability (Amrani-Joutei and Glories 1994b; Asselin *et al.* 1999; Cuenat *et al.* 2002; Gonzalez-Manzano *et al.* 2004; Gonzalez-Neves *et al.* 2004; Marais 2003a; b; Oszmianski *et al.* 1986; Spranger *et al.* 2004; Sun *et al.* 2001).

Grape seed tannins consist of partly galloyled proanthocyanidins whereas grape skin also contain prodelphinidins. Quantity and quality of proanthocyanidins which, is specific for variety and was studied for Cabernet franc (Brossaud *et al.* 1999; Lovino *et al.* 2006; Moutounet *et al.* 1996; Rossouw and Marais 2004). In Cabernet Franc variety, epicatechin is the most important monomer in skin and seeds. Levels of galloyled flavan-3-ols are higher in

seeds than in skin. Finally, the mean degree of polymerization (mDP) is about 4-10 in seeds and about 25-30 in skin (Prieur *et al.* 1994; Souquet *et al.* 1996a).

Some studies have shown that many environmental and cultural practices can affect the accumulation of the flavanoids. The composition of these compounds in grapes of different varieties could be affected by water status (Deloire et al. 2003; Matthews and Anderson 1988; Ojeda et al. 2002; Roby et al. 2004), nitrogen (Delgado et al. 2004; Hilbert et al. 2003), shading and temperature (Downey et al. 2004). Changes during berry development in these different conditions are well known for anthocyanins. For PA, differences between plots could be observed before ripening (Kennedy et al. 2000a; Kennedy et al. 2000b). Studies have investigated the composition of these compounds and their changes during ripening (de Freitas and Glories 1999; Downey et al. 2003; Kennedy et al. 2000a; Kennedy et al. 2000b; Moutounet et al. 1996; Ristic and Iland 2005; Santos-Buelga et al. 1995). The highest flavanol concentrations are at veraison, after which they decline slowly until near maturity, time at which they remain relatively constant (de Freitas and Glories 1999; Downey et al. 2003; Fujita et al. 2005; Kennedy et al. 2000a). The decrease is more rapid for flavan-3-ol monomers than for polymers, so that the average degree of polymerization increases with maturity (Downey et al. 2003; Geny et al. 2003; Thorngate and Singleton 1994). . In seed and skin from Cabernet franc the flavanol content in the berries did not evolve during the month before harvest (Brossaud et al. 1999).

The extractability of flavonoids were studied by some authors (Amrani-Joutei and Glories 1994a; Canals *et al.* 2005; Fournand *et al.* 2006; Gonzalez-Manzano *et al.* 2004; Ortega-Regules *et al.* 2008; Oszmianski *et al.* 1986; RÌo Segade *et al.* 2008; Romero-Cascales *et al.* 2005b; Sun *et al.* 1999). But, from a winemaking perspective, the berry seeds initially have been considered less important than skins because flavanols are more readily extracted from skins than from seeds during maceration (Amrani-Joutei and Glories 1994a; Gonzalez-Manzano *et al.* 2004; Kantz and Singleton 1991; Ribereau-Gayon *et al.* 2000). Nearly half of extractable catechins and oligomeric procyanidins in grape seeds are transferred into wine but seeds do not contribute to polymeric procyanidins to the wine (Sun et al. 1999). For Del Llaudy (del Llaudy *et al.* 2008), ripening stage had a major influence on tannin extraction, were tannins contribution from skins increased but from seeds decreased. The mDP of the tannins from skins or seeds was unaffected by ripening stage. Extraction of these compounds increase with temperature and combination of some conditions as alcohol and presence of SO_2 (Canals *et al.* 2005; Oszmianski *et al.* 1986) or maceration length (del Llaudy *et al.* 2008).

Taking into account their concentration at harvest and their ability to extraction during wine making could be important for the winemaker in order to produce a wine with a particular style. The characteristics of a product from a terroir are defined as “typicality”, meaning that the product is representative of its terroir defined by two dimensions, (i) the environmental factors (ii) and the variety, the cultivation and wine making practices (Salette 1997). The typicality should make it possible to differentiate, identify, and recognise the product. For AOC wines, the typicality, which corresponds to biochemical and sensory characteristics, is the most synthetic expression of the soil, contributing to making AOC wine an original product (Letablier and Nicolas 1994; Salette *et al.* 1998). According to (Sauvageot 1994), when the concept of typicality is applied to oenology, it represents wine characteristics all in all, resulting from type of vine, soil, and wine making process. Thus, typicality includes sensory, technical, and environmental dimensions and can be defined as a set of properties of belonging and distinction (Casabianca *et al.* 2005).

The terroir is usually defined in terms of a delimited geographical area, (Laville 1990; Morlat and Asselin 1992), combination of environmental parameters and the functioning of the grapevine in response to these parameters (Carey *et al.* 2007) or combination of delimited geographical area, agronomic potentialities, and local practices (Cadot 2006; Casabianca *et al.* 2005; Deloire *et al.* 2008b; Salette *et al.* 1998). Moreover, most of the studies have shown the influence of terroir as natural environmental factors on the composition and the quality of grapes and wines (Chone *et al.* 2001; Jones and Davis 2000; Leeuwen *et al.* 2004; Morlat and Bodin 2006; Vaudour *et al.* 1998). But, considering only the environmental factors in the terroir system could lead to overestimate the effect of the soil, to the detriment of the other dimensions, such as the vine-growing and wine-making practices.

Harvest date is a critical point to the winemaker, in order to produce wine with a distinctive style. The knowledge of grape phenolic composition is not sufficient to determine the composition in the wine, due to variable extraction from seeds and skin during winemaking. In order to produce wines with distinctive styles, the relation between the ripening stage, winemaking and extractability of flavonoids must be highlighted. The purpose of this investigation was to study the influence of the ripening stage for wine style.

Material and methods

The study was carried out in three full-production vineyards of *Vitis vinifera* var. Cabernet franc with different types of soil in term of water status (BMO, CYR, LEB from higher to lower soil water avaibility). The vineyards were located between Saumur and Angers, in the middle Loire Valley (France). Their main characteristics are given in table n°1. Each plot was

homogeneous from a geo-pedological point of view and these plots were opposed in terms of water status.

Grapes and berries Samples

Sampling of berries were done in the morning, at two dates, 35 and 49 days after veraison; 200 berries with pedicel were collected for biochemical analysis, by two people, in order to decrease the effect of the sampling, from 50 plants, and then these plants were harvested for winemaking. The 200 berries with pedicels were immediately packed in an ice box at 5°C and transported promptly to the laboratory, for processing and analysis.

The 200 berries were separated randomly in order to compose 4 lots with an equal number of berries, using a board sampling composed by numbered alveoli. 50 alveoli were chosen randomly in order to compose the 4 lots. A first representative sample of 50 sorted berries was pressed for measurements of pH, total acidity and total soluble solids. Another representative sample was used for measurement of total anthocyanins (Ribereau-Gayon and Stonestreet 1965) and total phenolic index (using Folin-Ciocalteu method). The last 2 samples were manually peeled, and skins, pulp and seeds were immediately frozen in liquid nitrogen, freeze-dried and dry- crushed in liquid nitrogen with a ball mill (Retsch® MM301) for later determination of proanthocyanidins and anthocyanins. Powders were stored in the dark at -30°C.

Winemaking

The harvested berries were destemmed and crushed using a (destemmer and crusher Delta, Buscher-Vaslin, Chalonnes, France). Easily assimilated nitrogen was measured on the must (formaldehyde method), and adjusted to 150mg.L-1. Sulfites were added (40 mg.L-1). Yeast were added on the must (20g.L-1) 12H after ; Oxygen was added 48 hours after the beginning of the fermentation (6 mg.L-1). Musts were punched by hand twice a day for the first 3 days, then once on days 5, 7 and 9. Temperature of the must during alcoholic fermentation was around 22-24°C. Musts were devatted after 9 days of alcoholic fermentation. After devatting, alcoholic fermentation was over and malolactic fermentation was realized. After malolactic fermentation, the wines were maintained at 0°C during four weeks for tartrate stabilisation, and were clarified by racking. Finally, wines were bottled before sensory analysis. The winemaking was done in triplicate. Finally, 18 wines were produced (3 plots x 2 dates x 3 winemaking).

After devatting, 200 fragments of skin, 200 seeds and 10 cL. of wine were sampled. These skins and seeds were immediately frozen in liquid nitrogen, freeze-dried and dry-crushed in liquid nitrogen with a ball mill (Retsch® MM301) for later determination of

proanthocyanidins and anthocyanins. Wines were freeze-dried. Powders were stored in the dark at -30°C.

Proanthocyanidin and anthocyanin measurements.

Aliquots of skin (2g) and seed (1g) freeze dried powder were extracted twice with 80 ml of methyl alcohol/water/TFA (80:20:0.05) and afterwards twice with 80 ml of acetone/water (60:40). Every extraction was carried out in an identical way: 25°C, 15 min., 250 rpm and the extract was centrifuged (10°C/10 min/10000 rpm). The supernatant was filtered with GF/A Wathman® 1.6 µm. The solvent was removed to about dryness using a rotary evaporator Bucchi® under vacuum at 30°C and then dissolved in methyl alcohol to a volume of 10 ml. Then, 4 ml of this extract were preserved by freezing at –80°C (for anthocyanin measurements) and 4 ml were subjected to chromatography over Fractogel Toyopearl® HW-40(F) (300*10 mm i.d.) using 30 ml of ethyl alcohol/water/TFA (55:45:0.005) as the eluent at 1 $ml.min^{-1}$ and with 30 ml of acetone/water (60:40) as the eluent at 1 $ml.min^{-1}$. 300 µl of internal standard (50 mg of methyl 4-hydroxybenzoate in 100 ml of MeOH) was blended into the acetonic fraction. The acetonic fraction was dried using a rotary evaporator Bucchi® under vacuum at 30°C and then dissolved in thiolysis solvent to 5 ml. Acid-catalysed degradation of proanthocyanidins in the presence of toluene-α-thiol, followed by LC analysis, in order to determine their structural composition, was performed twice for 100 µl of this extract, as described previously (Prieur et al. 1994) using a Waters Millenium HPLC-DAD system (Milford, MA). The LC conditions were as described by Brossaud et al. (Brossaud et al. 1999) under the following conditions: flow rate $1mL.min^{-1}$, temperature 30°C; column, Lichrospher 18 RP100, 5μm (250X4.6 mm) (Merck, Darmstadt, Germany); solvent A, H_2O-HCO_2H (98:2); solvent B, MeCN-H_2O-HCO_2H (18:2:80); elution isocratically with 100% A for 5 min, followed by linear gradients from 100% to 90% in 30 min; from 90% to 80% in 30 min, from 80 to 0% in 5 min, from 0% to 100% in 5 min, washing and re-equilibrating the column, detection at 280nm. Each sample of berries was extracted in duplicate and the acetonic fractions were analysed in duplicate too. So in this way, the final result was the arithmetic average of the four analyses.

For anthocyanins, the analyses were done on extract as described previously by Roggero (Roggero et al. 1992) using a Waters Millenium HPLC-DAD system (Milford, MA). The column consisted of a reversed-phase Merck (Darmstadt, Germany ; 250 mm × 4.6 mm i.d.) pre-packed with Lichrosphere C18 5μm 250 X 4.6mm, and was protected by a security guard cartridge C18 Merck (Darmstadt, Germany ; 4 mm × 4.6 mm i.d.). Oven temperature was at 10°C. The mobile phase was a linear gradient of formic acid/water (10:90 v/v; solvent B); in formic acid/water/acetonitrile (10:60:30 v/v; solvent A), at a flow rate of 0.8 mL/min.

Proportions of solvent B were as follow: 0-70 min., 80-15%; 70-80 min., 15-80%. The elution was monitored on a waters 996 photodiode array (265-650nm) and Empower software. All analyses were performed in duplicate. Anthocyanins were identified according to their retention time and UV-vis. spectra. Quantification was carried out from peak areas at 520nm using and malvidin-3-glucosid as external standard.

As extractions and injections were done in duplicate, the final result was the arithmetic average of the four analyses.

For PA and Anthocyanins by HPLC, wines were analysed at devatting, as described by (Brossaud 1999).

For classical analysis (Total anthocyanins, Color, alcohol, etc.) wines were analysed at sensory time.

Chemicals.

Water was deionised; acetonitrile was HPLC grade and formic acid was “pure” grade. Acetonitrile and formic acid were purchased from VWR (Fontenay sous bois, France). Malvidin-3-glucosid, (+)-catechin, (-)-epicatechin, epigallocatechin, and (-)-epicatechin-gallate were purchased from Extrasynthese (Genay, France), methyl 4-hydroxybenzoate from Acros Organics (Morris Plains, NJ) and Fractogel Toyopearl® TSK HW40(F) from Tosoh Bioscience (Stuttgart, Germany).

Sensory analysis

Conventional profiles (CP). CP, based on the Quantitative descriptive analysis method (QDA®, Tragon Corporation) described by Stone (Stone 1974), was carried out by a sensory expert panel. The sensory panel was composed of 20 judges unrelated to the wine industry (6 men and 14 women; average age, 42.5 years; average seniority in the panel, 1.5 year). This panel was selected based on their sensory performances and interest and was trained to perform wine descriptive analysis. Tasters were asked to individually generate a set of descriptors, for the appearance, the odor and the flavor of the 18 wines. After subsequent discussions, a consensus vocabulary of twenty one descriptors was generated, according to the method described in the ISO 13299:2003 (ISO 2003a). To increase its homogeneity, the panel was trained to use correctly the selected terms. For that, olfactory and gustatory standards were adopted. Wines were evaluated in duplicate according to a completely randomized design (Williams Latin Squares) to balance presentation order and carry over effect. Wines were presented in a monadic way. Samples were served in AFNOR (AFNOR 1971) wine glasses and labelled with three-digit random numbers. Anchored line scales were used for the scoring with the terms « low intensity » on the left and « high intensity » on the right, and each sample was scored on a separate form. Data’s acquisition was assisted by

FIZZ software (FIZZ network, v.2.38; Biosystème, Courtenon, France). Sensory analyses were realized as described by Cadot et al. (Cadot *et al.* 2010)

Typicality assessment. Fourteen judges (professionals from the industry: 2 producers, 9 oenologists, 2 winemakers from the industry, 1 technician from the government) assessed the typicality. The presentation was monadic and balanced for presentation order and carry-over effect. Assessors were instructed as follows: “For each wine presented, you must answer the following question: « do you think this wine is a good example or a bad example of what an “Anjou Village” wine is? ». These instructions were derived from Ballester (Ballester *et al.* 2008). Assessors were asked to rate the wine sample typicality on a non-structured scale, anchored on the left by « very bad example », and on the right by « very good example », as done previously by Cadot et al. (Cadot *et al.* 2010). The typicality assessment was repeated in the same conditions with the following question: “For each wine presented, you must answer the following question: “do you think this wine is a good example or a bad example of what an “Anjou Rouge” wine is?”. Results and discussion.

Sensory representation related to typicality.

From a sensorial point of view, Anjou Rouge (AR) and Anjou Villages (AV) were significantly distinguished by some attributes (table 2): for attributes from CP, 3 among 13 were significantly linked to AR typicality scores and 4 to AV typicality scores. AR typicality was explained by red fruits (-), roasted fruits (-) and humus (+). AV typicality was explained by intensity (+), roasted fruits (+) and herbaceous (-). The type of soil did not affect the scores of typicality, while harvest date did. Wine from the latest harvests were considered to be more typical for the two typicality assessments (Table 3). This effect was more marked for the typicality “Anjou-Villages” than “Anjou Rouge”. Anjou Rouge is considered by professionals as a standard wine when Anjou Villages is considered as a premium wine, then, wines could be scored following a gradient of typicality with both wines considered more typical for the harvest date effect, with higher effect for “premium wine”.

Sensory representation.

For attributes from CP, 7 among 13 were linked with harvest date (color intensity and roasted fruits with $p<0.01$) (Table 4). Eight among 13 were linked with soils (blackcurrant, roasted fruits and astringency, with $p<0.01$). Astringency was linked with soil type (plant functioning) but not with harvest date (ripening stage). Several descriptors of the conventional profile were significantly connected to the soils (Table 4). LEB was noted significantly (+) dark, (+) cooked fruits, (+) alcohol, and (+) astringent. BMO was significantly noted (+) blackcurrant and (+) astringent. Finallly, CYR was noted significantly (-) intense, (+) sulfur and (+) acid. Asselin *et al.* (Asselin *et al.* 1999) showed that wines made from vines growing on shallow

soils on schists, like LEB in this study, were characterized by 'rough and drying up' tannins, much more than those from soils on limestone from the sedimentary basin, such as CYR. Concerning the dates of grape harvest, V30 was noted (-) intense, (+) red orange, (+) herbaceous and (+) humus. V44 was noted (+) dark, (+) purple, (+) cooked fruits, (+) spices, (+) alcohol and (+) bitter. As expected, alcohol, herbaceous and colour intensity attributes are linked with the level of maturity (Cacho *et al.* 1992; Noble *et al.* 1995; Robin *et al.* 1996).

A MFA was done in order to highlight the distances between group of variables from different tables (sensory, PA and anthocyanins from berries). Typicality, soils and dates were supplementary data. Sensory representation and PA and Anthocyanins from skins at harvest were on the first axis of the MFA (Figure 1), Colour intensity (0.69) herbaceous (-0.66) astringency (0.55), roasted fruits (0.53) and red fruits (0.58) were well projected onto the first axis, as for skin flavonoids, cyanidin,(-0.94), peonidin (-0.72), malvidin (0.94), Coumaroyled (anthocyanins, 0.96), PA (0.75), %EGC (0.69) and % EGC (-0.81). For the axis F2, the proximity of partial axis sensory-F2 (blackcurrant: -0.72) antho–skins-F2 (petunidin: -0.83, total anthocyanins: à.92) highlight the quality of relation between these data. Thiolysis yield for skins PA was well projected ond this axis (0.96) and was opposite to thiolysis yield for seeds PA (-0.64)

The biochemical analyses confirmed these results concerning the effect of grape harvest. At devatting, the wines of the V44 dates were significantly richer in alcohol, and in anthocyanins, with bluer nuance (A620) and less acids. As expected, acidity was lower and anthocyanin and alcohol contents higher with more advanced ripening (Galet 1993) (Table 6). As date effect was significant for typicality scores, these biochemical parameters were also linked to global typicality.

Typicality assessment was well linked with flavonoid composition (Table 6). Figure 1 illustrates the link between the content of anthocyanins and proanthocyanidins (PA) and (i) the typicality “Anjou Villages” (ii), the date of harvest and the origin of the grapes. Harvest date (ripening stage) had more significant effect than soil type. The latter was not highlighted, except for the proportion of catechin of the terminal units (Table 6). A higher content of PA at devatting, explained by a later harvest date, led to a higher typicality score (Fig 1). In the same way, figure 1 illustrates the link between the mean degree of polymerization (mDP) of the condensed tannins of the extracted tannins (at devatting) and (i) the « Anjou Village » typicality, (ii) the harvest date and the soil. A higher mDP of PA in the wines at devatting had positive effect on the typicality scores. The mDP at devatting were significantly higher for the later harvest date. The PA extractability was in relation with their chemical structure, where the PA with lower mDP seemed to be more extractable, both in skin and seeds. The

influence of seeds was low, but for skins 80% of PA seemed to be extracted (or lost for analysis) whatever the type of soil or harvest date. The thiolysis yield of wine proanthocyanidins at devatting was lower when to date harvest was later, suggesting some modification in the PA composition during ripening (Figure 1). This decrease in thiolysis yield is consistent with analysis of shiraz seeds by Kennedy *et al.* (Kennedy *et al.* 2000b), where they suggested that the evolution of the PA during maturation could be partly masked by a reduction in the yield of depolymerization. In our study, the evolution of thimysis yield, from wine PA suggested that, according to date harvest, more PA were transformed during vatting time, even the composition in berries was not significantly different.

All in all, the composition in PA at devatting (quantity and specific composition) was different according to the harvest date, and could affected the typicality score. In some studies on Cabernet, no clear evolution of the grapes composition during maturation was highlighted but anthocyanins (Fournand *et al.* 2006; Harbertson *et al.* 2002; Kennedy *et al.* 2002). In this study, the composition of the grapes, according to ripening level, had affected their extractibility, thus modifying the composition of the wine at devatting. Even if the evolution of the composition of the PA of berries is poorly measured by the methods employed, it is revealed by (i) an evolution of the yield of thiolysis (that suggests a modification of the composition in the wine at devatting, and perhaps in the berries), (ii) by a different composition at devatting (that suggests a modification of their extractability).

In a previous study on Cabernet, it was shown that variations in PA composition were related to origin. But, in the case of these studies, these results could be explained by the differences in level of maturity of berries collected in two different climatic and pedologic zones and by the difference in vegetal material: rootstock, clone and age of the vine were different according to the zones, (Brossaud *et al.* 1999). In the present study, where climatic data and vegetal material were similar, the origin of berries had no effect.

Conclusion

The results show that the soil discriminate the sensory profiles of the wines, but its effect on the typicality was was significant neither for AR nor for AV. On the contrary, the date of harvest discriminated both the sensory profiles and the typicality. Concerning the phenolic compounds, the quantity of PA did not appear dependent on the soils but date of harvest. The “quality” of the tannins contained in the wine at devatting appeared different according to the date and seemed linked to typicality. Lastly, the color of the wines, related to their composition in phenolic compounds, influenced the perception of the typicality.

This study illustrates the importance of the harvest date on the typicality of the wines. The soil had lesser importance than let suppose the idea generally admitted, of the prevalence of the soil in the terroir system.

Tables and figures

Table 1. Plot characteristics. (cf. Tableau 4-1)

Table 2. Relationship between typicality scores and sensory attributes from CP profiles ; Pearson product-moment correlation coefficient ; p<0.05

	Pr<F			
Attributes	AR		AV	
Colour intensity	ns		**0.0495**	<
Shade	ns		0.0969	
Herbaceous	ns		**0.0429**	>
Blackcurrant	ns		ns	
Red fruits	**0.0146**	<	ns	
Roasted fruit	**0.0076**	<	**0.0136**	<
Spicy	ns		ns	
humus	**0.0318**	>	ns	
Alcohol	ns		ns	
Sulfur	ns		ns	
Acid	ns		ns	
Bitterness	ns		ns	
Astringency	ns		ns	

Significant correlations (Pr<0.05) are in bold.
"<": AR<AVB ">": AR>AVB

Table 3. Plot effect and harvest date effect on the wine style. Anova; NK test ; p<0.05

"Anjou Rouge" typicality

Category	LS means	Groups	Category	LS means	Groups
BMO	**4,835**	**A**	**V+35d**	**4,593**	**A**
LEB	**5,014**	**A**	**V+49d**	**5,371**	**B**
CYR	**5,097**	**A**			

"Anjou Village" typicality

Category	LS means	Groups	Category	LS means	Groups
BMO	**2,839**	**A**	**V+35d**	**2,220**	**A**
CYR	**3,250**	**A**	**V+49d**	**4,192**	**B**
LEB	**3,529**	**A**			

Table 4. Soil, Harvest date and Soil x Harvest date effect on sensory attributes. Anova; NK test ; p<0.05

		Pr<F		Harvest date		Soil type		
Attributes	Harvest date	Soil	Date x Soil	V+35	V+49	TM	SG	SA
Colour intensity	**0.0018**	**0.0106**	ns	A	B	A	AB	B
Shade	**0.0101**	ns	ns	A	B			
Herbaceous	**0.0045**	**0.0259**	ns	B	A	B	A	B
Blackcurrant	ns	**0.0034**	ns			A	A	B
Red fruits	ns	ns	ns					
Roasted fruit	**0.0006**	**0.0027**	ns	A	B	A	B	A
Spicy	ns	ns	ns					
humus	**0.0147**	ns	ns	B	A			
Alcohol	**0.0393**	0.0536	ns	A	B			
Sulfur	ns	**0.0430**	ns			B	AB	A
Acid	ns	0.0505	ns					
Bitterness	0.0506	ns	ns					
Astringency	ns	**0.0001**	ns			A	B	B

Significant correlations (Pr<0.05) are in bold. Newman-Keuls multiple comparison test (with aver. "A"<aver. "B")

Table 5. Composition of berries at harvest. Soil effect and Date effect are related to the procedure GUM (AFNOR 1999). (Anthocyanins and flavonols are 3-glucosyled)

Harvest date		**V35**			**V49**		Date effect	Soil effect
Soil	**BMO**	**CYR**	**LEB**	**BMO**	**CYR**	**LEB**		
Weight (g.100b-1)	155,8	178,6	126,0	141,0	161,3	118,0	/	BCA
Nb seeds (n.100b-1)	146,3	210,9	129,8	138,8	175,0	134,7	/	ABA
Weight seed (mg.p-1)	47,0	43,3	39,2	40,9	44,7	35,5	/	BCA
Weight skin (g.100b-1)	13,5	14,3	11,7	14,7	15,0	11,4	/	BBA
Weight pulp (g.100b-1)	135,5	155,1	109,3	120,7	138,4	101,8	BA	BCA
Sugar (g.L-1)	191,9	203,3	206,7	211,3	218,2	220,5	AB	ABB
Total ac. (g.L-1 H2SO4)	7,50	6,74	6,69	6,75	6,50	6,00	AB	BAA
pH	2,99	3,03	3,11	3,17	3,19	3,27	/	/
Malic acid (g.L-1)	13,9	12,5	13,1	7,6	6,8	6,4	BA	BAA
Tartaric acid (g.L-1)	7,5	6,9	6,7	6,0	5,8	5,6	BA	/
Anthocyanins (g.Kg)	1,542	1,452	1,566	1,536	1,686	1,375	/	/
Folin Ciolcalteu Index	48,0	34,5	42,7	43,4	37,6	41,2	/	BAB
Skins (HPLC)								
Anthocyanins (mg.g-1 berry)	1,62	1,48	1,92	3,42	3,01	2,90	AB	/
Dp (%)	16,8%	17,5%	18,3%	16,1%	15,1%	16,6%	/	/
Cn (%)	5,6%	4,6%	7,1%	5,6%	4,2%	5,9%	/	/
Pt (%)	14,3%	14,6%	14,5%	13,4%	13,7%	13,1%	/	/
Pn (%)	19,1%	16,8%	21,1%	20,1%	18,4%	21,3%	/	BAB
Mv (%)	44,3%	46,5%	39,0%	44,8%	48,6%	43,0%	AB	BBA
Acétyl. (%)	20,8%	20,1%	18,5%	18,9%	21,3%	18,6%	/	/
Coumar. (%)	8,7%	10,1%	8,3%	9,3%	10,1%	9,2%	/	/
Trisubst (%)	54,0%	56,2%	53,6%	54,1%	54,1%	53,4%	/	/
Caftaric acid (mg.g-1)	0,02	0,01	0,03	0,05	0,04	0,05	AB	/
Coutaric acid (mg.g-1)	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,04	AB	/
Myricetin (mg.g-1)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	/	/
Quercétin (mg.g-1)	0,02	0,02	0,05	0,06	0,04	0,08	AB	/
Kaempférol (mg.g-1)	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	AB	/
Isorhamnétin (mg.g-1)	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,03	AB	/
PA (mg.g-1)	2,46	2,06	2,61	2,47	1,64	2,10	/	BAB
C (%)	8,6%	8,4%	9,4%	9,1%	8,9%	8,9%	/	/
EC (%)	48,5%	44,8%	45,7%	42,3%	43,2%	45,3%	/	/
EGC (%)	39,3%	43,8%	41,3%	45,7%	44,9%	42,8%	/	/
ECG (%)	3,6%	3,0%	3,6%	2,9%	3,0%	3,0%	/	/
mDP	22,1	18,9	16,5	18,8	17,2	19,8	/	/
Thiolyse yield	0,74	0,72	0,89	1,07	0,98	1,15	AB	/
Seeds (HPLC)								
PA (mg.g-1 berry)	1,54	2,37	1,84	1,57	1,87	1,24	/	ABA
C (%)	18,3%	16,4%	18,3%	18,2%	17,1%	18,4%	/	BAB
EC (%)	53,8%	56,7%	51,4%	58,7%	55,0%	49,4%	/	/
ECG (%)	27,9%	26,9%	30,2%	23,1%	27,9%	32,2%	/	AAB
mDP	3,81	3,81	3,92	3,57	4,15	4,26	/	/
Thiolysis yield	1,02	0,97	0,99	0,89	0,87	0,99	/	/

Table 6. Relationship between wine composition, typicality scores, harvest date and type of Soils (« Plot »). Only Pr >0.05 are reported.

		Pr (ANOVA)		
	Biochem.	Typicality	Date	Soil
	Harvest date	**0.020**	N/A	N/A
	Soil		N/A	N/A
Wine at devatting	Total anthocyanins			
	Delphinidin	**0.001**		**0.018**
	Cyanidin			
	Petunidin			
	Peonidin		**0.001**	
	Malvidin			**0.005**
	Acetyled			**0.012**
	Coumaroyled	**0.0001**	**< 0.001**	**0.026**
	Condensed tanins	**0.050**	**< 0.001**	
	Thiolysis yield		**0.002**	
	Catechin			**0.040**
	Epicatechin	**0.022**	**< 0.0001**	
	Epicatechin-3-gal.	**0.031**	**0.006**	
	Epigallocatechin	**0.083**	**< 0.0001**	
	mDP	**0.016**	**< 0.0001**	
	% galloylation			
	% prodelphinidin	**0.005**	**< 0.0001**	
Wine at sensory analysis	Total acidity	**0.018**	**0.004**	
	Alcohol	**0.006**	**< 0.0001**	
	Dry extract			
	Total phenolic index			
	Total anthocyanins	**0.006**	**< 0.0001**	
	A420		**0.024**	
	A520			
	A620	**0.030**	**0.005**	

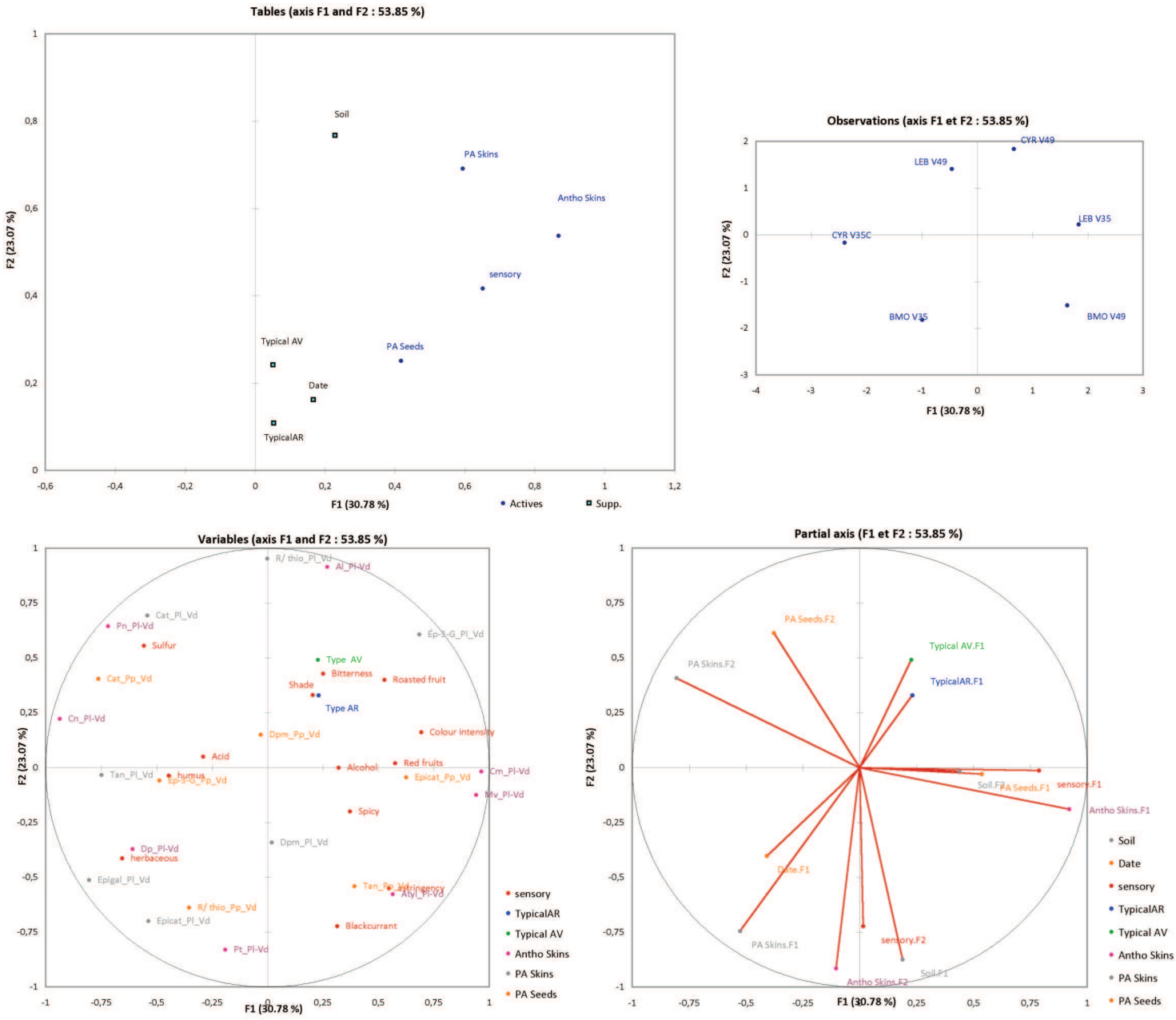


Figure 1. Sensory representation related to flavonoids at harvest. MFA. Date, Soil, and typicality tables are supplémentary data. Pl=Skins; Pp=Seeds; Vd= Berries at harvest.

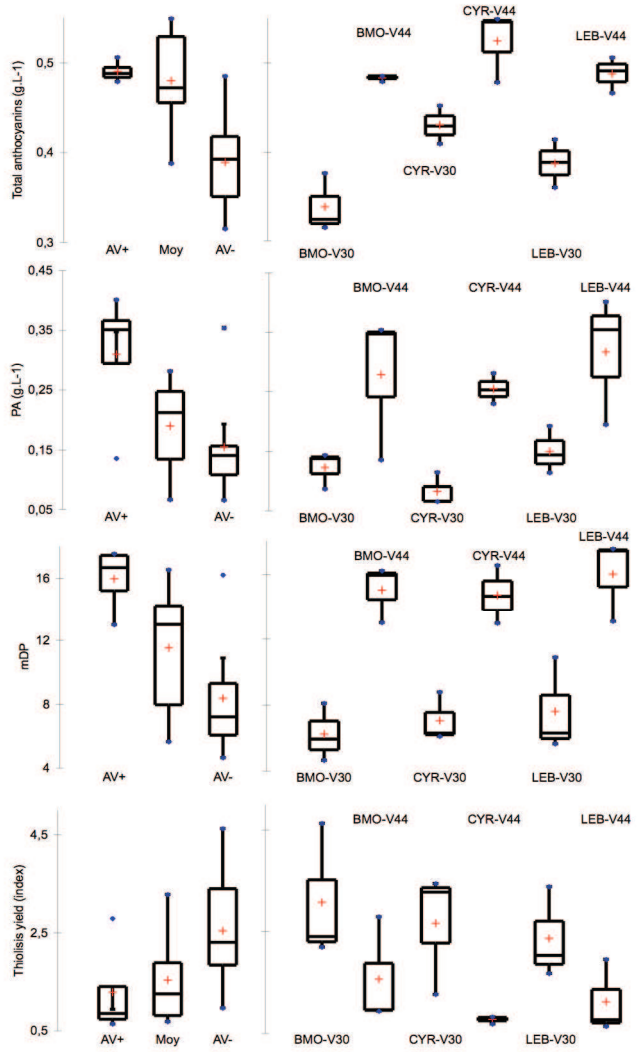


Figure 2. Relationship between typicality assessment, harvest date, type of soil, and polyphenolic composition. (wine at devatting).

4.5. Etude comparée de l'incidence de la durée de cuvaison et du niveau de maturité, sur le profil sensoriel des vins obtenus

L'objectif de cette partie est d'étudier l'incidence, au niveau sensoriel, du niveau de maturité des baies, en interaction avec la durée de macération, sur le profil sensoriel des vins obtenus et leur degré de typicité. Dans la mesure où l'effet sol n'a jamais été significatif pour la typicité des vins, pour ne pas alourdir le dispositif, une seule parcelle est choisie, sur laquelle, à deux dates, sont réalisées deux durées de cuvaison, avec répétition.

4.5.1. Matériels et méthodes

Le dispositif expérimental est identique à celui présenté dans la partie précédente, sauf :

- Une seule parcelle au lieu de trois.
- Deux durées de cuvaison : 9 et 15 jours (notés J9 et J15).

Le dispositif est rappelé dans la

Figure 4-9. Les deux dates de vendanges sont codées V34 et V49, correspondant aux nombre de jours posterieurs à la mi-veraison.

L'analyse sensorielle consiste en un profil conventionnel, par un jury expert sensoriel, et deux questions de typicité, par un jury de professionnels. Pour les profils conventionnels, 16 des 18 juges du jury expert, et deux des trois notations ont été conservées après analyse des performances du jury.

Les relations entre les représentations sensorielles et les dates et durées de cuvaison ont été étudiées par analyse unidimentionnelle (ANOVA, tests de newman-Keuls) et par analyse multidimentionnelle (ACP et CAH).

Les relations entre les représentations sensorielles et les compositions des vins ont été réalisées par ANOVA.

Les relations entre les compositions lors de l'analyse sensorielle et lors du décuvage ont été réalisées par une analyse des corrélations (Spearman).

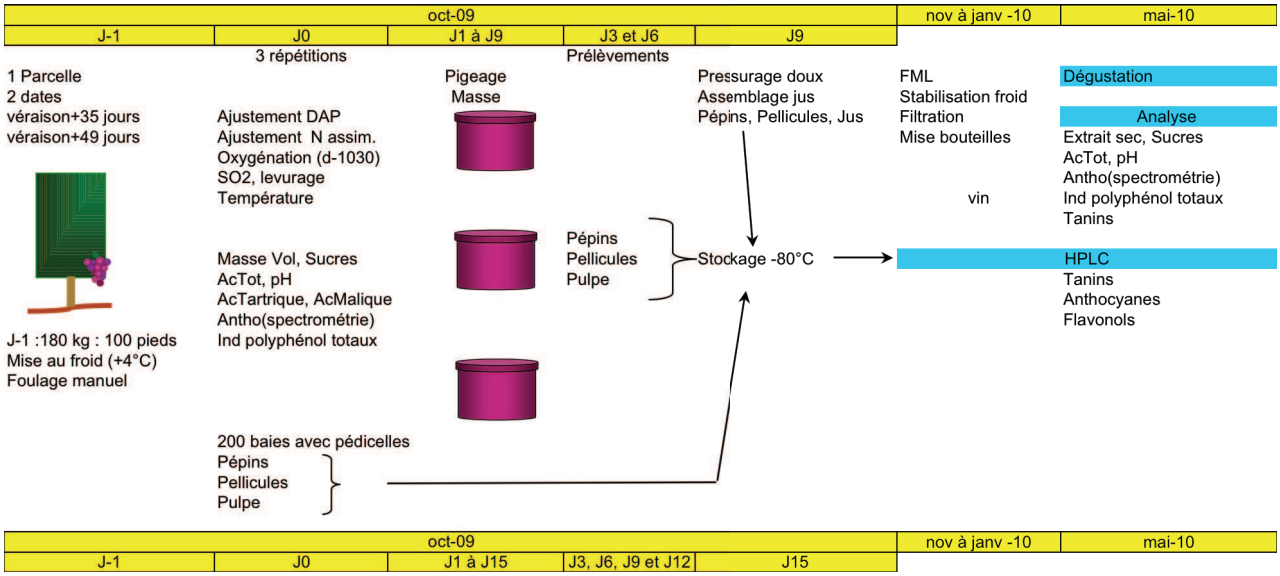


Figure 4-9. Dispositif expérimental.

4.5.2. Résultats discussion

Représentation sensorielle, date de vendanges et durée de macération.

A partir des résultats de la caractérisation des vins par le jury expert sensoriel, une analyse de variance a été réalisée selon le modèle suivant afin d'évaluer les performances du jury :

Descripteur sensoriel = effet juge + effet répétition + effet juge* répétition + résidus. Puis, après validation des résultats du jury, une anova a été réalisée suivant le modèle suivant : Descripteur sensoriel = effet juge + effet date + effet durée + effet date*effet durée + résidus. Les principaux résultats sont rassemblés dans le Tableau 4-8. A partir des résultats de l'ANOVA, il apparait, d'une part un effet juge pour tous les descripteurs, d'autre part un effet « vin » pour 12 descripteurs sur 15. Les descripteurs *cassis*, *autres fruits rouges* et *végétal* ne sont pas discriminants. Les vins récoltés précocément sont jugés *moins intense, moins alcool, moins poivré, plus pâtisserie, plus acide, moins amer* et *moins astringent*. Les vins à durée de cuvaison plus courte sont jugés *plus intense, plus humus-terre, plus empyreumatique, plus animal, moins pâtisserie* et *moins astringent* (Tableau 4-9 et Figure 4-10. Le caractère végétal ne discrimine pas des différences liées au niveau de maturité, comme nous aurions pû le supposer (Champagnol 1984; 1998; Noble *et al.* 1995). Par contre, à des récoltes plus précoces sont liées des caractéristiques sensorielles (*alcool, acide, intensité couleur*) associées à des différences de maturité (sucres, acidité, anthocyanes). Les odeurs animales et empyreumatiques se rapportent souvent à la présence de phénols volatils, liée à la décarboxylation enzymatique d'origine microbienne, des acides hydroxycinnamiques du raisin (Jelen *et al.* 2005). Le caractère astringent, associé au niveau de maturité sera à relier à la composition en PA à la vendange et au décuvage. Une durée de macération plus longue a comme conséquence des vins plus intenses et plus astringents, ce qui suggèrent une extraction plus importante de PA (Asselin *et al.* 1999; del Llaudy *et al.* 2008; Oszmianski *et al.* 1986) augmentant la stabilisation des pigments (Escribano-Bailon *et al.* 1996; Fulcrand *et al.* 2006; Salas *et al.* 2003) plutôt qu'une extraction plus importante d'anthocyanes (Kelebek *et al.* 2006; Romero-Cascales *et al.* 2005a).

Tableau 4-8. Profil conventionnel. Analyse de variance.

	Juge	Date	Durée	Date*durée
Intensité couleur	<0,0001	<0,0001	0,059	0,009
Cassis	<0,0001	0,859	0,620	0,889
Autres fruits rouges	<0,0001	0,715	0,421	0,280
Fruits rouges cuits	<0,0001	0,611	0,172	0,050
Empyreumatique	<0,0001	0,302	0,003	0,311
Pâtisserie	<0,0001	0,09	0,014	0,723
Alcool	<0,0001	<0,0001	0,353	0,655
Poivré	<0,0001	0,002	0,897	0,506
Animal	<0,0001	0,332	0,009	0,088
Végétal	<0,0001	0,447	0,396	0,473
Humus terre	<0,0001	0,134	0,071	0,114
Alcool	<0,0001	<0,0001	0,537	0,802
Acide	<0,0001	<0,0001	0,768	0,285
amer	<0,0001	<0,0001	0,954	0,457
astringent	<0,0001	0,0003	0,0002	0,940

Tableau 4-9. Descripteurs sensoriels pour lesquels l'effet date et l'effet durée sont significatifs (ANOVA, seuil 0,10). Tests Newman-Keuls.

Effet date vendange

Int Couleur		
V49	8,43	A
V34	5,32	B
Alcool		
V49	6,15	A
V34	4,84	B
Poivré		
V49	3,27	A
V34	2,58	B
Pâtisserie		
V34	3,13	A
V49	2,70	B
Acide		
V34	5,98	A
V49	4,63	B
Amer		
V49	5,39	A
V34	3,71	B
Astringent		
V49	5,77	A
V34	4,96	B

Effet durée cuvaison

Int Couleur		
9J	7,04	A
15J	6,70	B
Humus-terre		
9J	2,57	A
15J	2,17	B
Empyreumatique		
9J	3,24	A
15J	2,51	B
Pâtisserie		
15J	3,23	A
9J	2,61	B
Animal		
9J	2,82	A
15J	2,24	B
Astringent		
15J	5,78	A
9J	4,95	B

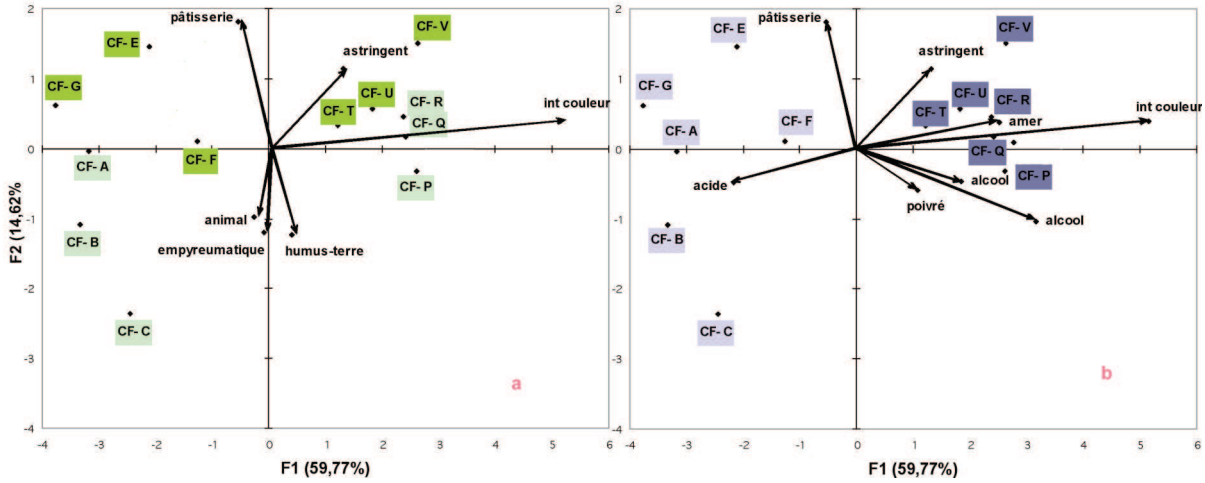


Figure 4-10. représentation des individus et des variables sur le premier plan de l'ACP (profil conventionnel). Seuls les descripteurs discriminants sont représentés. (a) effet durée de cuvaison. (b) effet date de récolte.

La CAH réalisée sur les notes moyennes permet de montrer que les vins sont différenciés par la date de vendange, plus que par la durée de macération (Figure 4 11).

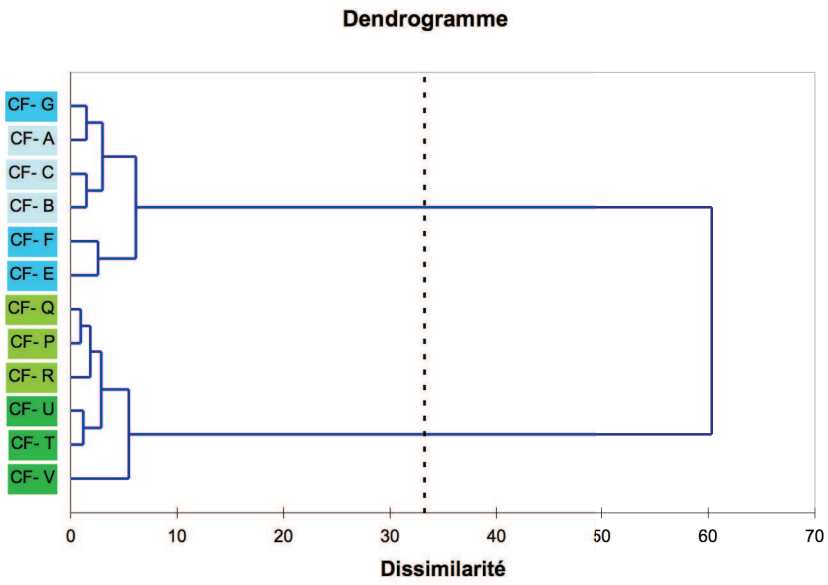


Figure 4-11. Classification ascendante hiérarchique. Profil conventionnel. Méthode d'aggrégation de Ward. Bleu ciel : V34-J9 ; bleu foncé : V34 J15 ; vert clair : V49-J15 ; vert foncé : V49-J15.

Représentation sensorielle et typicité.

Une matrice de corrélation a été réalisée entre les descripteurs sensoriels et les scores de typicité (Tableau 4-10). Six descripteurs sont associés significativement aux scores de typicité. Les vins jugés typiques AR sont *moins intenses, moins alcool, moins poivré, plus acides moins amers* et *moins astringents*. Les vins jugés typiques AV sont jugés opposés sur ces mêmes descripteurs.

Tableau 4-10. Corrélations entre les notes moyennes par descripteurs et les notes de typicité. En gras, valeurs significatives au seuil de 0,05.

Descripteurs	Typ AR	Typ AV
int couleur	**-0,867**	**0,966**
cassis	0,051	-0,009
autres fruits rouges	-0,397	0,220
fruits rgs cuit	-0,512	0,414
empyreumatique	-0,393	0,350
pâtisserie	-0,101	0,065
alcool	**-0,722**	**0,877**
poivré	**-0,755**	**0,756**
animal	0,244	-0,317
végétal	0,438	-0,412
humus-terre	0,545	-0,455
acide	**0,638**	**-0,715**
amer	**-0,735**	**0,841**
astringent	**-0,696**	**0,719**

Typicité, date de vendanges, durée de macération et descripteurs analytiques des vins lors de l'analyse sensorielle.

On note également que la date a un effet significatif sur l'ensemble des résultats analytiques « classiques » des vins (couleur, IFC, extrait sec, anthocyanes totales, Tableau 4-11). Ces descripteurs ne sont expliquées que partiellement par les PA analysés (en absence d'information sur la composition en anthocyanes présentes, les résultats des anthocyanes par HPLC n'étant pas disponibles), ce qui peut s'expliquer, pour partie, par une perte d'information lors de l'analyse par HPLC, du fait de nombreuses transformations des composés natifs (et analysés) du raisin.

Typicité, date de vendanges, durée de macération et descripteurs analytiques des vins au décuvage.

Une matrice de corrélation a été réalisée afin de mettre en évidence des relations entre les caractéristiques des vins au décuvage, les caractéristiques des vins lors de l'analyse sensorielle et les scores de typicité (Tableau 4-12).

Les vins issus de récoltes plus tardives sont plus riches en PA. Par contre, la durée de macération n'a pas affecté la teneur en PA au décuvage, contrairement à ce que d'autres études ont pu montrer (Gonzalez-Manzano *et al.* 2004; Vrhovsek *et al.* 2002). Les résultats variables selon les millésimes (cf. parties précédentes) semblent indiquer l'importance des conditions climatiques dans la capacité des PA à être extraits (Ortega-Regules *et al.* 2008)

Tableau 4-11. Relations entre les scores de typicité, la date de vendanges, la durée de cuvaison et la composition des vins. Seules les Pr <0.05 sont présentées.

		Pr<F (ANOVA)				
	Biochem.	"AV" Typicality	"AR" typicality	Date	Duration	Date*Dur.
	Harvest date	**<0.0001**	**0.002**	N/A	N/A	N/A
	Duration			N/A	N/A	N/A
	Date*duration	**<0.0001**	**0.012**	N/A	N/A	N/A
Wine at sensory analysis	Total anthocyanins					
	Delphinidin					
	Cyanidin					
	Petunidin			N/A		
	Peonidin					
	Malvidin					
	Acetyled					
	Coumaroyled					
	Condensed tanins	**0.017**		**0.002**		**<0.0001**
	Thiolysis yield				0.080	0.092
	Catechin			**0.046**	**0.004**	**<0.0001**
	Epicatechin				**0.001**	**<0.0001**
	Epicatechin-3-gal.				**0.001**	**<0.0001**
	Epigallocatechin	**0.007**		**<0.0001**		**<0.0001**
	mDP	**0.013**			**0.001**	**<0.0001**
	% galloylation				**<0.0001**	**<0.0001**
	% Epigallocatechin		0.061		**<0.0001**	
	Total acidity	**0.010**		**0.004**		**<0.0001**
	Alcohol	**0.003**	**0.016**	**<0.0001**		**<0.0001**
	Dry extract	**0.004**	**0.017**	**<0.0001**		**<0.0001**
	Total phenolic index	**0.039**	0.085	**<0.0001**		**0.002**
	Total anthocyanins			**0.001**		**<0.0001**
	A420	**<0.0001**	**0.027**	**<0.0001**		**<0.0001**
	A520	**<0.0001**	0.071	**0.001**		**<0.0001**
	A620	**<0.0001**	**0.026**	**0.005**		**<0.0001**

Tableau 4-12. Matrice de corrélation (Pearson) entre la composition du vin en PA lors de l'analyse sensorielle et au décuvage. Ju_Dv=vin au décuvage ; Vn = vin à l'analyse sensorielle. Seules les Pr <0.05 sont présentées.

Variables	Date	Durée	Typ AV	Typ AR	PA_Vn	R/ thio_Vn	C_Vn	EC_Vn	ECG Vn	EGC Vn	DPm_Vn	ECG%Vn	EGC%_Vn	IFC-ext F_Vn
PA_Ju_Dv	**0,844**		**0,918**	**-0,739**						**0,843**				
R/ thio_Ju_Dv									**0,612**					**0,590**
C_Ju_Dv	**0,744**		**0,867**	**-0,724**						**0,789**	**0,614**			
EC_Ju_Dv	**0,631**	**0,698**	**0,586**		**0,817**		**0,855**	**0,793**	**0,770**			**0,727**		**0,619**
ÉCG_Ju_Dv		**0,927**			**0,796**	**0,578**	**0,928**	**0,992**	**0,981**		**-0,594**	**0,983**	**-0,888**	
EGC_Ju_Dv	**0,606**	**-0,643**	**0,738**	**-0,629**		**-0,635**				**0,778**	**0,837**	**-0,596**	**0,761**	
DPm_Ju_Dv		**-0,913**				**-0,658**		**-0,733**	**-0,689**		**0,871**	**-0,856**	**0,948**	
ECG%_Ju_Dv		**0,966**			**0,613**	**0,672**	**0,805**	**0,939**	**0,919**		**-0,762**	**0,988**	**-0,970**	
EGC%_Ju_Dv		**-0,985**				**-0,676**	**-0,716**	**-0,875**	**-0,838**		**0,837**	**-0,960**	**0,988**	

Composition de la vendange en donction de la date.

La composition en PA de la vendange n'est pas affectée en fonction du niveau de maturité, sauf pour la quantité de PA des pépins, exprimée en g.g pépin^{-1} (plus élevée à V49, cette évolution s'explique par la perte de masse des pépins par dessication), et au rendement de thiolyse, significativement plus faible pour les PA des pellicules.

Tableau 4-13 . Teneurs en PA à la vendange.

	Pellicules		**Pépins**	
	V35	**V49**	**V35**	**V49**
PA mg.g-1 pell-pep	13,2	13,9	41,8	44,5
C mg.g-1 pell-pep	0,9	1,2	6,8	9,4
EC. mg.g-1 pell-pep	5,9	6,2	23,7	24,5
ECG. mg.g-1 pellpep	0,4	0,4	11,3	10,6
EGC.mg.g-1 pellpep	5,9	6,1	0,0	0,0
PA mg.g-1 baies	0,9	0,9	1,8	1,9
C mg.g-1 baies	0,1	0,1	0,3	0,4
EC mg.g-1 baies	0,4	0,4	1,0	1,1
ECG mg.g-1 baies	0,0	0,0	0,5	0,5
EGC mg.g-1 baies	0,4	0,4	0,0	0,0
DPm	19,6	19,0	4,9	4,6
ECG %	0,0	0,0	0,3	0,2
EGC %	0,4	0,4	0,0	0,0
Rdt Thiolyse	0,7	1,1	0,9	0,8

Les différences observées au décuvage et lors de l'analyse sensorielle sont associées à des modifications de structure des tanins condensés, qui ne sont donc pas mesurées à la vendange, sauf pour le rendement de thiolyse (voir également la partie précédente). Ces résultats, s'ils confirment ceux obtenus précédemment, ne permettent pas d'expliquer les évolutions observés, au niveau cellulaire, par histochimie.

Au final, les vendanges ne sont pas différentes en fonction de la date de vendanges. Seuls les rendements de thiolyse évoluent, pouvant être interprétés comme une évolution non mesurée par HPLC, au cours de la maturation, de la composition en PA.
Le niveau de maturité, correspondant à des dates de récoltes différentes, est associé à des scores de typicité. Les récoltes plus tardives se traduisent par un style de vin « Anjou Village ». Ces niveaux de typicité sont eux même associés à des compositions au décuvage, ou dans le vin, lors de l'analyse sensorielle, significativement différents.
La durée de cuvaison, est moins importante que le niveau de maturité, dans la représentation sensorielle.
Une date de vendanges plus tardive semble avoir des incidences au niveau de la composition en composés phénoliques.

Conclusion

Conclusion

L'étude de l'influence du choix de la date de vendange sur la typicité des vins a été réalisée dans le cadre d'un projet de recherches dont l'objectif général est de définir le lien au terroir, en mettant en évidence l'importance des itinéraires techniques.
Sachant que les composés phénoliques sont associés à de nombreuses caractéristiques sensorielles des vins rouges, que les vignerons prennent en compte de plus en plus souvent la « maturité phénolique » comme critère de qualité de vendanges, et que les composés phénoliques sont synthétisés en relation avec de nombreux facteurs biotiques et abiotiques, il semblait pertinent d'étudier l'incidence de choix de date de vendanges sur la typicité du vin.

La première partie avait comme objectif, en partant de la représentation sensorielle des vins, de caractériser la typicité et de la relier à quelques facteurs du terroir. Dans un premier temps, la typicité a été étudiée, en tant que représentation conceptuelle. Dans un deuxième temps, la typicité a été étudiée en tant que représentation perceptuelle. Dans chaque cas, des caractéristiques d'appartenance et de distinction ont été mises en évidence, le niveau de consensus entre professionnels a été évalué. Enfin, dans un troisième temps les représentations sensorielles ont été reliées aux facteurs étudiés du terroir.
Ainsi, nous avons pu distinguer la typicité, en tant que concept, de la typicité, en tant que représentation perceptuelle. Les descripteurs sensoriels associés à ces représentations de la typicité sont partiellement différents, en particulier pour les deux caractéristiques suivantes : tanins fondus et fruits rouges. Le niveau de consensus entre producteurs est plus important lorsqu'il s'agit du concept, où seule la dimension perceptuelle de l'intensité colorante est consensuelle. Enfin, les facteurs du terroir, associés à la typicité sont également différents. Les producteurs attachent beaucoup d'importance aux facteurs naturels du terroir (concept), mais mettent en oeuvre des pratiques, notamment oenologiques (date de vendange, durée de cuvaison et d'élevage), masquant ces facteurs naturels.

La seconde partie avait comme objectif, en partant de la caractérisation de la vendange, de comprendre les conséquences biochimiques et oenologiques du choix de la date de vendanges, et d'en évaluer les conséquences en termes de typicité et de représentation sensorielle. Dans un premier temps, l'évolution de la composition de la vendange en fin de maturation a été analysée, par une approche biochimique 'classique', et par une approche histologique. Dans un deuxième temps, des minivinifications ont été mises en oeuvre, afin de comprendre les relations entre niveau de maturité et extractibilité des composés

phénoliques. Dans un troisième temps, l'impact de l'allongement de la durée de cuvaison sur la caractérisation du vin a été évalué. Des caractérisations sensorielles des vins produits, selon les méthodes du profil conventionnel et de la question de typicité, ont permis d'évaluer l'impact du niveau de maturité et de la durée de cuvaison sur le style du vin. La dimension sol a été intégrée dans le dispositif, afin d'en préciser l'influence sur le style de vin.
Nous avons pu distinguer une évolution de la composition en proanthocyanidines (PA) durant la maturation, en particulier du point de vue histologique. Les PA, présents sous forme diffuse ou de petits agrégats, évoluent vers (i) des agrégats de taille plus importante, (i) des agrégats accolés au tonoplaste vacuolaire. Cependant, ces évolutions ne se traduisent pas par des compositions biochimiques remarquables.
Si les teneurs en PA évoluent au cours de la maturité, les paramètres peuvent varier selon les millésimes. Cependant, les rendements de dépolymérisation évoluent notablement, suggérant une évolution des PA, non identifiable formellement, par les méthodes employées.
L'impact du niveau de maturité sur les caractéristiques sensorielles de la typicité est fort, et constant pour les différents millésimes étudiés. L'effet de la durée de cuvaison est plus nuancé, puisqu'il ne modifie les score de typicité que dans le cas de vendanges précoces.
L'effet du sol sur les caractéristiques biochimiques des raisins, et sur la caractérisation sensorielle a bien été mise en évidence, mais son effet sur la typicité s'est avéré faible.

S'il apparaît que le sol est à la base du « système terroir », les vignerons adaptent les modes de culture et de vinification de manière a pouvoir obtenir un vin au style recherché. Les critères de choix du style de vin ne sont sans doute pas limités à l'aspect technique. Il est aisé d'imaginer, que dans le contexte d'une entreprise, des critères d'opportunité commerciale, de contraintes économiques, ou d'image de marque par exemple, sont aussi importants.
Si les producteurs expriment la typicité de manière plutôt consensuelle, leur accord est plus faible dès qu'il s'agit d'évaluer sensoriellement les vins. Ce niveau de consensus devra être amélioré, afin que les producteurs puissent partager davantage une image commune de leur AOC. L'amélioration du consensus pourrait prendre la forme d'une formation plus poussée des acteurs de la production, en lien avec la typicité de leur appellation, mais également d'échanges réguliers traitant des vins obtenus et des pratiques mises en oeuvre pour leur obtention.

L'insertion des vignobles européens dans la mondialisation peut susciter des inquiétudes face aux modèles quasi « patrimoniaux » que constituent les AOC. Face à l'uniformisation

des techniques, des savoir-faire, des cépages, les sols caractéristiques des AOC peuvent paraître essentiels pour se distinguer. Cependant, le lien entre terroir et typicité ne peut être décrit qu'en associant aux sols, des cépages et des savoir-faire. Par ailleurs, la typicité (c'est à dire l'association d'originalité, d'authenticité et de qualité, au sens de caractéristiques mesurables) doit être partagée, considérée comme plurielle et toujours en (dés-)équilibre. Ce qu'il s'agit de préserver, ce ne sont finalement ni les sols, ni les cépages, ni les paysages, ni les profils sensoriels, mais plutôt cet « écosystème particulier », toujours en mouvement, produisant des produits non uniformes, que nous appelons le terroir. Dans une problématique de recherche, cela pourrait se traduire par « mieux comprendre la dynamique du système terroir plutôt que ses composants ».

Index Tableaux et Figures

Tableaux

Tableau 3-1. Récapitulatif des différents vins étudiés par millésime 41
Tableau 3-2. Récapitulatif de la composition du jury pour chaque analyse 46
Tableau 3-3. Fréquence de citation des descripteurs par AOC. Questions issues de l'enquête réalisée auprès des producteurs de l'AOC AVB. Correspondance avec les descripteurs choisis pour le profil JAR 48
Tableau 3-4. Liste des descripteurs utilisés pour chaque analyse par le jury professionnel. 48
Tableau 3-5. Liste des descripteurs utilisés par le jury expert pour chaque analyse 51
Tableau 3-6. Récapitulatif des réponses et regroupement des expressions. Question Senso3. 60
Tableau 3-7. Récapitulatif des réponses à la question senso2 classées par ordre de réponse. 61
Tableau 3-8. Récapitulatif des réponses et regroupement des expressions. Question Senso3. 62
Tableau 3-9. Récapitulatif des réponses données à la question senso3 par ordre de réponse. 63
Tableau 3-10 - Récapitulatif des réponses données à la question senso4 par ordre de réponse. 64
Tableau 3-11. Groupes formés par la CAH. « 1_senso3 » correspond aux réponses du producteur 1 à la question senso3. Seul le producteur 30 discrimine différemment les AR et AVB, sur des critères de « qualité de tanins ». 65
Tableau 3-12. Récapitulatif des réponses obtenues à la question senso5. Humain (V) : facteur humain, viticulture. Humain (O) : facteur humain, oenologie. 66
Tableau 3-13. Variabilité de chaque valeur propre et explications des axes 68
Tableau 3-14. Dissimilarité des producteurs en fonction des réponses à la question senso 2. ANOVA sur les groupes issus d'une CAH. 72
Tableau 3-15. Dissimilarité des producteurs en fonction des réponses à la question senso 3. ANOVA sur les groupes issus d'une CAH. 73
Tableau 3-16. Dissimilarité des producteurs en fonction des réponses à la question senso 4. ANOVA sur les groupes issus d'une CAH. 74
Tableau 3-17. Dissimilarité des producteurs en fonction des réponses à la question senso 4. ANOVA sur les groupes issus d'une CAH. 75
Tableau 3-18. Relations entre AOC et scores de typicité. Tableaux de contingence (Catégories/typicité AVB).Test Khi2..... 99
Tableau 3-19. Statistiques descriptives des matrices de corrélations entre juges. 100

Tableau 3-20. Probabilités issues des analyses de variance à deux facteurs, sur les données du profil conventionnel du jury expert. 103
Tableau 3-21. Probabilités issues des analyses de variance à deux facteurs, sur les données du profil JAR des professionnels. 104
Tableau 3-22. Relations entre descripteurs sensoriels et typicité. Probabilités issues des analyses de variance pour la typicité théorique (AOC). Coefficients de corrélation pour la note de typicité (AVB). 105
Tableau 3-23. Corrélations entre descripteurs du jury professionnel. 107
Tableau 3-24. Corrélations entre descripteurs générés par le jury expert et les descripteurs générés par le jury professionnel. 108
Tableau 3-25. Relations entre composition biochimique et typicité. Probabilités issues des analyses de variance pour la typicité théorique (AOC). Coefficients de corrélation pour la note de typicité (AVB). 110
Tableau 3-26. Valeurs propres des l'ACP réalisées sur les données de profil du jury expert 111
Tableau 3-27. Contribution des variables (ACP) 112
Tableau 3-28. Valeurs propres des l'ACP réalisées sur les données de profil du jury professionnels 115
Tableau 3-29. Contribution des variables (ACP) 115
Tableau 3-30. Relations entre groupes issus des CAH et notes globales de typicité. 120
Tableau 3-31. Tableau des pénalités. Exemple pour le descripteur intensité colorante ; millésime 2007. 121
Tableau 3-32. Contribution des tableaux au plan factoriel de l'AFM. Jury Professionnels. ..124
Tableau 3-33. Tableau des coefficients RV de l'AFM sur le jury de professionnels. En gras : valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05 125
Tableau 3-34. Contribution des tableaux dans le plan factoriel de l'AFM. Jury expert. 125
Tableau 3-35. Coefficients RV de l'AFM, jury de professionnels. En gras : valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,10 126
Tableau 3-36. Consensus entre juges. Moyenne des coefficients de corrélations par descripteur. 129
Tableau 3-37. Corrélations de Pearson entre les variables quantitatives de l'enquête AVO et les descripteurs sensoriels du jury expert pour le millésime 2007. En gras : valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05.....135

Tableau 3-38. Corrélations de Pearson entre les variables quantitatives de l'enquête AVO et les descripteurs sensoriels du jury professionnels pour le millésime 2007. En gras : valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05 137
Tableau 3-39. Corrélations de Pearson entre les proportions de Cabernet franc et de Cabernet-Sauvignon (enquête AVO) et les descripteurs sensoriels des jurys professionnels (JP) et des jurys expert (JE) pour les trois millésimes. Seules sont présentées les valeurs différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05. 138
Tableau 3-40. Corrélations de Pearson entre les variables quantitatives de l'enquête AVO et la note de typicité du jury de professionnels. Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,10.....138
Tableau 3-41. Corrélations entre les variables quantitatives de l'enquête AVO et la typicité théorique (AOC). P-Values. 139
Tableau 3-42. Coefficients RV entre les variables qualitatives de l'enquête AVO et la note de typicité du jury de professionnels pour le millésime 2005.....140
Tableau 4-1. Principales caractéristiques des parcelles d'étude. 189
Tableau 4-2. Mesures réalisées sur les clichés des coupes histologiques (marquage DMACA). 190
Tableau 4-3. Principales caractéristiques biochimiques des raisins récoltés.....192
Tableau 4-4. Synthèse des résultats des analyses d'image (n=150/modalité). Analyse de la variance. Tests Newman-Keuls. IS :Intensité moyenne de la coloration sur la coupe ; SO : taux d'occupation de la coloration ; IZ : intensité moyenne de la coloration. 194
Tableau 4-5. Teneurs en anthocyanes et effet date et origine. Analyses de la variance pour effet stade. Incertitude élargie (U) pour effets parcelles. 196
Tableau 4-6. Teneurs en proanthocyanidines à la récolte et au décuvage. EGC : epigallocaéchine. ECG : Epicatechine gallate.....197
Tableau 4-7. Contribution des pépins à la composition du jus au décuvage, calculée à partir de quatre paramètres analytiques. 199
Tableau 4-8. Profil conventionnel. Analyse de variance. 217
Tableau 4-9. Descripteurs sensoriels pour lesquels l'effet date et l'effet durée sont significatifs (ANOVA, seuil 0,10). Tests Newman-Keuls. 218
Tableau 4-10. Corrélations entre les notes moyennes par descripteurs et les notes de typicité. En gras, valeurs significatives au seuil de 0,05.....219
Tableau 4-11. Relations entre les scores de typicité, la date de vendanges, la durée de cuvaison et la composition des vins. Seules les Pr <0.05 sont présentées. 220

Tableau 4-12. Matrice de corrélation (Pearson) entre la composition du vin en PA lors de l'analyse sensorielle et au décuvage. Ju_Dv=vin au décuvage ; Vn = vin à l'analyse sensorielle. Seules les Pr <0.05 sont présentées. 221
Tableau 4-13 . Teneurs en PA à la vendange.....221

Figures

Figure 1-1. Structure d'une baie de raisin (Kennedy 2002). 18
Figure 1-2. Structure de la baie de raisin. Nouaison + 11 jours. Cabernet franc. Coloration au DMACA. (Cadot *et al.* 2008) 19
Figure 1-3. Coupe histologique de pellicule de Cabernet franc, obtenue avec un cryostat. Epaisseur de 15 µm. Les anthocyanes sont naturellement rouges au pH des cellules.( ). Les différences de nuances et d'intensités peuvent être liées à la nature des anthocyanes, leur concentration, à des variations de pH et à des co-pigmentations. (Cadot *et al.* 2008)..... 19
Figure 1-4Evolution de la masse des pépins et de la baie durant le développement de la baie. (I) phase de croissance herbacée ; (II) véraison ; (III) maturation. (Cadot *et al.* 2006a)..... 20
Figure 1-5. Structure de base benzopyrone. 21
Figure 1-6.Structure des polymères de flavan-3-ols de type B. (R3=H : procyanidine ; OH :prodelphinidine, R1=H, OH, et R2=H,OH O-gallate). 23
Figure 1-7. Evolution de la composition et de la localisation en tanins condensés du pépin à la nouaison (a) et à la vendange (b). (Cadot *et al.* 2006a). Coloration au DMACA. VF : face ventrale. DF : face dorsale. Ep : épiderme. OI : tégument externe. R : raphé. MI : tégument moyen. II : tégument interne. AI : albumen..... 28
Figure 1-8**.** Localisation des flavanols dans la pellicule de Cabernet franc.Coupe d'un fragment de pellicule. Coloration DMACA.Epaisseur de 2 micromètres. Millésime 2002, baie prélevée 31 jours après nouaison. Face de la baie exposée à la lumière..... 29
Figure 2-1. Démarche scientifique. Orange : produits finis ; chapitre 3 ; Vert : facteurs de production ; chapitre 4 ; Bleu : dimensions du terroir et lien au terroir. 36
Figure 3-1. Relations entre la représentation conceptuelle et la représentation perceptuelle de la typicité. 38
Figure 3-2**.-** Carte représentant les différentes appellations du Val de Loire et la zone d'étude. Le cercle intérieur permet de localiser la zone d'AOC AVB, et le cercle extérieur

la moyenne vallée de la Loire, où sont produits les AOC rouges AVB, AR, et les OUT. (source : www.vinsdeloire.fr) 42
Figure 3-3. Carte représentant les zones d'AOC « Anjou Villages Brissac » et « Anjou rouge ». 43
Figure 3-4. Échelle JAR 47
Figure 3-5 - Échelle de type « QDA » du jury expert 52
Figure 3-6. Données traitées correspondant à l'enquête AVO-senso 59
Figure 3-7. Répartition des mots regroupés en fonction des facteurs du terroir 67
Figure 3-8. Représentation sur le plan factoriel 1-2 (ACP) des données « senso5 ». Les nuages correspondent aux groupes issus de CAH. 69
Figure 3-9. Diagramme en boîte à moustache et statistiques descriptives pour chaque question. 70
Figure 3-10. Proximité entre sujets sur l'image globale de l'AVB. ACP des données centrées par producteur. 71
Figure 3-11. Proximité entre sujets sur les critères d'appartenance de l'AVB. ACP des données centrées par producteur 72
Figure 3-12. Proximité entre sujets sur les critères de distinction de l'AVB. ACP des données centrées par producteur 74
Figure 3-13. Proximité entre sujets sur les critères de production d'un AVB. ACP des données centrées par producteur 75
Figure 3-14. Ensemble des jeux de données. 77
Figure 3-15. Scores moyens de typicité pour les millésimes 2005, 2006 et 2007. 99
Figure 3-16. Box plot illustrant les statistiques descriptives des matrices de corrélations entre juges. 101
Figure 3-17. Consensus des juges. Cercles de corrélations des scores de typicité (ACP). (a) millésime 2005 ; (b) millésime 2006 ; (c) millésime 2007. Pour illustration,les scores de typicité sont projetés sur les cercles de corrélations. 101
Figure 3-18. Représentation des variables par ACP sur les données de profil du jury expert (F1-F2). (a) 2005; (b) 2006; (c) 2007. 113
Figure 3-19. Représentation des individus par ACP sur les données de profil du jury expert (F1-F2). (a) 2005; (b) 2006; (c) 2007. Les groupes générés par CAH sont figurés par les ensembles colorés. 114
Figure 3-20. Représentation des variables par ACP sur les données de profil du jury professionnels (F1-F2). (a) 2005; (b) 2006; (c) 2007. 116

Figure 3-21. Représentation des individus par ACP sur les données de profil du jury professionnels (F1-F2). (a) 2005; (b) 2006; (c) 2007. Les groupes générés par CAH sont figurés par les ensembles colorés. 117
Figure 3-22. Représentation des individus par ACP sur les données de profil du jury professionnels (F1-F2-F3), sans le vin 22 AVB1. Les groupes générés par CAH sont figurés par les points colorés (bleu, rouge, vert). Les axes sont décrits par les variables (corrélations entre parenthèses). 118
Figure 3-23. Représentation des individus et des variables (b) par AFM sur les données de profil duJury expert et du jury professionnels (F1-F2). (a) 2005 ; (b) 2006 ; (c) 2007. ..119
Figure 3-24.. Analyse des pénalités. Effets sur la moyenne (a) 2005 ; (b) 2006 : (c) 2007. En gras : pénalité significative à un niveau de signification alpha=0,05. 122
Figure 3-25. Graphique de représentation des tableaux de l'AFM. Jury professionnels. 125
Figure 3-26. Graphique de représentation des tableaux de l'AFM. Jury professionnels. 126
Figure 3-27. Consensus des juges. Cercles de corrélations des notes par descripteur. Millésime 2005 130
Figure 3-28. Consensus des juges. Cercles de corrélations des notes par descripteur. Millésime 2006 131
Figure 3-29. Consensus des juges. Cercles de corrélations des notes par descripteur. Millésime 2007. 133
Figure 3-30. Carte des préférences. (a) 2005 (b) 2006 (c) 2007. 133
Figure 3-31. Actes techniques liés à la typicité théorique (AOC). Box plot. 140
Figure 3-32. Représentation graphique de l'ACP sur la moyenne des vins pour le jury de professionnels et projection des vins idéaux de chaque juge pour le millésime 2005. Juges rouges : acheteurs ; juges bleu clairs : conseillers ; juges verts : techniciens ; juges bleu foncés : producteurs. 158
Figure 3-33 - Représentation graphique de l'ACP sur la moyenne des vins pour le jury de professionnels, projection des vins idéaux des producteurs et de la vision perceptuelle de leur produit pour les millésimes 2006 (a) et 2007 (b). Juges verts : acheteurs ; juges rouges : producteurs, juges bleus : conseillers, juges roses : techniciens. 160
Figure 4-1. Schéma synthétique histochimie + analyse d'images. 190
Figure 4-2: Dispositif général mis en oeuvre pour le millésime 2007.....191
Figure 4-3. Suivi fermentaire des microvinifications. 192
Figure 4-4. Coupes histologiques de pellicules. (a) BMO V35. (b) CYR V35. Coloration DMACA. Le trait correspond à 25 microns. IS : BMO=7,0 ; CYR=5,1 ; SO : BMO=9,2%, CYR=6,0%. Echelle : 25 microns. 195

Figure 4-5. Coupes histologiques de pellicules de BMO à V49. Coloration DMACA. Résultats des analyses d'image. Echelle : 25 microns. 196
Figure 4-6. Coupes histologiques de pellicules (a,b) et de pépins (c,d) pour CYR à V35. (a) et (c) Baies récolte. (b) et (d) Décuvage. OI Tégument externe. MI Tégument moyen. OI Tégument interne. Au décuvage, l'ensemble des cellules de la pellicules sont colorées et les cellules de la partie interne du tégument interne contiennent encore des tanins. Echelles : 25 microns. 196
Figure 4-7. Teneur en proanthocyanidines à la récolte et au décuvage. V34 et V49.....198
Figure 4-8. Degré moyen de polymérisation des proanthocyanidines à la récolte et au décuvage. V34 et V49. 199
Figure 4-9. Dispositif expérimental. 216
Figure 4-10. représentation des individus et des variables sur le premier plan de l'ACP (profil conventionnel). Seuls les descripteurs discriminants sont représentés. (a) effet durée de cuvaison. (b) effet date de récolte.....218
Figure 4-11. Classification ascendante hiérarchique. Profil conventionnel. Méthode d'aggrégation de Ward. Bleu ciel : V34-J9 ; bleu foncé : V34 J15 ; vert clair : V49-J15 ; vert foncé : V49-J15. 219

Références bibliographiques

Références bibliographiques

AFNOR (1971) NF V09-110. Verre à dégustation pour vins. (Ed. AFNOR).

AFNOR (1999) GUM, Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, norme NF ENV 13005, 1999.

Amrani-Joutei K, Glories Y (1994a) Etude en conditions modèles de l'extractibilité des composés phénoliques des pellicules et des pépins de raisins rouges. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **28**, 303-317.

Amrani-Joutei K, Glories Y (1994b) Study under experimental conditions of the extractability of phenolic compounds from the skins and seeds of red grapes. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* **28**, 303-317.

Amrani-Joutei K, Glories Y, Mercier M (1994) Localization of tannins in grape berry skins. *Vitis* **33**, 133-138.

Arnold RA, Noble AC, V.L. S (1980) Bitterness and astringency of phenolic fractions in wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **28**, 675-678.

Asselin C, Brossaud F, Cheynier V, Moutounet M (1999) Influence of temperature and time of maceration on flavonoid composition and incidence on sensory characteristics of wines of Cabernet Franc of different "terroirs" in Val de Loire. Contribution for an objective definition of typicity. *Bulletin de l'OIV* **72**, 517-531.

Asselin C, Morlat R, Leon H, Robichet J, Remoue M, Salette J (1983) Methode d'analyse sensorielle adaptee a la caracterisation des vins rouges issus de terroirs differents. *Science des Aliments* **3**, 245-263.

Asselin C, Pages J, Morlat R (1992) Typologie sensorielle du cabernet franc et influence du terroir. Utilisation de methodes statistiques multidimentionnelles. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **26**, 129-154.

Asselin C, Puissant A, Leon H (1979) Relation entre reserve technologique et rendement d'extraction en matieres colorantes au cours de la vinification de cepages rouges du Val de Loire. *Revue Française d'Oenologie* **74**, 1-6.

Auger C, Teissedre PL*, et al.* (2005) Dietary wine phenolics catechin, quercetin, and resveratrol efficiently protect hypercholesterolemic hamsters against aortic fatty streak accumulation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**, 2015-2021.

Aurier P, Fort F, Siriex L (2005) Exploring terroir product meaning for the consumer. *Anthropology of food* **4**, 16pp.

Aust SD (1997) Assessing the antioxydant activities of polyphenols. *Analusis* **25**, 47-49.

Ballester J, Dacremont C, Le Fur Y, Etievant P (2005) The role of olfaction in the elaboration and use of the Chardonnay wine concept. *Food Quality and Preference* **16**, 351-359.

Ballester J, Patris B, Symoneaux R, Valentin D (2008) Conceptual vs. perceptual wine spaces: does expertise matter. *Food Quality and Preference* **19**, 267-276.

Barjolle D, Boisseaux S, Dufour M (1998) Le lien au terroir. Bilan des travaux de recherche. Institut d'économie rurale, ETHZ, antenne romande.

Barnavon L, Doco T, Terrier N, Ageorges A, Romieu C, Pellerin P (2000) Analysis of cell wall neutral sugar composition, beta-galactosidase activity and a related cDNA clone throughout the development of Vitis vinifera grape berries. *Plant Physiology and Biochemistry* **38**, 289-300.

Barthelemy J (1998a). In 'Evaluation sensorielle. Manuel méthodologique'. (Ed. SSHA) pp. 149-169. (Tec & Doc, Lavoisier: Paris).

Barthelemy J (1998b) Evaluation d'une grandeur sensorielle complexe : description quantifiée. In 'Evaluation sensorielle ; manuel méthodologique'. (Ed. SSHA) pp. 149-169. (Lavoisier: Paris).

Bastian SEP, Payne CM, Perrenoud B, Joscelyne VL, Johnson TE (2009) Comparisons between Australian consumers' and industry experts' perceptions of ideal wine and cheese combinations. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **15**, 175-184.

Bednarek P, Kerhoas L, Einhorn J, Franski R, Wojtaszek P, Rybus-Zajac M, Stobiecki M (2003) Profiling of flavonoid conjugates in Lupinus albus and Lupinus angustifolius responding to biotic and abiotic stimuli. *Journal of Chemical Ecology* **29**, 1127-1142.

Berard L, Marchenay P (2006) Local products and geographical indications: taking account of local knowledge and biodiversity. *International Social Science Journal* **58**, 109-116.

Bodin F, Morlat R (2003) Characterizing a vine terroir by combining a pedological field model and a survey of the vine growers in the Anjou Region (France). *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **37**.

Bodin F, Morlat R (2006) Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth I. Validation of the water supply regime, phenology and vine vigour, in the Anjou vineyard (France). *Plant and Soil* **281**, 37-54.

Boss PK, Davies C, Robinson SP (1996) Analysis of the Expression of Anthocyanin Pathway Genes in Developing Vitis vinifera L. cv Shiraz Grape Berries and the Implications for Pathway Regulation. *Plant Physiology* **111**, 1059-1066.

Bottois N (2007) Test en Saumurois - Touraine du modèle de terrain développé sur le vignoble de l'Anjou pour la caractérisation des terroirs. INRA-UVV.

Bourzeix M (1973) Les colorants du raisin et du vin. *Revue Française d'Oenologie* **14**.

Bowen PA, Bogdanoff CP, Estergaard BF, Marsh SG, Usher KB, Snaith CAS, Frank G (2005) Geology and wine 10: Use of geographic information system technology to assess viticulture performance in the Okanagan and Similkameen valleys, British Columbia. *Geoscience Canada* **32**, 161-176.

Brochet F, Dubourdieu D (2001) Wine descriptive language supports cognitive specificity of chemical senses. *Brain and Language* **77**, 187-196.

Brossaud F (1999) Composition en flavonoïdes des baies et des vins de Vitis vinifera var. Cabernet franc. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, 65 rue St Brieuc 35000 Rennes, France.

Brossaud F, Cheynier V, Asselin C, Moutounet M (1998) Influence of "terroir" on flavonoid composition of berries and Cabernet franc wines in Val de Loire. Influence on the sensory typology of the wines. In 'Bulletin de l'OIV' pp. 757-771.

Brossaud F, Cheynier V, Asselin C, Moutounet M (1999) Flavonoid compositional differences of grapes among site test plantings of Cabernet franc. *American Journal of Enology and Viticulture* **50**, 277-284.

Brossaud F, Cheynier V, Noble AC (2001) Bitterness and astringency of grape and wine polyphenols. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **7**, 33-39.

Brouillard R (1982) Chemical structure of anthocyanins.
. In 'Anthocyanins as Food Colors'. (Ed. P Markakis) pp. 1-38. (Academic Press Inc.: New York).

Budic-Leto I, Lovric T, Kljusuric JG, Pezo I, Vrhovsek U (2006) Anthocyanin composition of the red wine Babic affected by maceration treatment. *European Food Research and Technology* **222**, 397-402.

Cacho J, Fernandez P, Ferreira V, Castells JE (1992) Evolution of five anthocyanidin-3-glucosides in the skin of the Tempranillo, Moristel and Garnacha grape varieties and influence of climatological variables. *American Journal of Enology and Viticulture* **43**, 244-248.

Cadot Y (2006) Le lien du vin au terroir : complexité du concept de typicité. *Revue des Oenologues* **118**, 9-11.

Cadot Y, Caille S, Samson A, Barbeau G, Cheynier V (2010) Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assessment. *Analytica Chimica Acta* **660**, 53-62.

Cadot Y, Chevalier M, Minana Castello MT, Moutounet M (2008) 'Le potentiel phénolique du cabernet franc.' (INRA Angers (France)).

Cadot Y, Miňana Castelló MT, Champenois R, Chevalier M, Barbeau G (2004) Flavan-3-ol compositional changes in red grape berries (Vitis vinifera L. cv. Cabernet Franc) from two terroirs of the Loire Valley (France). In 'International Conference on Viticultural Zoning'Cape Town (ZAF)).

Cadot Y, Miñana-Castelló MT, Chevalier M (2006a) Anatomical, histological, and histochemical changes in grape seeds from Vitis vinifera L. cv Cabernet franc during fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 9206-9215.

Cadot Y, Miñana-Castelló MT, Chevalier M (2006b) Flavan-3-ol compositional changes in grape berries (Vitis vinifera L. cv Cabernet Franc) before veraison, using two complementary analytical approaches, HPLC reversed phase and histochemistry. *Analytica Chimica Acta* **563**, 65-75.

Cagnasso E, Rolle L, Caudana A, Gerbi V (2008) Relationship between grape phenolic maturity and red wine phenolic composition. *Italian Journal of Food Science* **20**, 365-380.

Caille S, Samson A, Wirth J, Dieval JB, Vidal S, Cheynier V (2010) Sensory characteristics changes of red Grenache wines submitted to different oxygen exposures pre and post bottling. *Analytica Chimica Acta* **660**, 35-42.

Cain WS (1979) To know with the nose: keys to odor identification. *Science* **203**, 467-470.

Canals R, Llaudy MC, Valls J, Canals JM, Zamora F (2005) Influence of ethanol concentration on the extraction of color and phenolic compounds from the skin and seeds of Tempranillo grapes at different stages of ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**, 4019-4025.

Capus J (1947) 'L'Evolution de la Législation sur les Appellations d'Origine. Genèse des Appellations Contrôlées.' (INAO).

Carbonneau A (2001) Concepts "terroirs". In 'Gesco XIIèmes journées du groupe européen d'étude des systèmes de conduite de la vigne'. (Ed. Agro-Montpellier) p. 669Montpellier (France)).

Carey V, Archer E, Barbeau G, Saayman D (2007) The use of local knowledge relating to vineyard performance to identify viticultural terroirs in stellenbosch and surrounds. In 'Proceedings of the International Workshop on Advances in Grapevine and Wine Research'. (Eds V Nuzzo, P Giorio, C Giulivo) pp. 385-391.

Casabianca F, Sylvander B, Noel Y, Beranger C, Coulon JB, Roncin F (2005) Terroir et typicité : deux concepts clés des appellations d'origine contrôlée, essai de définitions scientifiques et opérationnelles. In 'Colloque International de restitution des travaux de recherches sur les indications et appellations d'origine géographiques'. Paris (France). (Ed. I-INAO) pp. 199-213.

Cavitt LC, Meullenet JFC, Xiong R, Owens CM (2005) The relationship of razor blade shear, Allo-Kramer shear, Warner-Bratzler shear and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast fillets. *Journal of Muscle Foods* **16**, 223-242.

Cayot N (2007a) Sensory quality of traditional foods. *Food Chemistry* **102**, 445-453.

Cayot N (2007b) Sensory quality of traditional foods. *Food Chemistry* **101**, 154-162.

Chambers E, Baker Wolf M (1996) 'Sensory testing methods, 2d edition.' (ASTM: West Conshohocken).

Chambers E, Smith EA (1993) Effects of testing experience on performance of trained sensory panelists. *Journal of Sensory Studies* **8**, 155-166.

Champagnol F (1984) 'Elements de physiologie de la vigne et de viticulture générale.' (Champagnol: Saint Gely du Fesc).

Champagnol F (1998) Critères de qualité de la vendange. In 'Oenologie. Fondements scientifiques et technologiques'. (Ed. M Flanzy) pp. 653-659. (Lavoisier: Paris).

Chapman DM, Matthews MA, Guinard JX (2004) Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different crop yields. *American Journal of Enology and Viticulture* **55**, 325-334.

Chevalier M, Perrochon E, Clement A, Dubot AL, Tellier M, Cadot Y, Barbeau G (2003a) Use of image analysis for the study of phenolic compounds of the grape berry skin (Vitis vinifera L., cv Cabernet franc). *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **37**, 63-65.

Chevalier M, Perrochon E, Tellier M, Barbeau G (2003b) Use of DMACA to visualize flavan-3-ols in grape berry skins (Vitis vinifera L. cv. Cabernet Franc). *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **37**, 195-198.

Cheynier V (1999) Tannins in grape and grape products. In 'Tannins in livestock and human nutrition. Proceedings of an International Workshop, Adelaide, Australia, 31 May-2 June, 1999.'. (Ed. JD Brooker) pp. 90-94. (Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR): Canberra Australia).

Cheynier V, Duenas-Paton M, Salas E, Maury C, Souquet JM, Sarni-Manchado P, Fulcrand H (2006) Structure and properties of wine pigments and tannins. *American Journal of Enology and Viticulture* **57**, 298-305.

Cheynier V, Fulcrand H, Brossaud F, Asselin C, Moutounet M (1998) Phenolic composition as related to red wine flavor. In 'Chemistry of wine flavor;ACS Symposium Series (USA)'. (Ed. AL Waterhouse) pp. 714, 124-141. (American Chemical Society: Washington, DC (USA)).

Cheynier V, Prieur C, Guyot S, Rigaud J, Moutounet M (1997) The structures of tannins in grapes and wines and their interactions with proteins. In 'Wine: nutritional and therapeutic benefits.'. (American Chemical Society: Washington USA).

Chira K, Schmauch G, Saucier C, Fabre S, Teissedre PL (2009) Grape Variety Effect on Proanthocyanidin Composition and Sensory Perception of Skin and Seed Tannin Extracts from Bordeaux Wine Grapes (Cabernet Sauvignon and Merlot) for Two Consecutive Vintages (2006 and 2007). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57**, 545-553.

Chollet S, Valentin D (2000) Expertise level and odour perception: What can we learn from red burgundy wines? *Annee Psychologique* **100**, 11-36.

Chollet S, Valentin D (2001) Impact of training on beer flavor perception and description: Are trained and untrained subjects really different? *Journal of Sensory Studies* **16**, 601-618.

Chollet S, Valentin D, Abdi H (2005) Do trained assessors generalize their knowledge to new stimuli? *Food Quality and Preference* **16**, 13-23.

Chone X, Leeuwen Cv, Chery P, Ribereau-Gayon P (2001) Terroir influence on water status and nitrogen status of non-irrigated Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera). Vegetation development, must and wine composition (example of a Medoc top estate vineyard, Saint Julien area, Bordeaux, 1997). *South African Journal for Enology and Viticulture* **22**, 8-15.

Chrea C, Valentin D, Sulmont-Rosse C, Nguyen DH, Abdi H (2005) Semantic, typicality and odor representation: A cross-cultural study. *Chemical Senses* **30**, 37-49.

CIE (2008) ISO 11664-4:2008(E)/CIE S 014-4/E:2007; 1976 L*a*b* Colour Space. *Commission Internationale de l'Eclairage*.

Cliff MA, King MC, Schlosser J (2007) Anthocyanin, phenolic composition, colour measurement and sensory analysis of BC commercial red wines. *Food Research International* **40**, 92-100.

Coipel J, Lovelle BR, Sipp C, Van Leeuwen C (2006) "Terroir" effect, as a result of environmental stress, depends more on soil depth than on soil type (Vitis vinifera L. cv. Grenache noir, Cotes du Rhone, France, 2000). *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **40**, 177-185.

Conde C, Silva P, Fontes N, Dias ACP, Tavares RM, Sousa MJ, Agasse A, Delrot S, Gerós H (2007) Biochemical Changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine Quality. *Food* **1**, 1-22.

Condelli N, Dinnella C, Cerone A, Monteleone E, Bertuccioli M (2006) Prediction of perceived astringency induced by phenolic compounds. II: Criteria for panel selection and preliminary application on wine samples. *Food Quality and Preference* **17**.

Coombe BG (1973) The regulation of set and development of the grape berry. *Acta Horticulturae* **34**, 261-273.

Coombe BG, Bovio M, Schneider A (1987) Solute accumulation by grape pericarp cells. V. Relationship to berry size and the effects of defoliation. *Journal of Experimental Botany* **38**.

Coombe BG, McCarthy MG (2000) Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **6**, 131-135.

Cortell JM, Kennedy JA (2006) Effect of shading on accumulation of flavonoid compounds in (Vitis vinifera L.) pinot noir fruit and extraction in a model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 8510-8520.

Courjault-Rade P, Munoz M, Hirissou N (2005) Geological caracterisation of plots belonging to the Gaillac vineyard (Tarn, Midi-Pyrenees) consequences on the determination of Basic Terroir Units (BTU) and the choice of vegetative material. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **39**, 95-107.

Couronne T (1997) A study of assesors' performance using graphical methods. *Food Quality and Preference* **8**, 359-365.

Crippen DD, Jr., Morrison JC (1986a) The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. *American Journal of Enology and Viticulture* **37**, 235-242.

Crippen DD, Jr., Morrison JC (1986b) The effects of sun exposure on the phenolic content of Cabernet Sauvignon berries during development. *American Journal of Enology and Viticulture* **37**, 243-247.

Cuenat P, Bregy CA, Zufferey E (2002) Red wine quality: influence of wine-making techniques and of crop yield. Trials on Pinot noir and Gamay. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* **34**, 347-353.

Dacremont C, Vickers Z (1994) Classification of cheeses according to their closeness to the cheddar cheese concept. *Journal of Sensory Studies* **9**, 237-246.

Dallas C, Hipolito-Reis P, Ricardo-da-Silva JM, Laureano O (2003) Influence of acetaldehyde, pH, and temperature on transformation of procyanidins in model wine solutions. *American Journal of Enology and Viticulture* **54**, 119-124.

Danzart M (1998) Cartographie des préférences. In 'Evaluation sensorielle. Manuel méthodologique'. (Ed. SSHA) pp. 290-297. (Lavoisier: Paris).

Darias-Martin J, Martin-Luis B, Carrillo-Lopez M, Lamuela-Raventos R, Diaz-Romero C, Boulton R (2002) Effect of caffeic acid on the color of red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**, 2062-2067.

de Andres-de Prado R, Yuste-Rojas M, Sort X, Andres-Lacueva C, Torres M, Lamuela-Raventos RM (2007) Effect of soil type on wines produced from Vitis vinifera L. Cv. Grenache in commercial vineyards. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**, 779-786.

de Beer D, Harbertson JF, Kilmartin PA, Roginsky V, Barsukova T, Adams DO, Waterhouse AL (2004) Phenolics: A comparison of diverse analytical methods. In 'American Journal of Enology and Viticulture' pp. 389-400.

de Freitas VAP, Glories Y (1999) Concentration and compositional changes of procyanidins in grape seeds and skin of white Vitis vinifera varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **79**, 1601-1606.

del Llaudy MC, Canals R, Canals JM, Zamora F (2008) Influence of ripening stage and maceration length on the contribution of grape skins, seeds and stems to phenolic composition and astringency in wine-simulated macerations. *European Food Research and Technology* **226**, 337-344.

Delgado R, Martin P, Alamo Md, Gonzalez MR (2004) Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilisation rates. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **84**, 623-630.

Deloire A, Carbonneau A, Federspiel B, Ojeda H, Wang Z, Costanza P (2003) The vine and water. *Progres Agricole et Viticole* **120**, 79-90.

Deloire A, Lopez F, Carbonneau A (2002) Responses of the vine and 'terroir': elements for a study method. In 'Progres Agricole et Viticole' pp. 78-86.

Deloire A, Prevost P, Kelly M (2008a) Le concept de terroir est-il quantifiable à travers une approche agro-socio-économique ? *Revue Française d'Oenologie* **231**, 5-11.

Deloire A, Prevost P, Kelly M (2008b) Unravelling the terroir mystique - an agro-socio-economic perspective. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* **3**, 9 pp.

Des Gachons CP, Kennedy JA (2003) Direct method for determining seed and skin proanthocyanidin extraction into red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 5877-5881.

Diakou P, Carde J-P (2001) In situ fixation of grape berries. *Protoplasma* **218**, 225-235.

Dijksterhuis G (1995) Assessing panel consonance. *Food Quality and Preference* **6**, 7-14.

Do CB, Cormier F (1991) Accumulation of peonidin 3-glucoside enhanced by osmotic stress in grape (Vitis vinifera L.) cell suspension. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **24**.

Douglas D, Cliff MA, Reynolds AG (2001) Canadian terroir: characterization of Riesling wines from the Niagara Peninsula. *Food Research International* **34**, 559-563.

Downey MO, Harvey JS, Robinson SP (2003) Analysis of tannins in seeds and skins of Shiraz grapes throughout berry development. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **9**, 15-27.

Downey MO, Harvey JS, Robinson SP (2004) The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **10**, 55-73.

Drewnowski A, Gomez-Carneros C (2000) Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *American Journal of Clinical Nutrition* **72**.

Duenas M, Fulcrand H, Cheynier V (2006) Formation of anthocyanin-flavanol adducts in model solutions. *Analytica Chimica Acta* **563**, 15-25.

Dufour C, Sauvaitre I (2000) Interactions between anthocyanins and aroma substances in a model system. Effect on the flavor of grape-derived beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**, 1784-1788.

Dumas V, Lebon E, Morlat R (1997) Differentiation of local climate in the Alsatian vineyards. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **31**, 1-9.

Dupuch V (1998) Maturité phénolique et dates de recolte: les apports de la méthode "CASV".

Edreva A (2005) The importance of non-photosynthetic pigments and cinnamic acid derivatives in photoprotection. *Agriculture Ecosystems & Environment* **106**, 135-146.

Egli DB (1998) 'Seed biology and the yield of grain crop.' (CAB International: Oxon (UK)).

Epler S, Chambers E, Kemp KE (1998) Hedonic scales are a better predictor than just-about-right scales of optimal sweetness in lemonade. *Journal of Sensory Studies* **13**, 191-197.

Errea P, Gutmann M, Feucht W (2000) Physiological implications of flavan-3-ols in apricot-rootstock combinations. *Advances in Horticultural Science* **14**, 126-134.

Es-Safi NE, Cheynier V, Moutounet M (2002) Role of aldehydic derivatives in the condensation of phenolic compounds with emphasis on the sensorial properties of fruit-derived foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**, 5571-5585.

Escoffier B, Pages J (1998) 'Analyses factorielles simples et multiples.' (Dunod: Paris).

Escribano-Bailon T, Dangles O, Brouillard R (1996) Coupling reactions between flavylium ions and catechin. *Phytochemistry* **41**, 1583-1592.

Fanet J (2008) 'Les terroirs du vin.' (Hachette: Paris).

Feder N, O'Brien TP (1968) Plant microtechnique: some principles and new methods. *American Journal of Botany* **55**, 123-142.

Ferreyra E R, Selles V G, Peralta A J, Valenzuela B J (2004) Effect of water stress applied at different development periods of Cabernet Sauvignon grapevine on production and wine quality. *Acta Horticulturae*.

Fischer U, Roth D, Christmann M (1999) The impact of geographic origin, vintage and wine estate on sensory properties of Vitis vinifera cv. Riesling wines. *Food Quality and Preference* **10**, 281-288.

Fougere-Rifot M, Cholet C, Bouard J (1996) Evolution of cell walls in the hypodermis of the grape during their transformation into pulp cells. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **30**, 47-51.

Fougere-Rifot M, Delavaux JJ, Benharbit El-Alami N, Bouard J, Brun O (1993) Importance of vacuolar tannins in the development of ovaries and ovules in the grapevine. *Vitis* **32**, 127-136.

Fougere-Rifot M, Park HS, Bouard J (1997) Berry pericarp ontogenesis of Vitis vinifera L. var. Merlot from fertilization to maturity. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **31**, 109-118.

Fournand D, Moutounet M (2008) La maturité phénolique du raisin : un concept en cours de maturation. *Revue Française d'Oenologie* **228**, 1-6.

Fournand D, Vicens A, Sidhoum L, Souquet JM, Moutounet M, Cheynier V (2006) Accumulation and Extractability of Grape Skin Tannins and Anthocyanins at Different Advanced Physiological Stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 7331-7338.

Fujita A, Soma N, Goto-Yamamoto N, Shindo H, Kakuta T, Koizumi T, Hashizume K (2005) Anthocyanidin reductase gene expression and accumulation of flavan-3-ols in grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture* **56**, 336-342.

Fulcrand H, Doco T, Es-Safi N, Cheynier V, Moutounet M (1996) Study of the acetaldehyde induced polymerisation of flavan-3-ols by liquid chromatography-ion spray mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* **752**, 85-91.

Fulcrand H, Duenas M, Salas E, Cheynier V (2006) Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture* **57**, 289-297.

Gabler FM, Smilanick JL, Mansour M, Ramming DW, Mackey BE (2003) Correlations of morphological, anatomical, and chemical features of grape berries with resistance to Botrytis cinerea. *Phytopathology* **93**, 1263-1273.

Gacula M, Rutenbeck S, Pollack L, Resurreccion AVA, Moskowitz HR (2007) The just-about-right intensity scale: Functional analyses and relation to hedonics. *Journal of Sensory Studies* **22**, 194-211.

Gagne S, Saucier C, Geny L (2006) Composition and cellular localization of tannins in Cabernet Sauvignon skins during growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 9465-9471.

Galet P (1993) Précis de viticulture. Montpellier p. 582. (Dehan).

Gawel R, Godden PW (2008) Evaluation of the consistency of wine quality assessments from expert wine tasters. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **14**, 1-8.

Gawel R, Oberholster A, Francis IL (2000) A 'Mouth-feel Wheel': terminology for communicating the mouth-feel characteristics of red wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **6**, 203-207.

Geny L, Saucier C, Bracco S, Daviaud F, Glories Y (2003) Composition and Cellular Localization of Tannins in Grape Seeds during Maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 8051-8054.

Giraud G (2001) Entre Marques et Labels : Comment s'oriente le Choix des Consommateurs ? *Revue Française du Marketing* **183/184**, 169-180.

Giraud G (2005) What is typicality? A marketing and consumer approach. In 'Typical Food products in Europe: consumer preference and objective assessment'Clermont Ferrand).

Glories Y (1998) Les composés phénoliques. La notion de maturation phénolique. In 'Traité d'œnologie. Volume II. Chimie du vin stabilisation et traitements'. (Ed. P Ribereau-Gayon) pp. 220-221. (Dunod: Paris).

Glories Y, Augustin M (1993) Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques et application aux millésimes 1991 et 1992. . In 'journée technique du C.I.V.B.' pp. 56-61.

Goldner MC, Zamora MC (2007) Sensory characterization of Vitis Vinifera CV. Malbec wines from seven viticulture regions of Argentina. *Journal of Sensory Studies* **22**, 520-532.

Goldner MC, Zamora MC, 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.

Gonzalez-Manzano S, Rivas-Gonzalo JC, Santos-Buelga C (2004) Extraction of flavan-3-ols from grape seed and skin into wine using simulated maceration. *Analytica Chimica Acta* **513**, 283-289.

Gonzalez-Neves G, Charamelo D*, et al.* (2004) Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition. *Analytica Chimica Acta* **513**, 191-196.

Goulet E, Rioux D, Cesbron S, Bottois N, Barbeau G (2003) Spatialisation de l'activité racinaire de la vigne par résistivité électrique. Premières observations. In '4ème colloque Géophysiques des Sols et des Formations Superficielles GEOFCAN'. Paris (France) pp. 22-26.

Grotte M, Cadot Y, Poussier A, Loonis D, Pietri E, Duprat F, Barbeau G (2001) Determination of the maturity status of grape berry (Vitis vinifera) from physical measurements : methodology aspects. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **35**, 87-98.

Hanlin RL, Hrmova M, Harbertson JF, Downey MO (2010) Review: Condensed tannin and grape cell wall interactions and their impact on tannin extractability into wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **16**, 173-188.

Harbertson JF, Kennedy JA, Adams DO (2002) Tannin in skins and seeds of Cabernet Sauvignon, Syrah, and Pinot noir berries during ripening. *American Journal of Enology and Viticulture* **53**, 54-59.

Harris JM, Kriedemann PE, Possingham JV (1968) Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis* **7**, 106-109.

Haselgrove L, Botting D, Van Heeswijck R, Høj PB, Dry PR, Ford C, Iland PG (2000) Canopy microclimate and berry composition: The effect of bunch exposure on the phenolic composition of Vitis vinifera L cv. Shiraz grape berries. **6**, 141-149.

Haslam E (1974) Polyphenol-protein interactions. *Biochemical Journal* **139**, 285-288.

Haslam E (1977) Review. Symmetry and promiscuity in procyanidin biochemistry. *Phytochemistry* **16**, 1625-1640.

Haslam E (1980) In vino veritas: Oligomeric procyanidins and the ageing of red wines. *Phytochemistry* **19**, 2577-2582.

Haslam E, Williamson MP, Baxter NJ, Charlton AJ (1999) Astringency and polyphenol protein interactions. In 'Phytochemicals in human health protection, nutrition, and plant defense.'. (Kluwer Academic/Plenum Publishers: New York USA).

Herderich MJ, Smith PA (2005) Analysis of grape and wine tannins: methods, applications and challenges. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **11**, 205-214.

Hilbert G, Soyer JP, Molot C, Giraudon J, Milin S, Gaudillere JP (2003) Effects of nitrogen supply on must quality and anthocyanin accumulation in berries of cv. Merlot. *Vitis* **42**, 69-76.

Hinnewinkel J-C (2004a) Les AOC dans la mondialisation. *Anthropology of food* **3**, 11pp.

Hinnewinkel J-C (2004b) 'Les terroirs viticoles. origines et devenirs.' (Feret: Bordeaux).

Hmamouchi M, Es-Safi N, Pellecuer J, Essassi EM (1995) Anthocyanin composition of grape skins of four black grape cultivars grown in Morocco. *Bulletin de l'OIV* **68**, 905-919.

Holt HE, Francis IL, Field J, Herderich MJ, Iland PG (2008a) Relationships between berry size, berry phenolic composition and wine quality scores for Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera L.) from different pruning treatments and different vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **14**, 191-202.

Holt HE, Francis IL, Field J, Herderich MJ, Iland PG (2008b) Relationships between wine phenolic composition and wine sensory properties for Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research* **14**, 162-176.

Hughson AL, Boakes RA (2002) The knowing nose: the role of knowledge in wine expertise. *Food Quality and Preference* **13**, 463-472.

Huglin P, Schneider C (1998) 'Biologie et écologie de la vigne.' (Lavoisier: Paris).

Hunter JJ, Ruffner HP, Volschenk CG, Roux DJl (1995) Partial defoliation of Vitis vinifera L. cv. Cabernet Sauvignon/99 Richter: effect on root growth, canopy efficiency, grape composition, and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture* **46**, 306-314.

Ishikawa T, Noble AC (1995) Temporal perception of astringency and sweetness in red wine. *Food Quality and Preference* **6**, 27-33.

ISO (1993) Guide général pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets. Sujets qualifiés. In 'NF ISO 8586-1'. (Ed. Oid Normalisation).

ISO (1994) Guide général pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets. Experts. In 'NF-ISO 8586-2'. (Ed. OId normalisation).

ISO (2003a) Analyse sensorielle - Méthodologie - Directives générales pour l'établissement d'un profil sensoriel. In 'Analyse sensorielle'. (Ed. Afnor) pp. 475-506Paris).

ISO (2003b) ISO 13299:2003 Analyse sensorielle -- Méthodologie -- Directives générales pour l'établissement d'un profil sensoriel. *Organisation Internationale de Normalisation*.

Issanchou S (1998) Détermination directe d'un idéal sensoriel. In 'Evaluation sensorielle. manuel méthodologique'. (Ed. SSHA) pp. 207-215. (Lavoisier: Paris).

Jaakola L, Maatta-Riihinen K, Karenlampi S, Hohtola A (2004) Activation of flavonoid biosynthesis by solar radiation in bilberry (Vaccinium myrtillus L.) leaves. *Planta* **218**, 721-728.

Jackson DI, Lombard PB (1993) Environmental and Management-Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality - a Review. *American Journal of Enology and Viticulture* **44**, 409-430.

Jaeger SR, Danaher PJ, Brodie RJ (2009) Wine purchase decisions and consumption behaviours: Insights from a probability sample drawn in Auckland, New Zealand. *Food Quality and Preference* **20**, 312-319.

Jayaprakasha GK, Tamil S, Sakariah KK (2003) Antibacterial and antioxidant activities of grape (Vitis vinifera) seed extracts. *Food Research International* **36**, 117-122.

Jelen HH, Krawczyk J, Larsen TO, Jarosz A, Golebniak B (2005) Main compounds responsible for off-odour of strawberries infected by Phytophthora cactorum. *Letters in Applied Microbiology* **40**, 255-259.

Johnson J, Vickers Z (1987) Avoiding the centering bias or range effect when determining an optimum level of sweetness in lemonade. *Journal of Sensory Studies* **2**, 283-292.

Joliffe IT (1986) 'Principal Component Analysis.' (Springer-Verlag: New York).

Jones GV, Davis RE (2000) Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture* **51**, 249-261.

Jordao AM, Ricardo-da-Silva JM, Laureano O (2001) Evolution of catechins and oligomeric procyanidins during grape maturation of Castelao Frances and Touriga Francesa. *American Journal of Enology and Viticulture* **52**, 230-234.

Joscelyne VL, Downey MO, Mazza M, Bastian SEP (2007) Partial shading of Cabernet Sauvignon and Shiraz vines altered wine color and mouthfeel attributes, but increased exposure had little impact. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**, 10888-10896.

Josse J, Pages J, Husson F (2008) Testing the significance of the RV coefficient. *Computational Statististics and Data Analysis* **53**, 82-91.

JOUE (2008) Règlement (CE) no 479/2008 du conseil du 29 avril 2008 portant organisation commune du marché vitivinicole, modifiant les règlements (CE) no 1493/1999, (CE) no 1782/2003, (CE) no 1290/2005 et (CE) no 3/2008, et abrogeant les règlements (CEE) no 2392/86 et (CE) no 1493/1999. *Journal Officiel de la Communauté Européenne*.

JOUE (2009) Règlement (CE) no 607/2009 de la commission du 14 juillet 2009 fixant certaines modalités d'application du règlement (CE) no 479/2008 du Conseil en ce qui concerne les appellations d'origine protégées et les indications géographiques protégées, les mentions traditionnelles, l'étiquetage et la présentation de certains produits du secteur vitivinicole. *Journal Officiel de la Communauté Européenne*.

Joutei KA, Glories Y, Mercier M (1994) Localization of tannins in grape berry kins. *Vitis* **33**, 133-138.

Kantz K, Singleton VL (1991) Isolation and Determination of Polymeric Polyphenols in Wines Using Sephadex LH-20. *American Journal of Enology and Viticulture* **42**, 309-316.

Kelebek H, Canbas A, Selli S, Saucier C, Jourdes M, Glories Y (2006) Influence of different maceration times on the anthocyanin composition of wines made from Vitis vinifera L. cvs. Bogazkere and Okuzgozu. *Journal of Food Engineering* **77**, 1012-1017.

Kennedy JA (2002) Understanding grape berry development. In 'www.practicalwinery.com' pp. 1-6.

Kennedy JA, Hayasaka Y, Vidal S, Waters EJ, Jones GP (2001) Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **49**, 5348-5355.

Kennedy JA, Matthews MA, Waterhouse AL (2000a) Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. *Phytochemistry* **55**, 77-85.

Kennedy JA, Matthews MA, Waterhouse AL (2002) Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. *American Journal of Enology and Viticulture* **53**, 268-274.

Kennedy JA, Troup GJ, Pilbrow JR, Hutton DR, Hewitt D, Hunter CR, Ristic R, Iland PG, Jones GP (2000b) Development of seed polyphenols in berries from Vitis vinifera L. cv. Shiraz. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **6**, 244-254.

King M, Cliff M (2005) Evaluation of ideal wine and cheese pairs using a deviation-from-ideal scale with food and wine experts. *Journal of Food Quality* **28**, 245-256.

Kontoudatis N, Esteruelas M, Fort F, Canals JM, De Freitas V, Zamora F (2010) Influence of the heterogeneity of grape phenolic maturity on wine composition and quality. *Food Chemistry* **124**, 767-774.

Koundouras S, Marinos V, Gkoulioti A, Kotseridis Y, van Leeuwen C (2006) Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of nonirrigated cv. Agiorgitiko (Vitis vinifera L.). Effects on wine phenolic and aroma components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 5077-5086.

Kraeva E (1999) Mécanisme des défenses et des développements de la vigne et de ses baies (Vitis vinifera) : évolution des b-1,3 glucanase et des composés phénoliques constitutifs et induits. Reims.

Kroes GMLW, Baayen RP, Lange W (1998) Histology of root rot of flax seedlings (Linum usitatissimum) infected by Fusarium oxysporum f.sp. lini. *European Journal of Plant Pathology* **104**, 725-736.

Laville P (1990) The 'terroir', an indispensible concept for the elaboration and protection of appellation of origine and to the management of vineyards: the case of France. *Bulletin de l'OIV* **63**, 217-241.

Lawless HT (1999) Descriptive analysis of complex odors: reality, model or illusion? *Food Quality and Preference* **10**, 325-332.

Lawless HT, Heymann H (1998) 'Sensory Evaluation of Food: principles and practices ' (Chapman &Hall: New York).

Le Bourvellec C, Guyot S, Renard CMGC (2009) Interactions between apple (Malus x domestica Borkh.) polyphenols and cell walls modulate the extractability of polysaccharides. *Carbohydrate Polymers* **75**, 251-261.

Le Bourvellec C, Le Quere J-M, Renard CMGC (2007) Impact of Noncovalent Interactions between Apple Condensed Tannins and Cell Walls on Their Transfer from Fruit to Juice: Studies in Model Suspensions and Application. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**, 7896-7904.

Le Moigne M (2008) Recherche de mesures innovantes pour suivre la qualite du raisin de cabernet franc pendant sa maturation. Université d'Angers.

Lea AGH, Bridle P, Timberlake CF, Singleton VL (1979) The Procyanidins of White Grapes and Wines. *American Journal of Enology and Viticulture* **30**, 289-300.

Leeuwen Cv, Friant P, Chone X, Tregoat O, Koundouras S, Dubourdieu D (2004) Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture* **55**, 207-217.

Lesschaeve I (2003) Evaluating wine “typicité” using descriptive analysis. In '5th Pangborn sensory science symposium'. (Ed. HMe al.). (Elsevier).

Lesschaeve I, Noble AC (2005) Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. *American Journal of Clinical Nutrition* **81**.

Letablier MT, Nicolas F (1994) Genesis of "typicality". *Sciences Des Aliments* **14**, 541-556.

Lorrain B, Ballester J, Thomas-Danguin T, Blanquet J, Meunier JM, Fur YI (2006) Selection of potential impact odorants and sensory validation of their importance in typical Chardonnay wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 3973-3981.

Lovino R, Baiano A, Pati S, Faccia M, Gambacorta G (2006) Phenolic composition of red grapes grown in Southern Italy. *Italian Journal of Food Science* **18**, 177-186.

Ma YT, Cheung PCK (2007) Spectrophotometric determination of phenolic compounds by enzymatic and chemical methods - A comparison of structure-activity relationship. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**, 4222-4228.

Malherbe S, Fromion V, Hilgert N, Sablayrolles JM (2004) Modeling the effects of assimilable nitrogen and temperature on fermentation kinetics in enological conditions. *Biotechnology and Bioengineering* **86**, 261-272.

Mane C, Souquet JM, Olle D, Verries C, Veran F, Mazerolles G, Cheynier V, Fulcrand H (2007) Optimization of simultaneous flavanol, phenolic acid, and anthocyanin extraction from grapes using an experimental design: Application to the characterization of Champagne grape varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**, 7224-7233.

Mansfield AK, Zoecklein BW (2003) Effect of fermentation, postfermentation, and postbottling heat treatment on Cabernet Sauvignon glycoconjugates. *American Journal of Enology and Viticulture* **54**, 99-104.

MAP (2008) Plan quinquennal de Modernisation de la filière Vitivinicole francaise. *http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/plandemodernisation.pdf*.

Marais J (2003a) Effect of different wine-making techniques on the composition and quality of Pinotage wine. I. Low-temperature skin contact prior to fermentation. *South African Journal of Enology and Viticulture* **24**, 70-75.

Marais J (2003b) Effect of different wine-making techniques on the composition and quality of Pinotage wine. II. Juice/skin mixing practices. *South African Journal of Enology and Viticulture* **24**, 76-80.

Markham KR, Gould KS, Winefield CS, Mitchell KA, Bloor SJ, Boase MR (2000) Anthocyanic vacuolar inclusions†-- their nature and significance in flower colouration. *Phytochemistry* **55**, 327-336.

Matthews MA, Anderson MM (1988) Fruit ripening in Vitis vinifera L.: Responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture* **39**, 313-320.

Maury C, Sarni-Manchado P, Lefebvre S, Cheynier V, Moutounet M (2001) Influence of fining with different molecular weight gelatins on proanthocyhanidin composition and perception of wines. *American Journal of Enology and Viticulture* **52**, 140-145.

Maury C, Siret R, Letaief H, Symoneaux R, Jourjon F (2008) Un nouvel indicateur pour définir le potentiel œnologique des raisins: la maturité texturale. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* **40**, 359-364.

May P (2000) From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in Vitis vinifera L. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **6**, 82-98.

McCarthy MG (1997) The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (Vitis vinifera L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research* **3**.

McCarthy MG (1999) Weight loss from ripening berries of Shiraz grapevines (Vitis vinifera L. cv. Shiraz). *Australian Journal of Grape and Wine Research* **5**, 10-16.

McCarthy MG, Coombe BG (1999) Is weight loss in ripening grape berries cv. Shiraz caused by impeded phloem transport? *Australian Journal of Grape and Wine Research* **5**.

McCloskey LP, Arrhenius SP, Sylvan M (1997) Regional typicite of California Chardonnay wines: using the terroir explanation to assess new world appellations. In 'Proceedings of the fourth international symposium on cool climate viticulture & enology, Rochester, New York, USA, 16-20 July 1996.'. (Communications Services: New York USA).

McLeod P, Strigler F (1998) Métrologie sensorielle. In 'Evaluation sensorielle. Manuel méthodologique '. (Ed. SSHA) pp. 31-42. (Lavoisier, Tech & Doc: Paris).

Meinert LD, Busacca AJ (2000) Geology and wine 3: terroirs of the Walla Walla Valley appellation, southeastern Washington State, USA. *Geoscience Canada* **27**.

Meinert LD, Busacca AJ (2002) Geology and wine 6. Terroir of the Red Mountain appellation, Central Washington State, U.S.A. *Geoscience Canada* **29**.

Minana Castello MT, Cadot Y, Paravidino E, Chevalier M, Moutounet M (2006) Extraction des flavan-3-ols des pépins des baies de raisin à différents stades de maturité : localisation et quantification des proanthocyanidines extractibles et non extractibles. In 'XXIXème Congrès Mondial de la Vigne et du Vin, 25 -30 juin 2006'. Logroño (Espagne).

Mistry TV, Cai Y, Lilley TH, Haslam E (1991) Polyphenol Interactions .5. Anthocyanin Copigmentation. *Journal of the Chemical Society-Perkin Transactions 2*, 1287-1296.

Moio L, Schlich P, Issanchou S, Etievant P, Feuillat M (1993) Description de la typicité aromatique de vins de Bourgogne issus du cépage Chardonnay. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* **27**, 179-189.

Monnet JC, Berodier F, Badot PM (2000) Characterization and localization of a cheese georegion using edaphic criteria (Jura mountains, France). *Journal of Dairy Science* **83**, 1692-1704.

Monteith JL (1965) Evaporation and environment. In The state and movement of water in living organisms. In 'XIXth Symposia of the Society of Experimental Biology'. Cambridge, UK. (Ed. G Fogg) pp. 205-234. (Cambridge University Press).

Morlat R (1998) The relationships between "terroir", vines and wines. *Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France* **84**.

Morlat R, Asselin C (1992) Un terroir de référence pour la qualité et la typicité des vins rouges du Val-de-Loire : la craie tuffeau. *Bulletin de l'OIV* **65**, 329-343.

Morlat R, Bodin F (2006) Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth - II. Validation of the grape yield and berry quality in the Anjou vineyard (France). *Plant and Soil* **281**, 55-69.

Morlat R, Puissant A, Asselin C, Leon H, Remoue M (1981) Quelques aspects de l'influence du milieu edaphique sur l'enracinement de la vigne, consequences sur la qualite du vin. *Science du sol - Bulletin de l'A.F.E.S.* **2**, 125-145.

Morrot G, Brochet F, Dubourdieu D (2001) The color of odors. *Brain and Language* **79**, 309-320.

Moutounet M, Rigaud J, Souquet JM, Cheynier V (1996) Structural characterization of the tannins of grapes. Some examples of the effect of variety, 'terroir' and vine training method. *Bulletin de l'OIV* **69**, 433-443.

Nadal M, Lampreave M (2004) The effects of irrigation on the water relations of the grapevine, yield, grape and wine composition of tempranillo CV in mediterranean climate. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **38**, 75-80.

Nicod H (1998) Organisation pratique de la mesure sensorielle. In 'Evaluation sensorielle ; manuel méthodologique'. (Ed. SSHA) pp. 58-63. (Lavoisier: Paris).

Nicole M, Boher B*, et al.* (1996) Contribution of cytology to the study of defence mechanisms of plants to parasitic attacks. In 'Interactions insectes-plantes. Actes des 5e journees du groupe de travail Relations insectes-plantes, Montpellier, France 26-27 Octobre 1995.'. (Edition de l'ORSTOM: Paris France).

Noble AC, Elliottfisk DL, Allen MS (1995) Vegetative Flavor and Methoypyrazines in Cabernet-Sauvignon. In 'Fruit Flavors - Biogenesis, Characterization, and Authentication'. (Eds RL Rouseff, MM Leahy) pp. 226-234. (Amer Chemical Soc: Washington).

Nunan K, Davies C, Robinson S, Fincher G (2001) Expression patterns of cell wall-modifying enzymes during grape berry development. *Planta* **214**, 257-264.

Nunan KJ, Sims IM, Bacic A, Robinson SP, Fincher GB (1998) Changes in cell wall composition during ripening of grape berries. *Plant Physiology* **118**, 783-792.

O'Brien TP, Feder N, McCully ME (1964) Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* **59**, 368-373.

OIV (2010a) 'Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts.' (OIV: Paris).

OIV (2010b) Résolution OIV/Viti 333/2010 AG OIV 25/06/2010 Tbilissi (Georgie)).

Ojeda H, Andary C, Kraeva E, Carbonneau A, Deloire A (2002) Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of Vitis vinifera cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture* **53**, 261-267.

Ojeda H, Deloire A, Carbonneau A (2001) Influence of water deficits on grape berry growth. In 'Vitis' pp. 141-145.

Ollat N, Diakou-Verdin P, Carde JP, Barrieu F, Gaudillere JP, Moing A (2002) Grape berry development: a review. In 'Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin' pp. 109-131.

Olmo HP (1946) Correlation between seed and berry development in some seeded varieties of *Vitis vinifera*. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* **48**, 291-297.

Organisation Internationale de Normalisation (1995) Evaluation de l'incertitude-type. détermination de l'incertitude élargie. In 'Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure' pp. 9-27. (ISO.

Ortega-Regules A, Romero-Cascales I, Ros Garcia JM, Bautista-Ortin AB, Lopez-Roca JM, Fernandez-Fernandez JI, Gomez-Plaza E (2008) Anthocyanins and tannins in four grape varieties (Vitis vinifera L.) evolution of their content and extractability. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **42**, 147-156.

Oszmianski J, Romeyer FM, Sapis JC, Macheix JJ (1986) Grape Seed Phenolics: Extraction as Affected by Some Conditions Occurring During Wine Processing. *American Journal of Enology and Viticulture* **37**, 7-12.

Pages J, Asselin C, Morlat R, Robichet J (1987) L'analyse factorielle multiple dans le traitement des données sensorielles. Application à des vins rouges de la vallée de la Loire. *Science des Aliments* **7**, 549-571.

Parr WV, Green JA, White KG, Sherlock RR (2007) The distinctive flavour of New Zealand Sauvignon blanc: sensory characterisation by wine professionals. *Food Quality and Preference* **18**, 849-861.

Parr WV, Heatherbell D, White KG (2002) Demystifying wine expertise: Olfactory threshold, perceptual skill and semantic memory in expert and novice wine judges. *Chemical Senses* **27**, 747-755.

Parr WV, White KG, Heatherbell DA (2004) Exploring the nature of wine expertise: what underlies wine experts' olfactory recognition memory advantage? *Food Quality and Preference* **15**, 411-420.

Peleg H, Gacon K, Schlich P, Noble AC (1999) Bitterness and astringency of flavan-3-ol monomers, dimers and trimers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **79**, 1123-1128.

Pereira GE, Gaudillere JP, van Leeuwen C, Hilbert G, Maucourt M, Deborde C, Moing A, Rolin D (2006) H-1 NMR metabolite fingerprints of grape berry: Comparison of vintage and soil effects in Bordeaux grapevine growing areas. *Analytica Chimica Acta* **563**, 346-352.

Perez-Magariño S, Gonzalez-San Jose M (2005) Effect of ripening stage of grapes on the low molecular weight phenolic compounds of red wines. *European Food Research and Technology* **220**, 597-606.

Perez-Magariño S, Gonzalez-San Jose ML (2006) Polyphenols and colour variability of red wines made from grapes harvested at different ripeness grade. *Food Chemistry* **96**, 197-208.

Perrin L, Symoneaux R, Maitre I, Asselin C, Jourjon F, Pages J (2007) Comparison of conventional profiling by a trained tasting panel and free profiling by wine professionals. *American Journal of Enology and Viticulture* **58**, 508-517.

Perrin L, Symoneaux R, Maitre I, Asselin C, Jourjon F, Pages J (2008) Comparison of three sensory methods for use with the Napping(R) procedure: case of ten wines from Loire valley. *Food Quality and Preference* **19**, 1-11.

Pietrini F, Iannelli MA, Massacci A (2002) Anthocyanin accumulation in the illuminated surface of maize leaves enhances protection from photo-inhibitory risks at low temperature, without further limitation to photosynthesis. *Plant, Cell and Environment* **25**, 1251-1259.

Pineau N (2006) La performance en analyse sensorielle. Une approche base de données.

Pourcel L, Routaboul JM, Cheynier V, Lepiniec L, Debeaujon I (2007) Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. *Trends in Plant Science* **12**, 29-36.

Preys S, Mazerolles G, Courcoux P, Samson A, Fischer U, Hanafi A, Bertrand D, Cheynier V (2006) Relationship between polyphenolic composition and some sensory properties in red wines using multiway analyses. *Analytica Chimica Acta* **563**, 126-136.

Prieur C, Rigaud J, Cheynier V, Moutounet M (1994) Oligomeric and polymeric procyanidins from grape seeds. *Phytochemistry* **36**, 781-784.

Puissant A, Leon H (1967) La matiere colorante des grains de raisin de certains cepages cultives en Anjou en 1965. *Annales de Technologie Agricole* **16**, 217-225.

Radix P, Bastien C, Jay-Allemand C, Charlot G, Seigle-Murandi F (1998) The influence of soil nature on polyphenols in walnut tissues. A possible explanation of differences in the expression of walnut blight. *Agronomie* **18**, 627-637.

Remy S, Fulcrand H, Labarbe B, Cheynier V, Moutounet M (2000) First confirmation in red wine of products resulting from direct anthocyanin-tannin reactions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **80**, 745-751.

République Française (1993) Code de la consommation. Article L115-1Créé par Loi 93-949 1993-07-26 annexe JORF 27 juillet 1993
. (Ed. Legifrance.gouv.fr)www.legifrance.gouv.fr).

Rey A (1998). In 'Dictionnaire historique de la langue française'. (Le Robert: Paris).

Ribereau-Gayon P (1965) Identification d'esters des acides des acides cinnamiques et l'acide tartrique dans les limbes et les baies de *Vitis vinifera*. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences.* **260**, 341-343.

Ribereau-Gayon P, Glories Y, Maujean A, Dubourdieu D (2000) L'extraction des tanins et des anthocyanes au cours de la vinification. In 'Traité d'œnologie. Volume II; Chimie du vin. Stabilisation et traitements' pp. 224-226. (Dunod: Paris).

Ribereau-Gayon P, Stonestreet E (1965) Dosage des anthocyanes dans le vin rouge. *Bulletin de la Société Chimique de France* **9**, 2649-2652.

Ricardo-da-Silva JM, Bourzeix M, Cheynier V, Moutounet M (1991) Procyanidin composition of Chardonnay, Mauzac and Grenache blanc grapes. *Vitis* **30**, 245-252.

Ricardo-da-Silva JM, Rosec JP, Bourzeix M, Heredia N (1990) Separation and quantitative determination of grape and wine procyanidins by high performance reversed phase liquid chromatography. In 'Journal of the Science of Food and Agriculture' pp. 85-92.

Richard G, Steven Van S, Elizabeth J W (2007) The effects of ethanol and glycerol on the body and other sensory characteristics of Riesling wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **13**, 38-45.

Rigaud J, Perez-Ilzarbe J, Ricardo da Silva JM, Cheynier V (1991) Micro method for the identification of proanthocyanidin using thiolysis monitored by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* **540**, 401-405.

RÌo Segade S, Soto V·zquez E, DÌaz Losada E (2008) Influence of ripeness grade on accumulation and extractability of grape skin anthocyanins in different cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis* **21**, 599-607.

Riou V, Asselin C (1996) Potentiel polyphénolique disponible du raisin. Estimation rapide par extraction partielle à chaud. *Progres Agricole et Viticole* **113**, 382-384.

Ristic R, Downey MO, Iland PG, Bindon K, Francis IL, Herderich M, Robinson SP (2007) Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **13**, 53-65.

Ristic R, Iland PG (2005) Relationships between seed and berry development of Vitis vinifera L. cv Shiraz: developmental changes in seed morphology and phenolic composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **11**, 43-58.

Robichaud JL, Noble AC (1990) Astringency and bitterness of selected phenolics in wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **53**, 343-353.

Robin JP, Lopez F, Roujou de Boubee D, Igounet O, Sauvage FX, Pradal M, Verries C (1996) The coloration of the Shiraz grape berries during their ripening. Relations between the colour descriptors, in situ dynamics and influence of some environmental factors. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **30**, 187-199.

Robinson SP, Davies C (2000) Molecular biology of grape berry ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **6**, 175-188.

Roby G, Harbertson JF, Adams DA, Matthews MA (2004) Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **10**, 100-107.

Roby G, Matthews MA (2004) Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **10**, 74-82.

Roemmelt S, Plagge J, Treutter D, Gutmann M, Feucht W, Zeller W (1999) Defence reaction of apple against fire blight: histological and biochemical studies. *Acta Horticulturae*.

Roggero JP, Archier P, Coen S (1992) Etude par CLHP des compositions phenolique et anthocyanique d'un moût de raisin en fermentation. *Sciences Des Aliments* **12**, 37-46.

Roggero JP, Coen S, Ragonnet B (1986) High performance liquid chromatographyy survey on changes in pigment content in ripening grapes of Syrah. An approach to anthocyanin metabolism. *American Journal of Enology and Viticulture* **37**, 77-83.

Roggero JP, Ragonnet B, Coen S (1978) Analyse fine des anthocyanes des vins et des pellicules de raisin par la technique HPLC. Etude de quelques cépages méridionnaux. *Vignes et Vins* **327**, 38-42.

Romano A, Perello M, Revel Gd, Lonvaud-Funel A (2008) Growth and volatile compound production by Brettanomyces/Dekkera bruxellensis in red wine. *Journal of Applied Microbiology* **104**, 1577-1585.

Romero-Cascales I, Fernandez-Fernandez J, Lopez-Roca J, Gomez-Plaza E (2005a) The maceration process during winemaking extraction of anthocyanins from grape skins into wine. *European Food Research and Technology* **221**, 163-167.

Romero-Cascales I, Ortega-Regules A, Lopez- Roca JM, Fernandez-Fernandez JI, Gomez-Plaza E (2005b) Differences in anthocyanin extractability from grapes to wines according to variety. *American Journal of Enology and Viticulture* **56**, 212-219.

Romeyer FM, Macheix J-J, Sapis J-C (1985) Changes and importance of oligomeric procyanidins during maturation of grape seeds. *Phytochemistry* **25**, 219-221.

Rosch E, Mervis CB (1975) Family resemblances - studies in internal structure of categories. *Cognitive Psychology* **7**, 573-605.

Roson JP, Moutounet M (1992) Quantité d'anthocyanes et de tanins des raisins de quelques cépages du sud-ouest en 1988 et 1989. *Revue Française d'Oenologie* **135**, 17-27.

Ross CF, Bohlscheid J, Weller K (2008) Influence of visual masking technique on the assessment of 2 red wines by trained and consumer assessors. *Journal of Food Science* **73**, S279-S285.

Rossouw M, Marais J (2004) The phenolic composition of South African Pinotage, Shiraz and Cabernet Sauvignon wines. *South African Journal of Enology and Viticulture* **25**, 94-104.

Ryan D, Prenzler PD, Saliba AJ, Scollary GR (2008) The significance of low impact odorants in global odour perception. *Trends in Food Science & Technology* **19**, 383-389.

Saint-Cricq de Gaulejac N, Vivas N, Glories Y (1998) Maturation phénolique des raisins rouges. Relation avec la qualité des vins. Comparaison des cépages merlot et tempranillo. *Progres Agricole et Viticole* **115**, 306-318.

Salas E, Atanasova V, Poncet-Legrand C, Meudec E, Mazauric JP, Cheynier V (2004) Demonstration of the occurrence of flavanol-anthocyanin adducts in wine and in model solutions. *Analytica Chimica Acta* **513**.

Salas E, Duenas M, Schwarz M, Winterhalter P, Cheynier W, Fulcrand H (2005) Characterization of pigments from different high speed countercurrent chromatography wine fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**, 4536-4546.

Salas E, Fulcrand H, Meudec E, Cheynier V (2003) Reactions of anthocyanins and tannins in model solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 7951-7961.

Salette J (1997) La typicité : une notion nouvelle au service du produit, de ceux qui l'élaborent et de ceux qui le consomment en l'appréciant. *Revue des Oenologues* **85**, 12-13.

Salette J (2006) Agrément des vins d'appellations et typicité. *Le Vigneron du Val de Loire* **246**.

Salette J, Asselin C, Morlat R (1998) The relationship between 'terroir' local production and product: an analysis of the 'terroir-vine-wine' system and its analogous application to other products. *Sciences Des Aliments* **18**, 251-265.

Salon JL, Chirivella C, Castel JR (2005) Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: water relations, yield, and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture* **56**, 1-8.

Santos-Buelga C, Francia-Aricha EM, Escribano-Bailon MT (1995) Comparative flavan-3-ol composition of seeds from different grape varieties. *Food Chemistry* **53**, 197-201.

Sauvageot F (1994) Food-science and the concept of typicality or does researcher in natural-sciences have something to say about food typicality. *Sciences Des Aliments* **14**, 557-571.

Schlich P, McEwan JA (1992) Cartographie des Préférences. Un outil statistique pour l'industrie agro-alimentaire. *Sciences Des Aliments* **12**, 339-355.

Schwarz M, Hofmann G, Winterhalter P (2004) Investigations on anthocyanins in wines from Vitis vinifera cv. pinotage: Factors influencing the formation of pinotin a and its correlation with wine age. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**, 498-504.

Segade SR, Rolle L, Gerbi V, Orriols I (2008) Phenolic ripeness assessment of grape skin by texture analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* **21**, 644-649.

Seguin G (1983) Influence des terroirs viticoles sur la constitution et la qualité des vendanges. *Bulletin de l'O.I.V.* **623**, 3-18.

Sensorysims. In 'http://www.sensorysims.com/ReportsShowPenaltyAnalysis.asp'. (Sensory Computer System.

Sharma S, Joshi V (2004) Flavour profiling of strawberry wine by quantitative descriptive analysis technique. *Journal of Food Science and Technology-Mysore* **41**, 22-26.

Singleton VL, Rossi JA, Jr. (1965) Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* **16**, 144-158.

Smart RE, Robinson JB, Due GR, Brien CJ (1985) Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. II. Effects on must and wine composition. *Vitis* **24**.

Smith AK, June H, Noble AC (1996) Effects of viscosity on the bitterness and astringency of grape seed tannin. *Food Quality and Preference* **7**, 161-166.

Souquet JM, Cheynier V, Brossaud F, Moutounet M (1996a) Polymeric proanthocyanidins from grape skins. *Phytochemistry* **43**, 509-512.

Souquet JM, Cheynier V, Brossaud F, Moutounet M (1996b) Polymeric proanthocyanidins from grape skins. In 'Phytochemistry' pp. 509-512.

Souquet JM, Cheynier V, Moutounet M (2000a) Les proanthocyanidines du raisin. *Bulletin de l'OIV* **73**.

Souquet JM, Cheynier V, Sarni-Manchado P, Moutounet M (1996c) Les composés phénoliques du raisin. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **Special issue**, 99-107.

Souquet JM, Labarbe B, Guerneve CL, Cheynier V, Moutounet M (2000b) Phenolic composition of grape stems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**.

Spranger MI, Climaco MC, Sun BS, Eiriz N, Fortunato C, Nunes A, Leandro MC, Avelar ML, Belchior AP (2004) Differentiation of red winemaking technologies by phenolic and volatile composition. *Analytica Chimica Acta* **513**, 151-161.

Statpoint (2006) Statgraphic Centurion XV. (Statpoint Warrenton, VA).

Stefanini M, Porro D, Colugnati G, Voltolini JA (2003) Interaction c.V. Cabernet Franc/terroir in Northeastern Italy. *Acta Horticulturae*.

Stone H (1974) Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, 24-28.

Stone H, Sidel JL (1998) Quantitative descriptive analysis: Developments, applications, and the future. In 'Sensory-Evaluation-Division Symposium on Sensory Science - Retrospection of Past Milestones and Sensing the Future at the Meeting of Institute-of-Food-Technologists'. Atlanta, Georgia pp. 48-52. (Inst Food Technologists).

Sun B, Pinto T, Leandro MC, Ricardo-da-Silva JM, Spranger MI (1999) Transfer of catechins and proanthocyanidins from solid parts of the grape cluster into wine. *American Journal of Enology and Viticulture* **50**, 179-184.

Sun BH, Spranger I, Roque-do-Vale F, Leandro C, Belchior P (2001) Effect of different winemaking technologies on phenolic composition in Tinta Miuda red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **49**, 5809-5816.

Talcott ST, Brenes CH, Pires DM, Del Pozo-Insfran D (2003) Phytochemical stability and color retention of copigmented and processed muscadine grape juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 957-963.

Tarara JM, Lee J, Spayd SE, Scagel CF (2008) Berry Temperature and Solar Radiation Alter Acylation, Proportion, and Concentration of Anthocyanin in Merlot Grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* **59**, 235-247.

Tattini M, Guidi L, Morassi-Bonzi L, Pinelli P, Remorini D, Degl'Innocenti E, Giordano C, Massai R, Agati G (2005) On the role of flavonoids in the integrated mechanisms of response of Ligustrum vulgare and Phillyrea latifolia to high solar radiation. *New Phytologist* **167**, 457-470.

Tesic D, Woolley DJ, Hewett EW, Martin DJ (2002a) Environmental effects on Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera L.) grown in Hawke's Bay, New Zealand. 2. Development of a site index. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **8**, 27-35.

Tesic D, Woolley DJ, Hewett EW, Martin DJ (2002b) Environmental effects on cv Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera L.) grown in Hawke's Bay, New Zealand. 1. Phenology and characterisation of viticultural environments. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **8**, 15-26.

Thorngate JH, III, Singleton VL (1994) Localization of procyanidins in grape seeds. *American Journal of Enology and Viticulture* **45**, 259-262.

Traversac JB, Rousset S, Perrier-Cornet P (2005) Qualité et identification des vins, organisation de filières. Organisation et terriroire dans les filières de vins de qualité. In 'Proceedings of the Produits agricoles et alimentaires d'origine : enjeux et acquis scientifique. Colloque International de restitution des travaux de recherche sur les Indications et Appellations d'Origine Géographiques '. Paris. (Ed. INRA-INAO).

Tregear A (2007) Proximity and typicity: a typology of local food identities in the market place. *Anthropology of food* **S2**, 1-11.

Treutter D (1989) Chemical reaction detection of catechins and proanthocyanidins with 4-dimethylaminocinnamaldehyde. *Journal of Chromatography A* **467**, 185-193.

Treutter D, Santos-Buelga C, Gutmann M, Kolodziej H (1994) Identification of flavan-3-ols and procyanidins by high-performance liquid chromatography and chemical reaction detection. *Journal of Chromatography A* **667**, 290-297.

Trijp HCMv, Punter PH, Mickartz F, Kruithof L (2007) The quest for the ideal product: comparing different methods and approaches. *Food Quality and Preference* **18**, 729-740.

Trognon L (2005) Contribution à l'étude des stratégies de la petite entreprise agro-alimentaire. Stratégie de distinction par la construction de la typicité. Montpellier I.

Ummarino I, Stefano Rd (1997) The influence of the number of berry seeds on grape composition (Note 2). *Rivista di Viticoltura e di Enologia* **50**.

Valentin D, Chollet S, Abdi H (2003) Les mots du vin : experts et novices diffèrent-ils quand ils décrivent les vins ? *Corpus* **2**.

Van Leeuwen C, Tregoat O, Chone X, Bois B, Pernet D, Gaudillere JP (2009) Vine Water Status Is a Key Factor in Grape Ripening and Vintage Quality for Red Bordeaux Wine. How Can It Be Assessed for Vineyard Management Purposes? *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **43**, 121-134.

Vaudour E (2003) 'Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation et protection.' (Dunod: Paris).

Vaudour E, Girard MC, Bremond LM, Lurton L (1998) Spatial terroir characterization and grape composition in the southern Cotes-du-Rhone vineyard (Nyons-Valreas basin). *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **32**.

Vidal S, Cartalade D, Souquet JM, Fulcrand H, Cheynier V (2002) Changes in proanthocyanidin chain length in winelike model solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**, 2261-2266.

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

Vidal S, Francis L, Guyot S, Marnet N, Kwiatkowski M, Gawel R, Cheynier V, Waters EJ (2003) The mouth-feel properties of grape and apple proanthocyanidins in a wine-like medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **83**, 564-573.

Vidal S, Francis L, Noble A, Kwiatkowski M, Cheynier V, Waters E (2004b) Taste and mouth-feel properties of different types of tannin-like polyphenolic compounds and anthocyanins in wine. *Analytica Chimica Acta* **513**, 57-65.

Vidal S, Meudec E, Cheynier V, Skouroumounis G, Hayasaka Y (2004c) Mass spectrometric evidence for the existence of oligomeric anthocyanins in grape skins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**, 7144-7151.

Vivas N, Glories Y, Lagune L, Saucier C, Augustin M (1994) Estimation of the degree of polymerization of procyanidins in grapes and vines using the p-dimethylaminocinnamaldehyde method. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* **28**, 319-336.

Vrhovsek U, Vanzo A, Nemanic J (2002) Effect of red wine maceration techniques on oligomeric and polymeric proanthocyanidins in wine, cv. Blaufr‰nkisch. *Vitis*.

Walker RR, Blackmore DH, Clingeleffer PR, Kerridge GH, Ruhl EH, Nicholas PR (2005) Shiraz berry size in relation to seed number and implications for juice and wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **11**, 2-8.

Winkel-Shirley B (2002) Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Current Opinion in Plant Biology* **5**, 218-223.

XLStat. In 'http://www.xlstat.com/en/support/tutorials/penalty.htm'. (Xlstat.

XlStat (2009) Xlstat 2009.2. (Addinsoft: Paris).

Zamora MC, Guirao M (2004) Performance comparison between trained assessors and wine experts using specific sensory attributes. *Journal of Sensory Studies* **19**, 530-545.

Zheng Y, Tian L, Liu H, Pan Q, Zhan J, Huang W (2009) Sugars induce anthocyanin accumulation and flavanone 3-hydroxylase expression in grape berries. *Plant Growth Regulation* **58**, 251-260.

Annexes

Posters présentés lors de congrès internationaux, colloques et séminaires.

Annexe 1. Poster présenté VII Congrès International des Terroirs Viticoles. 19-23 mai 2008, Nyons (Suisse).

Influence du millésime et des facteurs environnementaux sur les tanins condensés des raisins de Cabernet franc

Réjane Champenois, Yves Cadot, Nicolas Bottois et Gérard Barbeau

INRA-Angers-Nantes UE1117 UMT VINITERA, 42 rue George Morel, 49071 Beaucouzé, France

INTRODUCTION

La composition en tanins condensés est un élément essentiel pour la qualité de la vendange, notamment pour la conservation du vin et sa qualité organoleptique. Ils sont situés dans la pellicule et les pépins de la baie de raisin. Un modèle d'étude des terroirs viticoles, validé en Anjou, a été testé en Saumurois - Touraine dans un système géo-pédologique différent. Afin de prendre en compte l'effet du sol sur le fonctionnement de la plante, le réseau était constitué de répétitions de 5 types de sols.Un volet de l'action a consisté à mesurer l'influence des contraintes hydriques et thermiques induites par les facteurs environnementaux des terroirs sur la composition en tanins condensés des baies de Cabernet franc.

MATERIEL ET METHODES

Situation



Durant 3 années un réseau de 14 parcelles a été suivi, il est situé dans les aires d'appellation d'origine contrôlée (A.O.C.) Bourgueil, Saint - Nicolas de Bourgueil, Chinon et Saumur - Champigny

Types de sol

Craie tuffeau du Turonien moyen : TM
Sénonien sableux : SS
Sénonien argileux à spongiaires : SA
Basses terrasses alluviales de la Loire : AL
Basses terrasses alluviales de la Vienne : AV

La parcelle comporte environ 100 pieds à une densité de 4500 pieds/ha environ, plantée en **Cabernet franc** clone 210, sur porte-greffe 3309C

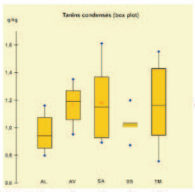
La taille, l'épamprage, l'éclaircissage et l'effeuillage sont réalisés dans des conditions similaires par nos soins.
La date et la fréquence de rognage, la largeur de palissage la lutte phytosanitaire ont été gérée par les vignerons.

Conditions d'analyses

- Pellicules de 50 baies congelées à –30°C broyées avec broyeur à billes
- Extractions méthanol/eau/TFA - X 2 acétone/eau X 2
- Evaporation sous vide
- Fractionnement sur gel Toyopearl® HW40
- Thio-acidolyse (90°C - 2 mn)
- HPLC : Kontron® série 400 détecteur UV

RESULTATS

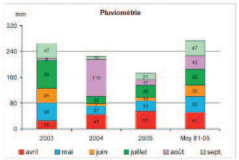
Sol



Anova : A A A A A

Sur les trois années étudiées le type de sol n'a pas d'influence significative sur la composition en tanins condensés

Pluviométrie



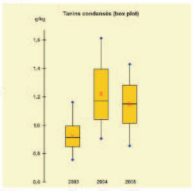
La pluviométrie a une influence significative sur les tanins condensés

	Tanins g/kg	DPm	% Prod	% Gal
Type Sol				
Millésime				
Précipitation : avril - septembre	↘	↘	↗↘	↗↘
Précipitation : débourrement - floraison	↘		↘	
Précipitation : floraison - véraison		↘		
Précipitation : véraison - récolte		↘		
Contrainte hydrique croissance herbacée (PF9)	↗		↗	↗
Contrainte hydrique maturation (delta C13)		↗		
Température : avril - septembre	↘		↘	
Température : débourrement - floraison				
Température : floraison - véraison			↗	
Température : véraison - récolte	↘	↘		
Ensoleillement : avril - septembre			↗↘	
Ensoleillement : débourrement - floraison		↗	↗	
Ensoleillement : floraison - véraison			↗	
Ensoleillement : véraison - récolte				
Vigueur				↘
Poids de récolte			↗	
Précocité débourrement	↘		↘	
Précocité floraison	↘		↘	↗
Précocité véraison	↘		↘	↘
Précocité récolte	↘		↘	
Durée cycle végétatif : débourrement - floraison	↘	↗	↘	
Durée cycle végétatif : floraison - véraison	↗		↗	
Durée cycle végétatif : débourrement - récolte			↘	
Durée cycle végétatif : véraison - récolte	↘		↘	

Non significatif	↗ corrélation positive
Significatif (0,05)	↘ corrélation négative
Significatif (0,01)	↗↘ corrél. positive puis négative
Significatif (0,001)	

DPm : degré moyen de polymérisation
% Prod : % prodelphinidines
% Gal : % galloylation

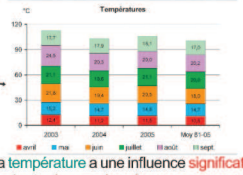
Millésimes



Anova : A B B

Le millésime a une influence significative sur la composition en tanins condensés

Températures



La température a une influence significative sur les tanins condensés

Précocité



La précocité a une influence plus significative que la durée du cycle végétatif

CONCLUSION

Les types de sol n'ont pas eu d'influence significative sur la teneur et la structure des tanins condensés, à l'inverse du climat des millésimes qui a eu un effet marquant. En particulier, les précipitations et les températures entre avril et septembre ont eu un effet sur les quantités de tanins. Les contraintes hydriques ont également eu un effet sur la structure des tanins (DPm).
Dans nos conditions de pratique viti-oeno, l'effet du terroir sur la composition de la vendange n'est donc pas expliqué par les sols mais plutôt par le climat. Il conviendra de prendre en compte les pratiques viti-oeno associées aux terroirs pour mieux comprendre la relation entre qualité et typicité.

VIIe Congrès international des terroirs viticoles 2008

rejane.champenois@angers.inra.fr - Tel. : (33) 241 225 662



1. Qu'est-ce que la maturité phénolique ?

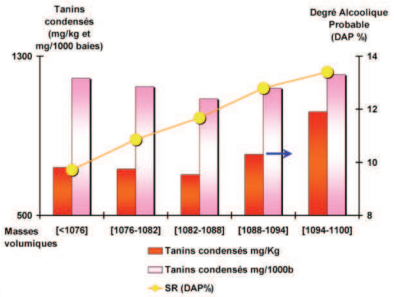
La maturité phénolique prend en compte la teneur globale en polyphénols, mais aussi leur structure et leur aptitude à l'extraction[1,2]. Ainsi, la maturité phénolique peut être définie comme le niveau de maturité permettant l'obtention simultanée d'un potentiel important et d'une bonne capacité de diffusion dans le vin.

Néanmoins, cette notion reste encore peu précise, car les propriétés des tanins condensés et les déterminants de leur extractibilité sont peu connus. L'étude de la maturité phénolique doit prendre en compte la teneur en ces composés, mais aussi leur structure, leur aptitude à être extraits, et d'autres éléments comme le ratio liquide/solide et la teneur en sucres. Chacun de ces éléments est à rapprocher de la localisation de ces composés dans la baie.

Hétérogénéité de la vendange en tanins condensés.

Même si les teneurs en tanins (bâtons rouges) augmentent avec le degré alcoolique probable des baies (symboles jaunes), il n'y a pas d'accumulation de tanins durant la maturation (bâtons roses). Les teneurs élevées des baies les plus sucrées s'expliquent en fait par la plus petite taille des baies. Lors de la synthèse, la concentration y a été plus rapide.

Lors de la maturation, les évolutions des anthocyanes et des tanins ne sont pas corrélées.



[1] L'extraction correspond à la capacité des polyphénols à passer dans le vin au cours de la vinification.
[2] Glories Y. (1998). Traité d'œnologie, tome 2. Ed. Dunod, Paris (FRA).

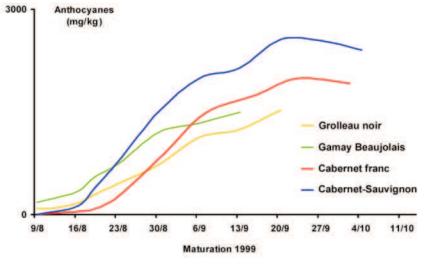
2. Quelles sont les teneurs en composés phénoliques de la baie ?

Le Cabernet franc est un cépage dont les teneurs en composés phénoliques sont « moyennes ». Pour se limiter aux anthocyanes et aux tanins condensés, les teneurs sont comprises entre 1-2 g/kg de baies de raisin pour les anthocyanes (pellicule) ; 0.6-1.5 g/kg de baies de raisin pour les tanins de la pellicule et 3-7 g/kg de baies de raisin pour les tanins des pépins.

En comparaison, le Cabernet-Sauvignon est plus riche en anthocyanes et en tanins condensés pelliculaires, mais ses pépins sont moins riches en tanins condensés que le Cabernet franc[3].

Comparaison de la teneur en anthocyanes de quatre cépages du Val de Loire.

Vignes localisées à Montreuil Bellay, sur le domaine expérimental de l'Unité Vigne et Vin de l'INRA d'Angers. Millésime 1999. La teneur maximale en anthocyanes du Cabernet franc est moyenne, comprise entre le Gamay et le Grolleau d'une part, et le Cabernet-Sauvignon d'autre part.



[3] Cheynier V. *et al.* (1998). In « Œnologie : fondements scientifiques et technologiques Coord. Flanzy C. Ed. Lavoisier, Paris.

3. Les tanins des pépins sont-ils différents des tanins des pellicules ?

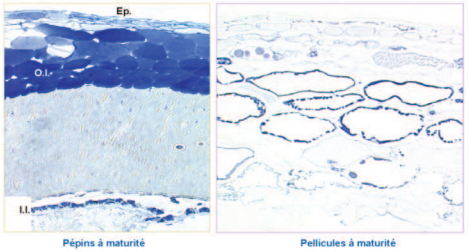
Les tanins condensés de la baie de raisin sont des chaînes plus ou moins longues d'unités appelées flavan-3-ols. Quatre unités différentes ont été mises en évidence dans le raisin. La proportion entre ces unités est différente entre le pépin et la pellicule. Une de ces unités est spécifique de la pellicule, tandis qu'une seconde est présente essentiellement dans le pépin. La longueur moyenne des tanins condensés est très différente pour la pellicule et le pépin.

Localisation des tanins des pépins et des pellicules à maturité technologique.

Ep.= épiderme du pépin. O.I.= tégument externe. I.I. : tégument interne. Les tanins sont colorés en bleu par le réactif DMACA.

Dans le pépin, les cellules les plus riches en tanins sont les cellules les plus internes du tégument externe et celles de la première couche du tégument interne contre l'albumen. Entre le tégument externe et le tégument interne, le tégument moyen est lignifié (zone bleu pâle).

Dans la pellicule, les tanins semblent accolés au tonoplaste (membrane de la vacuole).

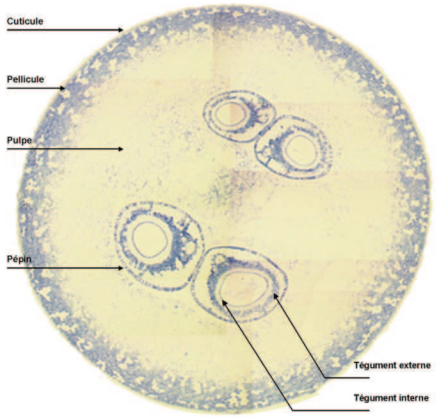


4. Où sont situés les tanins et les anthocyanes ?

Dans la pellicule, les anthocyanes et les tanins sont situés dans les vacuoles des cellules. Les tanins condensés sont présents dans la pellicule sous forme d'amas plus ou moins denses, parfois accolés au tonoplaste (paroi des vacuoles). Dans le pépin, ils sont situés dans l'épiderme, dans la zone la plus profonde du tégument externe, et dans une couche cellulaire du tégument interne.

Localisation des tanins dans la baie.

Cette illustration correspond à une baie composée de 4 pépins, 11 jours après nouaison. Les composés phénoliques, colorés en violet, sont situés dans la pellicule et dans les pépins, dès la nouaison.



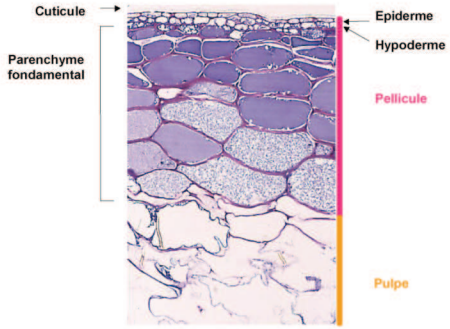
4bis. Où sont situés les tanins et les anthocyanes ?

Localisation des composés phénoliques dans la pellicule.

Les polyphénols sont colorés en violet.

Les premières couches sont constituées de cellules de petite taille, aux parois épaisses. Les précipités ont des formes d'amas plus ou moins denses. Les cellules des couches internes sont de plus grande taille, aux parois fines. Les précipités sont granuleux ou diffus.

On remarquera que les précipités granuleux sont plus proches de la pulpe, les précipités diffus sont dans la zone intermédiaire avec l'épiderme. Cela pourrait s'expliquer par une pression osmotique plus forte à proximité de la pulpe sucrée.



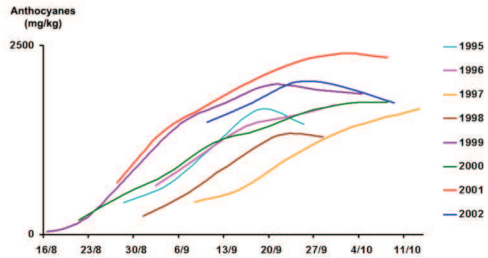
5. Comment évoluent les tanins et les anthocyanes au cours du développement de la baie ?

Les anthocyanes sont synthétisées dès la véraison. La courbe est classiquement décrite comme atteignant un maximum aux alentours de la maturité, puis diminuant lors de la « surmaturité ». Néanmoins, ce seuil maximum n'est pas toujours atteint, et une diminution peut également s'expliquer par un début de développement de *Botrytis cinerea*. Nous avons montré que des seuils faibles de botrytisation (1 à 2 %) pouvaient modifier le dosage des anthocyanes.

Les tanins condensés sont synthétisés dès la nouaison. Par contre, nous n'observons pas de modification de la composition durant le mois précédent les vendanges.

Évolution des anthocyanes pendant la maturation.

La même parcelle a été suivie entre 1995 et 2002. La courbe classiquement décrite pour représenter l'accumulation des anthocyanes a été observée 5 années sur 8 : en 1995, 1998, 1999, 2001 et 2002. Cependant, les diminutions de 1998 et 1999 peuvent être expliquées par un début de botrytisation. En 1997, malgré une vendange plus tardive, le maximum n'a pas été observé.



Maturation 1995 à 2002

6. Les tanins sont-ils facilement extractibles ?

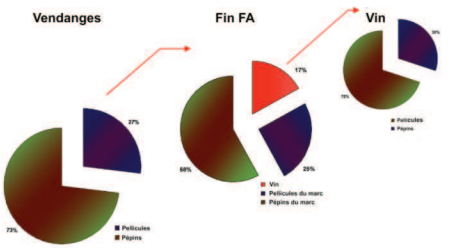
La quantité de tanins qui sont extraits dans le vin dépend en premier lieu de la quantité de tanins présents dans la pellicule et de la quantité de pépins présents lors de la macération. Durant la macération, tous les tanins ne sont pas extraits. La température puis l'éthanol sont des facteurs affectant l'extraction. Cette extraction s'avère plus importante pour les « petits » tanins condensés que pour les molécules plus polymérisées. Cette observation pourrait expliquer l'évolution de la sensation d'astringence des baies au cours de la maturation.

Les tanins des pépins de raisins sont moins extractibles que ceux des pellicules de la baie. Dans le cas du Cabernet franc, la principale source de tanins est représentée par les pépins. Malgré leur moindre extractibilité, la contribution des pépins dans la composition finale du vin reste donc importante[4].

Bilan d'extractibilité des tanins condensés.

Millésime 2003, vinification de 6 jours, avec pigeage.

Dans la vendange, 73 % des tanins des baies sont situés dans les pépins. À la fin de la fermentation alcoolique, 17 % des tanins des baies sont extraits et se retrouvent dans le vin. De ces 17 %, nous avons calculé que 70 % des tanins provenaient du pépin.



[4] Miñana Castelló M.T., Cadot Y., Paravidino E., Chevalier M. et Moutounet M. (2006). Extraction des flavan-3-ols des pépins des baies de raisin à différents stades de maturité : localisation et quantification des proanthocyanidines extractibles et non extractibles. XXIX World Congress of Vine and Wine and the 4th General Assembly of the OIV. Logroño (ESP). 25-30 Juin 2006.

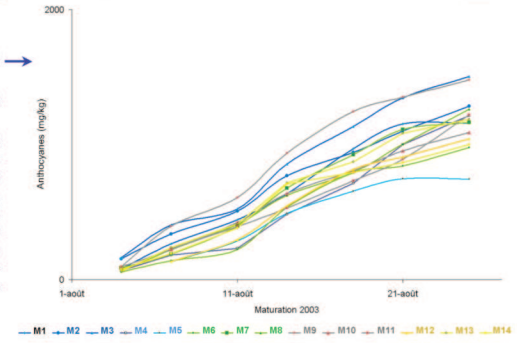
7. Quelles sont les relations entre le « terroir » et la composition en composés phénoliques ?

Les relations sont complexes lorsque l'on place le type de sol comme élément d'entrée. Il semble que la seule détermination du type de sol ne permette pas *a priori* de connaître avec précision le fonctionnement induit de la plante, en particulier quand il s'agit de le relier à la composition en polyphénols. L'influence de l'ensoleillement et de l'alimentation en eau est importante. Ainsi les caractéristiques climatiques du millésime ont une influence beaucoup plus grande que les caractéristiques environnementales du terroir.

Accumulation en anthocyanes sur 14 parcelles correspondant à 5 milieux.

Matériel végétal identique, pratiques culturales identiques. Millésime 2003.

Les couleurs correspondent aux types de milieux. L'effet « type de sol » n'est pas significatif pour expliquer les différentes cinétiques. Si, cas par cas, des liens entre fonctionnement de la plante et composition peuvent être trouvés, ces liens semblent beaucoup plus faibles, quand il s'agit de généraliser à un type de sol. Des « tendances » sont parfois observables.

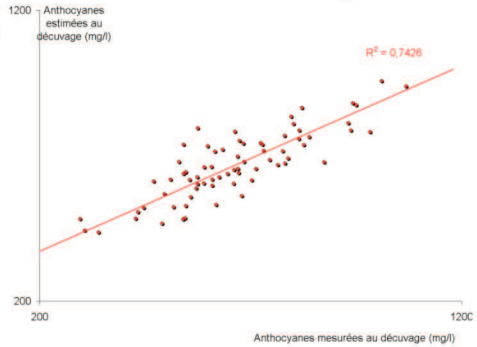


8. Quels sont les outils de mesure de la maturité phénolique ?

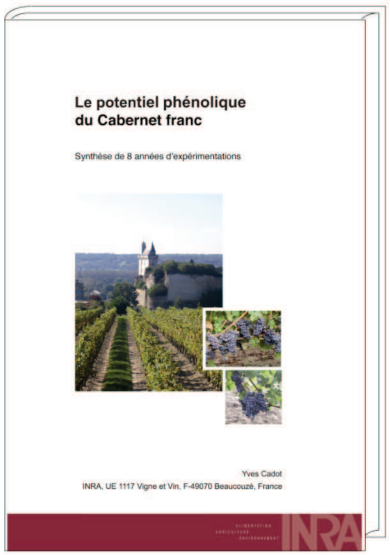
Pour mesurer la maturité phénolique, différentes approches sont disponibles : mesures des cinétiques d'accumulation, simulations d'extractibilité, mesures multispectrales (UV, IRTF[5], fluorescence de surface, etc.), mesures de la texture, dégustation des baies. Aucune n'est complètement satisfaisante tant que les mécanismes déterminant l'évolution de ces composés à l'approche de la maturité, leur extractibilité et leurs propriétés organoleptiques n'auront pas été révélés. Le croisement de plusieurs méthodes, et l'acquisition de connaissances nouvelles sur les polyphénols du raisin permettront de rendre ces méthodes plus fiables et robustes.

Prédiction de l'extractibilité des anthocyanes du Cabernet franc à partir de données analytiques simples.

L'agrégation de données analytiques à la vendange (masse, sucres réducteurs, acide malique, anthocyanes totales, acide tartrique), sur 97 vinifications étalées sur 8 millésimes, a permis de prédire avec une bonne précision l'extractibilité des anthocyanes au cours de la vinification. Cependant, les vinifications ont toutes été conduites de manière équivalente, selon un protocole de vinification standardisé développé par l'UVV.



[5] UV : Ultra-Violet. IRTF : Infra Rouge à Transformée de Fourrier



L'unité Vigne et Vin de l'INRA d'Angers a édité un ouvrage sur le potentiel phénolique du Cabernet franc. Cet ouvrage, qui se veut didactique, est articulé en huit questions.

Le potentiel phénolique du Cabernet franc
Synthèse de 8 années d'expérimentations
Yves Cadot
Avec la collaboration de :
- Michel Chevalier
- Maria Teresa Miñana Castelló
- Michel Moutounet.

52p Ed. INRA, 2008
Gratuit

Il est disponible en remplissant le bon de commande ci-joint.
Cet ouvrage est également disponible sur simple demande auprès de Madame Jourdan :
fabienne.jourdan@angers.inra.fr.

Ces travaux ont été menés en collaboration avec l'UMR GENHORT du centre INRA d'Angers-Nantes, l'UMR SPO du centre INRA de Montpellier, les syndicats des Côtes de Saumur, de Saint Nicolas de Bourgueil, de Bourgueil et de Chinon. De nombreux vignerons ont accepté de nous mettre à disposition des parcelles, durant la période 1999-2005. Ces travaux ont été soutenus par les collectivités territoriales Région Pays de la Loire, Conseil général du département de Maine et Loire, Angers Loire Métropole et enfin Viniflhor et InterLoire. Cet ouvrage a été édité avec le soutien financier de la région Pays de la Loire.

Annexe 3. Poster présenté aux 5e Rencontres du Végétal, 13-14 janvier 2009, Angers (France).

Etude de la dimension sensorielle de la typicité des vins liée au terroir. Mise en correspondance avec l'espace produit



Yves Cadot[1], René Morlat[1], Gérard Barbeau[1], Alain Samson[2] et Soline Caillé[3]

[1] INRA, UE 1117 Vigne et Vin, UMT Vinitera, F-49070 Beaucouzé, France
[2] INRA, UE 999 Pech Rouge, F-11430 Gruissan, France
[3] INRA, UMR1083 Sciences pour l'Œnologie, F-34060 Montpellier, France

Appellation d'Origine Contrôlée, terroir et typicité

La notion de terroir détermine l'existence d'une typicité. **La typicité d'un produit** peut être caractérisée par des **propriétés d'appartenance** à un type, mais également des **propriétés de distinction**. La typicité liée au terroir est associée à un espace géographique délimité, et présente des caractéristiques repérables et revendiquées. La dimension sensorielle de la typicité des produits peut être considérée comme le résultat des effets des facteurs environnementaux et technologiques du terroir. Dans le cas des AOC, cette dimension de la typicité, quoique revendiquée, a été jusqu'ici peu étudiée.

Objectifs

Le but de cette étude est d'étudier la pertinence du lien revendiqué entre une **AOC** et des **caractéristiques sensorielles**.

Méthode

24 vins ont été sélectionnés en fonction de critères géographiques, viticoles et œnologiques. Seize vins revendiquaient l'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) Anjou Village Brissac (AVB) et 8 vins, issus de la même zone et du même cépage, revendiquaient une autre AOC, Anjou Rouge (AR). Une **analyse descriptive quantitative** a été réalisée par un **panel expert** (JE) composé de vingt juges. Une description des vins par un profil utilisant une échelle « **just about right** » a été réalisée par un jury de 12 **professionnels de la filière** (JP). Ce jury a également noté la **typicité** des vins.

JE	Intensité visuelle	Nuance	Trouble	Viscosité	Astringence
Type AVB	+	+	+	+	+
Type AR	-		-	-	-

JP	Intensité visuelle	Complexité	Fruits mûrs	Charpente	Gras	Equilibre	Longueur
Type AVB	+	+	+	+	+	+	+
Type AR	-						

Tableau 1 : Corrélations entre descripteurs sensoriels et typicité des vins.
JE : jury expert. JP : jury professionnel. Type AVB : typicité « Anjou-Village Brissac ». Type AR : typicité « Anjou Rouge ».

JE
Descripteur
VISUEL
Nuance
Intensité
Densité
Opacité
OLFACTIF
Intensité aromatique
Humus
Moisi
Végétal
Barrique
Empyreumatique
Epicé *
Pâtisserie
Pruneaux
Animal
Cassis
Kirsh
GUSTATIF
Persistance aromatique
Astringence
Amertume
Acidité
Sucrosité

JP
Descripteur
VISUEL
Intensité
OLFACTIF
Intensité *
Complexité *
Fruits rouges *
Fruits noirs
Fruits mûrs
Boisé
Végétal
GUSTATIF
Tanins fondus *
Charpente
Gras
Equilibre *
Longueur
GENERAL
Qualité globale **
TYPICITE
Anjou Rouge
Anjou Village Brissac

Pour tous les descripteurs : effet juge significatif, effet produit significatif, sauf * et **.
* : Effet juge significatif, effet produit non significatif
** : Effet juge non significatif, effet produit significatif

Tableau 2 : Vocabulaires générés par les jurys expert (JE) et DE professionnels (JP)

Figure 1 : Profils sensoriels en fonction de l'AOC

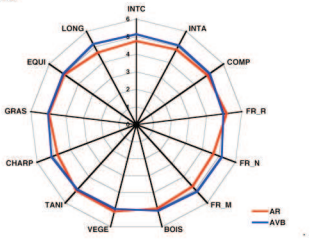
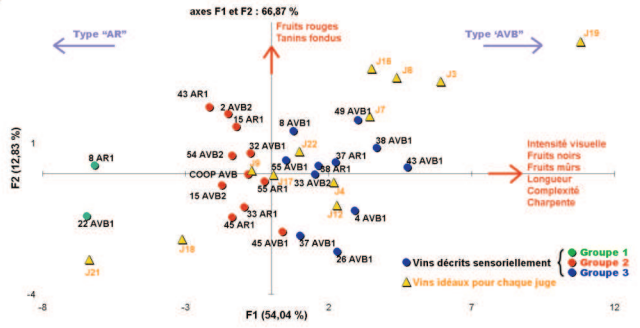


Figure 2 : Représentation des vins analysés par le jury de professionnels



Résultats

Les jurys experts et professionnels sont **complémentaires** dans la caractérisation de la typicité (tableau 1). Les jurys ne génèrent pas le même type de descripteurs sensoriels (tableau 2). Ceux qui sont issus du jury expert sont plus exhaustifs et plus précis, tandis que ceux qui sont issus du jury professionnel sont plus référencés et laudatifs. La **discrimination** des vins par les deux jurys abouti à **trois groupes**, dont un est commun aux deux jurys (Groupe 3). Ce groupe commun correspond à des vins dont les caractéristiques sont notées « **plus typiques** » de l'AOC Anjou-Village Brissac. L'AOC, considérée *a priori* n'a pas permis de discriminer sensoriellement les vins (figure 1). Pour les deux jurys, un groupe de 6 vins, tous « AVB » était caractérisé comme typique de cette AOC et pas de l'AOC « AR ». Cette étude a ainsi permis de classer chaque vin en fonction de son degré de typicité « AVB ».
Cette étude a permis également de caractériser la **typicité « idéale »** pour chaque professionnel, et il ressort que sur ce critère, le consensus était relatif (figure 2).

Conclusion

Ce travail a permis de mettre en évidence qu'**il existe une dimension sensorielle à la notion de « typicité liée à une AOC »**. Des propriétés d'appartenance et de distinction entre les deux AOC ont été mises en évidence ; Néanmoins, en l'état actuel, l'AOC n'était pas un critère suffisamment discriminant pour la décrire car les propriétés de distinction entre les deux AOC n'étaient peut-être pas suffisantes. Cette étude devra être poursuivie pour (i) prendre en compte l'effet du millésime, (ii) mieux étudier le consensus entre les professionnels.

Les 5èmes Rencontres du Végétal,
13 & 14 janvier 2009, Agrocampus Ouest, Angers

yves.cadot@angers.inra.fr

Annexe 4. Poster présenté à In Vino Analytica Scientia, 2-4 juillet 2009, Angers (France).

Extractable and non-extractable flavonoids during winemaking in relation with stage of ripening in grapes of *Vitis vinifera* L. var. Cabernet franc

Yves Cadot*, Rejane Champenois*, Michel Chevalier** and Véronique Cheynier***

* INRA, UE1117 Vigne et Vin, UMT Vinitera, F-49070 Beaucouzé, France
** INRA, UMR1259 Génétique et Horticulture, F-49070 Beaucouzé, France
*** INRA, UMR1083 Sciences pour l'Œnologie, F-34060 Montpellier, France

Introduction

The flavonoids are responsible for some flavour properties including colour, astringency and probably bitterness. They are located in the skin and seed of grape berries. Nowadays, the knowledge on phenolic compounds is not sufficient to determine the quantity of flavonoïds of the seeds and skins which could be extracted in the wine during the wine making.
Harvest date is a critical point to the winemaker, in order to produce wine with a distinctive style. In particular, the relation between ripening stage and extractability of flavonoids must be highlighted.
In order to study the transfer of flavan-3ols and anthocyanins from grapes to wine, two chemical approaches were carried out: biochemistry and histochemistry.
In this paper, for a synthetic presentation, only PA are shown .

Material & methods

The extractability of flavonoids (flavan-3-ols, flavonols and anthocyanins) from grapes was monitored at two stages of maturity. Berries were obtained from three plots with different types of soil in term of water status. The extractability was studied through micro winemaking at laboratory scale, in triplicate. Analyses were realized by RP-LC-DAD, after fractionation and thiolysis for the proanthocyanidins (PA). Additional information about the proanthocyanidins was obtained by histochemistry according to the 4-dimethylaminocinnamaldehyde method (DMACA).
Extractability balance was calculated. The determination of the proportion of PA from seeds in the composition of wines was obtained by taking into account the structure of PA (mean degree of polymerization –mDP-, % epigallocatechin, % epi-3-0-gallate).

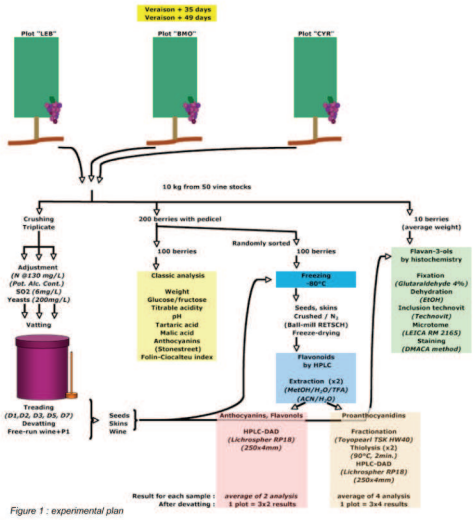


Figure 1 : experimental plan

Results - discussion

The study revealed that some differences occurred between plots ; the level of ripening was significant to explain the alcoolic fermentation kinetics but not the flavonoids extractability. The study showed also that, even if the extractability of PA from seed was lower than of skins, PA from seeds were non negligible in wine composition.
Regarding to their localization, in seeds, the flavan-3-ols from external tissues were more easily extractable. At the end of winemaking, in all skin cells, flavan-3-ols were linked to the tonoplast, while in berries before winemaking, different types of cells with flavan-3-ols had been observed, some without flavan-3-ols.
The PA extractability was in relation with their chemical structure where the monomers and the PA with a lower mDP seamed to be more extractable, both in seeds and skins.

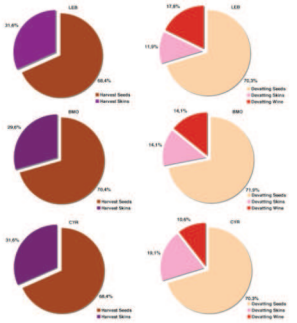


Figure 2: Extractability at veraison + 35 days.

There is no significant difference between plots.

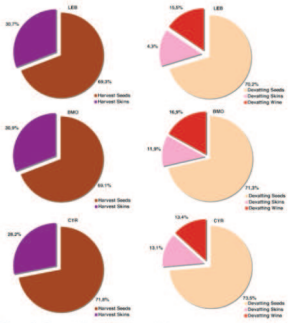


Figure 3: Extractability at veraison + 49 days.

There is no significant difference between plots Dfferences between date are not significant.

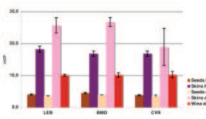


Figure 4: mDP of PA at Veraison + 35 days

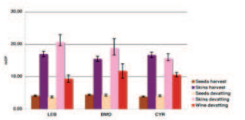


Figure 5: mDP of PA at veraison + 49 days

There is no date or plot effect at harvest. The mDP in wine was intermediate between skins and seeds before harvest, but mDP in skins at devatting was significantly higher (Plots LEB and BMO) than at harvest. As PA in berries are not homogeneous, and balance was not upper than 80%, we can not be convinced of lower mDP from skin could be more extractable.

mDP Wine (devatting)				
Plot	Ver +35d		Ver +49d	
LEB	10.1	+/- 0.3	9.4	+/- 1.1
BMO	10.2	+/- 1.3	11,8	+/- 2.2
CYR	10.3	+/- 1.0	10.6	+/- 0.7

mDP seeds (harvest)				
Plot	Ver +35d		Ver +49d	
LEB	4.1	+/- 0.4	4.1	+/- 0.4
BMO	4,5	+/- 0.4	4.4	+/- 0.4
CYR	3,9	+/- 0.4	3.9	+/- 0.4

mDP skins (harvest)				
Plot	Ver +35d		Ver +49d	
LEB	18.2	+/- 1.7	17.0	+/- 1.6
BMO	16.9	+/- 1.6	15.5	+/- 1.4
CYR	15.6	+/- 1.4	16.7	+/- 1.5

Table 1: mDP from harvest to wine.

There is no significant difference between plot and date.

Veraison + 35 days	% Prodel-phinidins	% galloylated
Seeds harvest		
LEB	/	31.9 +/-1.0
BMO	/	33.0 +/-1.3
CYR	/	29.0 +/-2.7
Skins harvest		
LEB	41.8 +/- 4.2	3.7 +/-0.4
BMO	44.9 +/- 4.5	2.6 +/- 0.3
CYR	42.6 +/- 4.3	3.2 +/-0.3
Seeds devatting		
LEB	/	29.0 +/-2.4
BMO	/	28.4 +/-0.5
CYR	/	27.2 +/-4.0
Skins devatting		
LEB	31.4 +/-4.6	7.1 +/-1.4
BMO	35.5 +/-0.9	4.1 +/-0.1
CYR	31.5 +/- 3.4	6.1 +/-1.5
Wine devatting		
LEB	22.7 +/-0.9	6.3 +/-1.3
BMO	26.5 +/-0.7	4.2 +/-0.5
CYR	24.7 +/-2.4	4.9 +/-0.5

Veraison + 49 days	% Prodel-phinidins	% galloylated
Seeds harvest		
LEB	/	30.9 +/-0.4
BMO	/	30.6 +/-0.4
CYR	/	30.3 +/-0.5
Skins harvest		
LEB	42.5 +/-4.3	3.6 +/-0.4
BMO	42.3 +/-4.2	3.7 +/-0.4
CYR	46.4 +/-4.6	3.1 +/-0.3
Seeds devatting		
LEB	/	27.8 +/-2.7
BMO	/	29.9 +/-3.1
CYR	/	30.0 +/-3.4
Skins devatting		
LEB	29.8 +/-3.1	5.9 +/-0.7
BMO	33.7 +/-1.4	5.1 +/-0.6
CYR	27.1 +/-0.9	8.0 +/-1.4
Wine devatting		
LEB	17.2 +/-6.2	12.0 +/-2.4
BMO	26.6 +/-2.3	7.3 +/-0.5
CYR	21.6 +/-1.7	7.1 +/-0.1

Table 2 : proportion of prodelphinidins and galloylated units before and after microwine making.

Veraison +35d	Prodeiph.	Galloyl.	mDP
LEB	46%	9%	57%
BMO	41%	5%	54%
CYR	42%	7%	51%
Veraison +49d			
	Prodeiph.	Galloyl.	mDP
LEB	60%	31%	59%
BMO	37%	13%	34%
CYR	53%	15%	47%

Table 3 : Estimation of the proportion of seeds' PA in the wine at devatting

The proportion differ depending on calculation methods. These results must be discused in comparison with the PA heterogeneousness in the skins and seeds and with the heterogeneousness of extract ability (according to their structure).

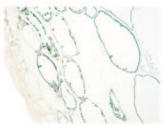


Figure 6 : PA stained by DMACA, in skin at harvest; Plot CYR, Veraison +35d.

In coloured cells, PA are stucked to the tonoplast or take the form of little inclusion.
Some cells are not stained (cells without PA).

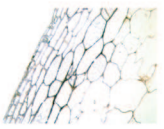


Figure 7 : PA stained by DMACA, in skin after devatting; Plot CYR, Veraison +35d.

PA are stucked to the tonoplast.
All cells are stained.

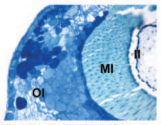


Figure 9 : PA stained by DMACA, in seed at harvest; Plot CYR, Veraison +35d.

PA are present in the outer (OI), medium (MI) and inner integument (II).

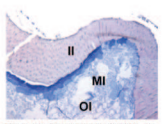


Figure 10 : PA stained by DMACA, in seed after devatting; Plot CYR, Veraison +35d.

PA are present in the outer (OI), medium (MI) and inner integument (II). In OI, PA are present only in the inner part.
Pink hue is due to a lighting artefact.

Conclusion

The results of this study suggest that date of harvest is not the main factor to take into account to produce a dedicate style of wine. The lengh of maceration could be more important : the length of the maceration process orientated by the style of wine the winemaker wants to produce could be related to seeds and skins flavonoids' extractability and also to low and high mDP PAs' extractability.

Acknowledgements
We acknowledge the National Institute for Agricultural Research (INRA) of the French Republic for funding this research, the Pays de Loire Regional Council, VINIFLHOR and INTERLOIRE for support this project. We thanks Marie-Hélène Bouvet and Anne Mege for her assistance in biochemicals analysis, and Marie Tellier for her assistance in histology.

Annexe 5. Poster présenté au VIII International Terroir Congress, 14-18 juin 2010, Soave (Italie).

TYPICITE ET TERROIR : IMPORTANCE RELATIVE DU TYPE DE SOL ET DU NIVEAU DE MATURITE DANS LA TYPOLOGIE SENSORIELLE DU VIN



Champenois Réjane [1], Cadot Yves [1], Caille Soline [2], Samson Alain [3] et Cheynier Véronique [2]

[1] INRA, UE 1117, UMT Vinitera, F-49070 Beaucouzé, France - Yves.cadot@angers.inra.fr

[2] INRA, UMR1083 Sciences pour l'Œnologie, F-34060 Montpellier, France

[3] INRA, UE999 Pech-Rouge, F-11430 Gruissan, France.



Introduction

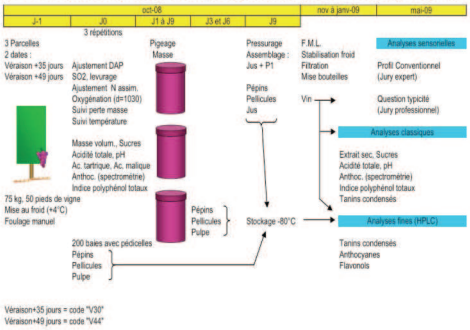
Le lien fonctionnel entre **typicité** et **terroir** a été étudié en prenant en compte deux dimensions importantes : le type de sol et la date de récolte. **Le sol** est souvent cité comme jouant un rôle prépondérant dans le système terroir. **La date de récolte** est importante dans le cycle de production et elle est reliée à la maturité phénolique. Cette dernière prend en compte la teneur globale en polyphénols, mais aussi leur structure et leur aptitude à être extraits (Glories, 1998). Ce système terroir confère au vin des une typicité. **La typicité** d'un produit peut être caractérisée par des propriétés d'appartenance à un type, mais également des propriétés de distinction (Casabianca *et al.*, 2005). La typicité liée au terroir est associée à une origine géographique délimitée, et présente des caractéristiques repérables et revendiquées (Cadot, 2006). Nous faisons l'hypothèse que si le sol peut influencer la qualité du produit, ce sont certains **actes techniques saillants** qui expliquent le mieux la qualité finale du vin. Dans le cas de cette étude, nous avons évalué l'influence des actes techniques associés à la notion de « maturité phénolique ».

Matériel et méthodes

Trois parcelles de Cabernet franc ont été vinifiées en triplicata, à deux dates espacées de 14 jours. Elles correspondent à trois types de sols différents et revendiquent chacune une AOC différente :

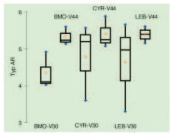
- Anjou Villages Brissac (LEB) : altération de schiste gréseux de l'Ordovicien - Silurien
- Anjou Rouge (BMO) : sables à sables argileux du Sénonien
- Saumur Champigny (CYR) : craie tuffeau du Turonien moyen

Les vins ont été vinifiés selon un protocole standardisé. Ils ont été analysés sensoriellement par un jury de professionnels (question de typicité : Anjou Rouge *vs* Anjou Villages) et par un jury expert (profil conventionnel). Pour évaluer la notion de maturité phénolique (teneur et aptitude à l'extraction), les composés phénoliques ont été analysés à la récolte, au décuvage et lors de l'analyse sensorielle.



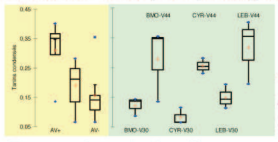
Résultats

Incidence de la **date de récolte (D)** et **de l'origine des vins (O)** sur la note de Typicité.

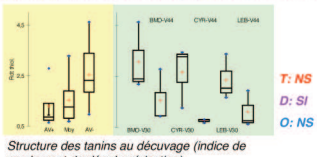


L'origine des vins n'a pas eu d'incidence sur les notes de typicité, contrairement aux dates de récolte : les récoltes les plus tardives ont été jugées plus typiques (Anjou Rouge et Anjou Villages).

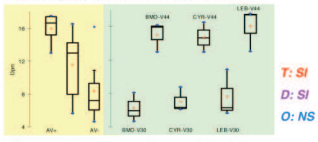
Relation entre les composés phénoliques et la note de typicité (T), la date de récolte (D) et l'origine des vins (O) NS = Non significatif et SI = Significatif



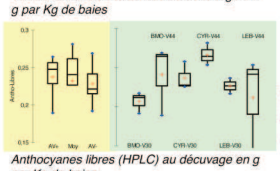
Teneur en tanins condensés au décuvage en g par Kg de baies



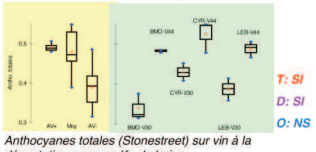
Structure des tanins au décuvage (indice de rendement de dépolymérisation)



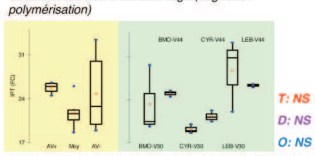
Structure des tanins au décuvage (degré de polymérisation)



Anthocyanes libres (HPLC) au décuvage en g par Kg de baies



Anthocyanes totales (Stonestreet) sur vin à la dégustation en g par Kg de baies



Indice des polyphénols totaux (Folin Ciocalteu) (spectrométrie) sur vin à la dégustation

Conclusion

L'origine des vins discrimine les profils sensoriels (non représenté), mais son effet sur la typicité est faible. Au contraire, **la date de récolte** discrimine les profils sensoriels et son effet sur la typicité est fort.

La teneur et la composition en anthocyanes (au décuvage) ne sont pas explicatives de la typicité. Par contre les anthocyanes totales mesurées lors de l'analyse sensorielle ont eu un impact sur la typicité (effet couleur). **La quantité et la structure de tanins condensés** (au décuvage) sont explicatives de la typicité. Elles sont dépendantes de la date de récolte mais pas de l'origine des vins. Enfin, **la couleur des vins**, liée à leur composition en composés phénoliques, a influencé la perception de la typicité.

La composition en composés phénoliques des raisins a affecté leur extractibilité, modifiant la composition du vin au décuvage. L'évolution de la composition des tanins condensés des baies est révélée (1) par une évolution du rendement de dépolymérisation (qui suggère une modification de la composition des baies), (2) par une composition différente après décuvage (qui suggère une modification de leur extractibilité). Ainsi, cette étude **démontre la pertinence de la notion de « maturité phénolique »**.

Cette étude illustre l'importance des pratiques liées à la notion de « maturité phénolique » sur la typicité des vins. L'origine des vins a eu un effet beaucoup moins important que ne laisse supposer l'idée, communément admise, de la prévalence du sol dans le système des AOC.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les vignerons propriétaires des parcelles expérimentales, Marie-Hélène Bouvet et Anne Mège pour la prise en charge des prélèvements et des analyses et Michel Cosneau pour la vinification et l'élevage des vins. Nous remercions également Erik Picou pour son aide dans la réalisation des profils sensoriels. Ces travaux ont été conduits par l'INRA, avec le soutien du Conseil Régional des Pays de la Loire, de Viniflhor et d'InterLoire.

Bibliographie

Glories, Y. (1998). *Traité d'œnologie. Volume II. Chimie du vin stabilisation et traitements.* Paris: Dunod.
Cadot, Y. (2006). *Revue des Oenologues, 118.*
Casabianca *et al.* (2005). *Colloque International de restitution des travaux de recherches sur les indications et appellations d'origine géographiques.* Paris (France).

Annexe 6. Poster présenté au ICP, XXVème Conférence internationale sur les polyphénols, 23-27 août 2010, Montpellier (France)

COMPOSITION AND LOCALIZATION OF EXTRACTABLE AND NO-EXTRACTABLE FLAVONOIDS IN GRAPE BERRIES DURING RIPENING: WHAT IS THE IMPACT ON WINE SENSORY PROFILES?

Yves Cadot(1), Réjane Champenois (1), Soline Caillé (2), Alain Samson (3) & Véronique Cheynier (2)

(1) INRA, UE 1117, UMT Vinitera, F-49070 Beaucouzé, France
(2) INRA, UMR1083 Sciences pour l'Œnologie, F-34060 Montpellier, France
(3) INRA, UE999 Pech-Rouge, F-11430 Gruissan, France.



Introduction

The flavonoids are responsible for some flavour properties including colour, astringency and probably bitterness[1-3]. They are located mainly in the skin and the seeds of grape berries. Harvest date is a critical point to the winemaker, in order to produce wine with a distinctive style. Nowadays, the knowledge on phenolic compounds during ripening is not sufficient to determine the composition in the wine, due to the extraction from seeds and skin during winemaking. In order to produce wines with distinctive style, the relation between ripening stage and extractability of flavonoids must be highlighted. The purpose of this investigation was (i) to study the transfer of flavonoids from grape seed into wine, in relation with berry development and (ii) to study the flavonoids which were no extractable (iii) to determine the contribution of seeds and skins to the flavonoid composition of wine, according to ripening level of grapes.

Material and methods

Berries were obtained from three plots with different types of soil in term of water status (BMO, CYR and LEB, from higher to lower soil water avaibility). The extractability of flavonoids from grapes was monitored at two stages of maturity (veraison + 35 days: V35; veraison + 49 days: V49). Winemaking were done in triplicate. Analyses were realized by RP-LC-DAD, after fractionation and thiolysis[4] (proanthocyanidins: PA).

The LC conditions were as described by Brossaud *et al.*[5] for PA and Roggero *et al.*[6] for anthocyanins. Each sample of berries was extracted twice, and thiolysis were done in duplicate (PA) or extracts were injected twice (anthocyanins). So in this way, the final result was the arithmetic mean of four analysis for berries (before winemaking), or twelve analysis (after winemaking). Extractability balances were calculated. The determination of the proportion of PA from seeds in the composition of wines was obtained by taking into account the structure of PA (Mean degree of polymerization: mDP; epigallocatechin %; epi-3-O-gallate %).

Additional information was obtained by histochemistry according to the 4-dimethylaminocinnamaldehyde method (DMACA)[7,8]. Quantitative descriptive analysis (QDA) was carried out by a sensory expert panel. For typicality assessment, 15 judges (oenologists and producers) were asked to rate the wine sample typicality. Typicality was defined as perceived representativeness, with good examples of the concept being considered more typical. These sensorial methods were described previously by Cadot *et al.*[9].

Results and discussion

From a typicality point of view, plot effect was not significant, instead of harvest date (Table 1). For attributes from QDA, 3 attributes were linked to "AR" and to "AV" typicality scores (Table 2). In particular, "AV" typicality was positively linked to colour intensity and roasted fruits, and negatively with herbaceous.

Six among 15 sensory attributes were linked with harvest date (Table 3); in particular, Color intensity, Herbaceous, and Roasted fruits with p<0.01.

Six among 15 sensory attributes were linked with soils (Table 3); in particular Blackcurrant, Roasted fruits and Astringency, with p<0.01). Astringency was higher for soil with higher water constraint.

These results are consistent with an other study, about typicality of Cabernet wines[10].

Table 1. Plot effect and harvest date effect on style wine. Anova; NK test ; p<0.05

"Anjou Rouge" typicality

Category	LS means	Groups	Category	LS means	Groups
BMO	4,835	A	V+35d	4,593	A
LEB	5,014	A	V+49d	5,371	B
CYR	5,097	A			

"Anjou Village" typicality

Category	LS means	Groups	Category	LS means	Groups
BMO	2,839	A	V+35d	2,220	A
CYR	3,260	A	V+49d	4,192	B
LEB	3,529	A			

Table 2. Relationship between typicality scores and sensory attributes from QDA profiles ; Pearson product-moment correlation coefficient ; p<0.05

	Pr<F			
Attributes	AR		AV	
Colour intensity	ns		**0.0495**	<
Shade	ns		0.0969	
Herbaceous	ns		**0.0429**	>
Blackcurrant	ns		ns	
Red fruits	**0.0146**	<	ns	
Roasted fruit	**0.0076**	<	**0.0136**	<
Spicy	ns		ns	
humus	**0.0318**	>	ns	
Alcohol	ns		ns	
Sulfur	ns		ns	
Acid	ns		ns	
Bitterness	ns		ns	
Astringency	ns		ns	

Significant correlations (Pr<0.05) are in bold.
"<": AR<AVB ">": AR>AVB

Table 3. Soil, Harvest date and Soil x Harvest date effect on sensory attributes. Anova; NK test ; p<0.05

	Pr<F			Harvest date		Soil type		
Attributes	Harvest date	Soil	Date x Soil	V+35	V+49	TM	SG	SA
Colour intensity	**0.0018**	**0.0106**	ns	A	B	A	AB	B
Shade	**0.0101**	ns	ns	A	B			
Herbaceous	**0.0045**	**0.0259**	ns	B	A	B	A	B
Blackcurrant	ns	**0.0034**	ns			A	A	B
Red fruits	ns	ns	ns					
Roasted fruit	**0.0006**	**0.0027**	ns	A	B	A	B	A
Spicy	ns	ns	ns					
humus	**0.0147**	ns	ns	B	A			
Alcohol	**0.0393**	0.0536	ns	A	B			
Sulfur	ns	**0.0430**	ns			B	AB	A
Acid	ns	0.0505	ns					
Bitterness	0.0506	ns	ns					
Astringency	ns	**0.0001**	ns			A	B	B

Significant correlations (Pr<0.05) are in bold. Newman-Keuls multiple comparison test (with aver. "A"<aver. "B")

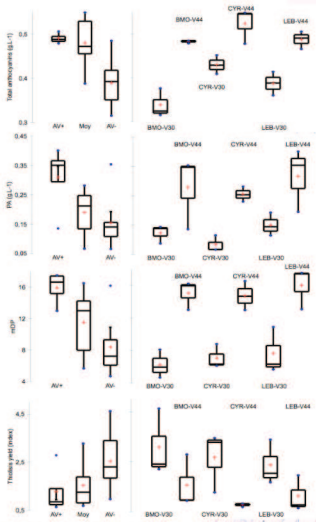


Figure 1. Relationship between typicality assessment, harvest date, type of soil, and polyphenolic composition. (wine at devatting).

Table 4. Relationship between plots and date, with localization of PA. IS: Intensity of slide ; SO: surface occupied by PA in skin ; IZ: Intensity of coloured zone

IS - Plot effect

Category	LS means	Groups	
BMO	8,011	A	***
LEB	7,347	B	
CYR	6,254	C	

IS - Harvest date effect

Category	LS means	Groups	
V+49d	7,879	A	***
V+35d	6,717	B	

SO - Plot effect

Category	LS means	Groups	
BMO	9,20%	A	***
LEB	9,05%	A	
CYR	7,46%	B	

SO - Harvest date effect

Category	LS means	Groups	
V+35d	8,53%	A	NS (P=0,075
V+49d	8,77%	A	

IZ - Plot effect

Category	LS means	Groups	
BMO	86,662	A	***
CYR	83,045	B	
LEB	78,780	C	

IZ - Harvest date effect

Category	LS means	Groups	
V+35d	77,060	A	***
V+49d	89,306	B	

Biochemical composition of wine was related to typicality scores, harvest Date and type of Soil had significant effect on flavonoid composition at devatting (Table 5). Type of Soil was mainly correlated with anthocyanins were harvest Date was correlated mainly to PA. At the sensory analysis point, type of Soil was not correlated with classical analysis of the wines.

Typicality assessment was well linked with flavonoid composition. Harvest date (ripening stage) had more significant effect than soil type.

The influence of seeds was low, where more than 80% of skin PA were extracted whatever the type of soil or harvest date.

Regarding to their localization, Harvest date and type of Soils were significant (Table 4). About their extractability, in seeds, the flavanols from external tissues were little extractable. At the end of winemaking, in all skin cells, flavanols were seemed to be linked to the tonoplast and the cuticle, while in berries before wine making, different type of cells were observed, some without flavanols.

The PA extractability was in relation with their chemical structure, where the PA with lower mDP seamed to be more extractable, both in skin and seeds (Figure 1). Yield of thiolysis decreased according to date harvest, suggesting some modification in the PA composition during ripening. This modification must be linked to the dissimilarity of the composition at devatting, according to the harvest date. This decrease in thiolysis yield is consistent with analysis of shiraz seeds by Kennedy *et al.*[11].

Table 5. Relationship between wine composition, typicality scores,Date of harvest and type of Soils.

		Pr<F (ANOVA)		
	Biochemical	"AV" Typicality	Harvest date	Type of Soil
Wine at devatting	Total anthocyanins	ns	ns	ns
	Delphinidin	**0.001**	ns	**0.018**
	Cyanidin	ns	ns	ns
	Petunidin	ns	ns	ns
	Peonidin	ns	**0.001**	ns
	Malvidin	ns	ns	**0.005**
	Acetylated	ns	ns	**0.012**
	Coumaroylated	**< 0.001**	**< 0.001**	**0.026**
	Condensed tanins	**0.050**	**< 0.001**	ns
	Thiolysis yield	ns	**0.002**	ns
	Catechin	ns	ns	**0.040**
	Epicatechin	**0.022**	**< 0.001**	ns
	Epicatechin-3-gal.	**0.031**	**0.006**	ns
	Epigallocatechin	**0.083**	**< 0.001**	ns
	mDP	**0.016**	**< 0.001**	ns
	% galloylation	ns	ns	ns
	% prodelphinidin	**0.005**	**< 0.001**	ns
Wine at sensory analysis	Total acidity	**0.018**	**0.004**	ns
	Alcohol	**0.006**	**< 0.001**	ns
	Dry extract	ns	ns	ns
	Total phenolic index	ns	ns	ns
	Total anthocyanins	**0.006**	**< 0.001**	ns
	A420	ns	**0.024**	ns
	A520	ns	ns	ns
	A620	**0.030**	**0.005**	ns

Significant correlations (P<0.05) are in bold).

Conclusions

Composition of flavonoids was related to harvest date, both in skin and seeds. The quality of tannins contained in the wine at devatting was different according to harvest Date. Flavonoid composition was correlated to the typicality scores. As the PA extractability evolved during ripening, it could contribute to the sensory judgment of the wines.

References

(1) Brossaud, F.; Cheynier, V.; Noble, A. C. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 2001, 7, 33-39.
(2) Haslam, E.; Williamson, M. P.; Baxter, N. J.; Charlton, A. J. In Phytochemicals in human health protection, nutrition, and plant defense.; Kluwer Academic/Plenum Publishers: New York, USA, 1999.
(3) Singleton, V. L. In Plant polyphenols Synthesis, Properties, Significance; Press, P./Ed.; R.W. Hemingway and P.E.Laks: New York, 1992.
(4) Prieur, C.; Rigaud, J.; Cheynier, V.; Moutounet, M. *Phytochemistry* 1994, 36, 781-784.
(5) Brossaud, F.; Cheynier, V.; Asselin, C.; Moutounet, M. *American Journal of Enology and Viticulture* 1999, 50, 277-284.
(6) Roggero, J. P.; Archier, P.; Coen, S. *Sciences des Aliments* 1992, 12, 37-46.
(7) Chevalier, M.; Petitpochin, E.; Tellier, M.; Barbeau, G. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 2003, 37, 195-198.
(8) Cadot, Y.; Miñana-Castello, M. T.; Chevalier, M. *Analytica Chimica Acta* 2006, 563, 65-75.
(9) Cadot, Y.; Caille, S.; Samson, A.; Barbeau, G.; Cheynier, V. *Analytica Chimica Acta* 2010, 660, 53-62.
(10) Cadot, Y.; Caille, S.; Thiollet-Scholtus, M.; Samson, A.; Barbeau G.; Cheynier, V. From conceptual typicality to perceptive typicality: are winemaking practices decisive? (Submitted). *Food Quality and Preference*
(11) Kennedy, J. A.; Troup, G. J.; Pilbrow, J. R.; Hutton, D. R.; Hewitt, D.; Hunter, C. R.; Ristic, R.; Iland, P. G.; Jones, G. P. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 2000, 6, 244-254.

Acknowledgements

The authors thank the National Institute for Agricultural Research (INRA) for funding. Pays de Loire Regional Council and Interloire also supported this work. We thank Anne Mege for biochemical analysis, Marie-Hélène Bouvet for histochemical and biochemical analysis and Michel Czarneau for the winemaking. Special thanks to Erick Picou for the data collection of conventional profiles, as well as all the wine tasters. We are grateful to Michel Chevalier for helpful discussions about histology.

XXVth International Conference on Polyphenols
Montpellier, France
August 23rd-27th, 2010

yves.cadot@angers.inra.fr

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT