



**Quels impacts attendus du changement
climatique sur les composés aromatiques
et leurs précurseurs ?**



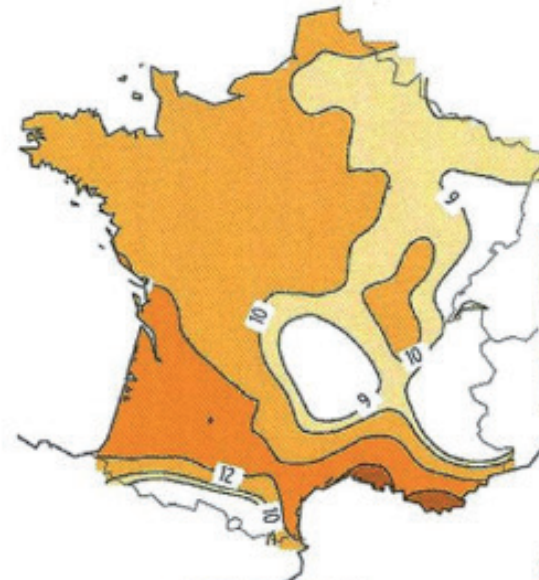
ISVV
INSTITUT DES SCIENCES
DE LA VIGNE ET DU VIN
BORDEAUX AQUITAINE



Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

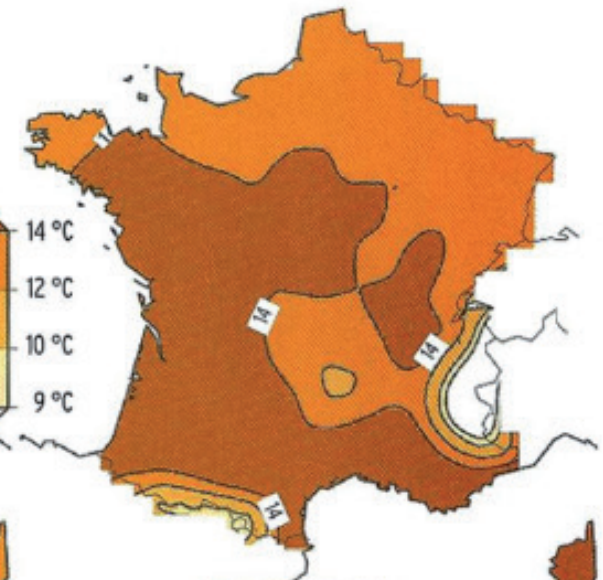


1960-1999



Climat récent

2070-2099



Climat prochain

TEMPÉRATURES MOYENNES ANNUELLES (en degrés Celsius) mesurées et prévues par le modèle *Arpège* de *Météo-France*. À gauche, le résultat concerne la période entre 1960 et 1999 et, à droite, la période entre 2070 et 2099. Le modèle prévoit un réchauffement en France compris entre 3 et 3,5 °C d'ici la fin du **xxi^e** siècle.

- Augmentation de la teneur en sucre du raisin/ éthanol du vin - Diminution de l'acidité/ augmentation du pH
- Impact sur la stabilité microbiologique des vins, équilibre des saveurs, composante aromatique

Les enjeux de la qualité organoleptique des vins

- **Qualité de la perception sensorielle**

- Netteté de l'arôme et du goût
- Complexité, fraîcheur, intensité de l'arôme et harmonie de la saveur
- Typicité/ Identité



- **Bon potentiel de vieillissement**



- **Production régulière de vins de qualité au cours des millésimes**



Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

Les enjeux de la qualité organoleptique des vins



1/ Composition des raisins



2/ Modalités d'extraction, de fermentations, de révélation du potentiel qualitatif présent dans le fruit



3/ Préservation du potentiel qualitatif au cours de l'élevage et du vieillissement des vins



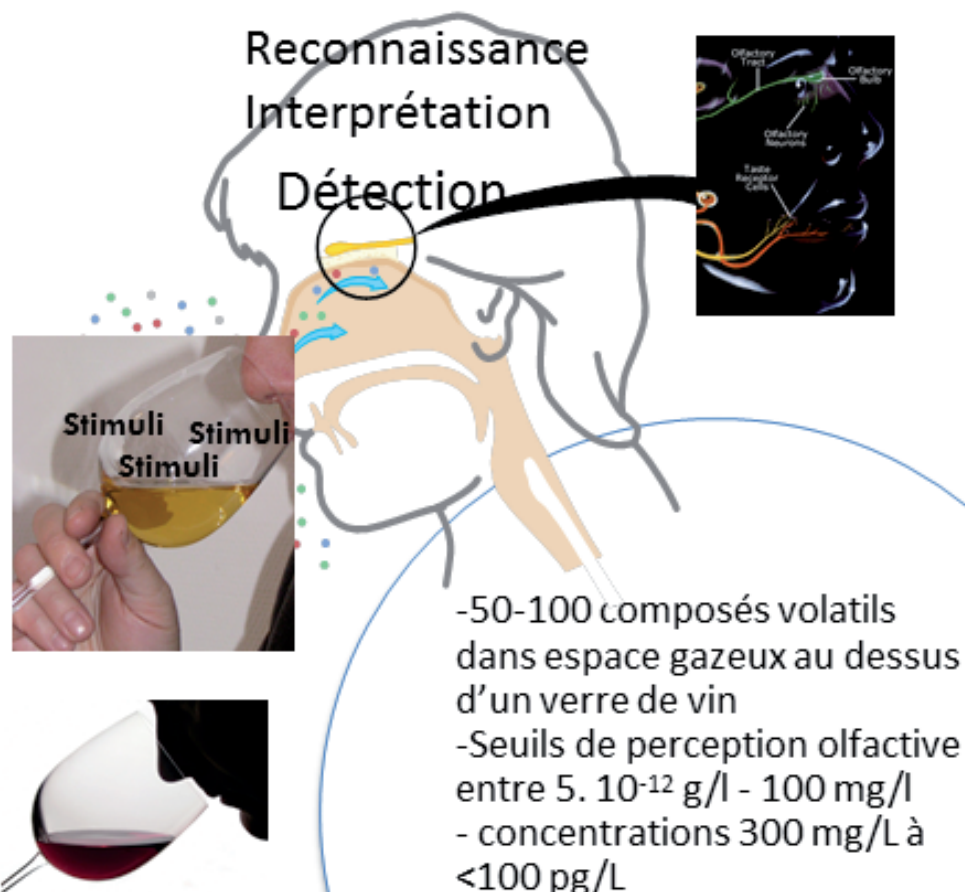
4/ Education à la dégustation des vins

La composante aromatique des vins

Composés
issus du
métabolisme
secondaire
des raisins

Composés plus
particulièrement
associés à une
variété modulé
par terroir

Composés
associés au
vieillissement
du vin
favorable/défa
vorable



Composés
volatils liés aux
fermentations :
Esters éthyliques
d'acides gras,
acétates
d'alcools
supérieurs

-50-100 composés volatils
dans espace gazeux au dessus
d'un verre de vin
-Seuils de perception olfactive
entre $5 \cdot 10^{-12}$ g/l - 100 mg/l
- concentrations 300 mg/L à
<100 pg/L
*variabilité selon les capacités
olfactives des individus
(capacités olfactives,
apprentissage)*

La composante aromatique des vins

Composés clés de l'arôme

Monoterpènes, associés au caractère floral des variétés muscatées : linalol, géraniol, Muscats, Riesling, Muscadelle....



Méthoxypyrazines impliquées dans caractère végétal (poivron vert) (Cabernet et parents)



C13 norisoprénoïdes associés au caractère floral fruité respectivement et évolution (TDN)



Sesquiterpène : rotundone



Thiols agrumes, buis, pêche, fruits exotiques (fraicheur) et bouquet de vieillissement (**thiols, sulfures**): fumée, empyreumatique, grillé

Sauvignon, Semillon, Colombard
Petite Arvine, Albariño
Gewurztraminer, Riesling, Muscat d'Alsace
Petit Manseng, Gros Manseng
Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah



Furanones notes de fruit surmuri, caramel



Furanéol,
Homofuranéol



Lactones notes de pêche, abricot, noix de coco

delta et gamma lactones



La composante aromatique des vins

Phénomènes
d'interactions
Perceptives

L'arôme d'un vin (ou d'un fruit) n'est pas la somme algébrique de l'ensemble des composés volatils



**Effets d'additivité (ou masquage) : terpènes, thiols, lactones
Esters éthyliques d'acides gras**



**Effets de synergie ou accords aromatiques :
lactones**

Escudero et al. 2007 J Agric Food Chem.

Pineau et al. 2009 J Agric Food Chem.

Barbe J.C. et al. 2012, 2013, 2014, Stamatopoulos et al. 2014



composé volatil

Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

Le potentiel aromatique des raisins dans variétés à saveur simple : des formes précurseurs dans le raisin

.Acides aminés :
arômes fermentaires
 .Lipides : *alcools en C6,*
 .Acides

Glycosides :
terpènes, β-D-glucopyranoside
C13norisoprenoïdes



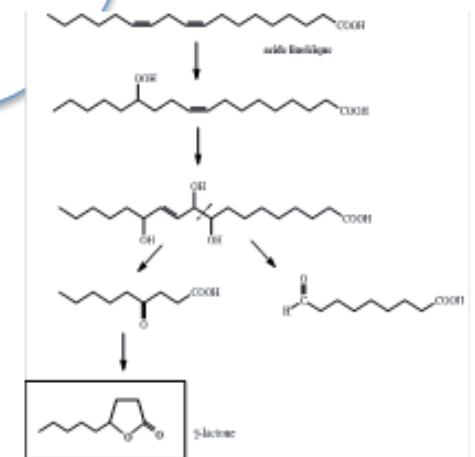
S-conjugués
 glutathion, cystéine :
précurseurs de thiols volatils

Dérivés d'acides
 aminés S –
 méthylmethionine
précurseurs de DMS

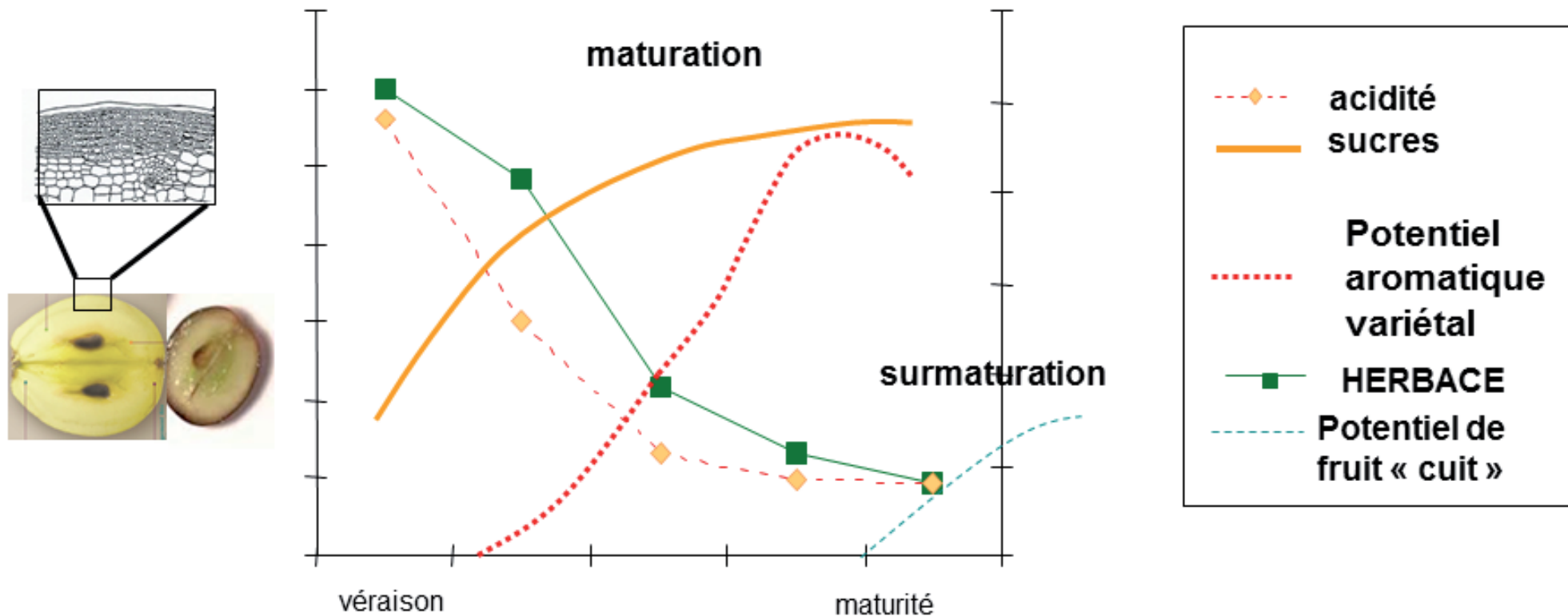
Réactions
 chimiques en
 milieu acide :
*dérivés C13
 norisoprenoïdes,
 terpènes,*

Dérivés
 lipidiques :
lactones

Réactions de
 Maillard :
furanones

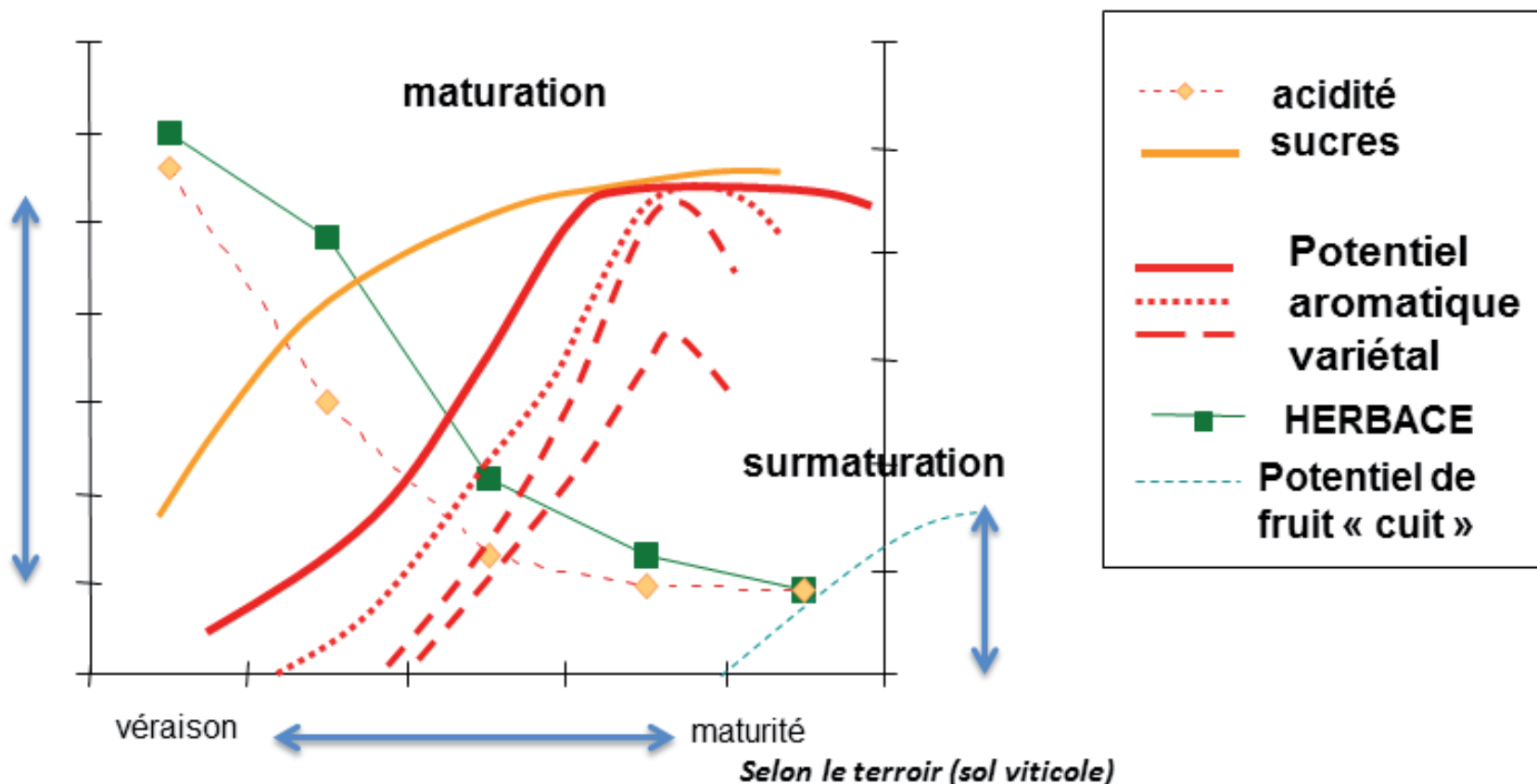
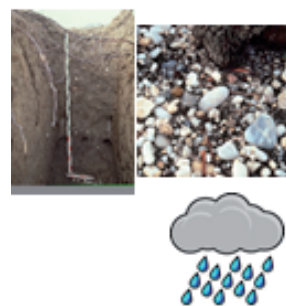
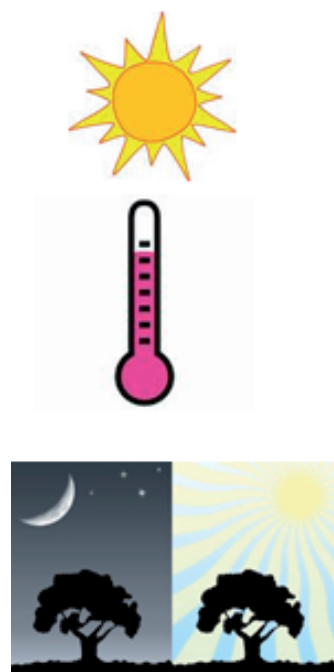


L'évolution de la composante aromatique (arômes libres, formes précurseurs) au cours de la maturation



- Mécanismes enzymatiques complexes et aussi chimiques
 - Observation très macroscopique car peu connaissances précises des voies de biosynthèse
 - Déterminisme de la plante sans rapport avec l'intérêt œnologique
 - Derniers travaux > la nature ne fait pas à l'économie :
- 69 gènes potentiels (y compris isogènes) pour biosynthèse des monoterpènes et sesquiterpènes

L'évolution de la composante aromatique (arômes libres, formes précurseurs) au cours de la maturation



Conditions climatiques

- Exposition des raisins au soleil (UVB, Température)
- Phénomènes de radiation thermique (graves)
- Différentiel thermique jour-nuit
- Précipitations (et développement de *Botrytis cinerea*)
- Régimes éoliens

-Régulation de l'alimentation hydrique de la vigne

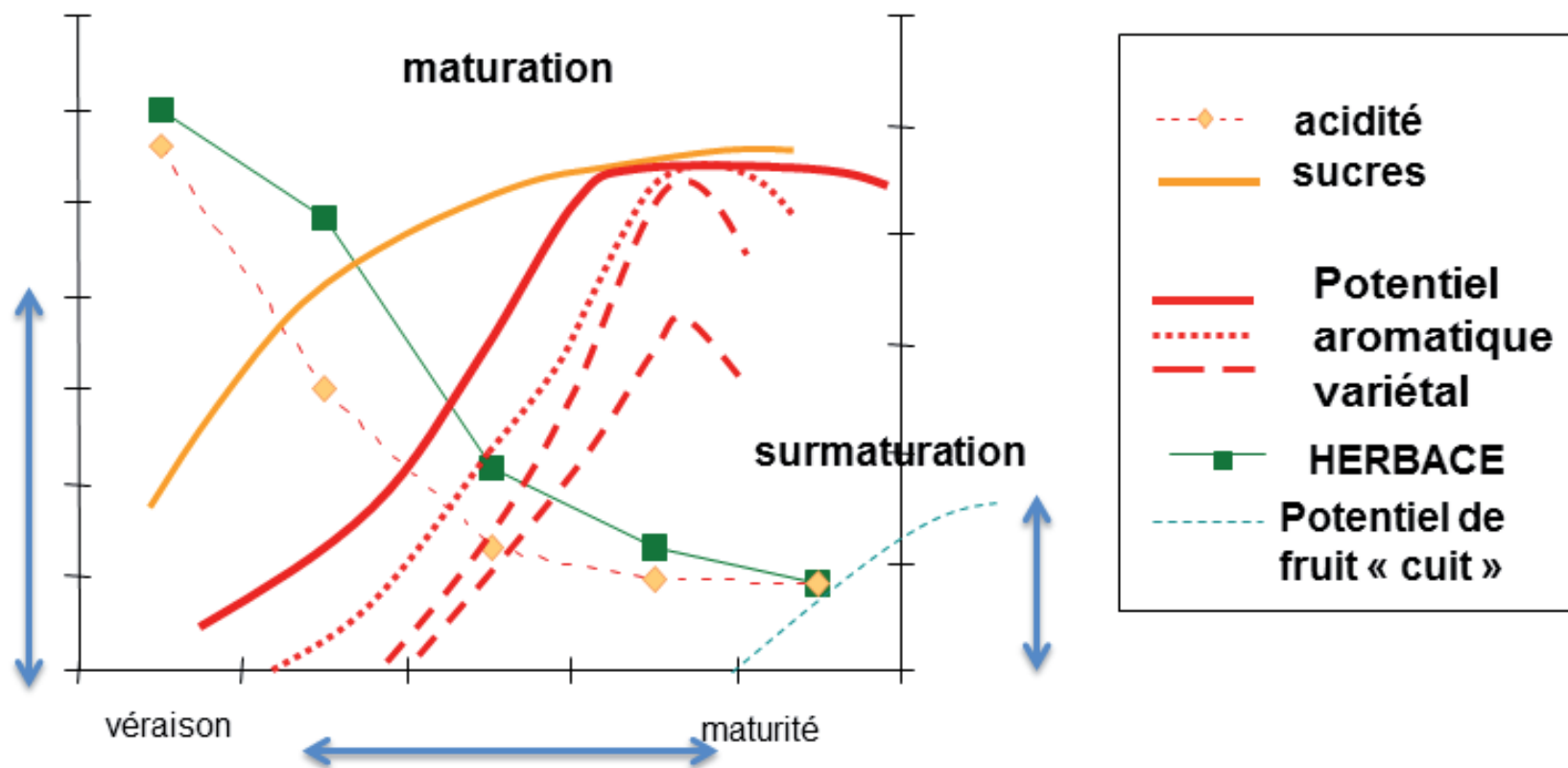
- Contrainte ou déficit hydrique avant la véraison selon paramètres variables en fonction des cépages

- Contenu azoté/minéral de la vigne

- lié au type de sol, à la richesse du sol et aux amendements à la Vigne

...

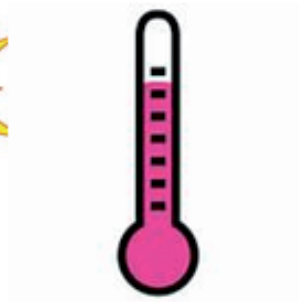
Risques associés au réchauffement climatique sur potentiel aromatique des raisins



- phase d'accumulation d'arômes précurseurs d'arôme avant maturité en sucres plus courte (risque de décalage entre maturité en sucres/arômes)
- Niveau d'accumulation moins important : perturbations physiologiques températures excessives, contraintes hydriques...
- Variabilité importante de sensibilité à ces phénomènes selon variétés, cépages blancs/ noirs

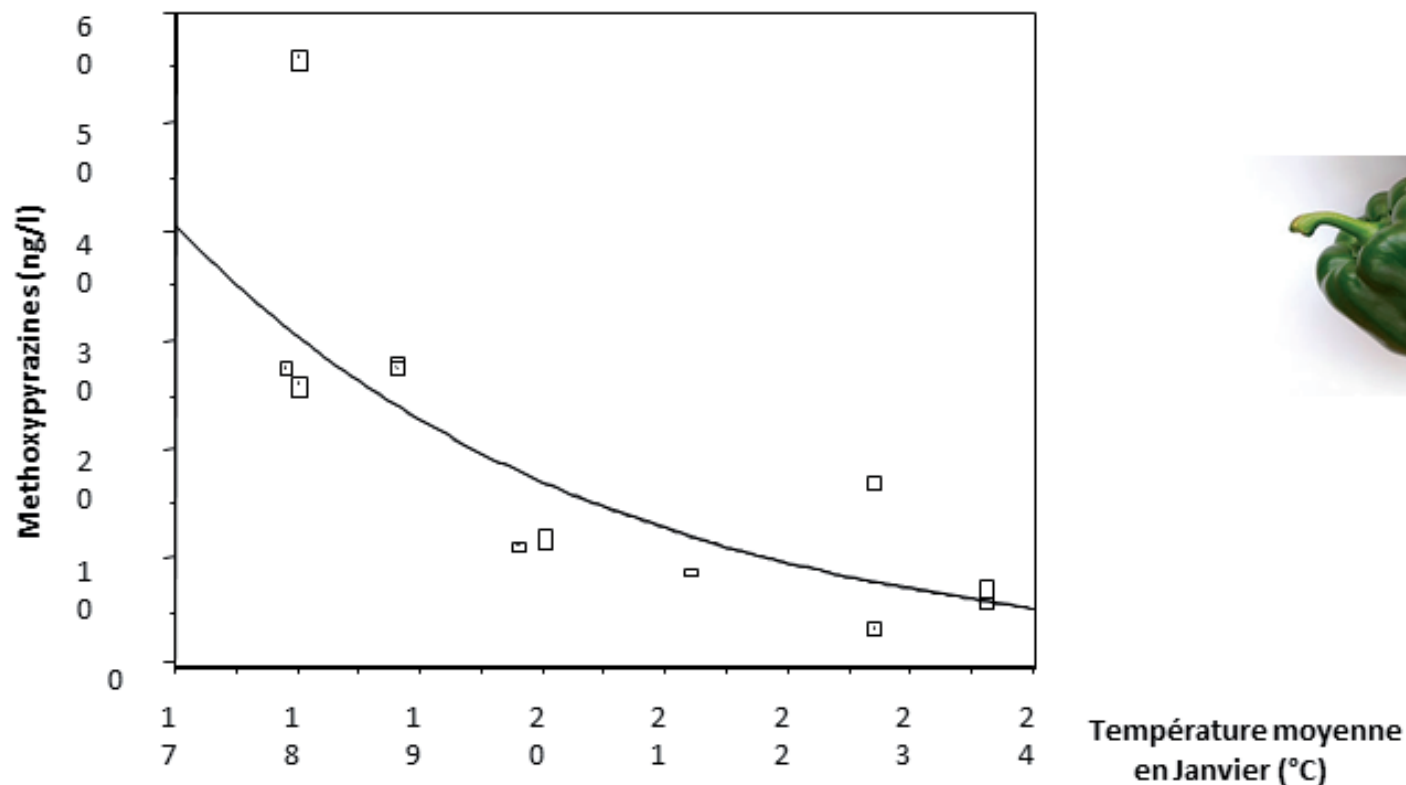
Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

- Température et lumière



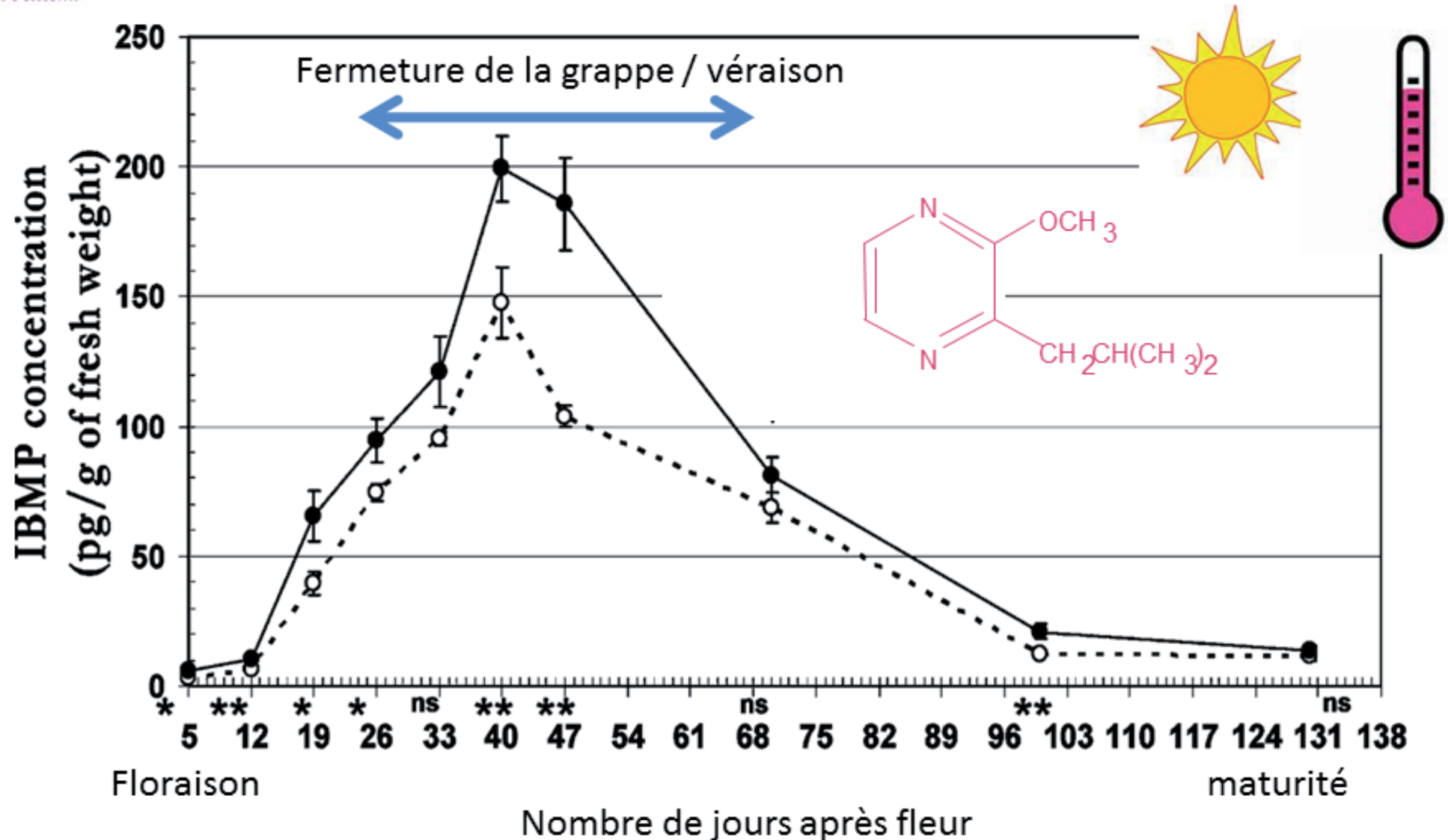
- Composante aromatique végétale/herbacée

Ex Diminution du caractère végétal du à *IBMP* 2-méthoxy3-isobutyl-pyrazine



Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

Modulation de la biosynthèse de IBMP (2-méthoxy-3-isobutylpyrazine)

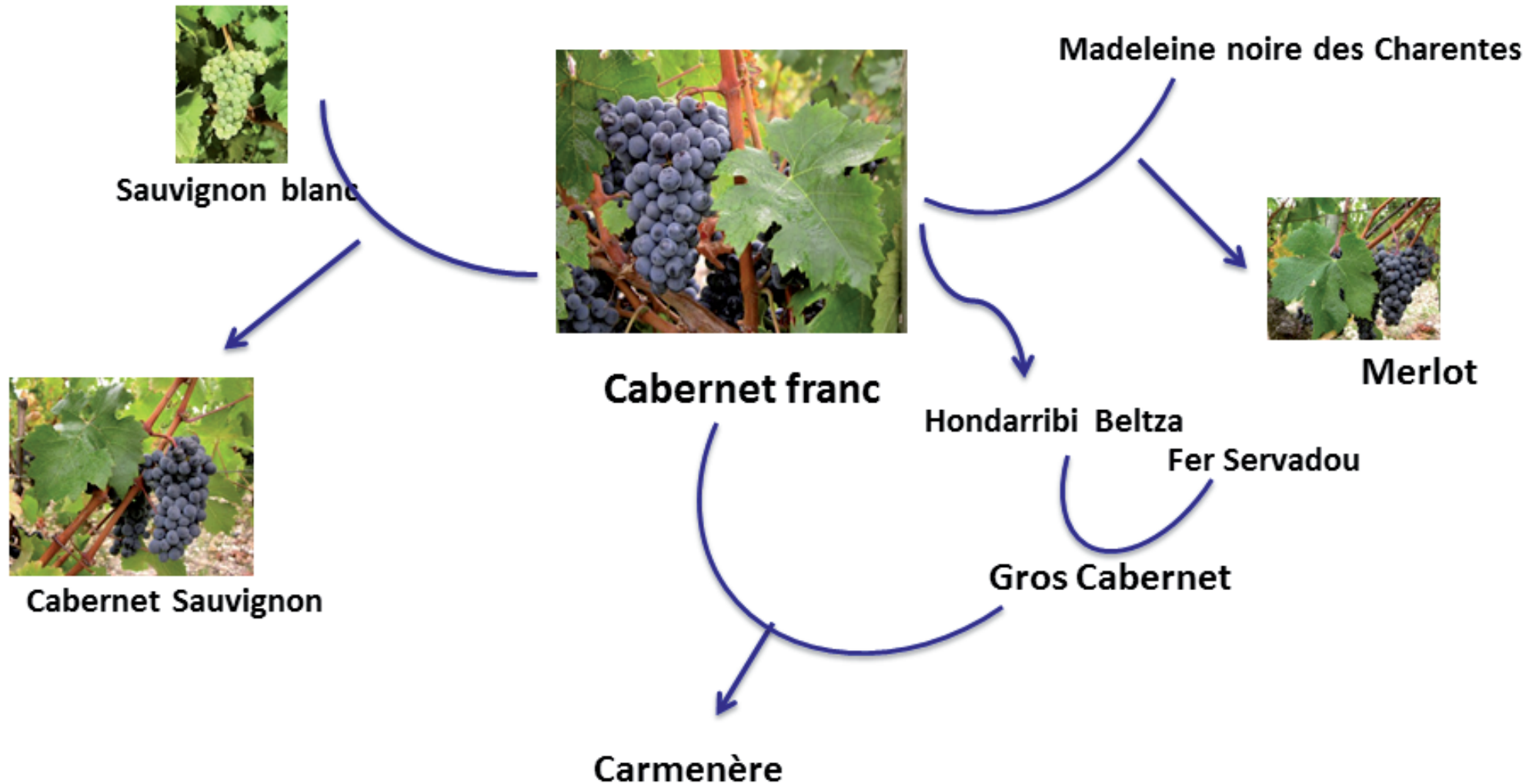


d'après Ryona et al. 2009

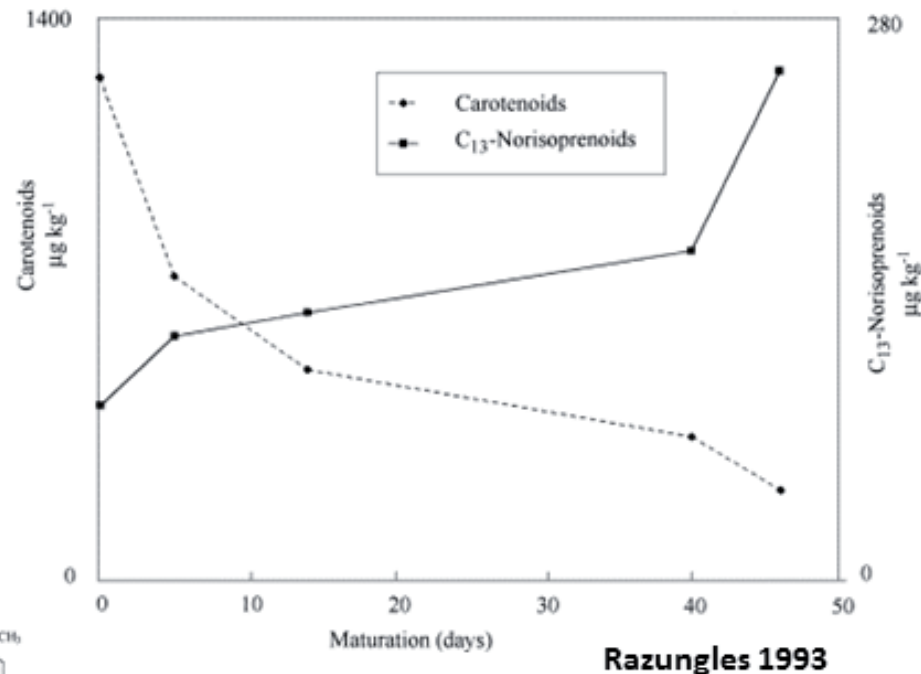
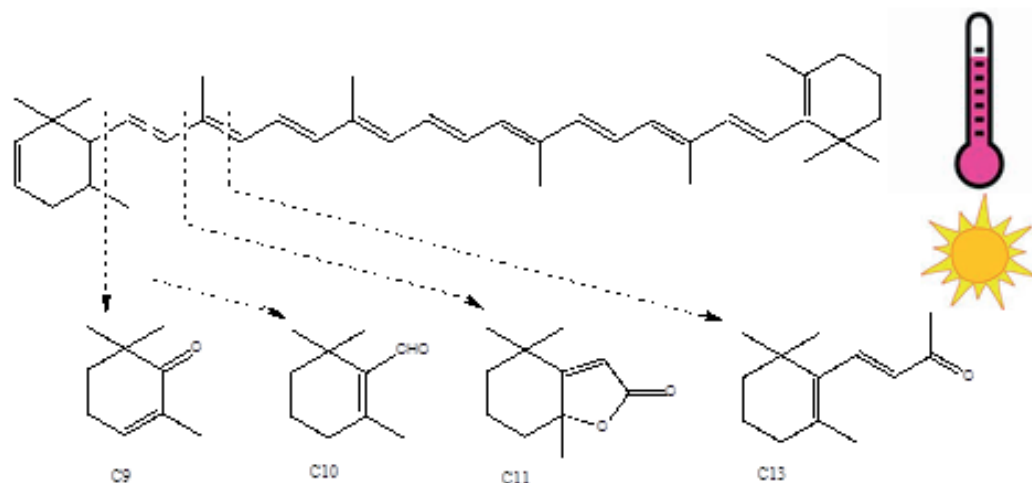
En cas de blocage de maturité, risque absence de diminution du contenu en IBMP

Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

Les méthoxy-pyrazines associées à la famille des Carmenets et apparentés



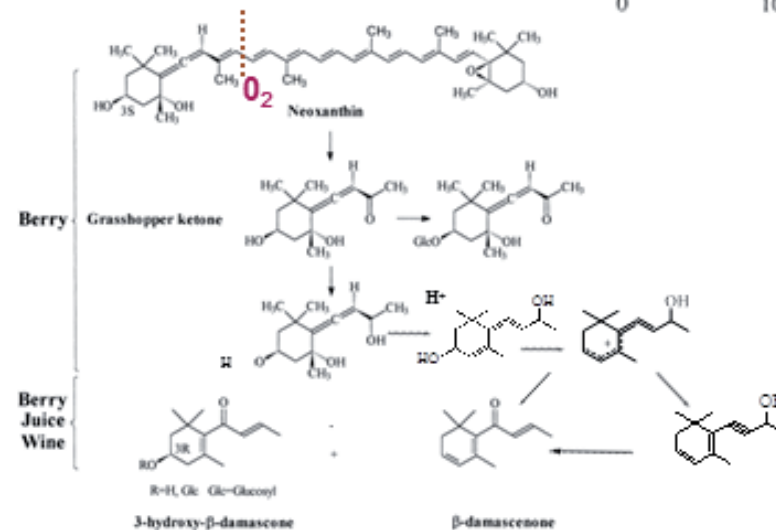
Dégradation des caroténoïdes liée et la genèse de composés volatils



Etape 1 (fruit) : enzymatique : dégradations caroténoïdes

Etape 2 (fruit) : Transformations enzymatiques

Etape 3 (moût, vin) : Conversions catalysées en milieu acide

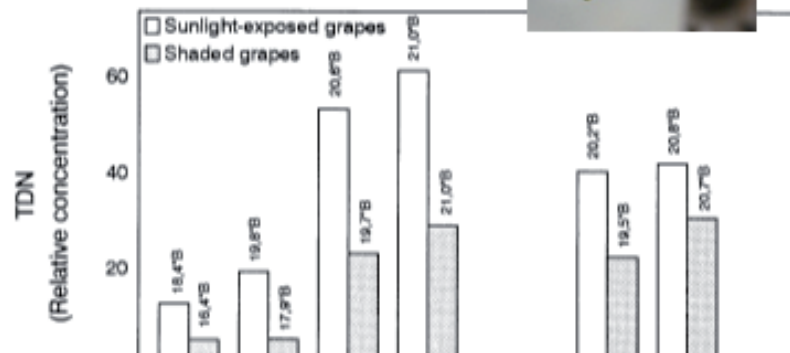


Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

Exposition à la lumière des raisins et contenu en dérivés C13 norisoprénoïdes

28

Norisoprenoid Levels in Grapes and W



vitispirane

Notes camphrées, boisées

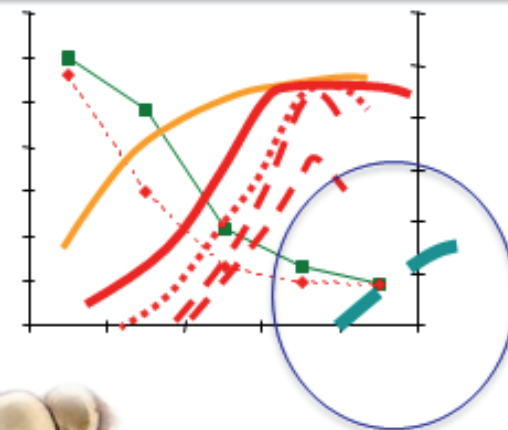


Beta damascenone

Formation de composés renforçant les notes de fruit « cuit »

... **Furanones : flétrissement des raisins**

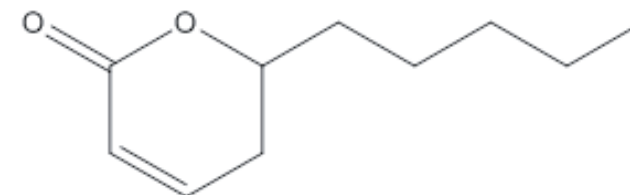
Lactones : dégradation de composés lipidiques



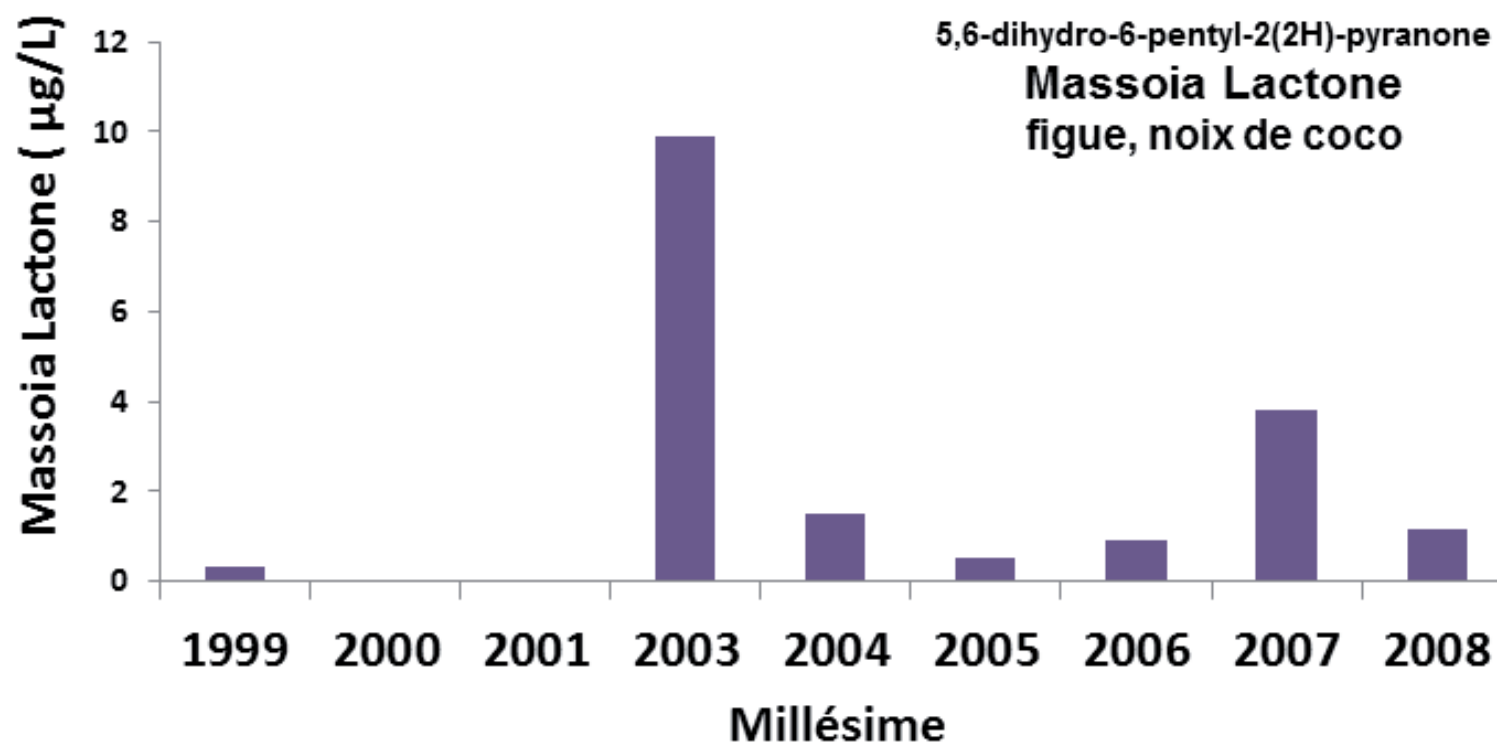
Sensibilité variétale plus ou moins marquée vers formation de ces notes aromatiques

Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

Contenu en lactone : marqueur de notes de « fruit cuit »



5,6-dihydro-6-pentyl-2(2H)-pyranone
Massoia Lactone
 figue, noix de coco

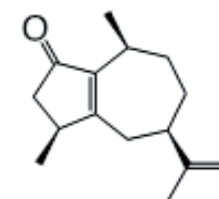
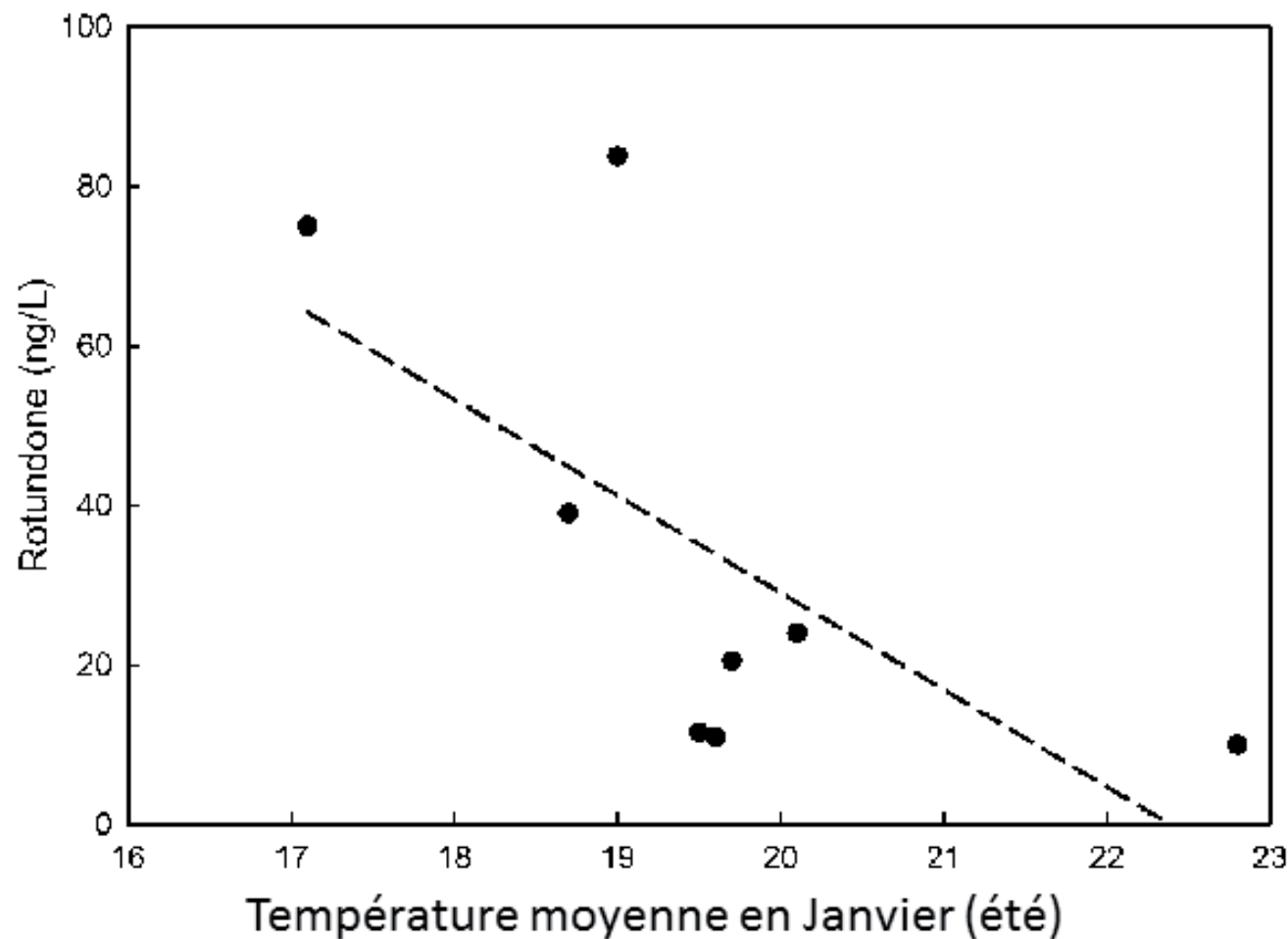


Pomerol, Merlot (80-90%)

Pons et al. 2011 Œno 2011
 Allamy et al. 2015

Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

Contenu en rotundone des vins et températures moyennes en été (vins de Syrah, vignoble australien)



(-)-rotundone

Contraintes hydriques de la vigne

- Contribution qualitative de contraintes faibles à modérée sur potentiel aromatique (Peyrot des Gachons, Tominaga, Dubourdieu, Van Leeuwen et al. 2005)
- Effet préjudiciable de contraintes hydriques sévères

Moindre accumulation de précurseurs d'arôme S-conjugués de la cystéine dans raisins de Sauvignon sur terroir de graves sableuses (forte contrainte hydrique) par rapport aux raisins sur terroir calcaire à astéries (contrainte hydrique modérée) 1998-1999 (Peyrot et al. 2005)

Phénomènes multiparamétriques intégrant niveaux de température, disponibilité en azote

Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

Contraintes hydriques et composante aromatique des vins de Riesling

	2008	2009	2010
C	●	●	●
I	●	●	●

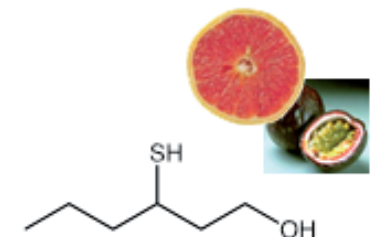
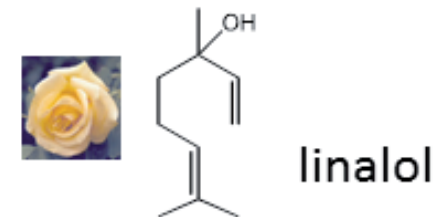
- Pas de déficit ($\delta^{13}\text{C} < -26.0$)
- Faible déficit ($\delta^{13}\text{C} -24.5$ to -26.0)
- Déficit modéré ($\delta^{13}\text{C} -23.0$ to -24.5)
- Déficit sévère ($\delta^{13}\text{C} -21.5$ to -23.0)

C pas irrigation

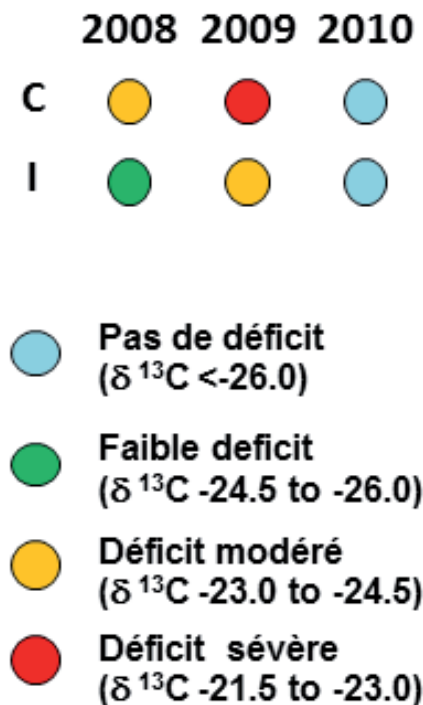
I irrigation déficit hydrique modéré

IdB irrigation et effeuillage précoce

IdV irrigation et effeuillage tardif



Monoterpènes dans Riesling

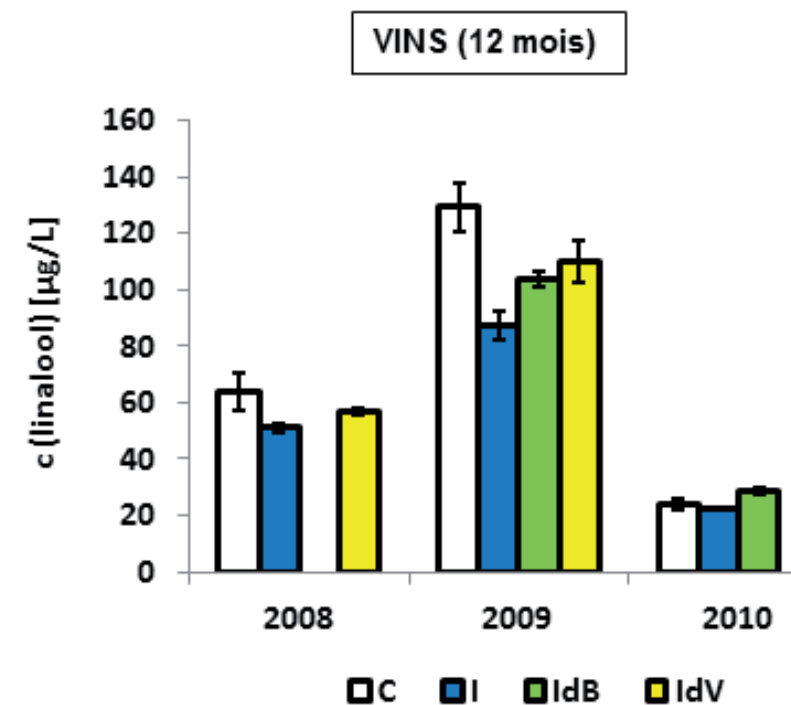
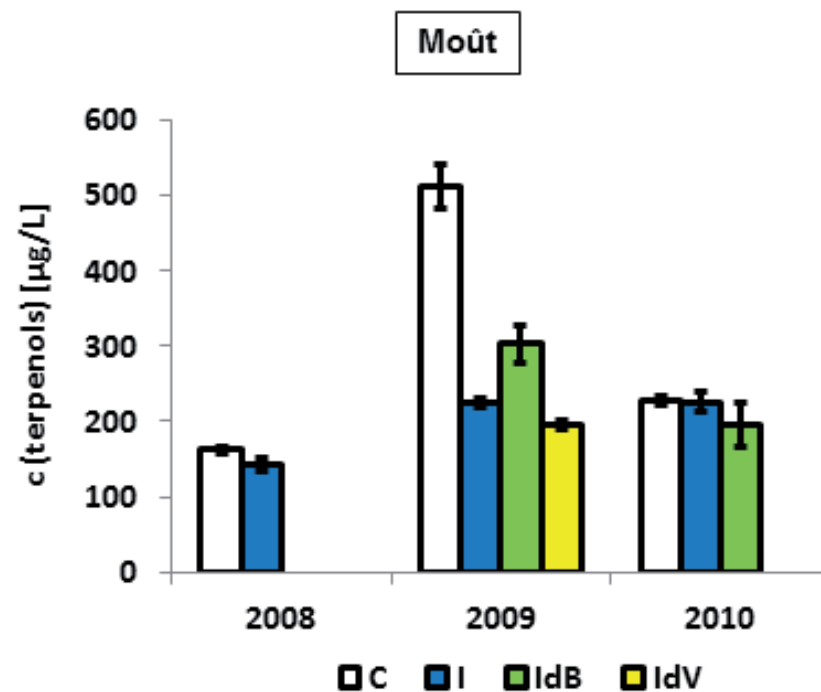


C Pas d'irrigation

I irrigation

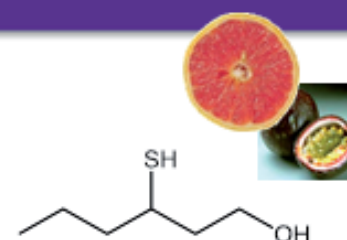
IdB irrigation et effeuillage précoce

IdV irrigation et effeuillage tardif

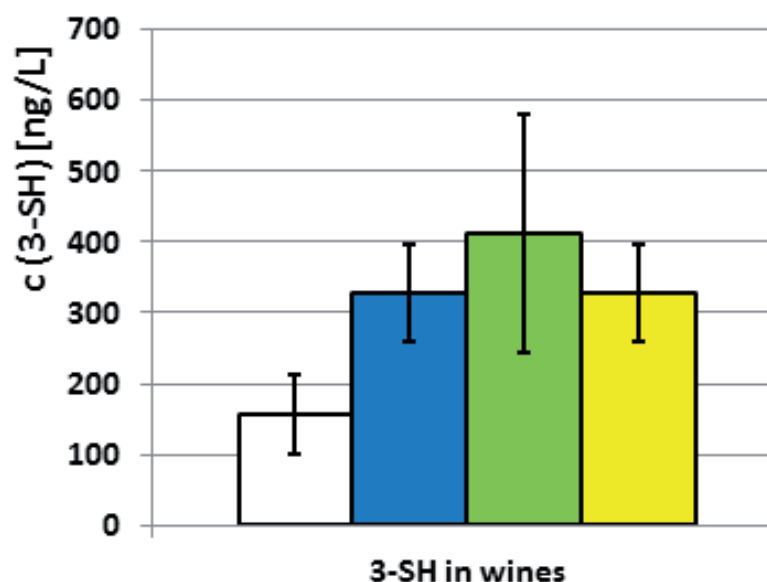


▪ Contenu en monoterpènes maintenu voire accru en situation de contrainte hydrique élevée (teneur en linalol des vins plus élevée)

Thiols volatils dans Riesling



VINS (12 mois)

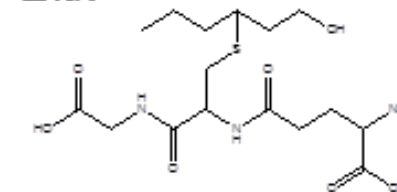


□ C

■ I

■ IdB

■ IdV



S-(3-mercapto-1-propyl)-glutathion

2008 2009 2010

C ● ● ●

I ● ● ●

● Pas de déficit
($\delta^{13}\text{C} < -26.0$)

● Faible déficit
($\delta^{13}\text{C} -24.5$ to -26.0)

● Déficit modéré
($\delta^{13}\text{C} -23.0$ to -24.5)

● Déficit sévère
($\delta^{13}\text{C} -21.5$ to -23.0)

C Pas d'irrigation

I irrigation

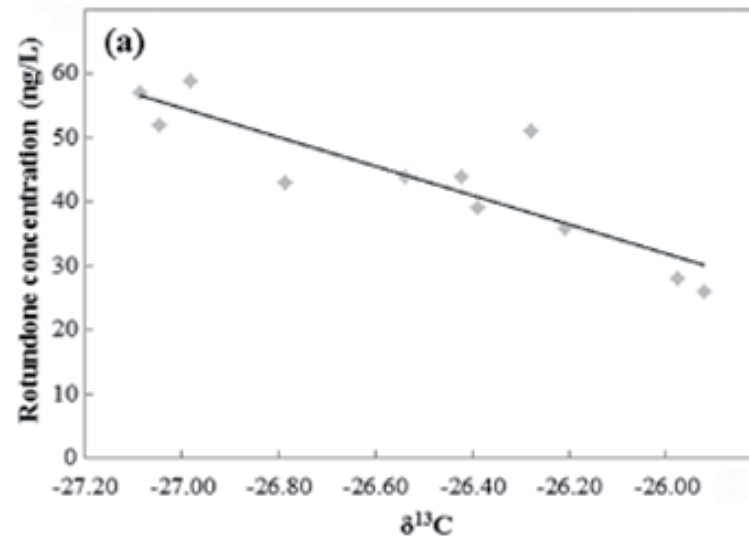
IdB irrigation et effeuillage précoce

IdV irrigation et effeuillage tardif

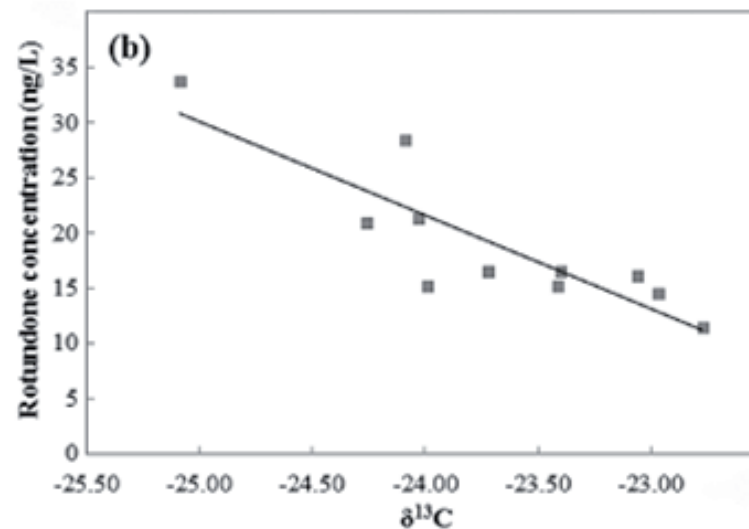
- Moins de précurseurs glutathionylés dans raisins
- Moins de 3-SH dans vins avec déficit hydrique sévère

Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

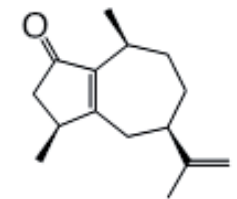
Impact du régime hydrique sur le contenu en rotundone (notes poivrées des vins de Syrah) – lien avec valeur de delta C13



$\delta^{13}\text{C}$



$\delta^{13}\text{C}$



(-)-rotundone

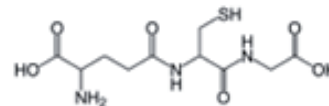
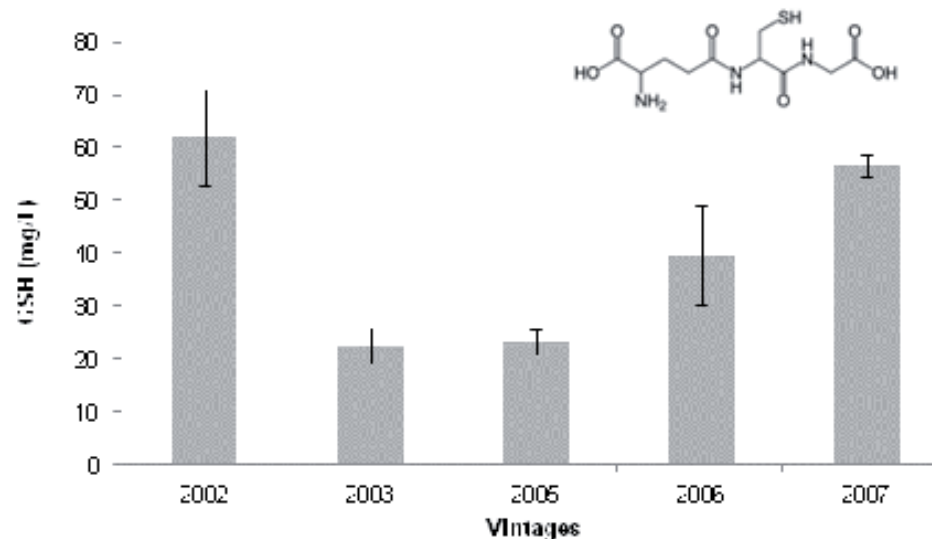
Syrah
2010, 2011

Potentialités de vieillissement des vins blancs

- **Acidité plus basse**
- **Contenu plus élevé en tanins (flavan-3-ols)**
- **Limitation du contenu en glutathion (vins blancs rosés)**



Teneur en glutathion (mg/L) des raisins d' une même parcelle de vigne en fonction du millésime (Sauvignon blanc, Bordeaux)



Potentialités de vieillissement des vins blancs

- Acidité plus basse
- Contenu plus élevé en tanins (flavan-3-ols)
- Limitation du contenu en glutathion (vins blancs rosés)

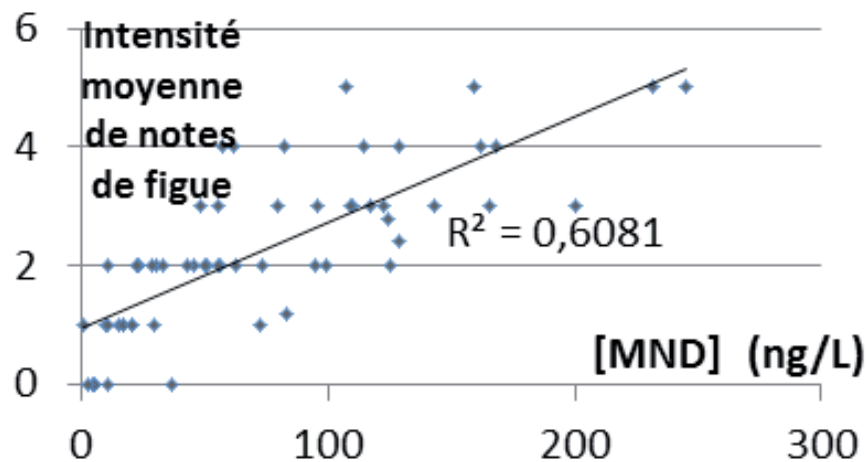


Millésime	3SH	A3SH	4MSP
<i>Cru du Pessac Léognan</i>			
2008	878,2 ± 54,1	nd	14,8 ± 0,2
2007	366,1 ± 12,4	nd	20,0 ± 0,2
2006	478,1 ± 24,6	nd	11,3 ± 0,4
2005	452,7 ± 41,2	nd	7,8 ± 0,1
2004	328,8 ± 74,1	nd	3,7 ± 0,2
2003	117,5 ± 15,7	nd	2,2 ± 0,3
2002	281,7 ± 16,9	nd	1,1 ± 0,1
2001	215,9 ± 2,2	nd	5,8 ± 0,1
1998	420,5 ± 145,2	nd	nd
1997	975,0 ± 195,8	nd	nd
1996	450,1 ± 61,1	nd	nd
1995	436,0 ± 58,2	nd	nd
1994	166,2 ± 2,7	nd	nd

- Potentialité de conservation des vins
 - **Risque accru de vieillissement prématuré des vins**



Sotolon, phenylacétaldehyde, methional

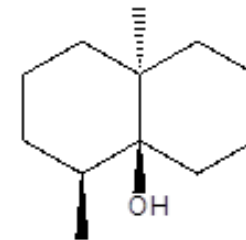
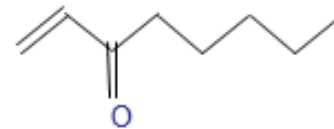


- 3-méthyl-2,4-nonanedione (MND)**
(composé très odorant 16 ng/L)
Notes d'anis et d'herbe séchée
- Renforcement des notes de figues et de pruneau
 - Diminution de la fraîcheur aromatique

Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

Questionnements quant au régime des précipitations

- Ex grêle, précipitations importantes
 - **Risques de développement de pathogènes (pourriture grise, complexes de pourriture avec *Botrytis cinerea* ...)**



Conclusion-Stratégies adaptatives

Bénéfices du changement climatique dans les vignobles de climat tempéré

(précocité des millésimes et la récolte de plus en plus tardive des raisins)

- moins d'arômes végétaux
- composante florales fruitées associées à fraîcheur sinon souhait vinificateur

Perspectives de changement climatique

- Impact sur potentiel aromatique
- Potentialités de vieillissement des vins

Premiers niveaux d'adaptation

Vigilance dans le choix de dates de récolte, ajustement du mode de conduite de la vigne, modalités de vinification et d'élevage, de vieillissement en bouteille des vins

Premier réservoir dans diversité clonale

Alternatives variétales après appréciation de leur potentialités à révéler des composantes aromatiques et gustatives reflets de la diversité des terroirs.

Conclusion-Stratégies adaptatives

Des questions

Acquérir pour comprendre les conséquences de phénomènes multiparamétriques sur le potentiel aromatique en intégrant les dimensions écophysiologiques, biochimiques (équilibre hormonaux, impact des pratiques viticoles)

- **Quels effets significatifs avec quelle augmentation de température ?**
- **Quels mécanismes biochimiques associés aux biosynthèse des arômes et précurseurs**
- **Quels phénomènes physico-chimiques impliquant les composés volatils pendant le vieillissement du vin...**

Les 3èmes assises des vins du Sud-Ouest

université
de **BORDEAUX**



Merci de votre attention



www.isvv.fr

www.oenoresearch.u-bordeaux2.fr