Connaissance Vigne Vin, 1977, **11**, N° 2, 165-182.

LE GAZ CARBONIQUE DES VINS
II. — ASPECT TECHNOLOGIQUE

Aline LONVAUD-FUNEL et P. RIBÉREAU-GAYON

Institut d'Œnologie, Université de Bordeaux II
351, cours de la Libération, 33405 Talence (France)

INTRODUCTION

Dans une précédente publication (LONVAUD-FUNEL et RIBÉREAU-GAYON, 1976) nous avons discuté les différentes méthodes de dosage du gaz carbonique dissous dans les vins. La mise au point d'une technique originale, rapide et précise, utilisant une électrode spécifique, a permis d'entreprendre une étude complète des problèmes technologiques posés par la présence de gaz carbonique dans les vins.

Après avoir précisé les origines de ce constituant et apporté quelques données sur sa solubilité en fonction de la composition du vin, nous rapportons des résultats expérimentaux concernant son évolution en fonction du mode de conservation et des traitements.

La technique de stockage des vins sous gaz inertes est particulièrement étudiée ; on conçoit en effet que la mise en contact de vin et de gaz, tels l'azote et le gaz carbonique, puisse modifier la quantité de gaz dissous.

Le rôle du gaz carbonique sur les caractères organoleptiques est ensuite précisé à partir des résultats de dégustations de vins ajustés à différentes teneurs. Enfin l'analyse d'un certain nombre d'échantillons des différents types de vins de Bordeaux a été effectuée ; il s'agissait de vérifier si les teneurs en CO_2 des vins prêts à la consommation respectent la qualité optimale telle qu'elle a été définie.

ORIGINE ET SOLUBILITE DU GAZ CARBONIQUE DANS LES VINS

1° — Origine

La plus grande partie du gaz carbonique contenu dans les vins est libérée par la fermentation alcoolique des sucres ; mais d'autres réactions de décarboxylation interviennent, soit en même temps, soit au cours de la conservation et du vieillissement par voie microbiologique ou chimique. Pour un vin de 10° d'alcool, il se forme à peu près 80 g par litre de CO_2 ; mais la possibilité de dissolution est limitée à 1,5-2,0 g par litre selon la température ; l'excès est donc éliminé dans l'atmosphère.

Le tableau I rassemble les résultats, obtenus par le calcul, des quantités de CO_2 formé par les nombreux processus de décarboxylations provoqués par les levures, les bactéries ou pendant le vieillissement. Pour la fermentation alcoolique des sucres on a considéré le cas d'un vin de 10° d'alcool ; les autres résultats représentent des maxima de CO_2 susceptible d'être formé, compte tenu des doses de produits secondaires synthétisés simultanément. On constate une faible influence des décarboxylations provoquées par la levure autres que celle liée à la formation d'alcool ; en effet elles produisent, au même moment, peu de gaz carbonique en comparaison du phénomène principal de la fermentation alcoolique.

TABLEAU I

Récapitulatif des principales réactions de formation du gaz carbonique du vin.

	Réactions	CO_2 (g par litre)
Levures (fermentation alcoolique)	Formation d'alcool (10°)	81,0
	Formation des produits secondaires de la fermentation glycéropyruvique	1,0
	Formation des alcools supérieurs	1,7
	Dégradation de l'acide malique par les levures	1,3
	Formation des esters	0,1
Bactéries lactiques (fermentation malolactique)	Dégradation de l'acide malique	1,6
	Dégradation de l'acide citrique	0,2
Mécanisme chimique (vieillissement)	Décarboxylation des dérivés de l'acide tartrique	< 0,1
	Décarboxylation des acides aminés	traces

Mais les dégradations bactériennes de l'acide malique et de l'acide citrique produisent au total près de 2 g par litre de CO_2 cette valeur est relativement faible et sans incidence technologique si la fermentation malolactique se produit aussitôt après la fermentation alcoolique ; par contre cette fermentation secondaire peut ramener à la saturation un vin déjà partiellement dégazé par plusieurs mois de conservation. On voit donc, à ce point de vue également, l'intérêt d'obtenir la fermentation malolactique aussitôt après l'achèvement de la fermentation alcoolique.

Les quantités de gaz carbonique susceptibles d'être formées au cours du vieillissement sont négligeables.

2° — **Solubilité**

Le coefficient de solubilité du gaz carbonique dans le vin varie en fonction de la pression, de la température et de la composition du vin. L'influence de la pression est secondaire dans le cas des vins tranquilles, car les faibles variations de la pression atmosphérique apportent des modifications négligeables dans la valeur du coefficient de solubilité. La teneur en alcool, en sucres et autres constituants des vins provoquent également des variations relativement faibles ; la table d'Agabaliantz (1954) permet de tenir compte de l'incidence de l'alcool et du sucre.

Mais c'est la température du vin qui affecte le plus la valeur du coefficient de solubilité. D'après Agabaliantz (1954), ce coefficient est une fonction du 2e degré de la température :

$$B = Bo - bt + ct^2$$

Bo : coefficient de solubilité à 0 °C et 760 mm Hg
B : coefficient de solubilité à t °C et 760 mm Hg
Bo, b et c sont donnés par la table d'Agabaliantz en fonction du titre alcoolique du vin et de sa teneur en sucres.

A titre d'exemple on obtient d'après cette table les résultats du tableau II ; on passe du coefficient de solubilité exprimé en l par litre à la concentration correspondante en g par litre multipliant par le poids d'un litre de CO_2 soit 1,977 g.

TABLEAU II

Coefficients de solubilité (α, exprimé en litre par litre) et concentrations correspondantes (c, exprimée en g par litre) du CO_2 dans le vin.

Température °C	Vin sec 10°		Vin sec 12°	
	α (l par litre)	C (g par litre)	α (l par litre)	C (g par litre)
0	1,577	3,12	1,552	3,07
10	1,105	2,18	1,082	2,14
20	0,761	1,50	0,744	1,47
30	0,545	1,08	0,538	1,06

En utilisant la méthode de dosage du CO_2 par l'électrode spécifique (LONVAUD-FUNEL et RIBÉREAU-GAYON, 1976) nous avons effectué des déterminations expérimentales du coefficient de solubilité du CO_2 dans des vins rouges, des vins blancs secs et des vins blancs liquoreux (LONVAUD-FUNEL, 1976). Ces mesures sont basées sur le fait que la quantité de CO_2 est proportionnelle à la fois au coefficient de solubilité α et à pCO_2 ; en diluant une prise d'essai dans de l'eau et dans du vin décarboniqué, le rapport des p CO_2 mesurées est égal au rapport inverse des coefficients de solu-

bilité dans l'eau et dans le vin. Les mesures ont été réalisées à 25 °C. Par ailleurs ces mêmes coefficients ont été calculés à partir de la table d'Agabaliantz en tenant compte des titres alcooliques et des teneurs en sucres.

La comparaison (tableau III) des résultats obtenus montre que les coefficients expérimentaux sont toujours légèrement supérieurs aux coefficients calculés. Cette différence est plus importante pour les vins liquoreux que pour les vins secs. On peut supposer qu'une teneur en substances colloïdales plus importante dans les vins liquoreux fausse la mesure du coefficient de solubilité par la méthode que nous utilisons.

TABLEAU III

Comparaison entre coefficients de solubilité α calculés et déterminés expérimentalement. ($t° = 25$ °C ; résultats exprimés en litre par litre ; sous 760 mm Hg)

Vin	Titre alcoolique	α calculé	α mesuré	Δ
Rouge	11 °0	0,629	0,690	0,061
	11 °0	0,629	0,665	0,036
	11 °5	0,627	0,715	0,098
Blanc	11 °5	0,629	0,700	0,073
	11 °0	0,629	0,700	0,071
	11 °0	0,627	0,665	0,036
	10 °0	0,637	0,650	0,013
Blanc liquoreux	10 °55	0,547	0,647	0,100
	12 °0	0,557	0,649	0,092
	12 °80	0,563	0,673	0,110
	14 °20	0,592	0,696	0,104
	15 °75	0,603	0,705	0,102

Néanmoins cette étude sur la solubilité montre bien que c'est finalement la température qui joue le rôle le plus important ; elle fixe la teneur initiale en CO_2 d'un vin et les pertes de gaz survenant pendant la conservation et les traitements des vins.

EVOLUTION DE LA TENEUR EN CO_2 DISSOUS PENDANT LA CONSERVATION DES VINS

La quantité de gaz carbonique dissous dans le vin diminue lorsqu'il est maintenu à l'air libre. En effet, selon la loi de Dalton, la pression partielle (p CO_2) du gaz dissous tend à s'équilibrer avec celle de l'atmosphère qui le surmonte ; or la p CO_2 de l'air est très faible, 0,2 mm Hg, alors qu'elle est de 250 mm Hg pour un vin contenant 0,5 g par litre de CO_2.

En conséquence, le vin se dégaze d'autant plus vite qu'il se trouve en large contact avec l'air et que la température est élevée.

1° — **Influence du mode de logement du vin**

L'évolution du gaz carbonique dissous est différente selon que le vin est logé en cuves de grande capacité ou en fûts de bois de 225 litres.

Divers prélèvements, réalisés sur des vins conservés en cuves, ont montré, après plusieurs mois de conservation sans soutirage, des teneurs en CO_2 élevées, supérieures à 1 g par litre et atteignant même 1,5 g par litre ; les pertes de gaz dans ces conditions sont donc faibles. Il n'en est pas de même lorsque le vin est conservé en barriques ; la teneur en CO_2 diminue constamment grâce aux échanges gazeux existant au travers du bois. On constate que, même dans des chais à température inférieure à 10 °C, pendant les six premiers mois de conservation, les pertes atteignent 6 à 8 p. 100 par mois. Elles sont moins importantes par la suite, mais réelles cependant ; après deux ans d'une telle conservation les vins contiennent en général moins de 200 mg par litre de CO_2.

On comprend donc que les vins conservés en cuves sont plus riches en CO_2 que ceux conservés en barriques. Pour éviter de mettre en bouteilles des vins avec des doses excessives de CO_2, la conservation en cuves suppose des précautions particulières (soutirages).

A titre d'exemple, le tableau IV donne les résultats obtenus pour des échantillons prélevés dans un chai où les vins de deux récoltes ont été logés, expérimentalement, dans des récipients différents ; malgré les soutirages la conservation en cuves laisse à ces vins des doses de CO_2 un peu trop élevées.

TABLEAU IV

Teneurs en CO_2 (mg par litre) de deux vins rouges conservés en cuves et en fûts.

	Récolte 1973		Récolte 1974
	conservation		conservation
	15 mois	24 mois	12 mois
Vin conservé en cuve	390	300	380
Vin conservé en fût acier inoxydable (120 l)	120	70	140
Vin conservé en fût bois neuf (225 l)	75	60	105
Vin conservé en fût bois usagé (225 l)	105	60	170

2° — **Influence des soutirages**

Les analyses effectuées sur des échantillons prélevés au moment des soutirages ont montré la diversité de l'importance du dégazage en fonction des conditions opératoires, (tableau V).

Les pertes occasionnées par un soutirage ont varié, lors de nos observations, entre 2,5 et 40 p. 100. Par conséquent cette opération constitue un bon moyen pour régler la dose de CO_2 dans le vin, puisque, en choisissant judicieusement le mode opératoire, les pertes peuvent être pratiquement nulles ou au contraire très importantes. Par exemple on pourra, par soutirage avec aération à température relativement élevée, en éliminer une grande partie si le vin arrive au moment de la mise en bouteilles avec des teneurs en gaz supérieures à la dose optimale (vins rouges). Au contraire, lorsqu'il est souhaitable de conserver des doses de CO_2 élevées (vins blancs secs) on peut éviter toute perte en opérant à température assez basse et en faisant arriver le vin directement au fond du récipient pour éviter toute aération.

TABLEAU V

Influence des soutirages sur la quantité de gaz carbonique dissous dans les vins

	t °C	CO_2 avant (mg par litre)	CO_2 après (mg par litre)	Perte p. 100
Soutirage de barrique à barrique — Gravité	15 °	510	475	7
Soutirage de barrique à barrique — Soufflet	11 °	485	440	9
		870	800	8
		850	715	16
Soutirage de cuve à barrique par gravité	10 °	970	750	22
		385	230	40
	20 °	375	260	30
Soutirage de cuve à cuve par pompage *	8 °	375	365	2,5

* le dernier soutirage a été effectué en faisant arriver le vin au bas de la cuve à remplir.

3° — Influence de l'embouteillage

Il est possible d'éviter les pertes de CO_2 ou cours des traitements physiques dans la mesure où le vin n'est à aucun moment en contact avec l'air. Ainsi des prélèvements effectués à l'occasion de filtrations ou de traitements par le froid n'ont montré aucune variation dans les teneurs en gaz carbonique dissous au cours de ces traitements.

Mais l'ultime manipulation subie par le vin, l'embouteillage, est susceptible de provoquer un dégazage. En effet, pendant l'emplissage de la bouteille, qui dure quelques dizaines de secondes, le vin est sous forme d'une couche mince qui augmente le contact avec l'atmosphère. Pour cette raison on peut prévoir une diminution dans la teneur en CO_2 du vin.

Des observations ont été réalisées avec des tireuses de laboratoire reproduisant divers procédés d'embouteillage : tireuses par gravité, par pression différentielle à deux chambres, par dépression à chambre unique, et tireuse isobare à contrepression. Les installations comprennent un réservoir de 5 à 6 litres et un seul bec de tirage, identique à ceux qui équipent les machines industrielles.

Une première série de tirages a permis de tester la reproductibilité de chacune des machines sur dix échantillons successifs du même vin. Une erreur relative sur la teneur en CO_2 inférieure à 3 p. 100 dans tous les cas, montre que les tirages sont bien reproductibles quel que soit le procédé utilisé.

TABLEAU VI

Pourcentage de CO_2 perdu à l'embouteillage (Température du vin 16 à 19 °C)

Teneur en CO_2 (g par litre)	Gravité	Dépression 1 ch	Dépression 2 ch 0,1 bar	Dépression 2 ch 0,2 bar	Contre pression
0,2	9	5	—	9	0
0,4	4	5	—	2,5	3,5
0,5	9	2	—	1	—
0,7	9	2	5	—	4,5
0,8	9	4	1	—	2
0,9	1	1	3	4	8
1,0	9	2	8	7	3
1,4	2	9	4,5	7,5	8,5
1,5	12	2	0	—	2
moyenne	7,1	3,5	3,6	5,2	3,9
écart-type	3,8	2,5	2,9	3,1	2,9

Avec une autre série de tirages, nous avons comparé les différents systèmes au point de vue des pertes de gaz (tableau VI), au cours d'essais en laboratoire ayant porté sur des échantillons ayant des teneurs en CO_2 comprises entre 0,2 et 1,5 g par litre.

Les résultats montrent que les dégazages sont en général faibles, pendant l'emplissage des bouteilles. D'autre part, il est difficile de conclure qu'un système est meilleur que les autres, car les différences

entre les moyennes ne sont pas significatives ; il existe uniquement une différence tout juste significative au seuil de 5 p. 100, entre les pertes de CO_2 provoquées par la tireuse par gravité et les autres.

D'autres prélèvements ont été effectués sur trois chantiers d'embouteillage (tableau VII).

A nouveau, on constate que les diminutions des concentrations en CO_2 sont faibles et du même ordre quel que soit le type de tireuse.

TABLEAU VII

Evolution de la quantité de CO_2 (mg par litre) dissous dans trois vins pendant la mise en bouteilles dans les conditions de la pratique.

Etape du prélèvement	PROCEDES DE TIRAGE		
	Gravité t = 18 °C	Dépression 1 ch t = 18 °C	Dépression 2 ch (0,1 bar) t = 21 °C
Cuve de tirage	415	325	645
Sortie filtre	410	325	640
Réservoir tireuse	400	310	610
Bouteille	375	300	600
CO_2 perdu p. 100	9	8	7

CONSERVATION DES VINS SOUS GAZ INERTES

1° — Généralités

L'utilisation des gaz inertes (azote, gaz carbonique, argon) pour la conservation des vins a été autorisée par le Service de la Répression des Fraudes en 1969 après les études réalisées à ce sujet par JAULMES (1969). Cette technique permet la conservation des vins dans des cuves en vidange, sans risque d'altération ; elle consiste à remplacer, par un gaz inerte, l'air de la cuve évitant ainsi la prolifération des microorganismes aérobies et l'oxydation des constituants du vin en particulier du SO_2.

On utilise le gaz carbonique ou l'azote, à l'état pur ou en mélange ; le choix doit être guidé par le réglage souhaité de la teneur en CO_2 du vin. En effet, pendant la conservation sous gaz inerte des échanges entre le vin et l'atmosphère de la cuve modifient la quantité de gaz dissous. Ces échanges se produisent jusqu'à l'égalité des p CO_2 dans les deux phases. C'est pourquoi un vin conservé sous azote pur perd une partie du CO_2 qu'il contient ; réciproquement conservé sous CO_2 pur, il dissout ce gaz jusqu'à l'équilibre des pressions partielles. Bien entendu ces échanges

dépendent du coefficient de solubilité, donc de la température, mais aussi de la concentration initiale en CO_2 du vin et du taux de remplissage des cuves. Les premiers résultats concrets ont été obtenus par JAULMES et HAMELLE (1969). (Tableau VIII).

TABLEAU VIII

Influence de la composition du mélange gazeux sur la dose de CO_2 dissous dans un vin après deux mois. (JAULMES et HAMELLE, 1969).

(CO_2 initial 690 mg par litre ; Cuves de 50 hl, remplissage 40 p. 100)

Composition du mélange		CO_2 du vin (mg par litre)
CO_2 (p. 100)	N_2 (p. 100)	
25	75	410
50	50	825
100	0	1 620

2° — **Calcul de la p CO_2 du vin à l'équilibre en fonction de la composition du mélange.**

Nos travaux personnels ont eu pour but de caractériser l'équilibre atteint d'un point de vue théorique. Dans les calculs qui suivent, on considère que la pression qui règne à l'intérieur de la cuve est de 1 atm. Nous désignons par :

q : la concentration initiale en CO_2 du vin (mg par litre)

v : le volume du vin

V : volume de la cuve

α : le coefficient de solubilité du CO_2 dans le vin exprimé en l par litre

T : la température absolue du vin (273 + t °C)

pCO_2 : la pression partielle du CO_2 (mmHg)

a : le pourcentage du CO_2 dans le mélange gazeux.

Ces calculs sont basés sur le principe suivant : au cours de la conservation, le CO_2 est échangé entre le vin et l'atmosphère libre de la cuve jusqu'à identité des p CO_2 dans les deux phases. Mais la quantité globale de gaz carbonique contenue dans la cuve (vin plus atmosphère gazeuse) ne change pas ; seulement sa répartition est modifiée.

D'autre part, on sait que la quantité de CO_2 dissous (q) dans le vin est relié au coefficient de solubilité (α l par litre sous 760 mm Hg) et à la pression partielle de ce gaz (p CO_2 en atm) par la relation :

$$q\ (l/l) = \frac{\alpha}{760} \cdot p\ CO_2$$

$$\text{ou}\quad q\ (mg/l) = \frac{\alpha}{760} \cdot p\ CO_2 \cdot 1977$$

La quantité totale de CO_2 en mg, dans la cuve, peut être exprimée comme la somme du CO_2 dissous dans le vin (m_1) et du CO_2 gazeux au-dessus du vin (m_2), soit :

(1) $m_1 = q \cdot v$

(2) $m_2 = (V\text{-}v) \cdot \frac{a}{100} \cdot \frac{273}{T} \cdot 1977$

Le terme $\frac{273}{T}$ permet de tenir compte de la dilatation des gaz en fonction de la température.

A l'équilibre, la pression partielle de CO_2 est p CO_2 dans le vin et l'atmosphère de la cuve ; soit n_1 et n_2 les quantités de CO_2 correspondantes :

(3) $n_1\ (mg) = \alpha \frac{p\ CO_2}{760} \cdot v \cdot 1977$

et en appliquant la loi de Van der Waals simplifiée (pV = n RT ; n : nombre de molécules) :

(4) $n_2\ (mg) = \frac{p\ CO_2}{760} \cdot \frac{V - v}{RT} \cdot 44 \cdot 10^3$

Puisqu'il n'y a pas d'échange gazeux avec l'extérieur de la cuve, on a :

$$m_1 + m_2 = n_1 + n_2$$

d'où l'expression de la p CO_2 d'équilibre (mmHg) :

$$(5)\ p\ CO_2 = 760\ \frac{q.v + (V-v)\ \frac{a}{100}\ 1977\ \frac{273}{T}}{\alpha\ .v.1977 + \frac{V - v}{RT}\ 44 \cdot 10^3}$$

Cette formule générale permet, dans tous les cas, de calculer la p CO_2 d'équilibre ; à partir de cette valeur on obtient la teneur finale en CO_2 d'un vin conservé sous une atmosphère inerte contenant a p. 100 de CO_2 ; si l'azote est employé pur a = 0, si on utilise CO_2 pur a = 100.

Exprimée en mg par litre cette concentration en CO_2 est :

$$(6)\quad C = \frac{q.v + (V-v)\,\frac{a}{100}\,1977\,\frac{273}{T}}{\alpha.v.\,1977 + \frac{V-v}{RT}\,44.\,10^3}\,.\,\alpha\,.\,1977$$

3° — **Calcul de la composition du mélange nécessaire pour faire varier la teneur en CO_2 dans des proportions déterminées :**

Si l'on souhaite multiplier par k (supérieur ou inférieur à 1) la teneur en CO_2 du vin, après l'équilibre on a $C = k\,.\,q$; C étant donnée par l'expression (6). On obtient de cette façon l'expression de a :

$$a = q\left[\frac{13{,}73\;k}{T\,.\,\alpha} + \frac{(k-1)\;v}{10\;(V-v)\;1{,}977}\right]$$

Cette formule tient compte du remplissage de la cuve et de la température ; elle suppose que le gaz se trouve sous une pression de 1 atmosphère.

4° — **Calcul de la composition du mélange nécessaire pour conserver le vin sans modification de sa concentration en CO_2.**

Dans les exempies précédents (paragraphes 2° et 3°), la conservation sous gaz inertes entraîne une certaine modification de pression ; soit une dépression due à la dissolution du CO_2 dans le vin, soit une légère surpression due au dégazage. Par conséquent, les formules établies ne sont valables qu'en première approximation.

Il est un cas, cependant, où un calcul rigoureux peut être proposé : il s'agit de la recherche du mélange permettant de conserver le vin sans modification de sa concentration en CO_2, donc sans variation de pression. A l'équilibre, la quantité de CO_2 dissous, est en mg par litre :

$$q = \frac{p\,CO_2}{760}\,.\,\alpha\,.\,1977$$

D'autre part, a étant le pourcentage de CO_2 dans le mélange, on a par définition :

$$p\,CO_2 = \frac{a}{100}\,.\,760\ \text{mmHg}$$

L'expression de a est par suite : $\quad a = \dfrac{100\;q}{\alpha\,.\,1977}$

soit $a = 0{,}0506\,\dfrac{q}{\alpha}$

a ne dépend pas du volume de vin dans la cuve ; mais, par contre, il dépend de la température comme α. A partir de cette formule nous avons construit l'abaque de la figure 1. Connaissant la teneur initiale en CO_2 du vin à maintenir pendant la conservation et la température, cette abaque donne direc-

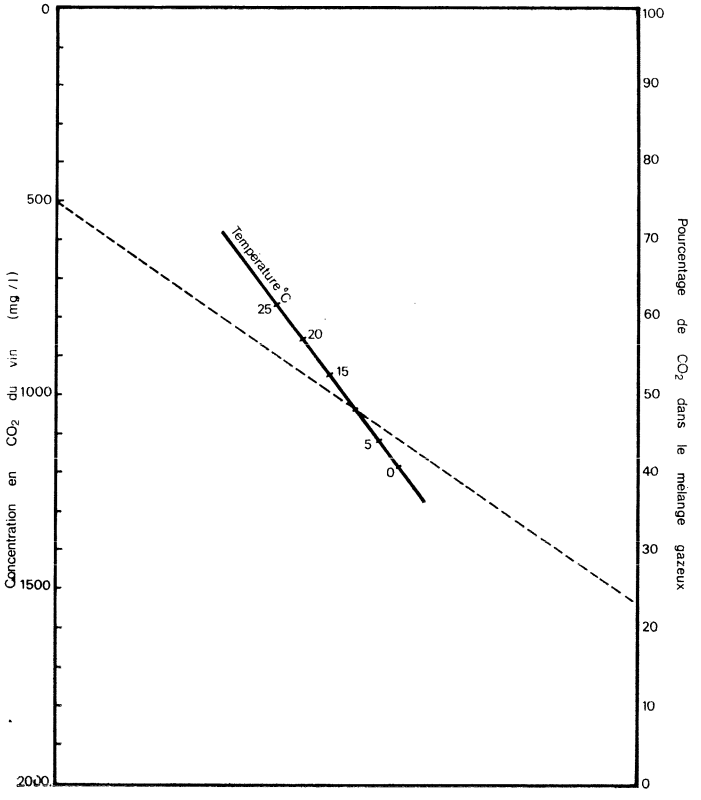


Fig. 1. — Abaque donnant la composition du mélange gazeux à utiliser pour conserver au vin sa concentration initiale en CO_2 (P = 1 atm).

tement la composition du mélange gazeux à utiliser. Elle n'est valable, en toute rigueur, que si le gaz est sous une pression de 1 atmosphère. Si le mélange surmontant le vin est en surpression, sa composition en CO_2 est a' :

$$a' = a \cdot \frac{1}{1 + p}$$

p étant la surpression exprimée en atmosphère. Mais la correction peut être négligée la plupart du temps ; en effet pour une surpression de 0,1 atmosphère on a :

$$a' = a \cdot 0{,}91$$

5° — **Conclusion**

L'intérêt primordial de l'emploi des gaz neutres est de permettre la conservation des vins dans des récipients en vidange, même avec des doses faibles de SO_2.

Mais cette technique peut apporter des modifications, souhaitables ou non, de la teneur en CO_2 dont il faut tenir compte ; elle peut donc être utilisée pour régler le CO_2 dissous dans le vin en fonction des caractères organoleptiques recherchés.

Les résultats théoriques qui viennent d'être rapportés ont été confirmés expérimentalement dans le cas de conservation sous gaz carbonique pur et azote pur (LONVAUD-FUNEL, 1976).

Il resterait à calculer le temps nécessaire pour l'obtention de l'équilibre. Il dépend de nombreux facteurs et, en particulier, de la température, des volumes et de la surface de contact entre les deux phases, de la teneur en CO_2 du vin et de la variation qu'on veut lui imposer. Les premières observations ont montré que l'équilibre est atteint rapidement : dans une cuve d'une dizaine d'hectolitres remplie à 80 p. 100, il a suffit de 24 heures environ pour ajuster à 350 mg par litre un vin qui contenait au départ 60 mg par litre de CO_2. D'autre part, JAULMES (1967) signale que le vin d'une cuve remplie au 9/10 de vin, sous une légère surpression de CO_2 pur, a été saturé en quelques jours.

INFLUENCE DU GAZ CARBONIQUE DISSOUS SUR LES CARACTERES DES VINS DE BORDEAUX. TENEURS EN CO_2 DES VINS PRETS A LA CONSOMMATION.

1° — **Incidence du CO_2 sur la dégustation.**

La dose limite de perception du pétillement caractéristique du CO_2 est environ 500 à 600 mg par litre (RIBÉREAU-GAYON et LONVAUD-FUNEL, 1976). Pour des concentrations supérieures la présence du gaz carbonique, nettement perceptible, contribue au caractère particulier d'un certain nombre de vins. Mais en-dessous de cette limite aussi le rôle du CO_2 sur les caractères organoleptiques n'est pas négligeable. Nous l'avons clairement mis en évidence à l'occasion de tests faisant intervenir 50 dégustateurs. On a préparé 3 échantillons du même vin rouge et 4 du même vin blanc sec (tous les deux de l'appellation Bordeaux) ajustés à des concentrations différentes. Les résultats sont les suivants :

1) 73 p. 100 des dégustateurs pour les vins rouges et 80 p. 100 pour les vins blancs, ont reconnu les échantillons dont la teneur en gaz était à la limite de perception du pétillement (620 mg par litre pour le vin rouge et 610 mg par litre pour le vin blanc).

2) 52 p. 100 ont classé convenablement les trois vins rouges contenant 20, 365 et 620 mg par litre.

3) 22 p. 100 étaient capables de différencier deux vins blancs pourtant très proches ajustés à 70 et 130 mg par litre.

Ces résultats montrent bien la grande sensibilité gustative au CO_2 qui participe aux caractères des vins même en dessous de 600 mg par litre.

Interrogés sur leur préférence, les dégustateurs ont porté leur choix, à une grande majorité, sur les vins rouges les plus pauvres en CO_2 ; même à faible dose (300 mg par litre) le CO_2 durcit les vins rouges de Bordeaux, leur fait perdre de la souplesse.

Pour les vins blancs secs par contre, les avis sont plus nuancés ; il existe en effet des types de vins supportant des doses plus ou moins élevées de CO_2 ; mais les vins consommés jeunes sont généralement améliorés par des teneurs un peu élevées, de l'ordre de 600 mg par litre ou même un peu plus, qui leur donnent de la fraîcheur et renforcent les caractères aromatiques. Des doses importantes (1 000 à 1 200 mg par litre), que l'on rencontre quelquefois, ne sont pas toujours appréciées ; indépendamment du caractère propre du gaz plus ou moins bien accepté, elles renforcent l'acidité et l'amertume.

Les vins rosés se situent entre ces deux extrêmes, d'une façon générale, plus un vin est tannique, moins bien il supporte le gaz carbonique.

En ce qui concerne les vins liquoreux, le réglage du taux de CO_2 est fonction des types dont on connaît la diversité ; les vins de pourriture noble, riches en alcool et en sucres (Sauternes) doivent avoir peu de CO_2 (100 mg par litre) pour conserver leurs caractères de gras et de moelleux.

2° — **Teneurs en CO_2 des vins de Bordeaux prêts à la consommation.**

L'analyse de 129 échantillons de vins de Bordeaux prêts à la consommation a donné les résultats rassemblés sur les histogrammes de la figure 2 ; elle montre la diversité des concentrations en CO_2 qui est peut être le constituant du vin le plus variable. Pour les vins rouges et les vins blancs secs la gamme des teneurs en CO_2 est plus étendue que pour les vins blancs liquoreux.

Connaissant le rôle joué par le CO_2 sur les caractères organoleptiques des différents types de vin, on est conduit aux conclusions suivantes :

a) 30 p. 100 des vins rouges sont trop riches en CO_2 (plus de 300 mg par litre),

b) seule une minorité de vins blancs secs, environ 10 p. 100, sont bien réglés (entre 500 et 700 mg par litre),

c) la teneur en CO_2 est la mieux adaptée à la qualité optimale dans le cas des vins liquoreux qui sont, dans leur majorité, pauvres en CO_2 (moins de 200 mg par litre).

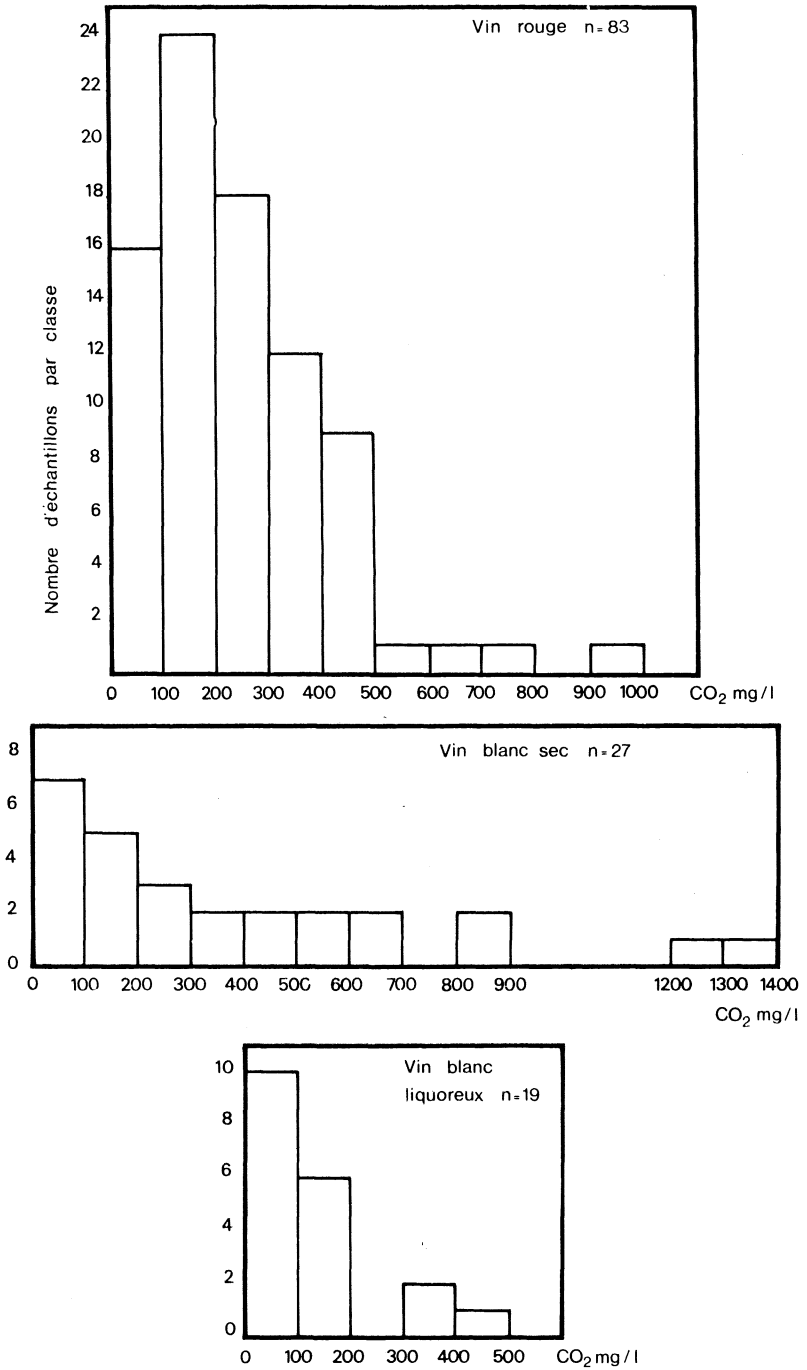


Fig. 2. — Histogrammes des nombres d'échantillons en fonction des concentrations de CO_2.

CONCLUSION

Divers facteurs (richesse en alcool, sucres, acides et autres substances) influencent peu la valeur du coefficient de solubilité du gaz carbonique dans les vins. Par contre, la température joue un rôle important. Les pertes de CO_2 occasionnées par des contacts plus ou moins larges du vin avec l'air pendant sa conservation et ses traitements sont d'autant plus fortes que la température du vin est plus élevée.

Les risques de dégazage sont réduits lorsque les vins sont conservés en cuves de grande capacité ; aussi dans ces conditions de stockage on rencontre plus fréquemment que dans le cas de conservation en fûts, des vins trop chargés en CO_2. Il est cependant possible d'intervenir, par des aérations que l'on doit bien maîtriser, afin de maintenir dans le vin des teneurs en gaz convenables ; plus particulièrement les soutirages s'accompagnent de pertes de CO_2 extrêmement variables selon les conditions de leur réalisation.

Les résultats concernant l'embouteillage ont montré que cette opération provoque peu de pertes de gaz, moins de 10 p. 100 en général, quel que soit le type de matériel utilisé.

Les techniques modernes utilisant les gaz inertes permettent le stockage des vins dans des cuves en vidange sans risque d'altération ; mais, elles sont susceptibles d'entraîner aussi des modifications plus ou moins souhaitables de la teneur en CO_2 des vins. Le résultat dépend de la composition du gaz en contact avec le vin ; sous CO_2, le vin s'enrichit en gaz carbonique dissous, sous azote il se dégaze en partie. Des calculs nous ont conduit à la construction d'une abaque donnant facilement la composition du mélange ($CO_2 + N_2$) à utiliser pour maintenir dans le vin la concentration initiale en CO_2. Mais aussi cette technique peut permettre de modifier à volonté, dans un sens ou dans l'autre, la teneur en CO_2. On peut en effet calculer la composition du mélange gazeux nécessaire pour faire varier pendant le stockage la teneur en gaz carbonique dissous, dans des proportions choisies.

Pour terminer cette étude, 129 échantillons de vins de diverses appellations de la région de Bordeaux ont été analysés. Compte tenu des résultats obtenus lors de tests de dégustations, on constate qu'un assez grand nombre d'entre eux ne contiennent pas les teneurs optimales de CO_2, plusieurs vins rouges sont trop riches (plus de 300 mg par litre) et beaucoup de vins blancs secs n'en ont pas assez (moins de 500 mg par litre). Sur le plan pratique, un meilleur contrôle et la mise en œuvre de certaines techniques de réglage de ce constituant s'imposent donc.

Manuscrit reçu le 16 décembre 1976.

RESUMÉ

Les principaux facteurs influençant, pendant leur conservation, l'évolution du gaz carbonique dissous dans les vins, ont été étudiés. Un intérêt plus parti-

culier a été porté aux conséquences, sur la teneur en CO_2, des techniques de stockage des vins sous atmosphère de gaz inerte.

Les résultats de tests de dégustation ont permis de préciser l'influence de ce constituant des vins sur leurs caractères organoleptiques. On a constaté ainsi que les teneurs dans les vins de Bordeaux prêts à la consommation ne correspondent pas toujours aux valeurs optimales.

L'ensemble de cette étude démontre l'intérêt de contrôler et régler les doses de CO_2 dissous dans les vins.

SUMMARY

The principal factors influencing the evolution of dissolved carbon dioxide in wine during conservation have been studied. In particular, the consequences of CO_2 concentration and the techniques of wines storage under an inert gas atmosphere were investigated.

Sensory evaluation lead to defining the influence of this constituent on the organoleptic characteristics of wine. It was verified that the concentration in Bordeaux wines ready for consumption are not always at optimal levels.

Overall, this study indicates the benefits of monitoring and regulating the concentration of CO_2 dissolved in wine.

ZUSAMMENFASSUNG

Wir haben die prinzipiellen Faktoren überprüft, welche die Entwicklung der Kohlensaüre beeninflussen, die während der Konservierung der Weine in denselben aufgelöst ist. Ganz besondere Aufmerksamkeit galt den Konsequenzen auf den CO2-Gehalt der Weinlagerungstechniken unter neutralem Gas.

Die Testergebnisse der Verkostung gestattenten es, den Einfluss dieses Weinbestandteiles auf deren organoleptischen Eigenschaften zu präzisieren. Man hat dabei fesgestellt, dass der Gehalt in den trinkfertigen Bordeaux-Weinen nicht immer den optimalen Werten entspricht.

Die gesamten Untersuchungen weisen auf, dass es zweckmässig ist, die Dosen des in den Weinen aufgelösten CO_2 zu kontrollieren und zu regulieren.

RESUMEN

Los principales factores que influyen en la evolución del gaz carbónico disuetto en los vinos, durante su conservación, han estado estudiados. Un interés más particular ha estadollevado a las consecuencias, sobre la ternor en CO_2, técnicas de guarda de vinos bajo atmósfera de gaz inerte.

Los resultados de tests de degustación han permitido de precisar la influencia de este contituyente de los vinos sobre sus caracteres organolépticos. Se ha constadado asi que la tenor en los vinos de Bordeaux prestos a la consumación no corresponden siempre a los valores optimales.

El congonto de este estudio de muestra el interés de contralar y reglar las dosis de CO_2 disuettos en los vinos.

RIASSUNTO

In principali fattori influenzanti, durante la loro conservazione, l'evoluzione del gas carbonico dissolto nei vini, sono stati studiati. Un interesse più particolare è stato portato alle conseguenze, sul tenore in CO_2, selle techniche di stoccaggio dei vini sotto atmosfera di gas inerte.

I risultati di testi di degustazione hanno permesso si precisare l'influenza di questo costituente dei vini sui loro caratteri organoleptici. Si è constatado anche che il tenore nei vini di Bordeaux pronti alla consumazione non corrispondevano sempre ai valori ottimali.

L'insieme di questo studio dimostra l'interesse di controllare e regolare le dosi di Co_2 dissolto nei vini.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGABALIANTZ, 1954. Contrôle chimique et technologique des procédés de champagnisation soviétique, Moscou, 318-321 et 357-367.

JAULMES P., 1967. Utilisation du gaz carbonique et de l'azote en œnologie et dans l'industrie du jus de raisin. *Bull. O.I.V.*, **432**, 147-165.

JAULMES P. et HAMELLE G., 1969. Conservation du vin en cuve en vidange sous gaz inerte. *Ann. Falsif. Exp. Chim.*, **62**, 20-26.

LONVAUD-FUNEL A., 1976. Recherches sur le gaz carbonique des vins. *Thèse 3e cycle*, Université de Bordeaux II.

LONVAUD-FUNEL A. et RIBÉREAU-GAYON P., 1976. Le gaz carbonique des vins. I. — Dosage à l'aide d'une électrode spécifique. Comparaison avec les méthodes traditionnelles. *Connaissance Vigne Vin*, **10**, N° 4, 391-407.

MÜLLER-SPATH H., 1973. Systèmes de remplissage et procédés d'embouteillage pour le soutirage à chaud et à froid du vin. *Seitz Werke Gmbh*, D. 6550, Bad-Kreuznach.

RIBÉREAU-GAYON P. et LONVAUD-FUNEL A., 1976. Le gaz carbonique des vins : son incidence organoleptique. *C.R. Acad. Agric.*, **62 (7)**, 491-497.