



# Elevage et conservation des vins

## Comment optimiser les conditions ?

Jean-Michel MARON

- Chambre d'Agriculture de la Gironde Service Vigne & Vin - Tél. : 05 56 35 58 70

Jean-Christophe CRACHEREAU

- Chambre d'Agriculture de la Gironde Service Vigne & Vin - Tél. : 05 56 35 00 00

1- Objectifs.....	1
2- Pré expérimentation 2001 sur sites, recherche des plages admissibles .....	2
Résultats préexpérimentation .....	3
Résultats analytiques .....	4
3- Expérimentations en enceintes climatiques et sur sites.....	5
Essais en enceintes climatiques – Influence des conditions limites .....	5
Consume .....	5
Résultats analytiques .....	6
Dégustation.....	8
Essais sur site – Influence des bâtiments et des techniques climatiques .....	9
Sites retenus : .....	9
Consume .....	10
Résultats analytiques .....	12
Dégustation.....	14
Tentative de modélisation.....	15
4- Conclusions des 3 premières années .....	15
5- Poursuite de l'action .....	16

### 1- Objectifs

#### Cette étude a pour objectifs :

- De rechercher les plages de température et d'humidité relative admissibles pour le stockage et l'élevage des vins ;
- D'étudier les effets des types de bâtiment et des matériels proposées aux exploitations afin d'obtenir les conditions souhaitées ;
- D'optimiser ces procédés de conservation et d'élevage afin d'obtenir les conditions d'ambiance les plus favorables à un coût raisonnable et dans le respect de l'environnement.

## 2- Pré expérimentation 2001 sur sites, recherche des plages admissibles

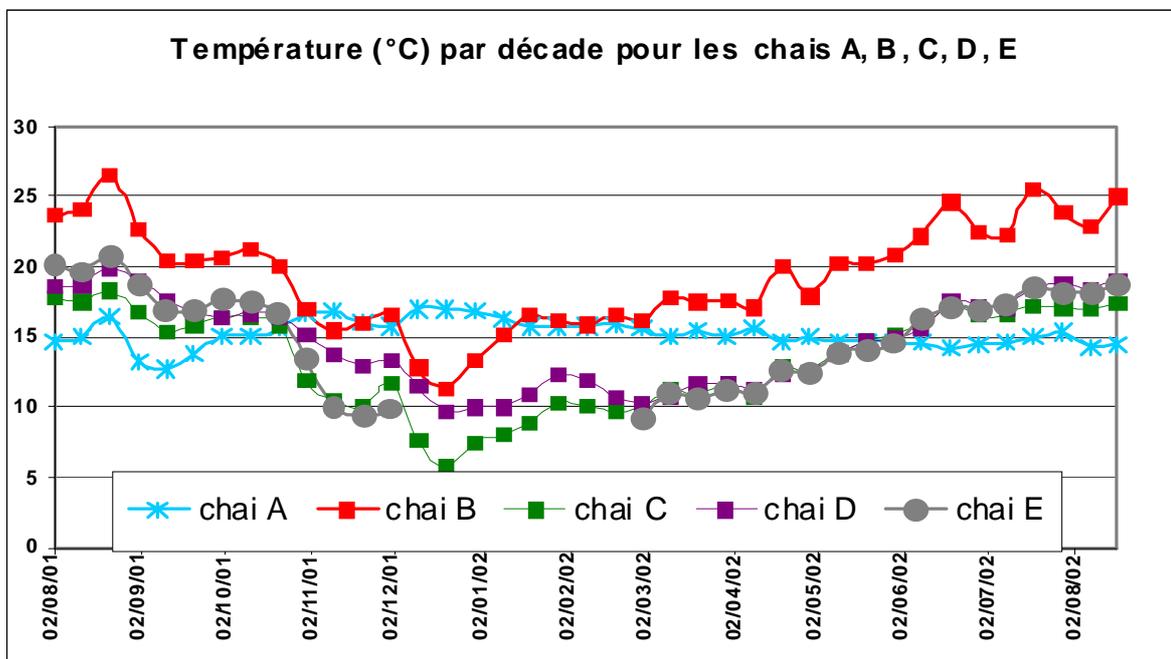
### Sites retenus :

Sites	Chais de stockage
Site A	Climatisé entre 12 et 16 °C
Site B	<u>Non isolé</u> stockage en partie haute
Site C	Pierre, toiture isolé, écrêté en été à 17 °C
Site D	Monomur, toiture isolé, "free colling"
Site E	Béton, grande hauteur, toiture non isolé, pas de murs extérieurs, infiltrations d'air importantes

La pré expérimentation consistait à étudier différents type de conditions allant de la quasi stabilité autour de 15 °C à des conditions extrêmes de températures hautes et basses avec de fortes variations quotidiennes.

## Résultats préexpérimentation

Les profils mesurés avec les moyennes par décade permettent d'observer que les conditions sont très variables.



**Le chai A** est un chai un peu différent des précédents puisqu'il est climatisé. Cela se confirme surtout par des écarts entre décades (1.96 °C) plus faibles que les autres chais.

**Le chai B** est nettement le chai le plus chaud avec une moyenne de 19,41 °C et un maxi de 29.65 °C.

Ses températures qui varient de 1,15 °C entre les heures, de 2,2 °C entre les moyennes journalières et de 7,41 °C entre décades. C'est un chai qui a une mauvaise isolation et une mauvaise inertie thermique.

**Le chai C** a la moyenne des températures la plus basse sur l'année avec 13.35 °C.

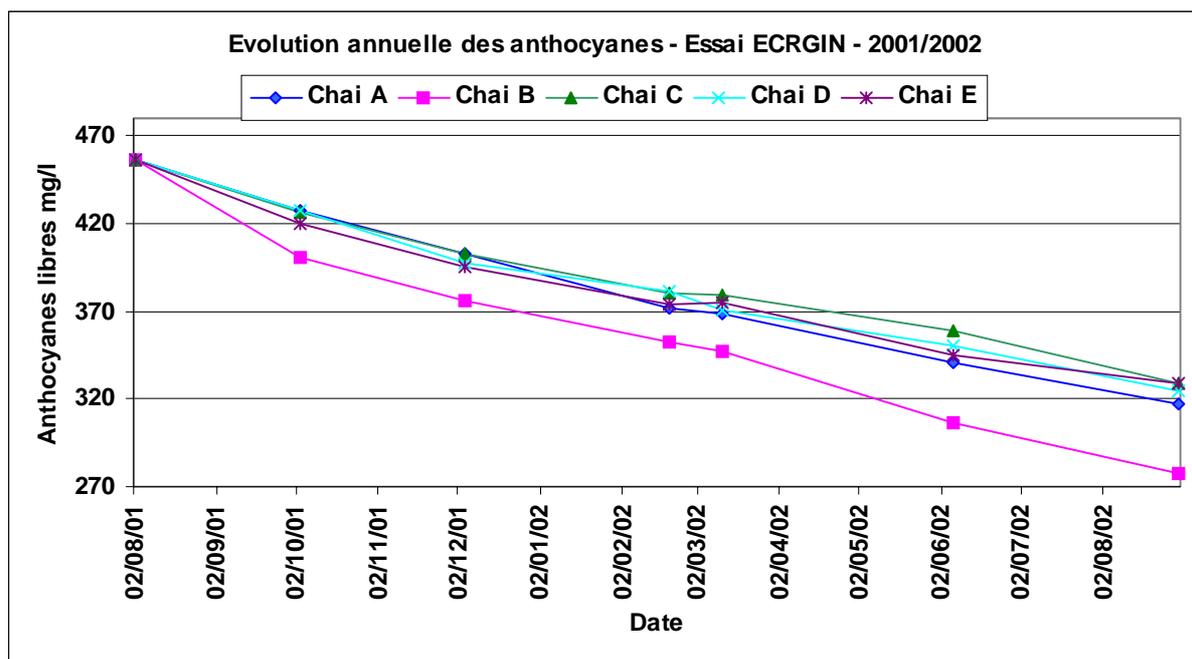
Sa variation entre heures est de 0.64 °C, entre jours de 1,2 °C et entre décades de 7 °C. C'est un chai qui suit les variations saisonnières mais qui amortit correctement les variations sur la journée et d'une journée sur l'autre. Sa climatisation permet de maintenir la température à l'intérieur du chai autour de 17 °C pendant la période estivale.

**Le chai D** est un chai bien isolé (maxi de 20.77 °C sans climatisation) et qui a une très bonne inertie thermique (écart entre heures de 0,41 °C, entre jours de 0.84 °C) mais il est bien sûr influencé par les variations saisonnières avec une variation entre décades de 6.32 °C.

**Le chai E** a un maxi de 22.65 °C dû à une isolation moyenne et un renouvellement d'air naturel important.

Mais il dispose d'une bonne inertie thermique puisque la variation des températures entre les heures est de 0,58 °C, entre les jours de 1,02 °C. La variation entre décades est de 7,5 °C.

## Résultats analytiques



Si l'on s'intéresse en particulier au dosage des anthocyanes libres qui est un marqueur connu de l'influence des températures, on remarque que le chai non isolé avec stockage en hauteur subit une perte d'anthocyanes libres beaucoup plus importante que les autres modalités.

Aux erreurs de mesure près, les autres modalités ne sont pas différenciables sur ce dosage.

Les conditions extrêmes en température haute sont donc préjudiciables à la bonne conservation des vins. L'influence des températures basses ou stables en deçà de 20 °C semble en revanche moins déterminante sur ce dosage.

La dégustation confirme ces résultats :

Les vins qui ont subi le plus de variations de températures (chai B et chai E) semblent plus évolués mais aussi plus déséquilibrés que les autres vins.

Les préférences des dégustateurs vont vers les vins conservés dans les chais C et A. Ce sont des chais qui ont des variations de températures entre heures, qui subissent les variations saisonnières mais qui amortissent les variations entre jours. Ils ont de plus une moyenne des températures sur la période étudiée assez faible (12,74 °C pour C et 15,6 °C pour A).

**variations de températures + longues périodes de températures > 20 °C**

- ⇒ vin plus évolué
- ⇒ vin plus déséquilibré

**Vin du chai B rejeté**

**Préférences non significatives vers les vins des chais C et A.**

### 3- Expérimentations en enceintes climatiques et sur sites

#### Essais en enceintes climatiques – Influence des conditions limites

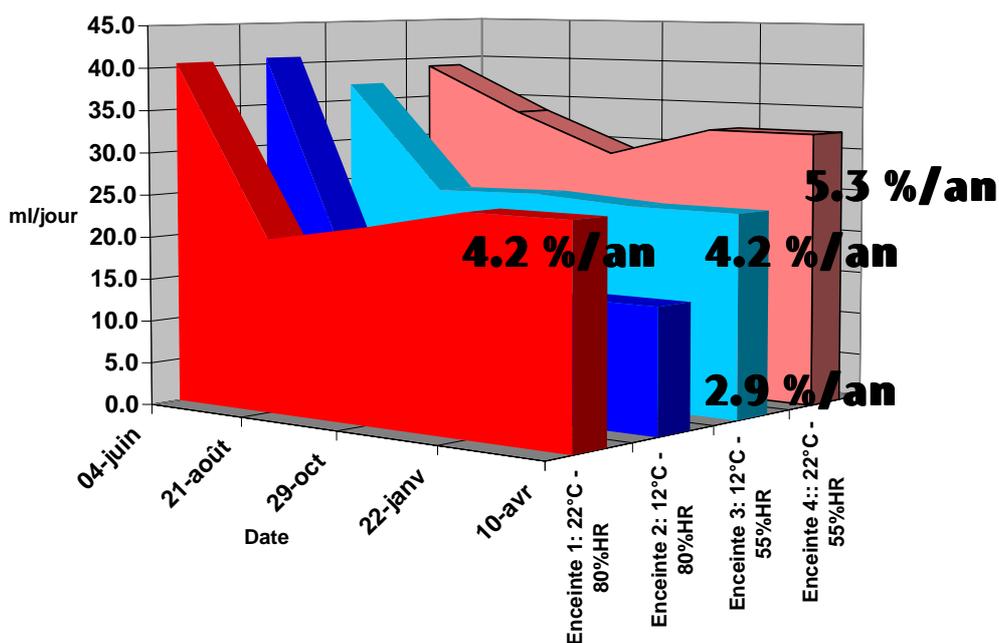
Enceintes	Conditions de stockage - Contenants : Barriques et fûts inox
N° 1	Température : 22 °C – Humidité rel. : 80 %
N° 2	Température : 12 °C – Humidité rel. : 80 %
N° 3	Température : 12 °C – Humidité rel. : 55 %
N° 4	Température : 22 °C – Humidité rel. : 55 %

Les conditions limites ayant été établies lors de la pré expérimentation, il semblait intéressant d'étudier le comportement des vins en enceintes climatiques à des températures et humidité relative stables.

Cette étude comporte également un comparatif entre 2 types de contenant, l'un étanche (fûts inox), l'autre assurant une oxydation ménagée (barriques de 2 vins).

#### Consume

Vitesse de consume moyenne des barriques dans les enceintes climatiques



On peut constater au vu de ces premiers résultats que l'on obtient véritablement des comportements bien distincts liés bien sûr aux conditions hygro-thermiques :

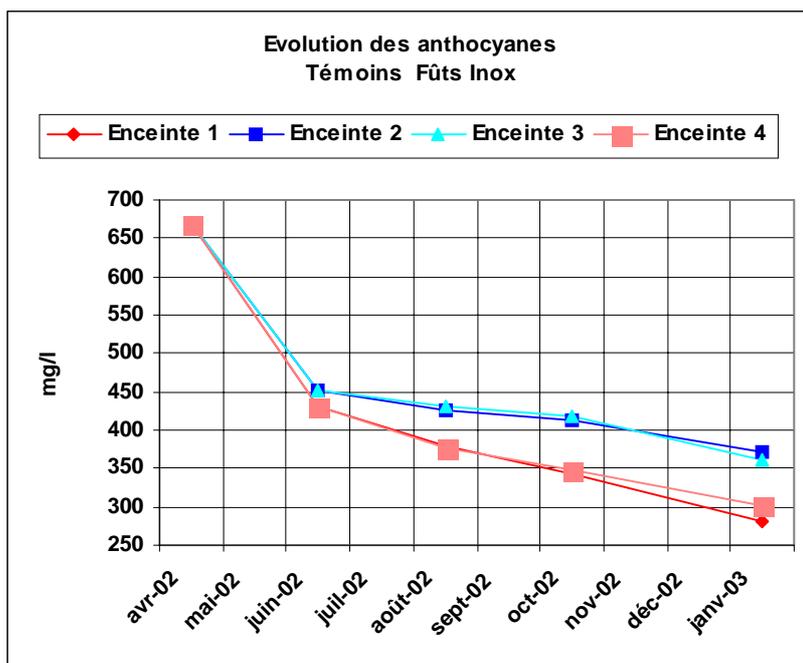
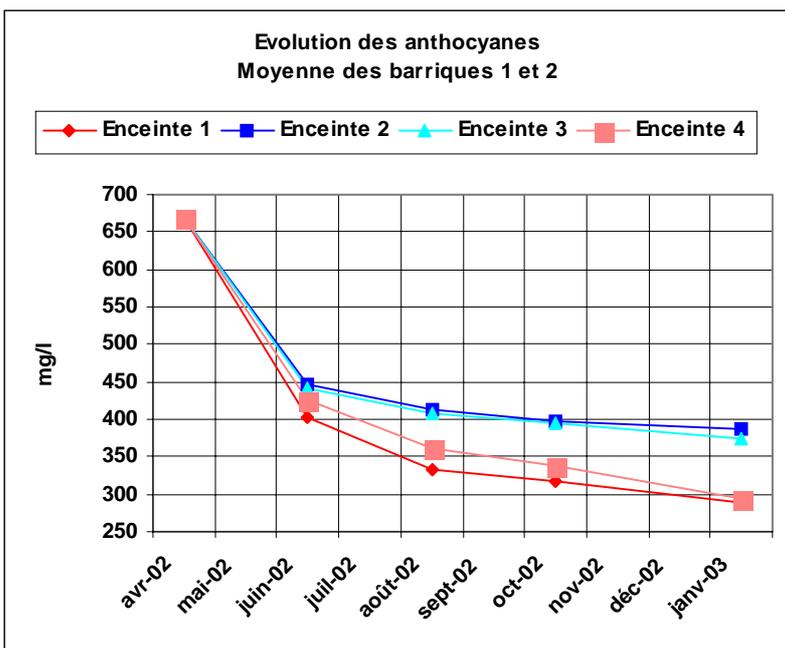
Avec une enceinte n° 4 qui génère le plus de consume (5.3 % / an)

Avec une enceinte n° 2 qui génère le moins de consume ( 2.9 % / an)

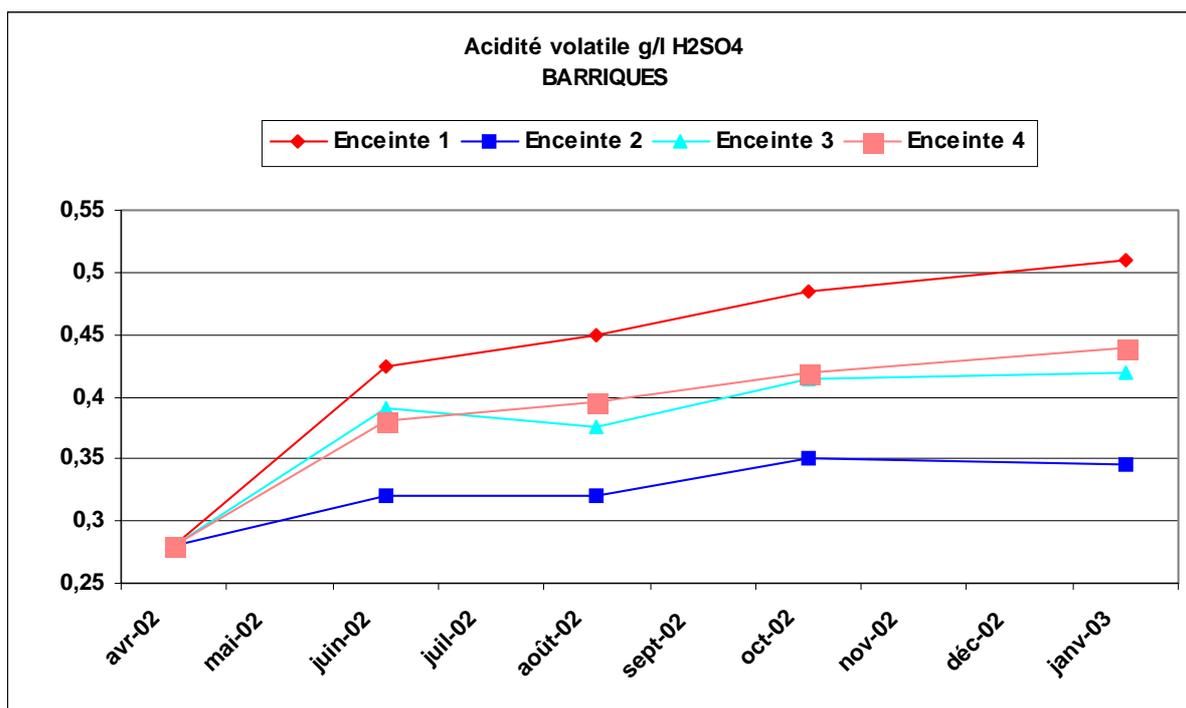
Avec deux enceintes n°1 et n°3 qui génèrent une consume très proche (4.2 % / an)

On peut noter également une consume plus élevée durant la phase d'imprégnation sur les enceintes 1 et 2 qui sont les plus humides.

## Résultats analytiques



Nous observons dans tous les cas une baisse de la teneur en anthocyanes libres qui peut être liée à la combinaison avec les tanins (stabilisation des anthocyanes) ou à une dégradation oxydative ou précipitation sous forme colloïdale (matière colorante instable). Nous observons clairement l'effet des températures élevées sur cette chute d'anthocyanes à la fois dans les barriques et dans les fûts inox. L'effet des conditions oxydantes ne semble pas importante (teneurs finales proches entre les barriques et les fûts inox). L'humidité relative joue également très peu sur les teneurs en anthocyanes



Les acidités volatiles des fûts inox restent basses dans toutes les enceintes. Dans les barriques, nous observons des évolutions plus marquées liées à la fois à l'effet de la température et de l'oxygénation liée au niveau de consume. Ainsi, l'enceinte 2 à basse température et faible consume (donc faible apport d'oxygène) est défavorable au développement des bactéries acétiques et donc à l'augmentation d'acidité volatile.

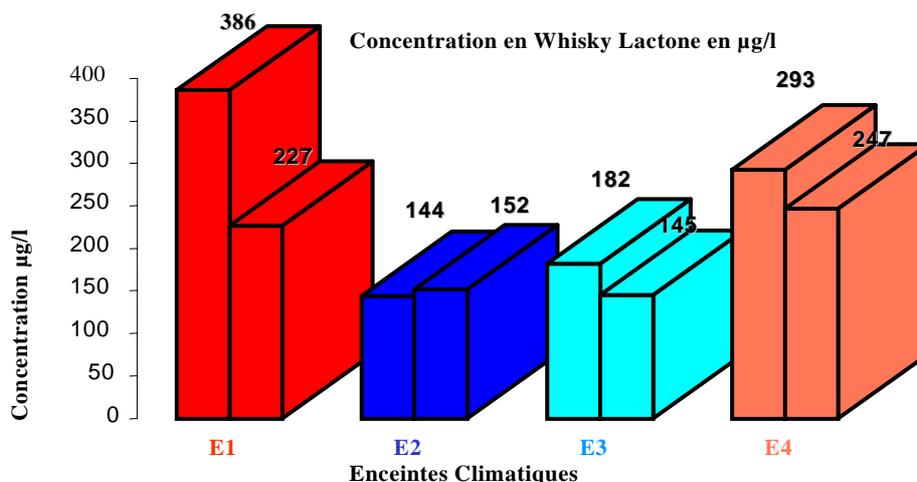
Dans les autres enceintes, il semble que le niveau de pénétration d'oxygène supérieur explique l'acidité volatile plus forte (même dans l'enceinte 3 qui conservait une température fraîche).

L'enceinte 1 présente une augmentation d'acidité volatile incohérente par rapport à ce que nous venons d'expliquer car son niveau de consume est tout à fait moyen.

L'examen des niveaux de SO<sub>2</sub> libre peut nous donner un complément d'information.

Les niveaux de SO<sub>2</sub> libre ont été assez bien maîtrisés dans l'ensemble des modalités sauf pour les barriques de l'enceinte 1 qui présentent un niveau plus faible en début de période, ce qui explique l'acidité volatile plus importante de ces modalités.

## Dégustation



Suite aux résultats de dégustation qui montraient une forte différence au niveau du caractère boisé des vins élevés en barriques dans les enceintes, nous avons fait analyser les composés du bois pour les quatre vins, à savoir : la whisky lactone, l'eugénol, et la vanilline.

On remarque tout d'abord que c'est le vin de l'enceinte 1 qui est le plus concentré pour les trois composés. Vient ensuite celui de l'enceinte 4 qui est également très concentré en eugénol, whisky lactone et vanilline. Les vins des enceintes 2 et 3 ont des valeurs semblables mais très inférieures à celles trouvées pour les vins des enceintes 1 et 4. Les valeurs passent quasiment du simple au double. Les hautes températures vraisemblablement la vitesse de libération des composés du bois de la barrique dans le vin. De plus, les concentrations des trois composés augmentent dans les mêmes proportions ce qui ne modifie pas l'équilibre aromatique du vin.

### Températures élevées :

- ⇒ Evolution supérieure de la couleur et des arômes
- ⇒ Arômes boisés supérieurs en barriques
- ⇒ Préférence des dégustateurs après un an d'élevage

Les vins élevés à haute température en fûts et en barriques ont été nettement préférés par les dégustateurs par rapport aux vins élevés à faible température. Le jury a apprécié la qualité des arômes au nez et en bouche et l'intensité aromatique en ce qui concerne les vins élevés sous bois.

Lors de la dégustation, les vins de l'enceinte chaude n° 4 en particulier ont été jugés plus qualitatifs en général au niveau gustatif, la température a vraisemblablement accéléré les réactions de condensations des tanins.

Sur vins jeunes, l'évolution semble avoir été perçue positivement par les dégustateurs.

La température a également un effet remarquable sur l'extraction des composés du bois.

A l'analyse sensorielle les vins élevés en enceintes chaudes sont significativement plus boisés. Ils ont un taux en whisky lactone, eugénol et vanilline deux fois supérieur aux autres vins à l'analyse des composés du bois par chromatographie en phase gazeuse.

## Essais sur site – Influence des bâtiments et des techniques climatiques

### Sites retenus

Sites	Chais de stockage - Contenants : Barriques et fûts inox
Site C	Pierre, toiture isolé, <b>écrêté</b> en été à 17 °C
Site D	Monomur, toiture isolé, " <b>free colling</b> "
Site E	Béton, grande hauteur, toiture non isolé, pas de murs extérieurs
Site F	Enterré <b>en carrière naturelle</b>
Site G	Semi enterré, <b>écrêté</b> en été à 18 °C et <b>humidité</b> à 85 % HR

#### Le chai C :

C'est un chai en pierre ayant des murs de 40 cm d'épaisseur, une bonne isolation en plafond (combles), une ventilation contrôlée en température et une climatisation d'appoint pour écrêter les températures supérieures à 17 °C en été.

#### Le chai D :

C'est un chai neuf en brique "monomur", mur de 40 cm, isolé en toiture (combles ventilés), comprenant une régulation automatique de la ventilation en fonction des conditions de température et d'hygrométrie.

#### Le chai E :

C'est un chai en béton, intégré dans une grande structure (cave coopérative) avec une bonne inertie thermique mais avec de forts courants d'air.

#### Le chai F :

C'est un chai qui se situe dans une ancienne carrière de pierre au sol en terre battue. Il s'étend sur une superficie de 10 000 m<sup>2</sup>, le renouvellement de l'air se fait grâce à une ventilation forcée pilotée par un hygromètre, Cette ventilation a été mise en place car la condensation était trop importante en été avec la formation d'un brouillard à l'entrée de la cave.

#### Le chai G (barrique 1):

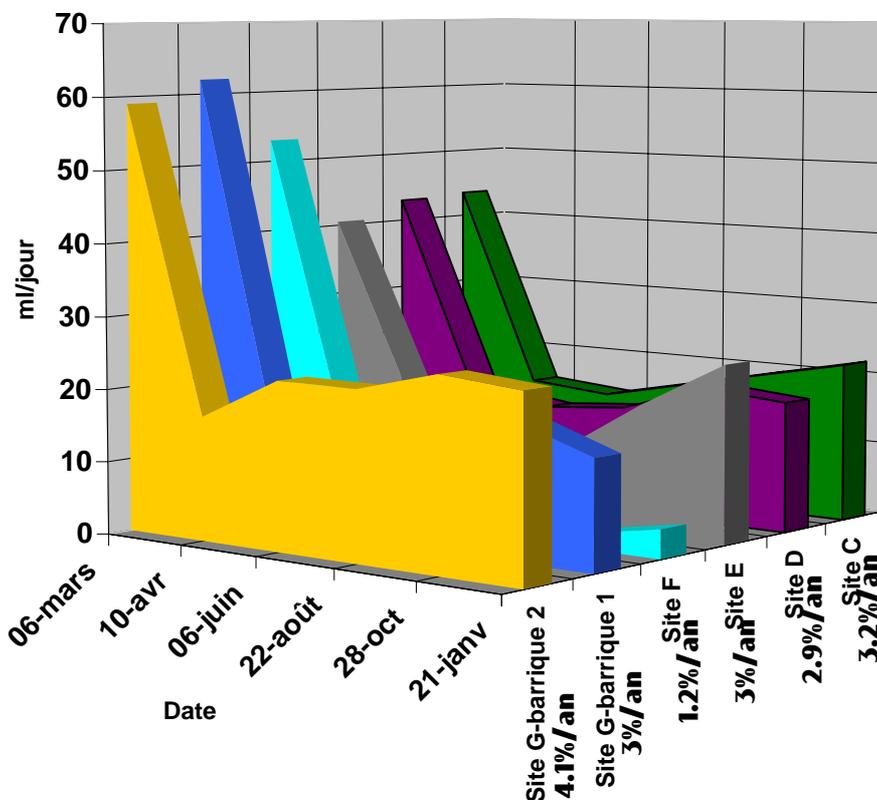
C'est un chai à barrique neuf d'une grande capacité, semi-enterré, isolé et régulé en température et en hygrométrie. Les fûts et les barriques sont placés au milieu des autres barriques du chai.

#### Le chai G (barrique 2) :

Seule une barrique a été entreposée ici. Il s'agit du chai G, mais la barrique a été placée près de la porte du chai. Elle subit donc des mouvements d'air très fréquemment.

Consume

Vitesse de consume moyenne des barriques sur sites



**Le chai C** est le chai qui “ consume ” le plus avec 3.2 % / an (hormis la barrique 2 du chai G sur laquelle nous reviendrons).

La consume d’été est un peu aggravée à cause de l’utilisation de la climatisation.

De plus le comportement hivernal de la ventilation contrôlée n’est pas géré par un contrôle d’humidité, ce qui entraîne des renouvellements d’air sec et donc une consume hivernale un peu élevé. La phase d’imprégnation dure environ 1 mois.

	moyenne	Mini	Maxi
T :	14.49*	7.75*	18.4*
HR :	85.8*	55.5*	95.6*

\*Valeurs sans la période du 26/11/02 au 20/1/03

**Le chai D** a une consume moyenne (2.9 % / an) due à un renouvellement d’air naturel contrôlé à partir de la température et de l’hygrométrie.

Sa consume d’été est correcte pour des températures parfois supérieures à 19 °C.

La consume hivernale est assez bien maîtrisé par le contrôle du renouvellement d’air sur la température et sur l’humidité relative. La phase d’imprégnation dure environ 1 mois.

	moyenne	Mini	Maxi
T :	14.8	9.8	20.1
HR :	84.5	63.4	98.9

**Le chai E** a la consume d'été la plus faible, liée à un renouvellement d'air naturel assez humide en été 2002 (jusqu'à 100 % certaines nuits). Ces renouvellements non contrôlés génèrent en revanche des effets secondaires (condensations, moisissures, odeurs).

Ces courants d'air non contrôlés se répercutent dans la consume d'hiver qui est la plus élevée (sauf le chai F en carrière) à cause des renouvellements d'air sec.

La consume globale est de 3 % / an.

La phase d'imprégnation dure environ 1 mois.

moyenne	Mini	Maxi
<b>T : 13.76</b>	<b>1.18</b>	<b>19.23</b>
<b>HR : 83.8</b>	<b>43.1</b>	<b>100</b>

**Le chai F** peut constituer, là aussi, une référence puisque sa consume globale est largement la plus faible (de 1.2 % / an).

Des température basses avec un taux d'humidité relative à 100 % n'entraînent que très peu d'évaporation.

Seule la phase d'imprégnation (sur le premier mois environ) consume plus que les autres chais.

Nous pouvons confirmer l'hypothèse que les phénomènes de capillarité existant lors de la phase d'imprégnation soient accélérés par une humidité relative élevée.

Il va sans dire que cette humidité à saturation génèrent des effets secondaires (condensations, moisissures, odeurs).

moyenne	Mini	Maxi
<b>T : 12.86*</b>	<b>10.35*</b>	<b>14.81*</b>
<b>HR : 99.9*</b>	<b>93.8*</b>	<b>100*</b>

\*Valeurs sans la période du 28/10/02 au 20/1/03

**Le chai G (barrique 1)** malgré son système d'humidification, a une consume voisine des autres chais de 3 % / an. La consume est aggravée en été à cause de l'utilisation de la climatisation.

La consume d'hiver est en revanche bien maîtrisée, sûrement grâce au système d'humidification.

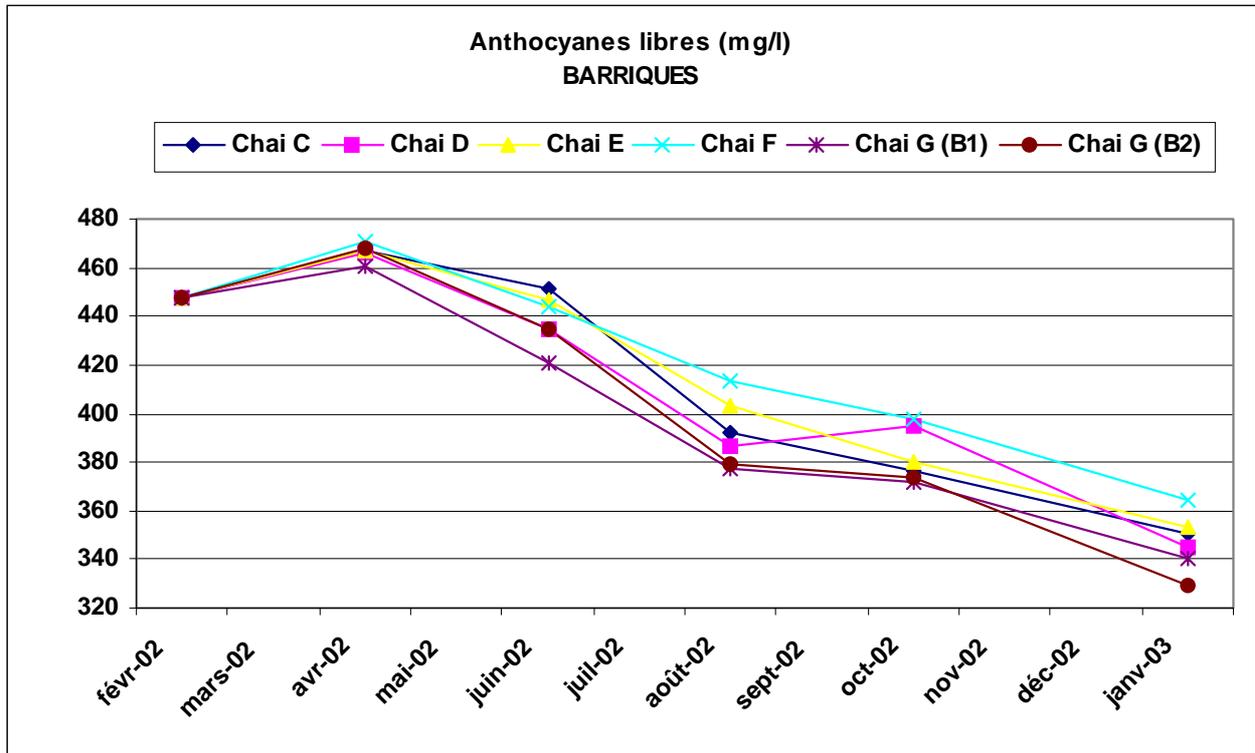
Comme pour le chai F, la phase d'imprégnation (sur le premier mois environ) consume plus que les autres chais.

moyenne	Mini	Maxi
<b>T : 15.8</b>	<b>9.85</b>	<b>18.21</b>
<b>HR : 84.45</b>	<b>57.3</b>	<b>93.3</b>

**La barrique 2 du chai G** est placée près de l'entrée du chai et subit donc les renouvellements d'air parasites dus à l'ouverture fréquente du quai de déchargement.

Ceci explique une consume très sensiblement supérieure à la barrique 1 (+ 1.1 % / an).

## Résultats analytiques



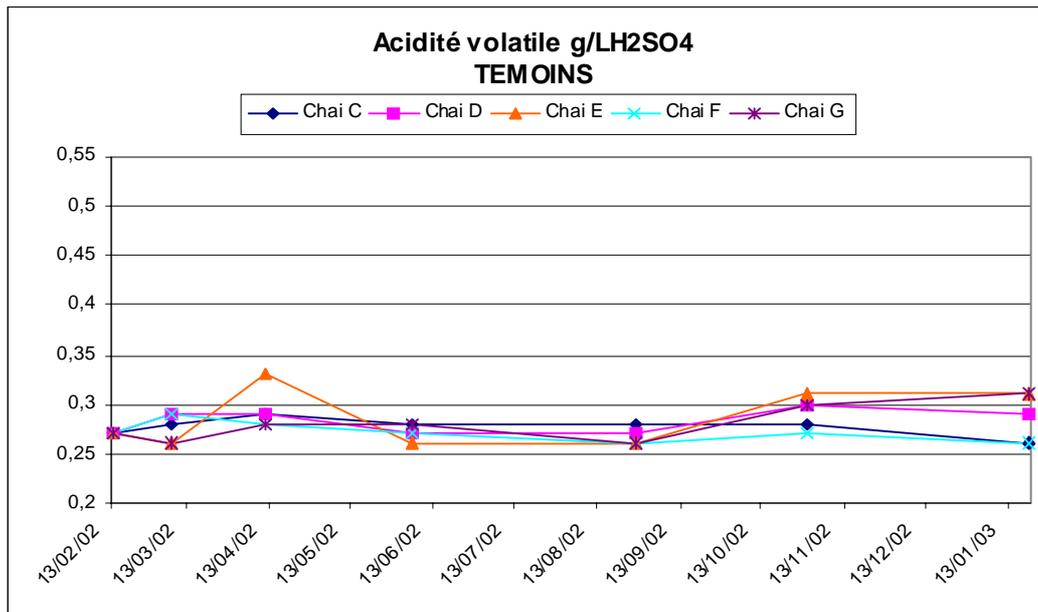
Les teneurs en anthocyanes libres diminuent dans tous les chais. Cette diminution peut être due soit à une stabilisation des anthocyanes avec les tanins, soit à une dégradation.

Nous constatons que le chai F présente les teneurs les plus importantes en anthocyanes, ce qui confirme l'effet des températures basses que nous avons observé dans les enceintes.

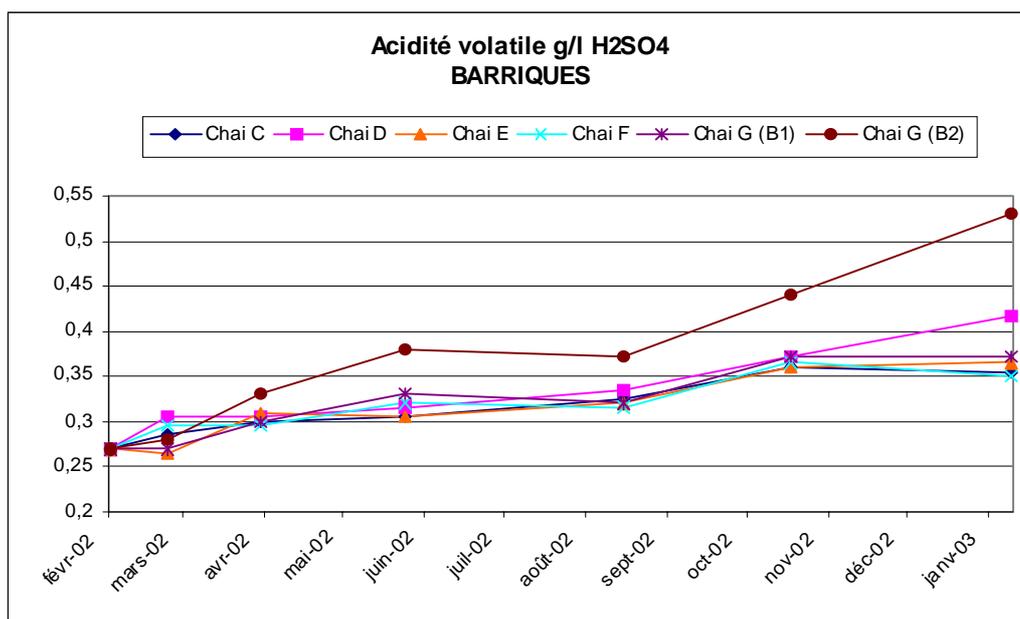
A l'inverse, la seconde barrique du chai G présente les teneurs les plus faibles. La barrique 2 du chai G présente une consommation particulièrement importante, probablement accompagnée d'une oxygénation importante du vin et d'écart hygro-thermiques élevés.

Sur tous les sites, les teneurs en anthocyanes des barriques et des fûts inox suivent les mêmes variations. Nous pouvons donc en conclure que l'influence de l'oxygénation ménagée sur les teneurs en anthocyanes est très faible.

Seule la barrique 2 du Chai G présente une teneur finale en anthocyanes plus faible que les autres, il y a peut être eu une dégradation oxydative des anthocyanes dans ce cas précis.



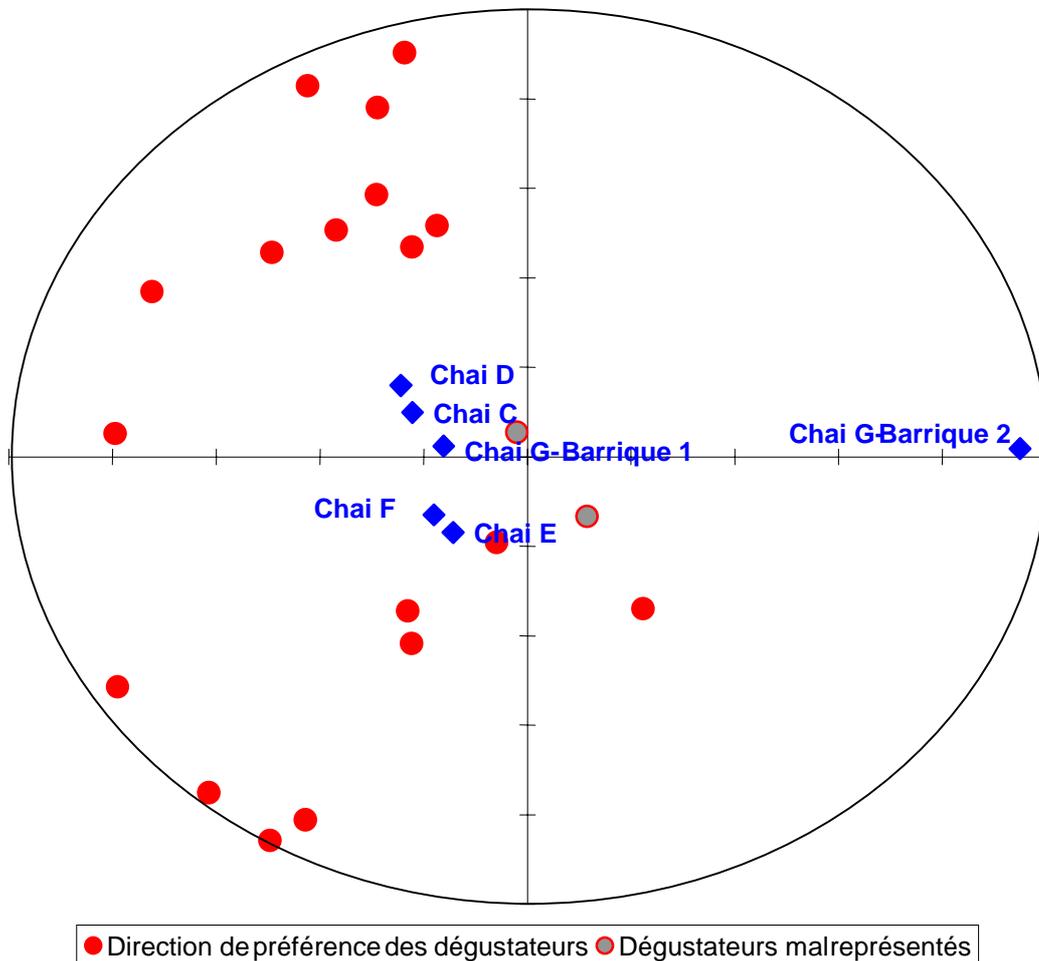
Les niveaux d'acidité volatile des différents fûts inox sont assez proches et augmentent peu. Nous remarquerons tout de même un niveau particulièrement stable pour les chais les plus frais (C et F).



En barriques, l'augmentation est plus importante en raison de la pénétration d'oxygène sur toutes les modalités. Deux modalités ressortent particulièrement : le Chai D vers la fin de suivi et la barrique 2 du chai G pendant toute la période. Dans le cas de cette dernière barrique, il semble que la pénétration d'oxygène importante associée à la consume forte soit responsable de cette augmentation.

**Dégustation**

**Cartographie des préférences**



Nous voyons que sur la cartographie des préférences presque aucun dégustateur ne se trouve à droite de l'axe F2, ce qui signifie que le vin de la barrique 2 du chai G est très largement rejeté.

En effet dans le tableau récapitulatif n° 27, aucun dégustateur n'apprécie le vin et celui-ci obtient le plus gros pourcentage de dégustateur le rejetant : 25 %.

## Tentative de modélisation

En simplifiant au maximum les variables de sorties, nous ne conserverons que les anthocyanes, l'ICM et l'acidité volatile qui expliquent le plus de variabilité sur les ACP des analyses physico-chimiques.

Nous avons tenté par régression linéaire de bâtir un modèle pour ces trois variables pour un élevage en barrique, ainsi que pour la consigne qui est une donnée importante pour les viticulteurs et négociants. La modélisation ne concerne donc que les barriques.

Les coefficients obtenus peuvent varier en fonction du vin ou du type de barrique.

- La consigne des barriques dépend de l'évaporation du vin et devrait donc logiquement être fonction de la température et de l'hygrométrie (que le plan d'expérience faisait aussi ressortir).
- L'acidité volatile est fortement influencée par l'oxygénation du vin qui augmente avec la consigne.
- Les anthocyanes sont sensibles à la chaleur et se condensent plus rapidement en présence d'oxygène dissout.
- Une augmentation de l'ICM est le résultat de cette stabilisation de matière colorante.

Ces quatre variables devraient donc évoluer en fonction des conditions de température et d'hygrométrie.

## 4- Conclusions des 3 premières années

↪ Les **variations climatiques lentes** Hiver-Eté ne sont pas jugées préjudiciables à l'élevage des vins étudiés :

- ⇒ Lorsque les températures des vins ne dépassent pas longuement 20 °C.
- ⇒ Lorsque l'humidité moyenne est = 85 %HR dans les chais à barriques.

↪ Pour rester dans ces limites **dans notre région**, les techniques peuvent être, **la plupart du temps naturelles**.

↪ Les **techniques artificielles** (climatisation, apport d'humidité) doivent être étudiées au cas par cas, car elles génèrent des **effets secondaires** et consomment de **l'énergie**.

↪ L'effet de la température se manifeste au niveau de la consigne, de l'évolution des vins et du caractère boisé en barriques.

↪ Le lien entre la consigne et l'augmentation d'acidité volatile est important en barriques (importance indirecte de l'humidité).

↪ Certains effets sont mis en évidence à partir des conditions constantes, nous avons réussi à modéliser les évolutions des vins à partir des résultats obtenus en enceintes pour expliquer les différences entre sites.

## 5- Poursuite de l'action

↪ Influence des variations d'ambiance et de la lumière en enceintes climatiques :

Enceinte 1 : T°C= 10 à 22 °C – HR%= 65 – linéaire – Lux= 0 à 500 – par paliers
Enceinte 2 : T°C= 10 à 22°C – HR%= 80 – variations par décade- Lux= 0 à 500 – par paliers
Enceinte 2 : T°C= 10 à 22 °C – HR%= 90 – variations quotidiennes - Lux= 0 à 500 – par paliers
Enceinte 1 : T°C= 14 °C – HR%= 55 à 90 – par paliers – Lux= 0 à 500 – par paliers

↪ Répétition de l'essai sur site

↪ Influence des conditions de transport

↪ Influence des contenants, du bouchage, de l'inertage

↪ Diffusion dans la presse spécialisée, lors des colloques et sur notre site **MatéVi**

[www.matevi-france.com](http://www.matevi-france.com)

[matevi@gironde.chambagri.fr](mailto:matevi@gironde.chambagri.fr)

-=-=-