

MODÉLISATION ET CALCUL DU BILAN DES APPORTS D' OXYGÈNE AU COURS DE L' ÉLEVAGE DES VINS ROUGES.

III- INTERPRÉTATION DES BILANS ET MAITRISE DES APPORTS D' OXYGÈNE

Nicolas VIVAS

Tonnellerie DEMPTOS S.A - Service Recherche et Développement
BP 10 - 33880 SAINT CAPRAIS DE BORDEAUX

Résumé :

Après l'établissement des apports d'oxygène dans les moûts et les vins lors des vinifications, l'article présente un bilan complet des apports d'oxygène dans les vins..

Mots-clés :

Apports d'oxygène, vinification, bilan.

INTRODUCTION

Lors des articles précédents (VIVAS et GLORIES, 1996 ; VIVAS, 1997) nous avons précisé les principales sources d'apport de l'oxygène au cours de l'élevage des vins rouges. La réalisation d'un bilan complet est maintenant possible. Mais il reste à estimer les aérations pratiquées sur le moût et lors des vinifications.

1.- APPORTS D' OXYGÈNE DANS LES MOÛTS ET LES VINS LORS DE LA VINIFICATION

Les apports d'oxygène au cours de la vinification sont en relation avec le travail des moûts et les remontages en cours de fermentation et éventuellement lors de la macération post-fermentaire. Lors de la vinification les facteurs d'oxygénation sont en relation avec le traitement des moûts, les remontages lors de la vinification et de la macération et lors des écoulages. Les valeurs moyennes mesurées à l'aide de l'électrode de Clark, sont résumées dans le tableau 1. On note, pour les vins rouges, que les remontages constituent les principales causes d'aération. A titre comparatif, nous avons donné pour des vinifications moyennes en blanc et en rouge les apports d'oxygène liés à chaque manipulation. On rappelle que les filtrations ainsi que les centrifugations réalisées éventuellement sur les moûts, apportent 7 à 8 mg/l d'oxygène.

2.- BILAN NET DES APPORTS D'OXYGÈNE DANS LES VINS ROUGES DE LA VINIFICATION À LA MISE EN BOUTEILLES

Nous prenons deux cas d'élevage en barriques fréquemment rencontrés dans la pratique :

— Vinification et élevage en barriques avec oxygénation faible :

- **Vinification** avec une oxygénation limitée, 2 remontages avec aération, les autres sans aération ;
- **am**, entonnage après la fin des processus fermentaires, 1 mise en cuve pour collage et 1 remise en barrique pour conserver sur colle, une mise en cuve pour assemblage;
- **at**, 1 filtration et la mise en bouteilles ;
- **as**, 1 soutirage/4 mois pendant 12 mois, soutirage sans aération ;
- **ao**, 1 ouillage/semaine pendant 4 mois, puis 1 ouillage/2 semaines pendant 8 mois ;
- **élevage** en barriques usagées 20 mois. Barriques Gts bondes bois dessus.

— Vinification et élevage en barriques avec oxygénation moyenne :

- **Vinification** avec une plus forte aération, tous les remontages avec aération ;
- **am**, entonnage après la fin des processus fermentaires, 1 mise en cuve pour collage et 1 remise en barrique pour conserver sur colle, une mise en cuve pour assemblage;
- **at**, 1 filtration et la mise en bouteilles ;
- **as**, 1 soutirage/3 mois pendant 12 mois, soutirage avec aération ;
- **ao**, 1 ouillage/semaine pendant 12 mois ;
- **élevage** en barriques neuves 24 mois. Barriques Gts bondes silicone dessus.

Les répartitions en pourcentage des différentes phases de vinification et d'élevage des vins et l'apport total d'oxygène sont reportés sur le tableau 2. Une grande partie de l'oxygène apporté en cours de fermentation est prélevée par les levures (LAFON-LAFOURCADE et LARUE, 1981 ;

TABLEAU 1
Les différentes sources d'apports d'oxygène dans les moûts blancs et rouges
au cours des traitements préfermentaires et de la vinification
(Résultats moyens observés dans plusieurs chais du Bordelais)
(Valeurs ramenées à 20°C)

Opérations	Apports d'oxygène (mg/l)	Vinification en blanc		Vinification en rouge	
		Fréquence	Apports min. max.	Fréquence	Apports min. max.
Fouillage-Eraflage	5 à 8	1	5 8	1	5 8
Pressurage	3 à 5	1*	3 5	1 #	3 5
Remontage lors des fermentations					
sans aération	2 à 3	0 à 2†	< 0,5 5	0 à 16	0 40
avec aération	5	0 à 2†	< 0,5 10	18 à 2	10 90
Ecoulage					
sans aération	2	1†	1 2	2†	2 4
avec aération	6	1†	1 6	2†	6 12
Macération post-fermentaire :					
avec remontage	4 à 6	-	- -	14†	56 84
sans remontage	< 0,5	-	- -	0†	< 0,5 < 0,5
Total des apports d'oxygène (mg/l) :			11 29		111 199

† : L'une ou l'autre de ces opérations est choisie ;
 * : pressurage après macération pelliculaire ;
 # : sur le marc rouge.

SABLAYROLLES et BARRE, 1986). En outre au cours de cette phase et malgré l'apport d'oxygène, le potentiel d'oxydoréduction reste suffisamment bas (< 100 mV) pour limiter les réactions oxydatives des composés des vins (VIVAS et GLORIES, 1995). Dans ces conditions, il apparaît que la diffusion d'oxygène au travers de la barrique constitue la principale source d'aération des vins.

3.- MAÎTRISE DES APPORTS D' OXYGÈNE : APPORTS FRACTIONNÉS D' OXYGÈNE

3.1.— Dispositif

On utilise une canne en inox fritté. Elle se compose d'un inox fritté qui permet la diffusion de fines bulles. Sa partie frittée est précédée d'un tuyau inox imperméable qui assure la diffusion des bulles uniquement au centre de la cuve. La source d'oxygène est une bouteille d'air reconstitué (N₂/O₂, 80/20, v:v) et le débit est contrôlé grâce à un manomètre et à un débitmètre à bille.

TABLEAU 2

Bilan des apports totaux d'oxygène dans les vins rouges,
du moût à la mise en bouteilles du vin
(Résultats moyens observés dans plusieurs chais du Bordelais)

Apports	Faible aération	Aération moyenne
Moût	2,5	2
Vinification - Macération	51,5	47
Manipulations (am)	2,5	1
Soutirages (as)	6,5	5
Ouillages (ao)	4,5	3
Diffusion au travers des barriques	29	40
Filtration - Mise en bouteilles (at)	3,5	4
Apports totaux (mg/l)	206	409

Le tourbillonnement provoqué par l'apport de gaz dans la cuve assure une homogénéisation suffisante. La mesure se pratique directement dans la cuve avec une électrode de Clark. On mesure la teneur en oxygène sur 10 points différents de la cuve (3 en surface, 2 au milieu et 5 en profondeur). Le résultat du dosage est la moyenne de ces diverses mesures. L'utilisation de pompe assurant la circulation permanente de l'eau dans la cuve n'améliore pas l'homogénéité des mesures.

La température est régulièrement mesurée et la teneur en oxygène est ramenée à 20°C. Dans nos expériences on utilise des frittés en inox de dimensions variables fonction du volume du récipient. La qualité de l'inox et la finesse du fritté sont identiques pour avoir des bulles de même dimension pour un débit donné. Le débit retenu est de 40 ml/min. au laboratoire (récipient < 1l) et de 80 ml/min. dans les chais (récipient > 1Hl).

3.2.— Méthode de calcul

On pose :

$$C_o = C_i - (C_a - C_c - C_p) \quad (1)$$

avec :

- C_o , quantité d'oxygène transférée dans le milieu (oxygène dissous) ;
- C_i , quantité d'oxygène initiale ;
- C_a , quantité d'oxygène totale apportée ;
- C_c , quantité d'oxygène consommée au cours du transfert ;
- C_p , quantité d'oxygène perdue par transfert partiel ; toutes les valeurs sont en mg/l.

Dans l'eau on a :

- $C_i = 0$ par barbotage prolongé d'azote ;
- $C_c = 0$ pour l'eau pure (uniquement autoconsommation de l'électrode) ;
- $C_p =$ évaluée par différence ($C_o - C_a$).

Dans ces conditions l'équation (1) devient :

$$C_o = C_a - C_p \quad (2)$$

C_a est donnée par calcul et C_o par mesure avec l'électrode de Clark.

$$C_a = [(dg \cdot t) \alpha \times DO_2] / V$$

avec :

- dg , débit du mélange gazeux (ml/min.) ;
- t , temps (min.) ;
- α , part d'oxygène dans le mélange gazeux (α pour 1 volume) ;
- DO_2 , densité de l'oxygène (g/l) ;
- V , volume du récipient (l).

3.3.— Application

Dans la pratique il n'est plus nécessaire de doser l'oxygène dissous ; seul est utile de connaître la valeur de t . Voici un exemple concret réalisé dans un chai :

Dans le cas du vin, la consommation d'oxygène consécutive à l'apport d'oxygène limite davantage les pertes.

Dans ce cas pour des capacités supérieures à 50 Hl C_p est considérée comme égale à 0 (VIVAS, 1997). Pour le calcul on retient C_a qui correspond à la quantité d'oxygène que l'on désire faire consommer au vin. Alors après avoir fixé C_a on détermine pour un appareillage donné, le temps t nécessaire pour apporter C_a .

On veut apporter 3 mg/l d'oxygène à un vin toutes les 3 semaines, avec une canne en inox fritté, pour un débit constant de 80 ml/min. et un récipient de 50Hl.

$$t = (C_a \cdot V) / (dg \cdot \alpha \cdot DO_2) \quad (3)$$

$$t = (3 \cdot 50000) / (80 \cdot 0,2 \cdot 1,429)$$

$$t = 656 \text{ min. ou } 10,9 \text{ heures}$$

Le temps t peut être diminué en augmentant le débit. Mais dans ce cas nous serions dans un régime hétérogène nécessitant de nombreuses corrections pour calculer précisément l'apport réel d'oxygène.

N. V.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- LAFON-LAFOURCADE, S.; LARUE, F. 1981.** Viabilité des cellules en fin de fermentation alcoolique. Les stéroïdes, facteurs de survie des levures. *C.R. Coll. Soc. Fr. Microbiol.*, Reims, 147-172.
- SABLAYROLLES, J.M.; BARRE, P. 1986.** Evolution de la solubilité de l'oxygène au cours de la fermentation alcoolique d'un moût de raisin. Etude sur milieux modèles. *Sci. Aliments*, 6, 177-184.
- VIVAS, N.; GLORIES, Y. 1995.** Vinification et élevage des vins. Potentiel d'oxydoréduction en œnologie. *Rev. Œnol.* 76, 10-14.
- VIVAS, N.; GLORIES, Y. 1996.** Modélisation et estimation du bilan des apports d'oxygène au cours de l'élevage des vins rouges. I— Les apports technologiques et liés au mode d'élevage. *Progr. Agric. Vitic.*, 113, 10, 222-227.
- VIVAS, N. 1997.** Recherches sur la qualité des chènes français de tonnellerie (*Q. Robur* L., *Q. petraea* Liebl.) et sur les mécanismes d'oxydoréduction des vins rouges au cours de leur élevage en barriques. Thèse Université Bordeaux II. 2 tomes, 250 p.
- VIVAS, N. 1997.** Modélisation et calcul du bilan des apports d'oxygène au cours de l'élevage des vins rouges. II— Les apports liés au passage d'oxygène au travers de la barrique. *Progr. Agri. Vitic.*, 114, 13-14, 315-316.