

### Résumé

Une étude de l'influence de la micro-oxygénation sur le vieillissement des vins de Bordeaux a été réalisée sur 10 essais répartis sur les millésimes 2002 à 2006. Celle-ci révèle des résultats différents en fonction des essais : certains vins traités sont améliorés au niveau de l'arôme et de l'équilibre par rapport aux témoins non oxygénés, d'autres présentent des résultats opposés et d'autres enfin semblent montrer de bons résultats en vin jeune mais deviennent inférieurs aux témoins avec le vieillissement. L'étude a permis de mettre au point et de valider une méthode de prévision de la tenue des vins au vieillissement liée à l'apport d'oxygène à partir d'analyses de la couleur et de certains indices de structure polyphénoliques. Une application de cette méthode en l'absence de cuve témoin est proposée mais demande encore à être validée. De nombreux points restent également à préciser comme la détermination d'une méthode de prévision des doses optimales et de la durée des apports nécessaires.

En 2002, le Syndicat des Bordeaux et Bordeaux supérieur a demandé à la Chambre d'Agriculture de la Gironde d'étudier l'incidence de la micro-oxygénation sur le vieillissement des vins de ces appellations. L'oxygénation lors des élevages en barriques a fait l'objet d'études scientifiques depuis de nombreuses années et l'effet sur les qualités au cours de la garde des vins est très bien connu. Cette connaissance fait cependant défaut pour la micro-oxygénation, technique où de l'oxygène pur est utilisé et où la présence de tanins éllagiques issus du bois de chêne n'est pas systématique.

En 2003, cette problématique rencontre un succès croissant car un groupe de travail est constitué par l'Institut Technique de la Vigne et du Vin (ITV devenu depuis IFV). Ce groupe financé par l'Onivins (devenu depuis FranceAgriMer) a réuni des essais réalisés dans toutes les grandes régions viticoles françaises jusqu'en 2005.

## Une étude de longue haleine

10 essais ont été réalisés sur 4 millésimes (de 2002 à 2005) avec différents moments d'apports et doses. Certains essais sont réalisés en cuves pilotes de 260 L et 3 m de hauteur (uniquement en phase liquide) alors que d'autres sont réalisés en site réel de production (cave coopérative ou cave particulière) en apports sous marc en fin de vinification et/ou en phase liquide. La plupart de ces essais ont été suivis par un œnologue de la société CEnodev (devenue Vivelys), principal fournisseur de matériel de micro-oxygénation.

Pour chaque essai, un lot homogène de vin ou de vendange est constitué et réparti dans différentes cuves. Le traitement de chaque modalité d'un même essai est alors identique sauf en ce qui concerne l'apport d'oxygène.

Des analyses régulières sont alors réalisées afin de suivre l'évolution analytique des vins. En plus, des analyses classiques (teneur en alcool, acidité totale, pH, acidité volatile, SO<sub>2</sub> libre et total), des mesures concernant la couleur et les polyphénols sont réalisées (teneur en anthocyanes, IPT, ICM, teinte, Lab, indice de gélatine, pouvoir tannant, indice d'HcL, indice de Dmach). Des analyses sensorielles sont également régulièrement organisées. Elles sont effectuées sous forme de dégustations descriptives réalisées :

- juste après traitement,
- après un an de conservation en bouteilles,
- après 3 ans de conservation en bouteilles,
- après 5 ans de conservation en bouteilles (pour certains essais).

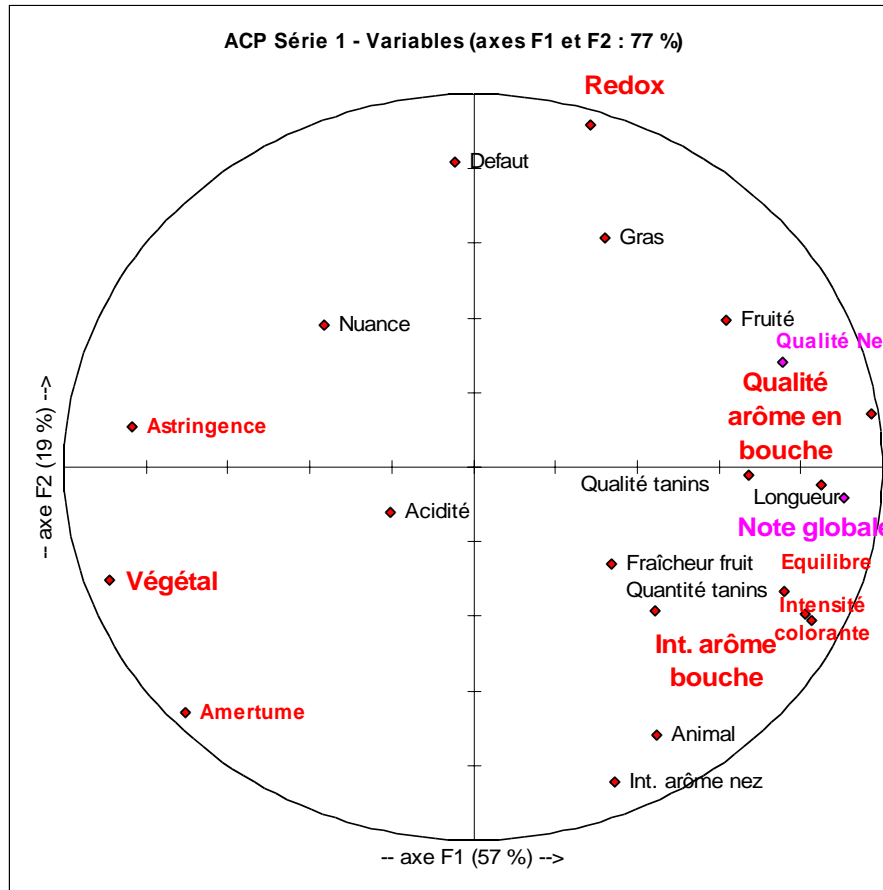
Nous rappelons que les objectifs attendus de la technique sont :

- un gain de couleur avec une meilleure stabilisation des anthocyanes,
- un arôme moins végétal et plus fruité
- une structure tannique de meilleure qualité (moins d'astringence et d'amertume) sans diminution d'intensité.

## **Un premier essai particulièrement démonstratif**

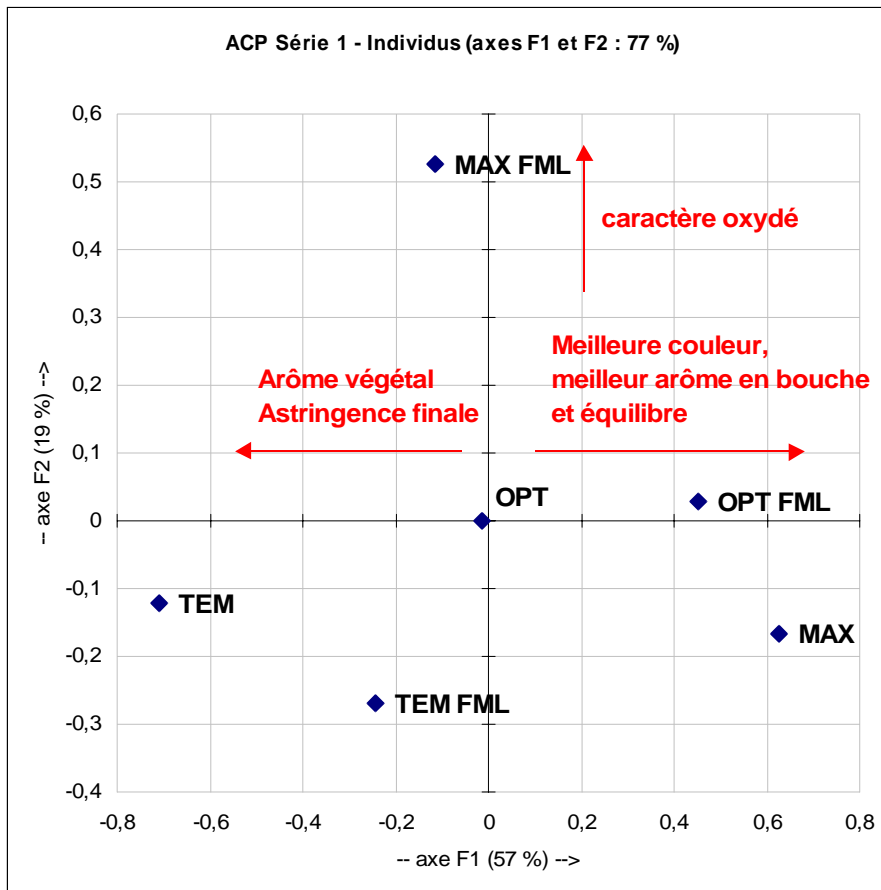
Le premier essai réalisé en 2002 sur 6 modalités en cuves pilotes va nous donner des résultats particulièrement instructifs pour la poursuite de notre étude. Les modalités étaient les suivantes :

- Une cuve témoin sans apport d'oxygène,
- Une cuve recevant un apport de 3 cc/L/mois uniquement pendant la fermentation malolactique,
- Une cuve en apport "optimal" (correspondant à un traitement classique en bordelais) sur 3 mois, constitué de 30 cc/L/mois avant la fermentation malolactique suivi d'un arrêt de l'apport et d'une reprise de l'oxygénation à la dose de 3cc/L/mois après le soutirage et sulfitage de fin de fermentation malolactique,
- Une cuve en apport "optimal" sans arrêt pendant le déroulement de la fermentation malolactique,
- Une cuve en apport "maximal" sur 3 mois également avec des doses de 50 cc/L/mois avant fermentation malolactique et 5 cc/L/mois après celle-ci,
- Une cuve en apport "maximal" sans arrêt pendant le déroulement de la fermentation malolactique.



**Figure 1 : Analyse en composantes principales de l'essai en cuves pilotes 2002  
Représentation des variables**

Les résultats de dégustation montrent sur le premier axe de l'analyse en composantes principales, l'ensemble des descripteurs recherchés par la technique regroupés vers la droite et opposé aux caractères que l'on cherche à réduire (notes végétales, astringence et amertume). Le second axe factoriel indique le niveau de rédox lors de la perception aromatique des vins, depuis la relative réduction vers le bas jusqu'à la présence d'oxydation vers le haut.



**Figure 2 : Analyse en composantes principales de l'essai en cuves pilotes 2002 - Représentation des vins**

La représentation des vins nous montre une répartition des modalités le long du premier axe, indiquant des effets cohérents avec les objectifs de la technique croissants avec la dose d'apport jusqu'à l'apport maximal incluant un arrêt pendant la fermentation malolactique. La dernière modalité ayant un apport maximal maintenu pendant la fermentation malolactique montre une régression par rapport à ces objectifs ainsi que l'apparition de notes oxydatives.

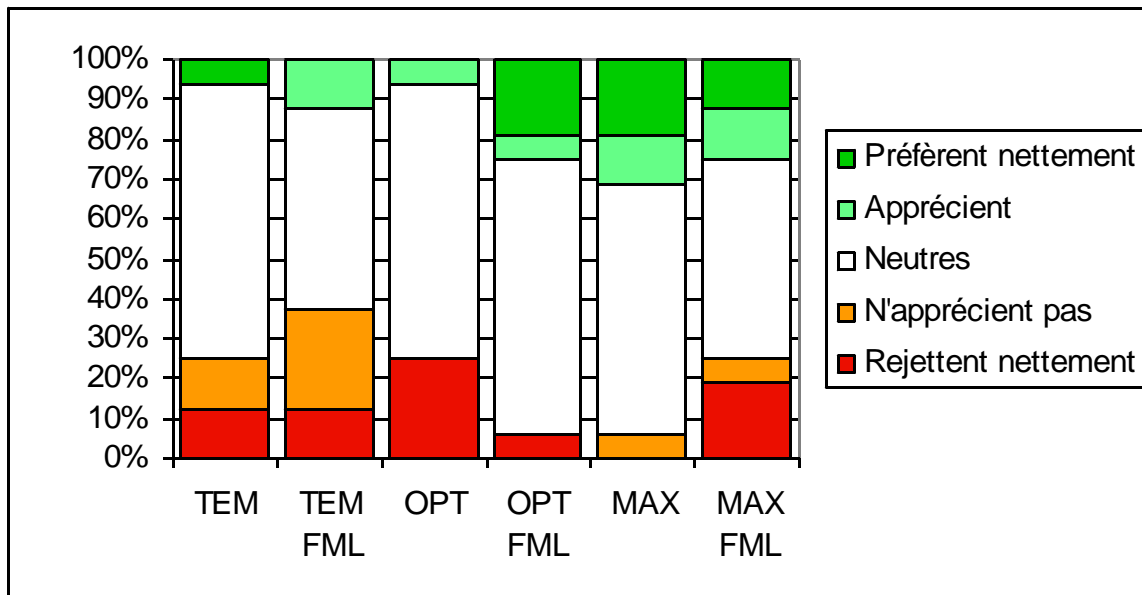


Figure 3 : Répartition des préférences des dégustateurs

Au niveau des préférences, les modalités les plus appréciées et les moins rejetées sont bien cohérentes avec les 2 modalités correspondant le plus aux effets attendus de la technique.

Tableau 1 : Synthèse des dégustations réalisées

Effet de l'oxygène sur :	Dégustations		
	En élevage	Après 1 an de bouteilles	Après 3 ans de bouteilles
La couleur	↗ l'intensité	peu d'écarts	peu d'écarts
L'arôme	↗ l'intensité de l'arôme ↘ le végétal Oxydation pour la dose la plus forte	↗ la fraîcheur du fruit avec les doses importantes	difficiles à juger (caractère animal)
L'équilibre	↗ l'équilibre sauf pour la dose la plus forte	↗ la dureté pour la dose la plus forte	moins d'écarts
La finale	↘ l'astringence		
Les préférences	en faveur des doses fortes sauf la dose maximale	en faveur des doses fortes sauf la dose maximale	en faveur des doses fortes sauf la dose maximale

Globalement, dans cet essai, l'effet de la technique de micro-oxygénation apparaît très positif et durable dans le temps. Nous constatons un effet dose important avec la présence d'un optimum.

## Des résultats très variables d'un essai à l'autre

La même approche est suivie sur l'ensemble des essais réalisés. Nous obtenons des conclusions très variables :

- un effet positif et durable dans le temps de l'oxygénation sur 3 essais sur 10,
- un effet peu marqué sur 3 essais sur 10,
- un effet négatif sur 2 essais sur 10,
- un effet positif de l'oxygénation en vin jeune mais s'inversant ensuite sur 2 essais sur 10.

Ces résultats s'observent sans qu'apparaisse un effet du niveau de structure des vins, ni de la dose d'apport ou de la durée. De même, le moment d'apports (sous marc ou en élevage) semble avoir peu d'influence sur la réussite du traitement.

L'étude des analyses de vins avant traitement ne montre pas nettement d'effet de la constitution polyphénolique des vins. Seule une tendance semble indiquer que les vins présentant un ratio anthocyanes (mg/L) sur IPT supérieur ou égal à 11,4 réagiraient mieux à l'oxygénation.

A ce niveau de l'étude, aucun critère de pilotage autre que la dégustation n'existe.

## Une hypothèse prometteuse dans la recherche de marqueurs analytiques

L'étude des différences entre la cuve témoin et les cuves traitées dans les différents essais qui donnent de bons résultats avec l'oxygénation et un effet positif durable révèle certaines différences.

L'intensité colorante du vin oxygéné est supérieure à celle du vin témoin avec une diminution relative des composantes rouge (a\*) et jaune (b\*). Ceci indique que la couleur devient à la fois plus intense et plus violacée, ce qui est le marqueur de la formation de liaisons anthocyanes/tanins faisant intervenir un pont éthyl (réaction à l'éthanal). Ces pigments sont bien connus pour être responsables de la stabilisation de la couleur en conditions oxydatives. De plus, certains indices de caractérisation des tanins comme l'indice de gélatine, le pouvoir tannant et l'indice d'HcL augmentent avec l'apport d'oxygène puis chutent si la dose devient excessive. Ces indices sont des marqueurs de la polymérisation des tanins en vin jeune.

L'hypothèse formulée est alors que si l'ensemble de ces conditions sont réunies, le vin aura une bonne réaction à l'oxygène mais que si la différence entre la cuve témoin et la cuve traitée montre des résultats inverses, le vin aura une mauvaise réaction à l'oxygène.

Prenons 2 exemples pour illustrer ces différentes situations :

### Exemple 1 : Essai en cuves pilotes sur Cabernet Sauvignon en 2005

La modalité OPT a reçu 20 ml/L/mois pendant 40 jours et la modalité MAX a reçu 28 ml/L/mois pendant la même période.

**Tableau 2 : Différences analytiques entre les vins et prévision de l'impact**

	TEMOIN	OPT	MAX
ICM	19,99	22,65	22,54
a*	22,8	8,41	9,35
b*	8,27	2,95	3,28
indice gélatine	37,5	42,3	39,5
pouvoir tannant	5,3	5,3	6,3
indice HCl	22,8	35	27,5
Prévision sur l'impact de la Micro oxygénation :		Effet positif très net	

Tous les paramètres semblent indiquer une bonne réaction du vin avec l'oxygène, malgré la dose importante et la durée d'apport longue.

**Tableau 3 : Résultats de dégustations au cours du temps**

Effet de l'oxygène sur :	Dégustations		
	En élevage	Après 1 an de bouteilles	Après 3 ans de bouteilles
La couleur	↗ l'intensité	peu d'écarts	peu d'écarts
L'arôme	↘ l'intensité	↗ le fruité	↗ le fruité sauf dose maximale
L'équilibre	↗ le gras	↗ l'équilibre	↗ l'équilibre sauf dose maximale ↗ la qualité des tanins sauf dose maximale
La finale		↘ l'astringence	↘ l'astringence sauf dose maximale
Les préférences	↗ avec les doses croissantes	Rejet du témoin, préférence pour la dose intermédiaire	Rejet du témoin, préférence pour la dose intermédiaire

L'apport d'oxygène présente bien l'effet attendu avec un optimum pour la modalité OPT. La modalité MAX reste cependant supérieure au témoin, ce qui est conforme à la prévision.

### Exemple 2 : Essai en chai particulier sur Cabernet Sauvignon en 2002

La modalité MICRO a reçu un apport de 1,5 ml/L/mois pendant 2 mois, puis 1 mL/L/mois pendant 1 mois et enfin 0,5 ml/L/mois pendant 1,5 mois.



**Tableau 4 : Différences analytiques entre les vins et prévision de l'impact**

	après la mise	
	TEMOIN	MICRO
ICM	14,41	13,88
a*	30,93	32,19
b*	15,19	16,93
indice gélatine	36	36
pouvoir tannant	47,3	44,3
indice HCl	13	13
Prévision sur l'impact de la Micro oxygénation :	<b>EFFET NEGATIF</b>	

Les différents paramètres analytiques semblent indiquer une mauvaise réaction des polyphénols du vin avec l'oxygène.

**Tableau 5 : Résultats de dégustations au cours du temps**

Effet de l'oxygène sur :	Dégustations		
	En élevage	Après 1 an de bouteilles	Après 3 ans de bouteilles
La couleur	peu d'écarts	peu d'écarts	peu d'écarts
L'arôme	↗ la fraîcheur du fruit	↘ la qualité	↘ la qualité (écarts en diminution)
L'équilibre	↗ la qualité des tanins	↘ la qualité des tanins	↗ l'équilibre (peu d'écarts)
La finale	↘ la dureté finale	↗ la dureté finale	
Les préférences	63 % préfèrent le vin oxygéné	73% des dégustateurs préfèrent le témoin	57% des dégustateurs préfèrent le témoin

La dégustation après l'arrêt des apports montre une bonne réaction du vin avec l'oxygène et les objectifs recherchés semblent atteints. Cependant, les résultats s'inversent à partir d'un an de conservation en bouteilles sur les mêmes caractères qui semblaient avoir été améliorés. Ces résultats confirment parfaitement la prévision.

### Au niveau de l'ensemble des essais :

- Pour les 3 essais positifs durables : le modèle prévoit une bonne réaction avec l'oxygène.
- Pour les 2 essais négatifs : le modèle prévoit une mauvaise réaction avec l'oxygène.
- Pour les 3 essais où l'effet est faible : le modèle n'est pas très clair et les différents critères sont en contradiction.
- Pour les 2 essais positifs s'inversant ensuite : le modèle prévoit une mauvaise réaction avec l'oxygène.



L'hypothèse est donc validée : si le vin forme des pigments anthocyanes/tanins faisant intervenir des ponts éthyls et que les tanins se polymérisent plus vite que le témoin en présence d'oxygène, l'effet de l'oxygénation sera positif et durable. Par contre, si ces phénomènes ne se réalisent pas, l'arôme et l'équilibre du vin se verront dégradés par rapport au témoin non traité.

## Comment mettre en œuvre cette méthode sur le terrain ?

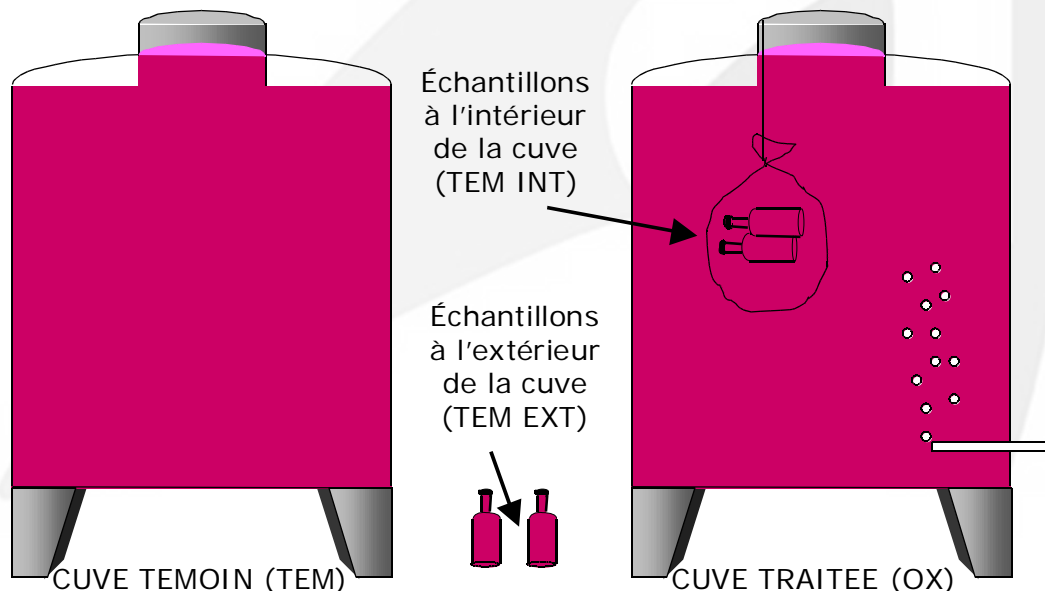
Ces résultats présentent un grand intérêt mais également plusieurs lacunes :

- Comment savoir si la réaction du vin est correcte en l'absence de cuve témoin ? En effet, dans la plupart des cas, lorsqu'un apport d'oxygène est réalisé sur une cuve, nous n'avons pas de cuve non traitée parfaitement identique à proximité.
- La méthode demande de démarrer l'apport et de le poursuivre suffisamment longtemps pour que les polyphénols réagissent et que des différences analytiques apparaissent.
- La méthode ne permet pas d'ajuster la dose ni la durée souhaitables d'apport.

Malgré tout, elle permet un progrès certain par rapport à la seule dégustation, qui rappelons-le, sera incapable de détecter les cas qui semblent positifs à l'arrêt des apports puis s'inversent ensuite.

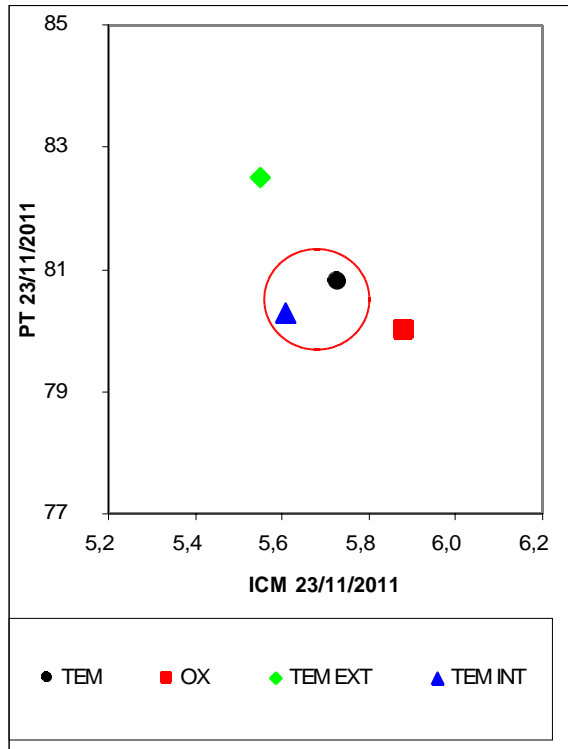
Pour pallier l'absence de cuve témoin, une simulation de celle-ci a été proposée par l'immersion de bouteilles placées dans un sac ajouré au cœur de la cuve. Ces bouteilles, préalablement inertées et remplies en immersion dans le vin, subissent donc les mêmes variations de température que la cuve mais aucun apport d'oxygène.

Un essai a été réalisé afin de valider cette méthode.

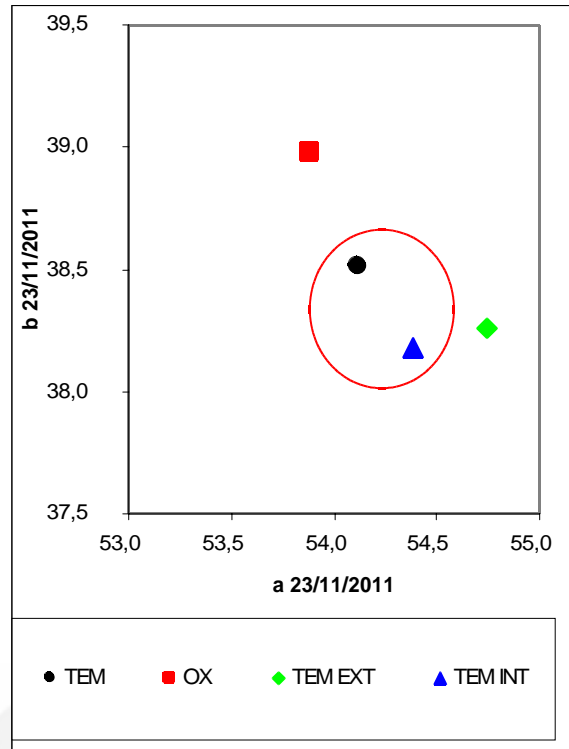


**Figure 4 : Dispositif expérimental de validation de la simulation d'une cuve témoin par des échantillons immergés**

Les premiers résultats semblent assez prometteurs :



**Figure 5 : Représentation de l'ICM et du pouvoir tannant des différents lots de vins**



**Figure 6 : Représentation des composantes rouge (a) et jaune (b) des différents lots de vins**

Ces premiers résultats semblent indiquer une bonne ressemblance entre les échantillons immergés et la cuve témoin. D'autres essais seront cependant nécessaires pour valider cette méthode.

## Des études complémentaires nécessaires

Ces travaux ont permis de répondre à la problématique initiale qui était de savoir quelle était l'influence de la micro-oxygénation sur la qualité des vins des appellations Bordeaux et Bordeaux supérieur au cours du vieillissement. La réponse est que cet effet est variable en fonction des vins et qu'il est actuellement très difficile de prévoir quels vins vont devoir être traités et quels autres ne doivent surtout pas l'être. L'étude a également montré les cas d'inversion des effets au cours du vieillissement qui n'avaient jamais été mis en évidence.

Afin de mieux comprendre ces différences, des investigations analytiques ont été réalisées, ce qui a permis de montrer que les vins réagissant bien à l'apport d'oxygène étaient capables de stabiliser leurs anthocyanes avec les tanins grâce à des ponts éthyls, ainsi que d'augmenter la polymérisation de leurs tanins. Ces phénomènes peuvent être suivis grâce à des méthodes analytiques assez simples et à la portée de n'importe quel laboratoire d'analyses œnologiques.

Un travail important de validation de cette approche avec l'utilisation d'échantillons immergés simulant le comportement d'une cuve témoin devra encore être réalisé afin de proposer une méthode utilisable par tous.

De plus, un travail d'investigation sur la détermination, avant traitement, de la dose

d'apports nécessaire ainsi que de la durée souhaitable reste à réaliser. La méthode de suivi analytique que nous avons présentée devrait permettre de faciliter ces recherches en ayant un moyen de contrôle a posteriori des résultats obtenus de manière très rapide.

