

# L'univers dans un verre de vin

Régis GOUGEON

UMR PAM

Institut Universitaire de la Vigne et du Vin – Jules Guyot

Université de Bourgogne Franche-Comté



Chaire UNESCO  
Culture et Traditions du Vin

A poet once said, "The whole universe is in a glass of wine." We will probably never know in what sense he meant that, for poets do not write to be understood. But it is true that if we look at a glass of wine closely enough we see the entire universe. There are the things of physics : the twisting liquid which evaporates depending on the wind and weather, the reflections in the glass, and our imagination adds the atoms. The glass is a distillation of the Earth's rocks, and in its composition we see the secrets of the universe's age, and the evolution of stars. What strange arrays of chemicals are in the wine ? How did they come to be ? There are the ferments, the enzymes, the substrates, and the products. There in wine is found the great generalization : all life is fermentation...

*Richard Feynman, prix Nobel de physique 1965*

*The Feynman Lectures on Physics, volume I, chapter 3, page 10 (1964)*

### PAPER

Cite this: DOI: 10.1

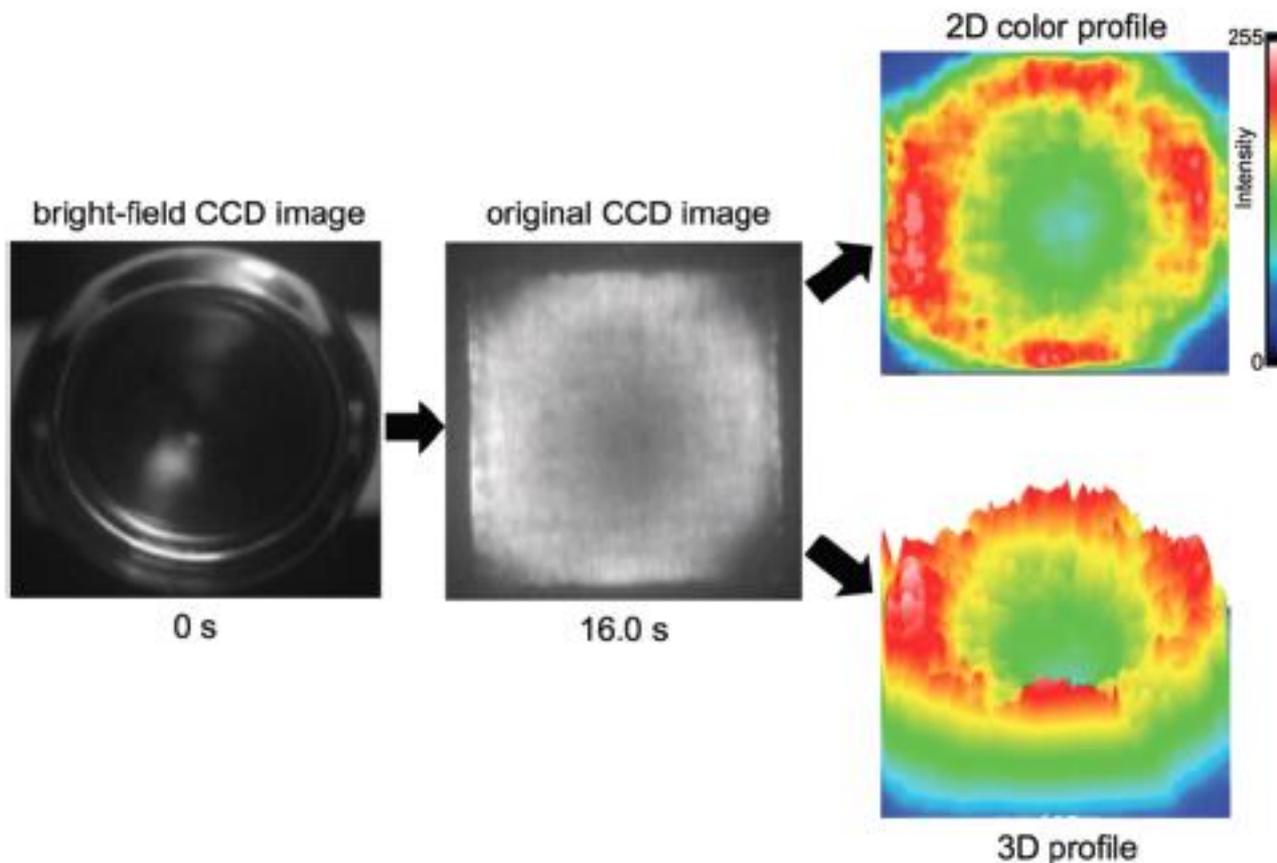


Fig. 4 Schematic image of the bright-field CCD image and the original CCD image. 2-D color profiles and 3-D profiles were analyzed using image analysis software.

## A sniffer-camera for imaging of ethanol vaporization from wine: the effect of wine glass shape†

Cite this: DOI: 10.1039/c4an02390k

Takahiro Arakawa,<sup>a</sup> Kenta Iitani,<sup>a,b</sup> Xin Wang,<sup>a</sup> Takumi Kajiro,<sup>c</sup> Koji Toma,<sup>a</sup> Kazuyoshi Yano<sup>c</sup> and Kohji Mitsubayashi<sup>\*a,b</sup>

<sup>a</sup>*Department of Biomedical Devices and Instrumentation, Institute of Biomaterials and Bioengineering, Tokyo Medical and Dental University, 2-3-10, Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0062, Japan. E-mail: m.bdi@tmd.ac.jp;*

*Fax: +81-3-5280-8094; Tel: +81-3-5280-8091*

<sup>b</sup>*Graduate school of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University, 1-5-45 Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8549, Japan*

<sup>c</sup>*Graduate School of Bionics, Computer and Media Sciences, Tokyo University of Technology, 1404-1 Katakura, Hachioji, Tokyo 192-0982, Japan*

# Le liège et l'oxygène



Aurélié LAGORCE-TACHON

Thomas KARBOWIAK

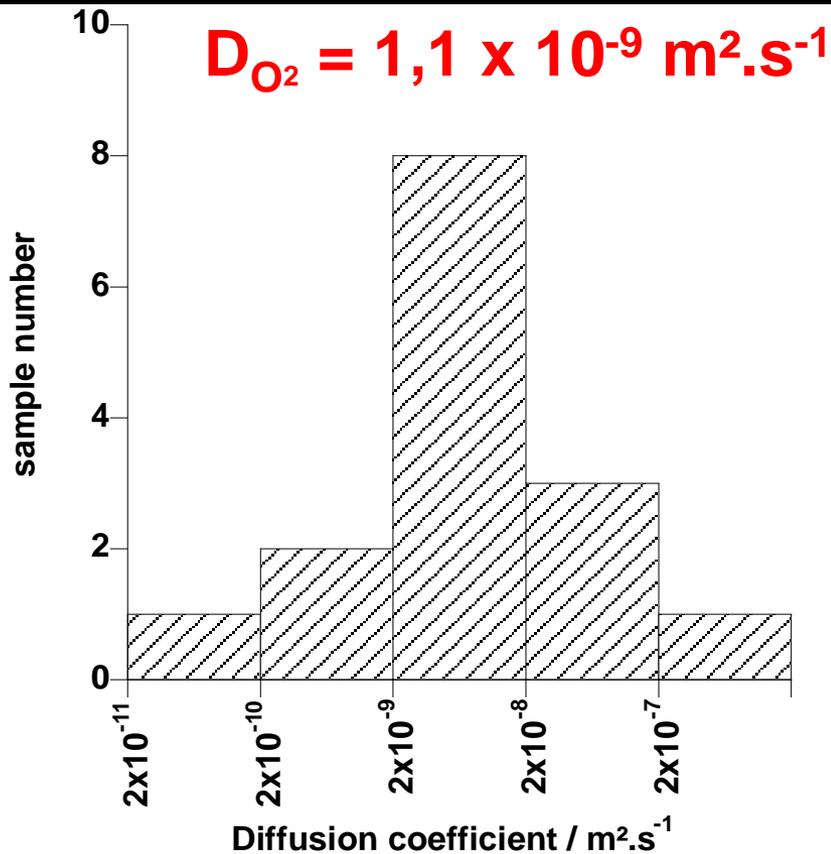


Jean-Pierre BELLAT



# Le liège et l'oxygène

$$D_{O_2(\text{air})} = 2 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$



JOURNAL OF  
AGRICULTURAL AND  
FOOD CHEMISTRY

Article

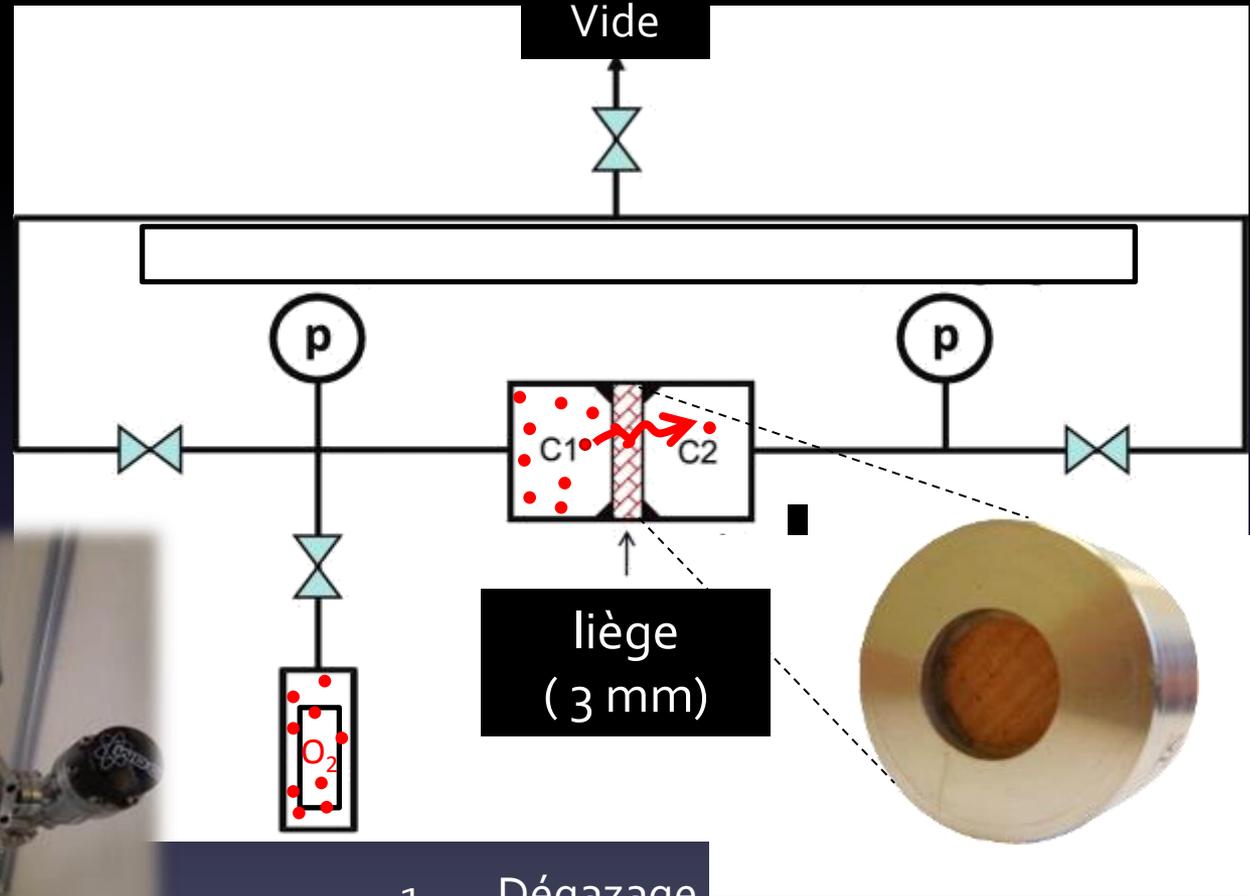
[pubs.acs.org/JAFC](https://pubs.acs.org/JAFC)

## Diffusion of Oxygen in Cork

Sonia Lequin,<sup>†,‡,#</sup> David Chassagne,<sup>†,‡</sup> Thomas Karbowiak,<sup>‡</sup> Jean-Marc Simon,<sup>#</sup> Christian Paulin,<sup>#</sup> and Jean-Pierre Bellat<sup>\*,#</sup>

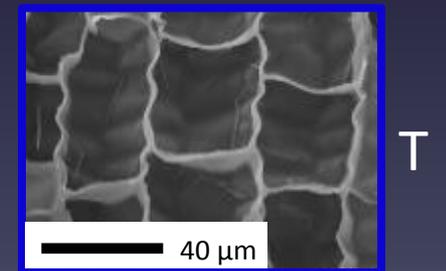
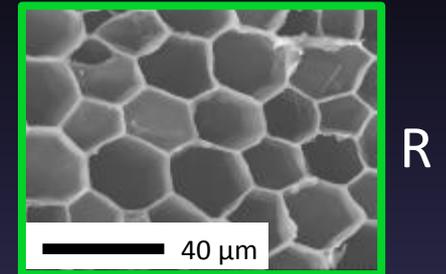
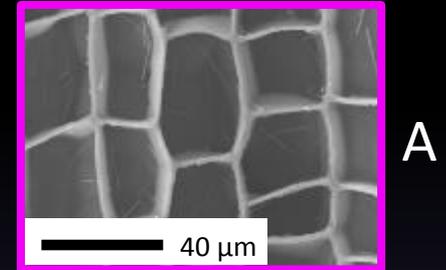
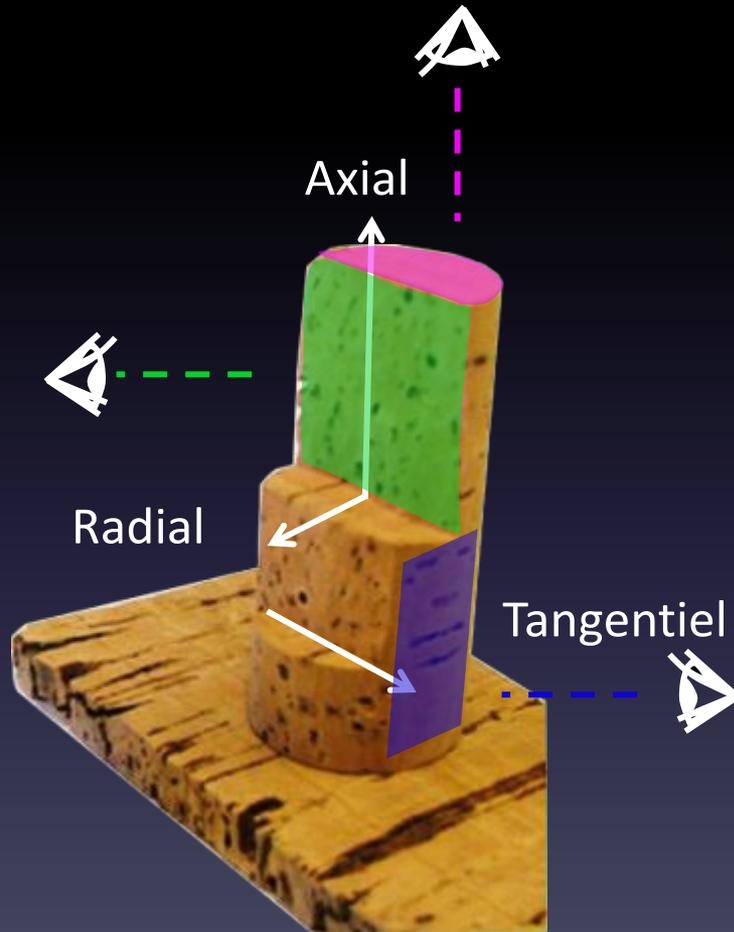
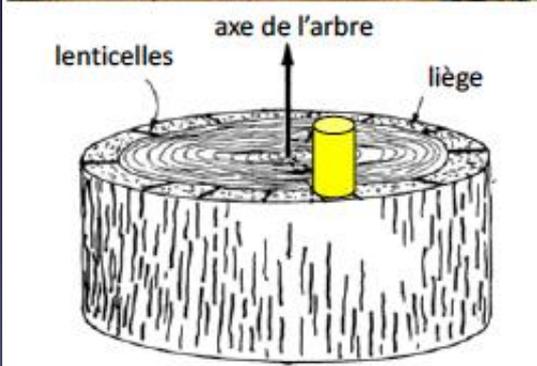
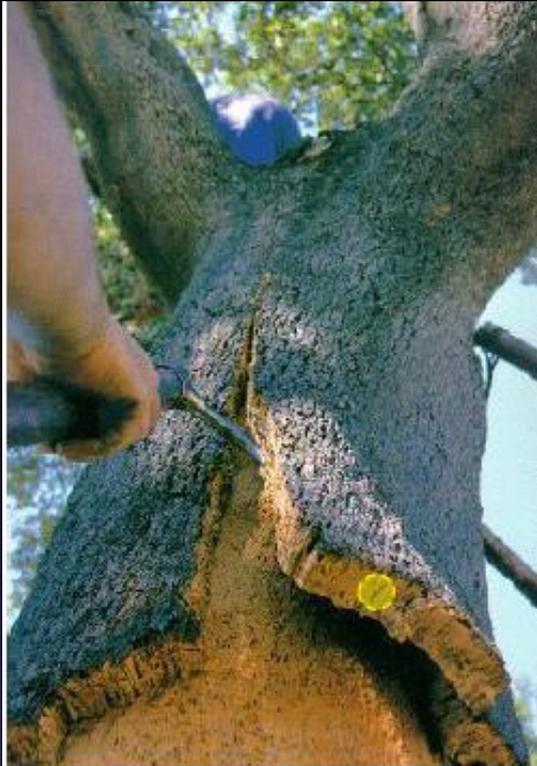
# Mesure de perméabilité

Technique manométrique



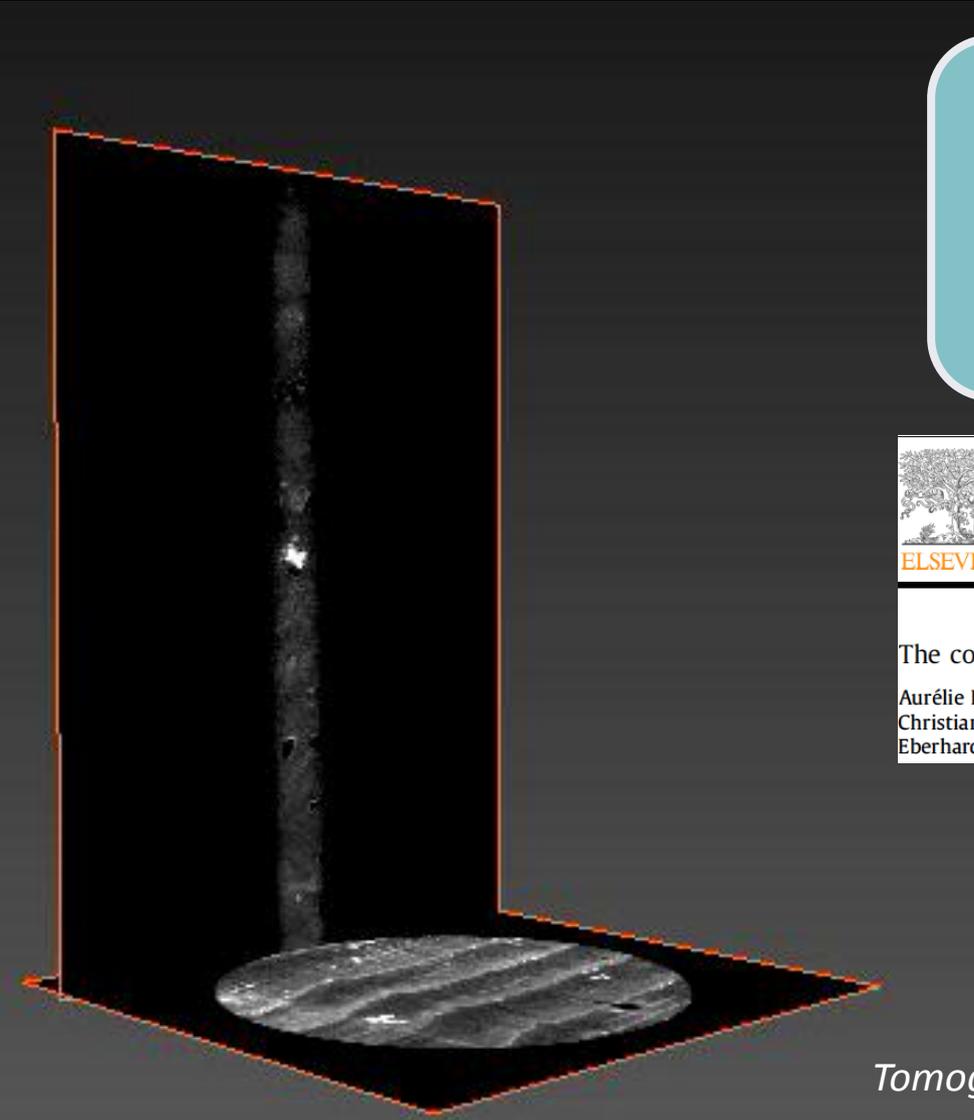
1. Dégazage
2. Pression initiale d'O<sub>2</sub> dans C<sub>1</sub>
3.  $p = f(t)$

# Le liège



# Porosité du liège ?

**Pas d'interconnectivité  
entre les lenticelles →  
transfert d'oxygène →  
traverser une phase dense**



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Journal of Food Engineering

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jfoodeng](http://www.elsevier.com/locate/jfoodeng)



The cork viewed from the inside



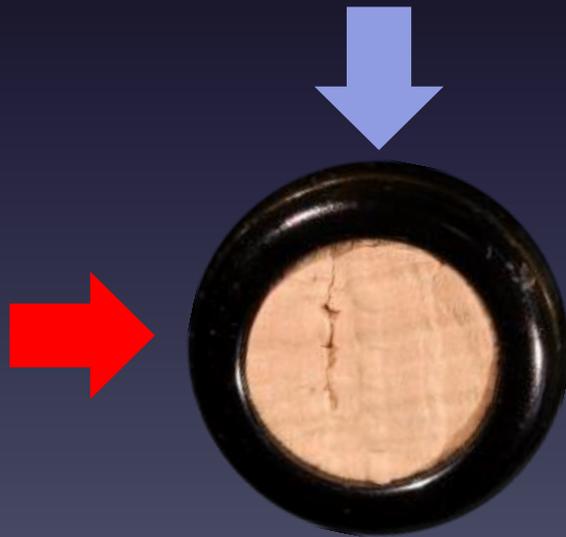
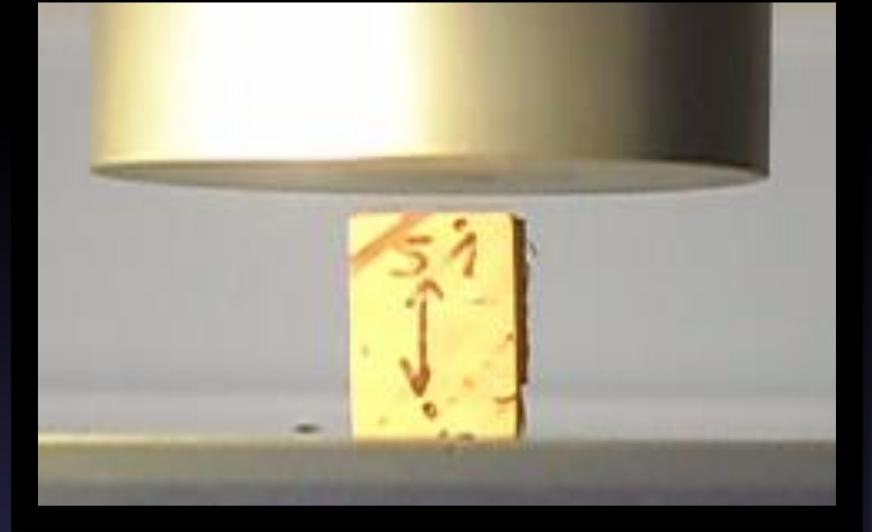
Aurélie Lagorce-Tachon<sup>a,b,c</sup>, Thomas Karbowiak<sup>a,\*</sup>, Camille Loupiac<sup>a,d</sup>, Alexandre Gaudry<sup>a</sup>, Frédéric Ott<sup>d</sup>,  
Christiane Alba-Simionesco<sup>d</sup>, Régis D. Gougeon<sup>a,b</sup>, Valentin Alcantara<sup>e</sup>, David Mannes<sup>e</sup>, Anders Kaestner<sup>e</sup>,  
Eberhard Lehmann<sup>e</sup>, Jean-Pierre Bellat<sup>c</sup>

The cork viewed from the inside  
Journal of Food Engineering 149  
(2015) 214–221

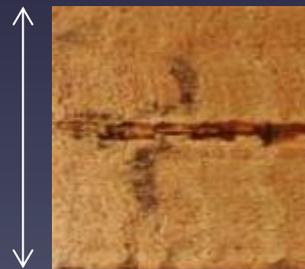
*Tomographie rayons X*

# The "cork-like propertie"

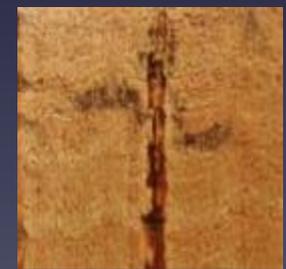
- Liège naturel
- Déformation: 80 %



15 mm

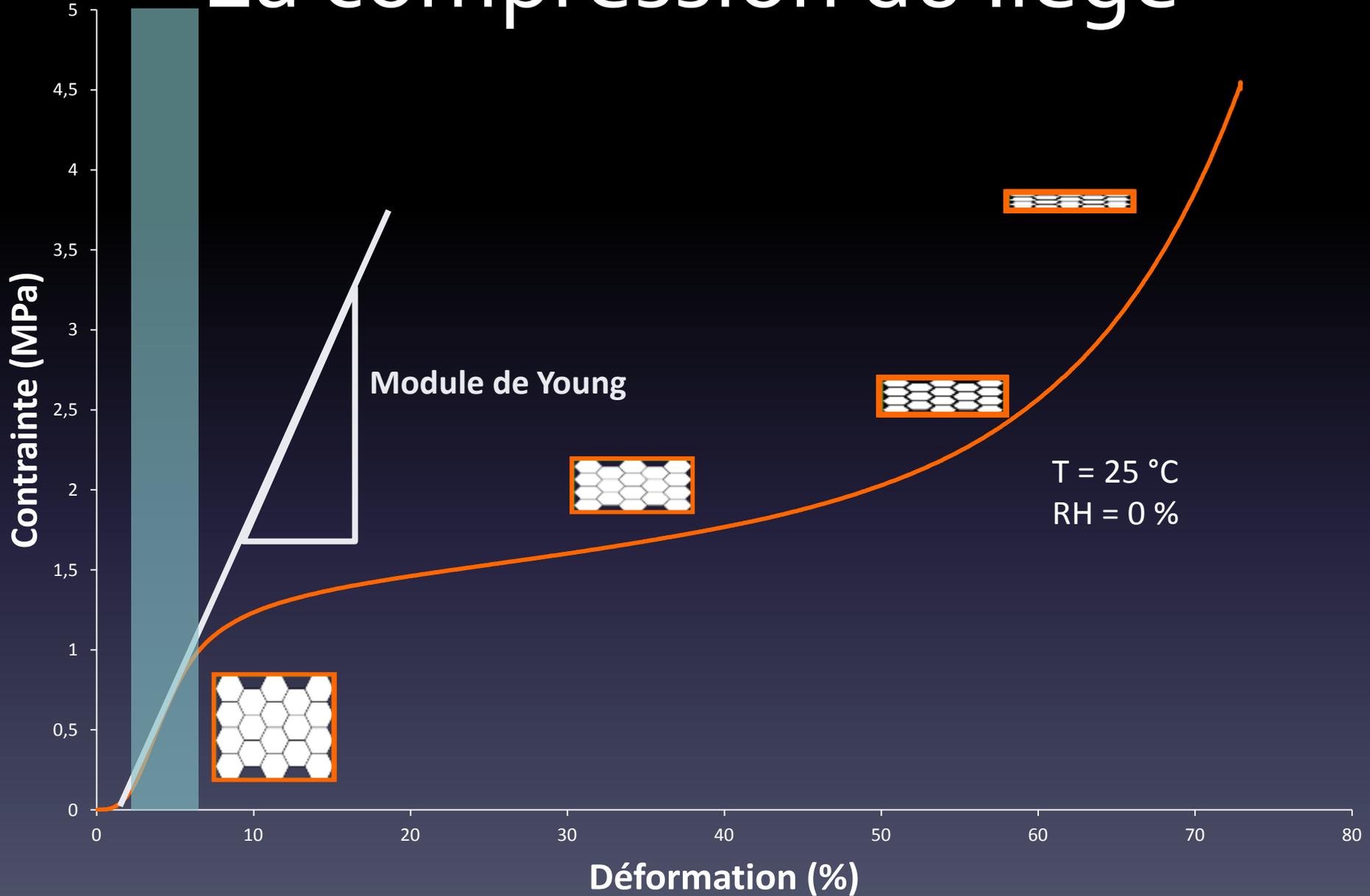


Tangentiel

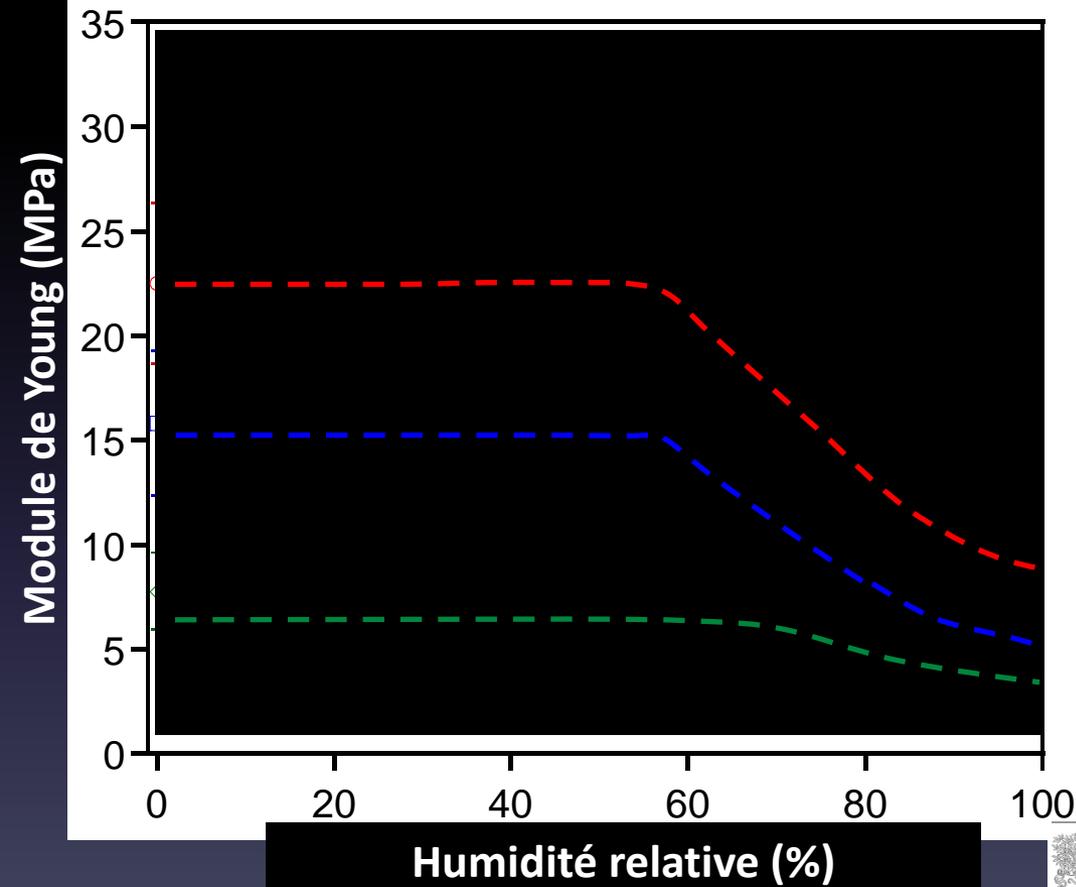


Radial

# La compression du liège



# La compression du liège



**Liège naturel**  
(tangentièl)



**Liège aggloméré**



**Bouchon Diam**



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Materials and Design

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/matdes](http://www.elsevier.com/locate/matdes)



Mechanical properties of cork: Effect of hydration

Aurèlie Lagorce-Tachon<sup>a,b,c</sup>, Thomas Karbowiak<sup>a,\*</sup>, Dominique Champion<sup>a</sup>, Régis D. Gougeon<sup>a,b</sup>, Jean-Pierre Bellat<sup>c</sup>



# Stabilité oxydative des vins blancs



Maria NIKOLANTONAKI

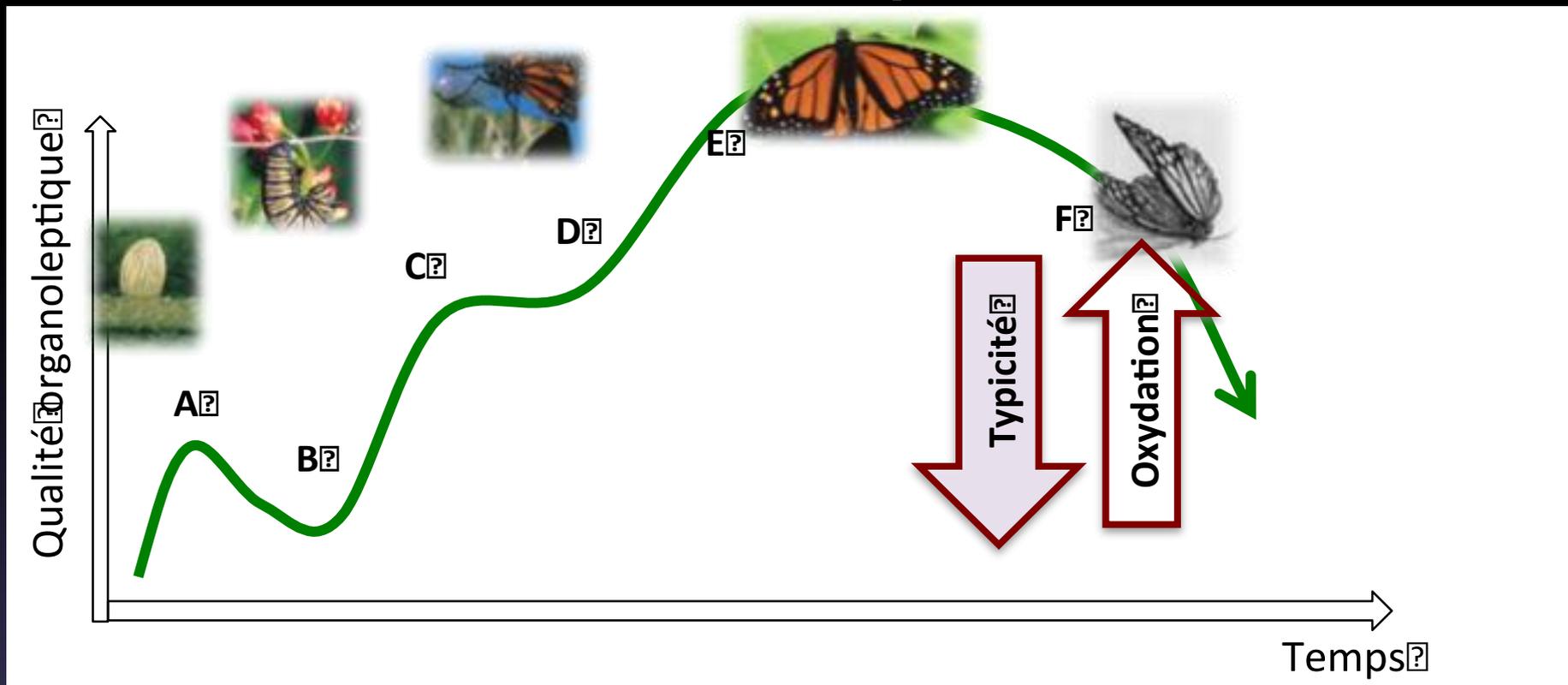
Christian COELHO



Laurence NORET

Rémi ROMANET, Florian BAHUT, Maria-Elena DIAZ RUBIO

# Stabilité oxydative



- A : Le vin est mis en bouteille
- B : Le vin fait sa « maladie de bouteille »  
: Réduction
- C : Le vin est sur le fruit

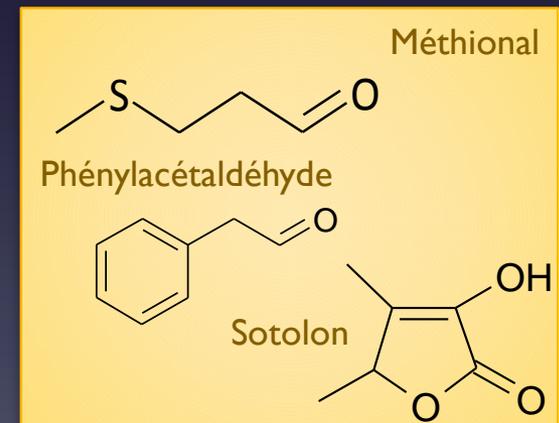
- D : Le vin s'est refermé
- E : Apogée du vin
- F : Déclin, perte de typicité: Le vin semble se vider de sa substance

# Oxydation prématurée

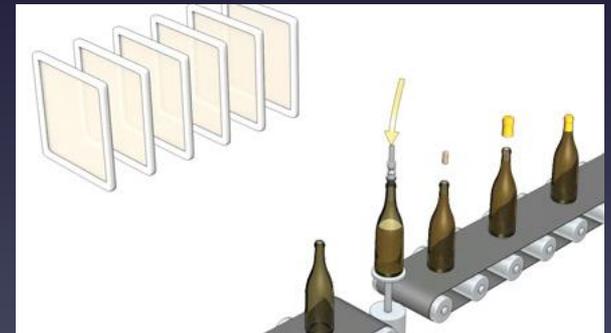
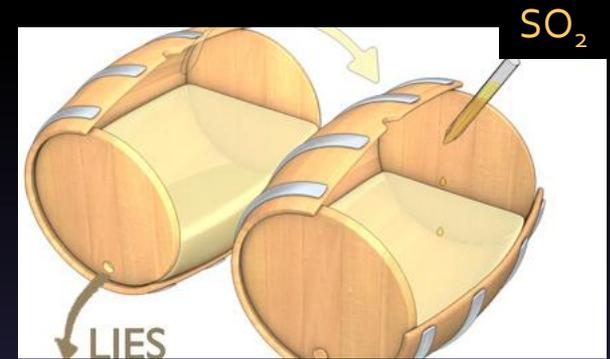
- Premiers constats au début des années 1990
- Perte rapide des arômes fruités
- Descripteurs olfactifs: cire, miel, encaustique
- Arômes de type oxydatif



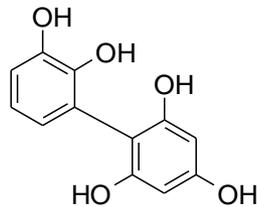
Phénomène irréversible



# L'élaboration des vins blancs



# Contrôler l'oxydation des composés phénoliques



Polymérisation intramoléculaire

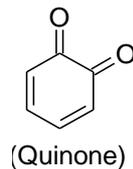
Acides aminés  
Dégradation Strecker

Aldehydes

(Rizzi et al., JAF, 2006)

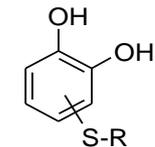
?

$\text{HSO}_3^-$

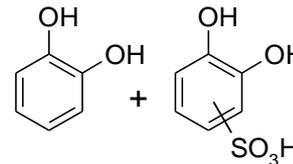


(Quinone)

RSH

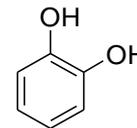


Thiol Trapping



(Danilewicz, AJEV 2003, 2007, 2008;  
Saucier et al., JAF, 1999)

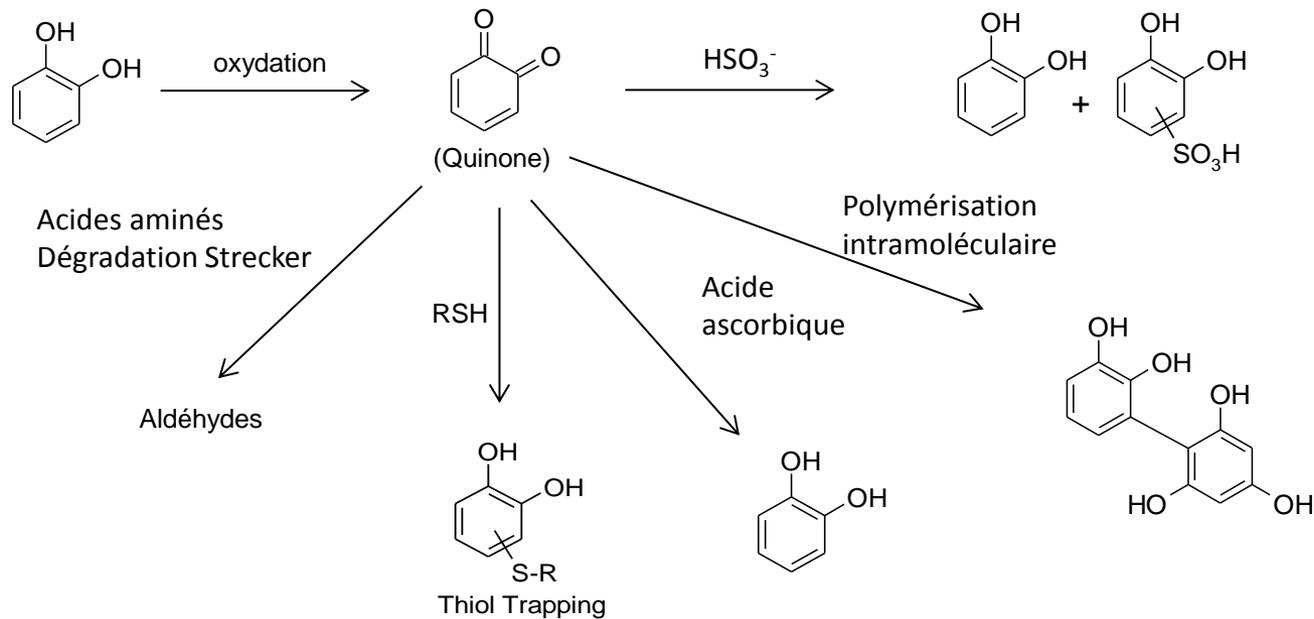
Acide ascorbique



(Cilliers and Singleton, JAF, 1990)

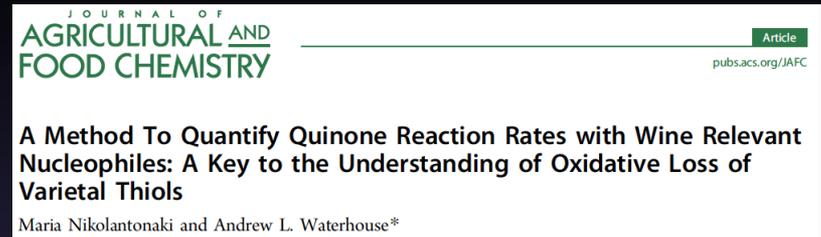
(Cilliers and Singleton, JAF, 1990; Nikolantonaki et al., JAF, 2012)

# Contrôler l'oxydation des composés phénoliques

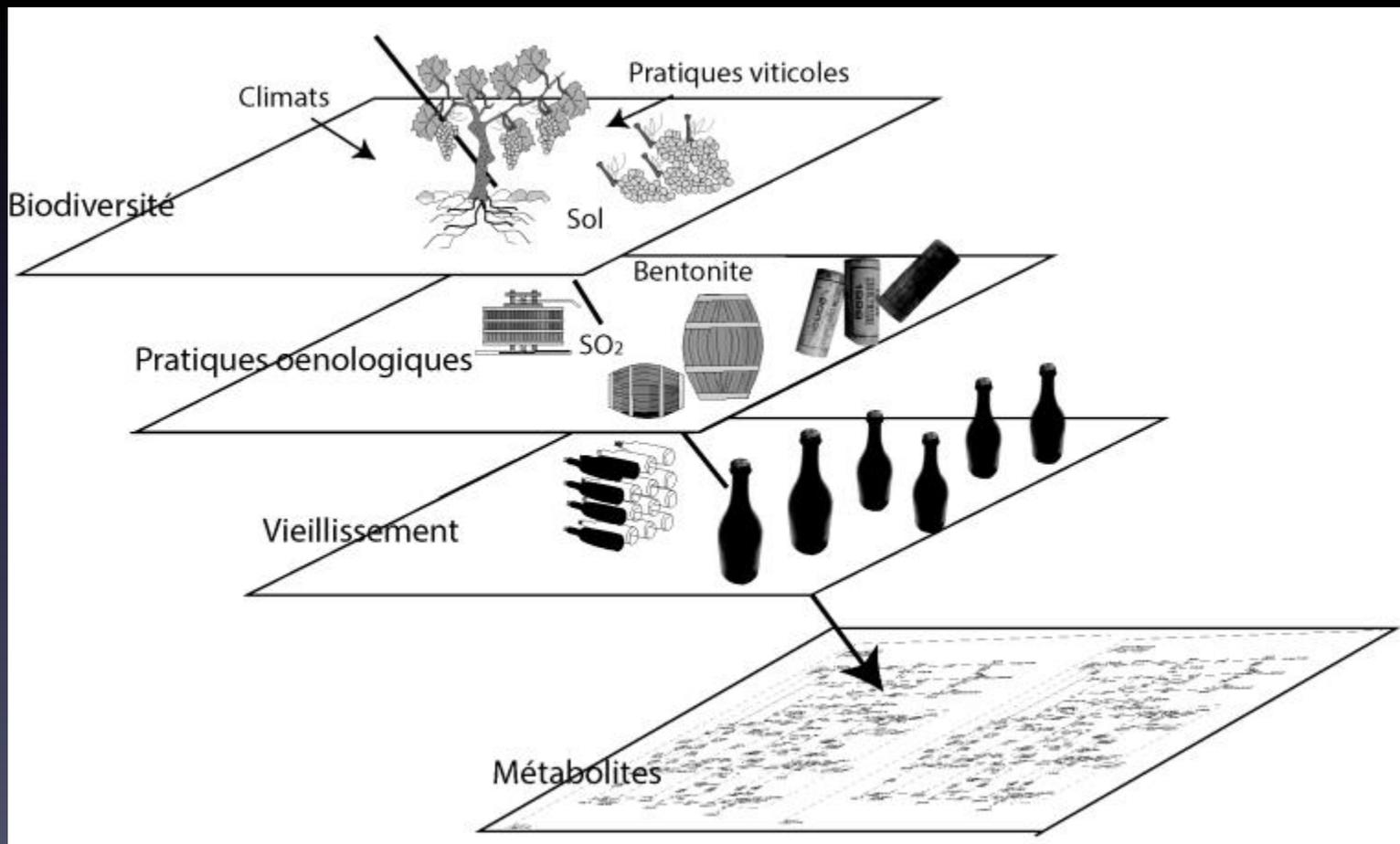


# Contrôler l'oxydation des composés phénoliques

- Les composés phénoliques en présence d'oxygène favorisent la formation des marqueurs d'oxydation
- SO<sub>2</sub>, acide ascorbique, glutathion
  - Pas d'effet synergique
  - SO<sub>2</sub> : tendance à la baisse
  - Acide ascorbique : effet tampon vis-à-vis de l'oxydation, mais comportement pro-oxydant potentiel (formation du sotolon)
  - Glutathion : présence en début d'élevage = marqueur de potentiel de vieillissement



# Le vin : une diversité métabolique mémoire des conditions à l'œuvre au cours de son élaboration ?



# Le vin : une diversité métabolique mémoire des conditions à l'œuvre au cours de son élaboration ?



Eau : 80 à 90 %

Alcool : 8 à 16 %

Glycérol : 3 à 10 %

Acides organiques : 2 à 10 g/L

Sucres réducteurs : 2 à 150 g/L

Minéraux : 1 à 3 g/L

Composés phénoliques : 0,1 à 5 g/l

Composés d'arômes : traces à qqs mg/L

# Le vin : Approche métabolomique



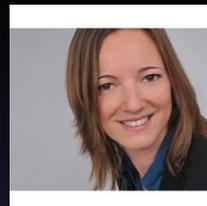
Philippe SCHMITT-KOPPLIN

Lemia BOUTEGRABET

Chloé ROULLIER-GALL



Silke HEINZMANN



Youzhong LIU



Marianna LUCIO

**HelmholtzZentrum münchen**  
German Research Center for Environmental Health



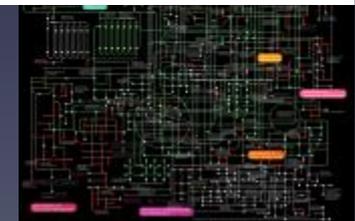
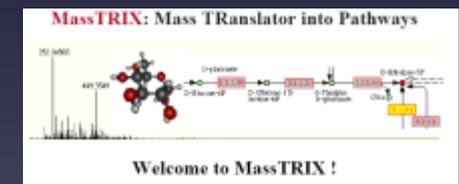
12 Tesla ICR-FT/MS



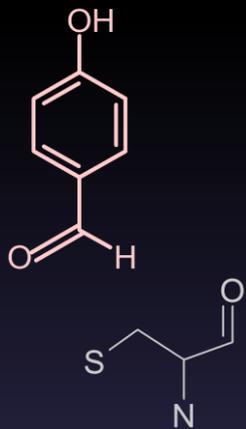
UPLC x MAXIS-QTOF/MS



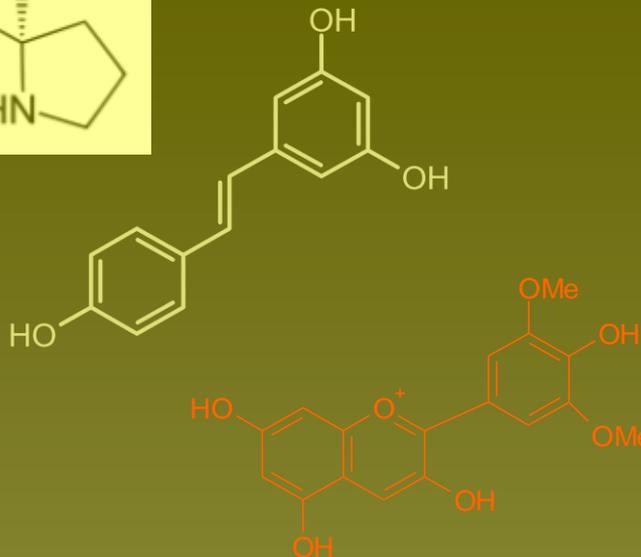
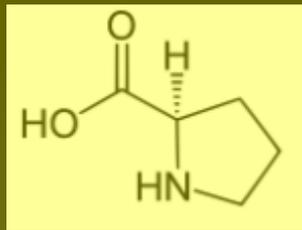
800MHz 2D-NMR



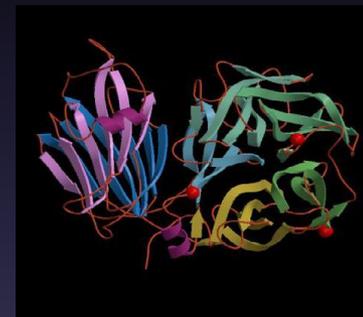
# Diversité métabolique



≈ 1500 connues



≈ 1500 connues



Masse  
moléculaire

100

1000

# Précision de mesure de masse

	Exact mass [Da]	Error [ $\mu$ Da]
<sup>1</sup> H	1.00782503214	0.00035
<sup>2</sup> H	2.01410177799	0.00036
<sup>3</sup> H	3.0160492675	0.0011
<sup>3</sup> He	3.01602930970	0.00086
<sup>4</sup> He	4.0026032497	0.0010
<sup>13</sup> C	13.0033548378	0.0010
<sup>12</sup> C	12.0000000000	0.0010
<sup>14</sup> C	14.0032419884	0.0040
<sup>14</sup> N	14.00307400524	0.00086
<sup>15</sup> N	15.00010889844	0.00092
<sup>16</sup> O	15.9949146221	0.0015
<sup>17</sup> O	16.999131501	0.22
<sup>18</sup> O	17.999160419	0.9
<sup>20</sup> Ne	19.9924401759	0.0020
<sup>23</sup> Na	22.989769675	0.23
<sup>28</sup> Si	27.9769265327	0.0020
<sup>31</sup> P	30.973761512	0.20
<sup>32</sup> S	31.972070690	0.12
<sup>34</sup> S	33.967866831	0.11
<sup>39</sup> K	38.963706861	0.3
<sup>40</sup> Ar	39.9623831232	0.0030

**Generate Molecular Formula**

Min:

Max:

Generate  
Save Results...  
Help

Note: for m < 2000 the elements C, H, N, and O are considered implicitly.

Measured m/z:  Tolerance:  ppm Charge:

#	Mol. Formula	m/z	err [mDa]	lerr [ppm]	err [ppm]	mean err [ppm]
1	C <sub>14</sub> H <sub>5</sub> O <sub>8</sub>	300.99899	0.03	0.1	0.1	0.1
2	C <sub>15</sub> H <sub>1</sub> N <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	301.00033	1.52	5.1	5.1	4.6
3	C <sub>10</sub> H <sub>1</sub> N <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	300.99631	-2.50	8.3	-8.3	-0.7
4	C <sub>18</sub> H <sub>5</sub> O <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	300.99649	-2.32	7.7	-7.7	-0.5
5	C <sub>17</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	300.99948	0.67	2.2	2.2	1.8
6	C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> P <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	300.99711	-1.70	5.6	-5.6	1.5
7	C <sub>9</sub> H <sub>2</sub> N <sub>8</sub> O <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	300.99930	0.49	1.6	1.6	1.6
8	C <sub>15</sub> H <sub>11</sub> O <sub>1</sub> P <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	301.00113	2.33	7.7	7.7	-2.5
9	C <sub>18</sub> H <sub>7</sub> O <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	300.99776	-1.04	3.5	-3.5	-3.3
10	C <sub>20</sub> H <sub>2</sub> N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	300.99611	-2.70	9.0	-9.0	-1.5

Automatically locate monoisotopic peak Maximum number of formulas:

Check rings plus double bonds Minimum:  Maximum:

Apply nitrogen rule Electron configuration:

Filter H/C element ratio Minimum H/C:  Maximum H/C:

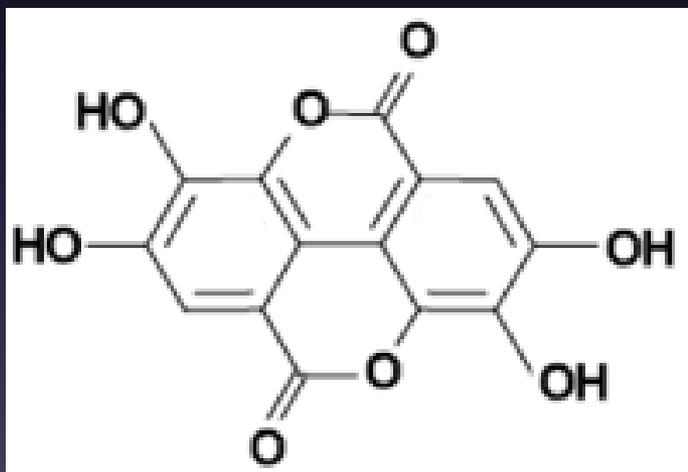
Estimate carbon number  Generate immediately

Save for Reporting Show Pattern

(from wood EtOH/H<sub>2</sub>O extract)

# Précision de mesure de masse

Only limited number of elemental combinations *fit* into an exact molecular mass



(from wood EtOH/H<sub>2</sub>O extract)

**Generate Molecular Formula**

Min:   
Max:

Generate  
Save Results...  
Help

Note: for m < 2000 the elements C, H, N, and O are considered implicitly.

Measured m/z:  Tolerance:  ppm Charge:

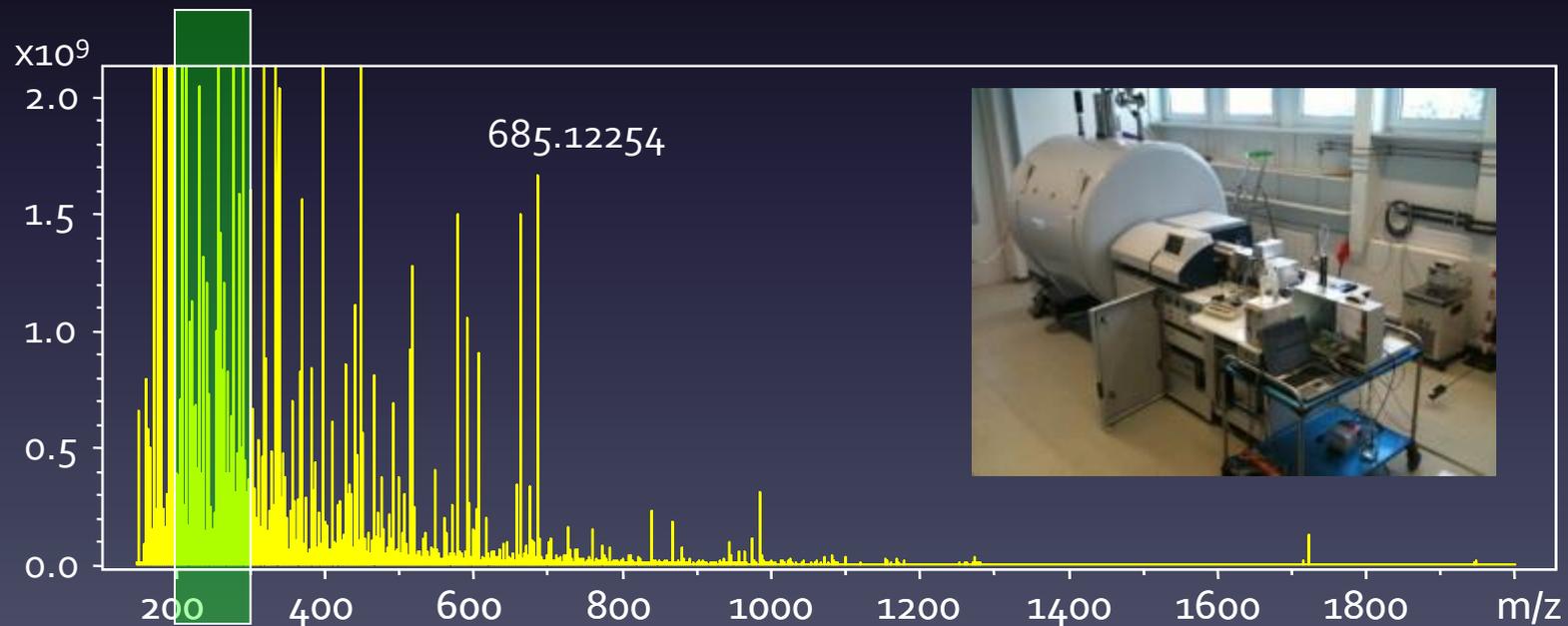
#	Mol. Formula	m/z	err [mDa]	lerr [ppm]	err [ppm]	mean err [ppm]
1	C <sub>14</sub> H <sub>5</sub> O <sub>8</sub>	300.99899	0.03	0.1	0.1	0.1
2	C <sub>15</sub> H <sub>1</sub> N <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	301.00033	1.52	5.1	5.1	4.6
3	C <sub>10</sub> H <sub>1</sub> N <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	300.99631	-2.50	8.3	-8.3	-0.7
4	C <sub>18</sub> H <sub>5</sub> O <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	300.99649	-2.32	7.7	-7.7	-0.5
5	C <sub>17</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	300.99948	0.67	2.2	2.2	1.8
6	C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> P <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	300.99711	-1.70	5.6	-5.6	1.5
7	C <sub>9</sub> H <sub>2</sub> N <sub>8</sub> O <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	300.99930	0.49	1.6	1.6	1.6
8	C <sub>15</sub> H <sub>11</sub> O <sub>1</sub> P <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	301.00113	2.33	7.7	7.7	-2.5
9	C <sub>18</sub> H <sub>7</sub> O <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	300.99776	-1.04	3.5	-3.5	-3.3
10	C <sub>20</sub> H <sub>2</sub> N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	300.99611	-2.70	9.0	-9.0	-1.5

Automatically locate monoisotopic peak    Maximum number of formulas:   
 Check rings plus double bonds    Minimum:     Maximum:   
 Apply nitrogen rule    Electron configuration:   
 Filter H/C element ratio    Minimum H/C:     Maximum H/C:   
 Estimate carbon number     Generate immediately

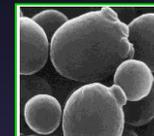
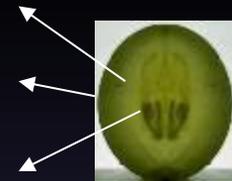
Save for Reporting    Show Pattern

# Spectrométrie de masse à ultra haute résolution

**R > 1 000 000 m/z 150**  
**> 300 000 m/z 600**

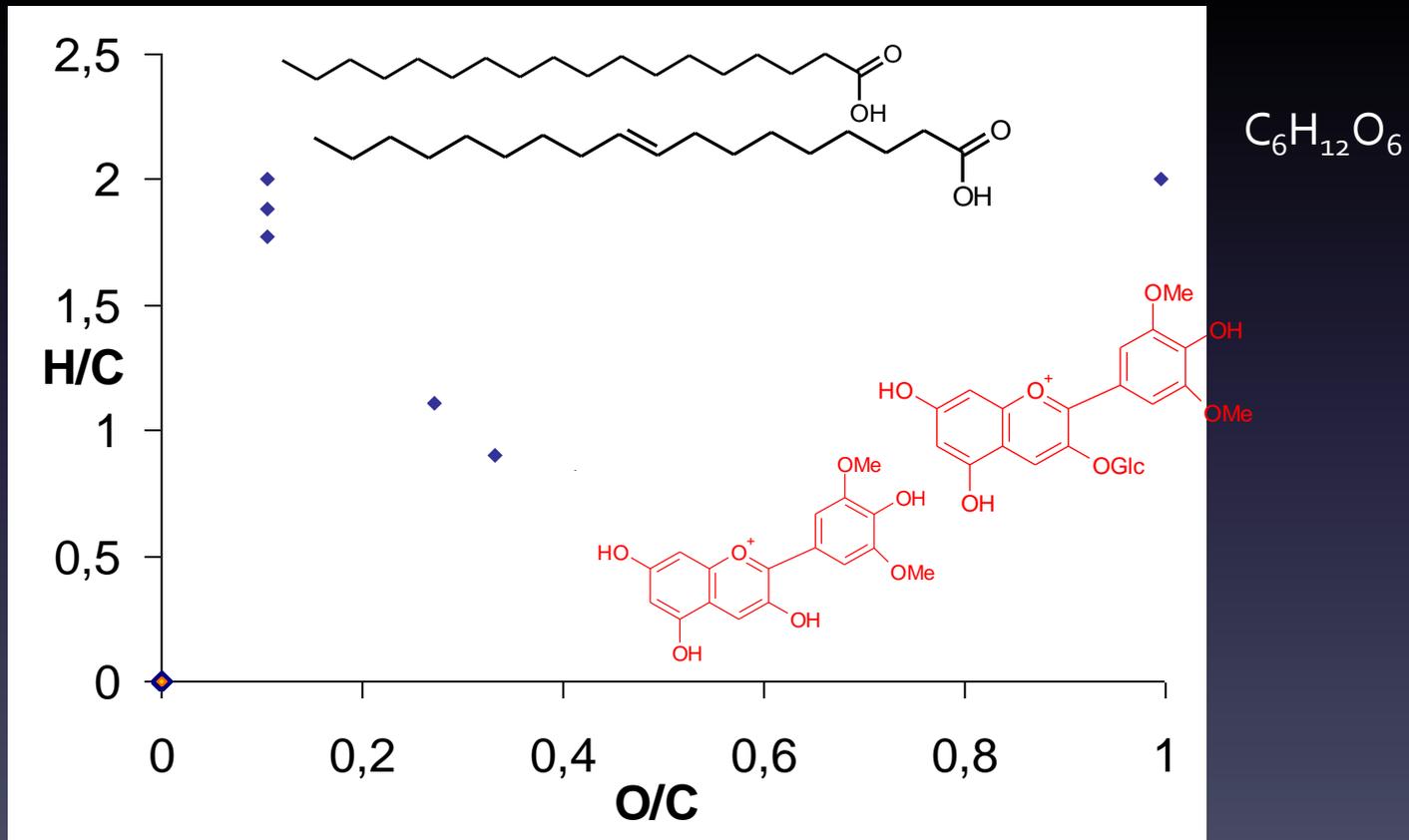


# Du raisin au vin

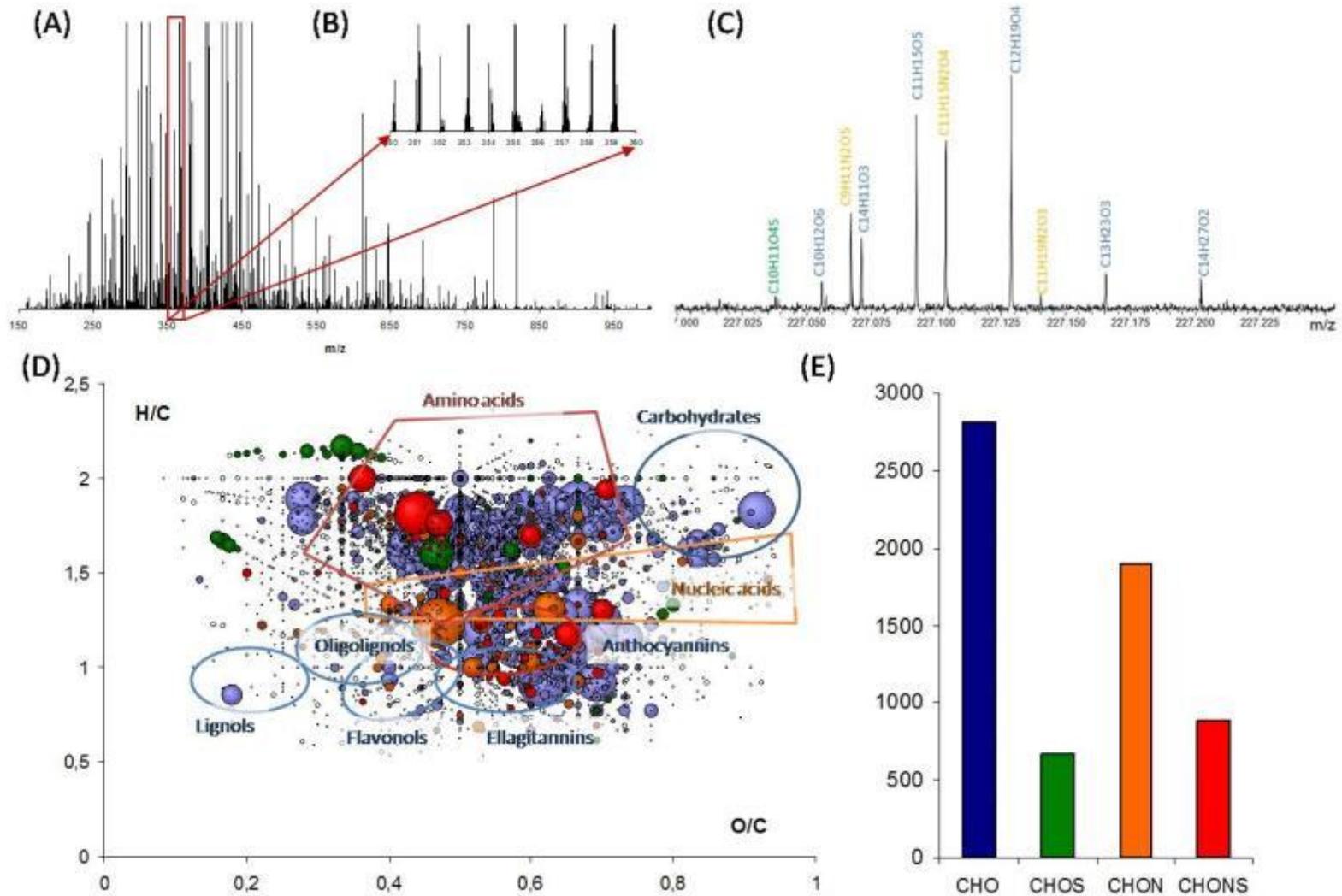


CHO chemical space

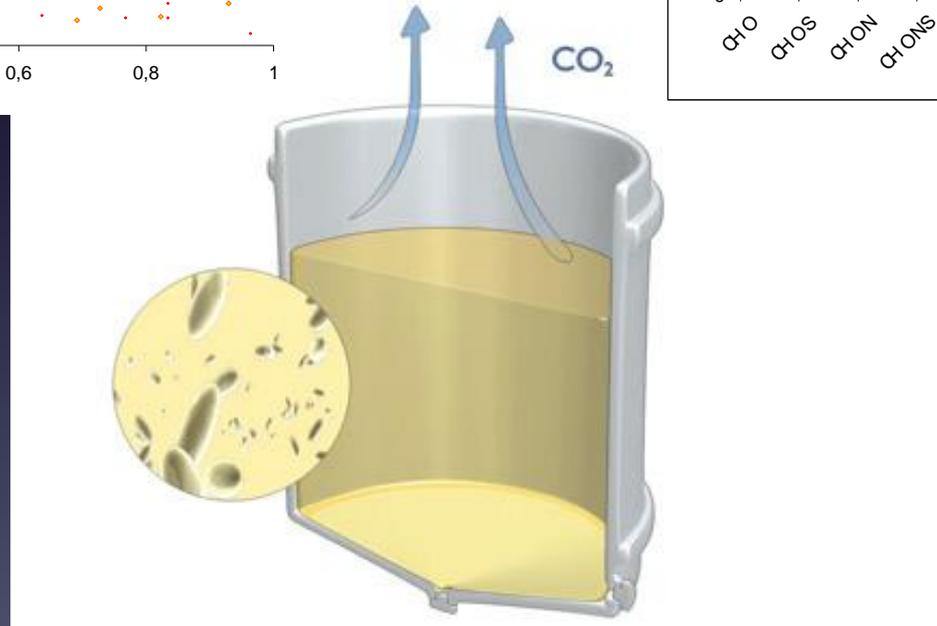
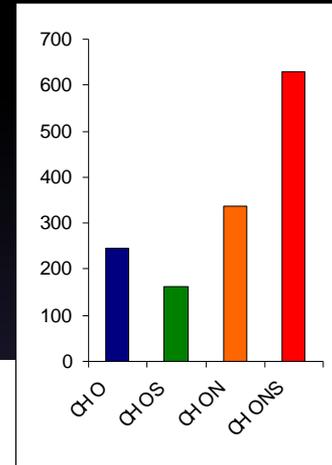
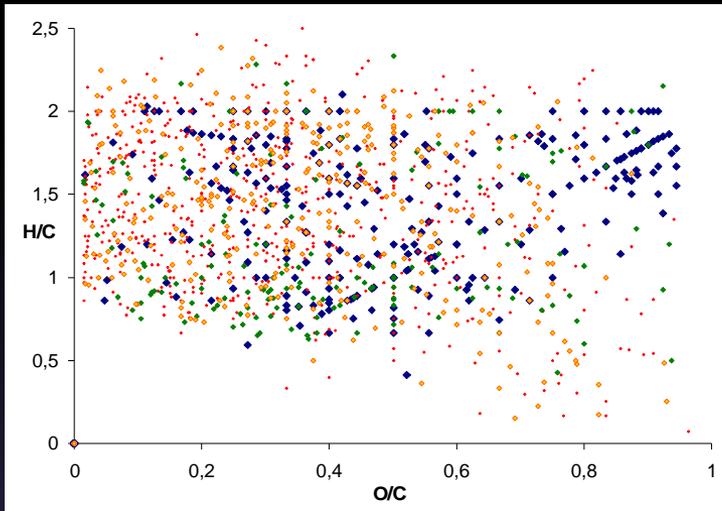
# Diagramme de van Krevelen



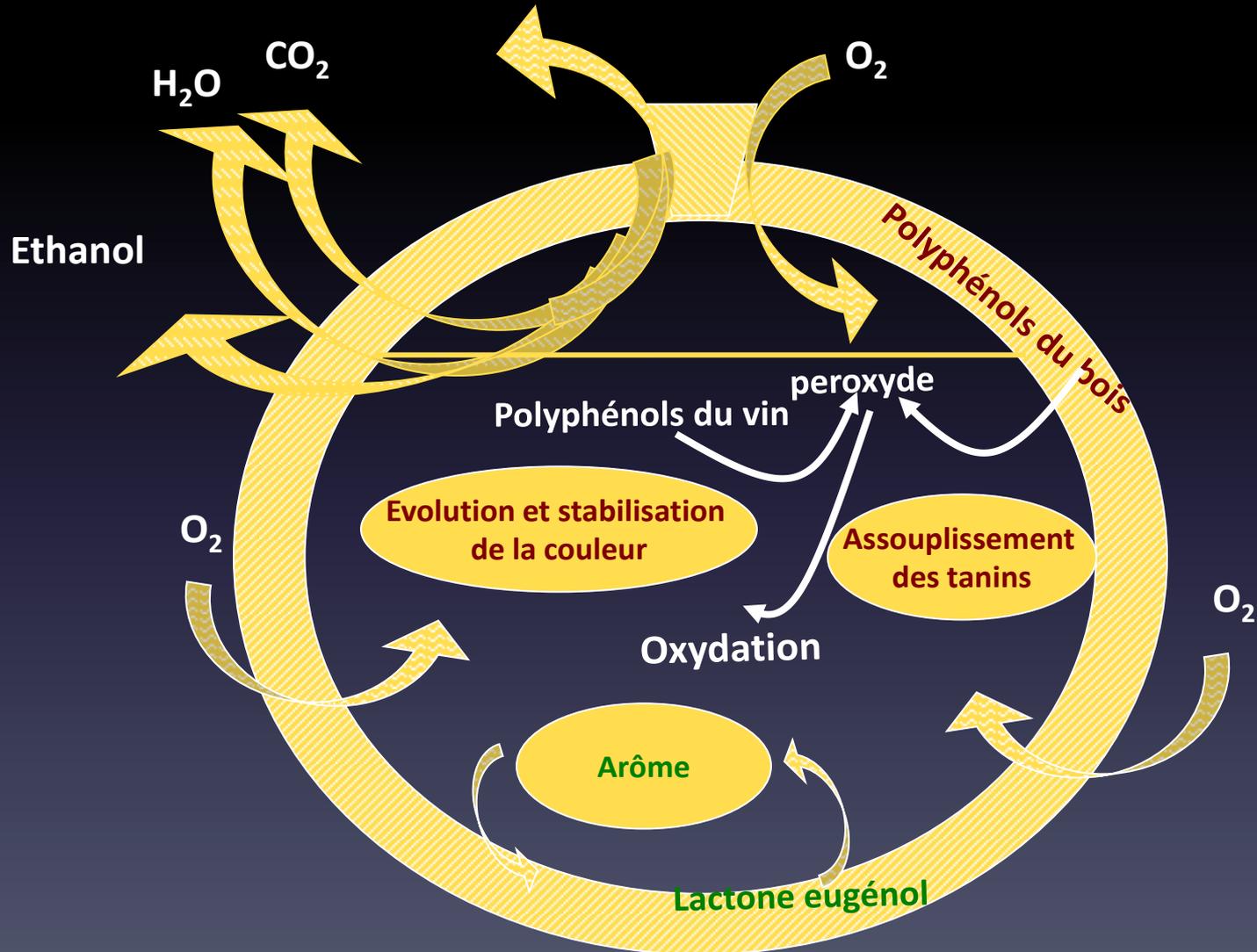
# Le raisin



# Les fermentations



# L'élevage en fût



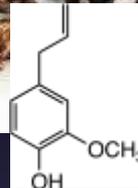
# L'élevage en fût

Furfural



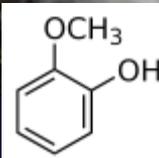
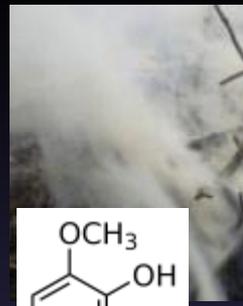
15

Eugénoł



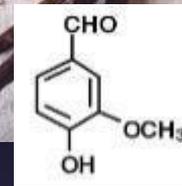
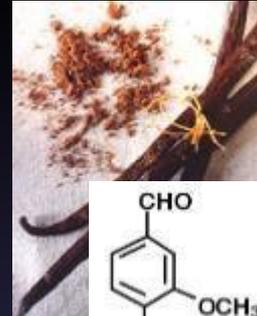
0,015

Gaïacol



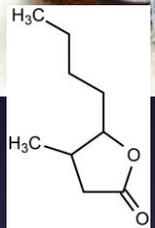
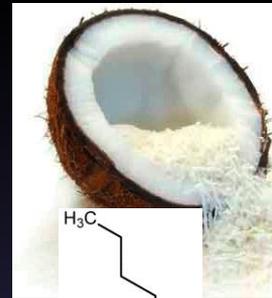
0,02

Vanilline



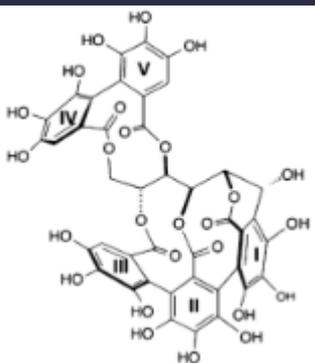
0,065

*Cis-* and *trans-*whisky lactone



*Cis* : 0,025  
*Trans* : 0,11

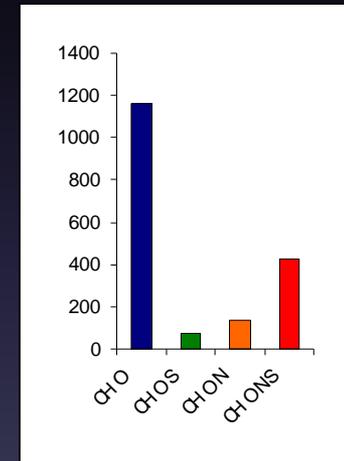
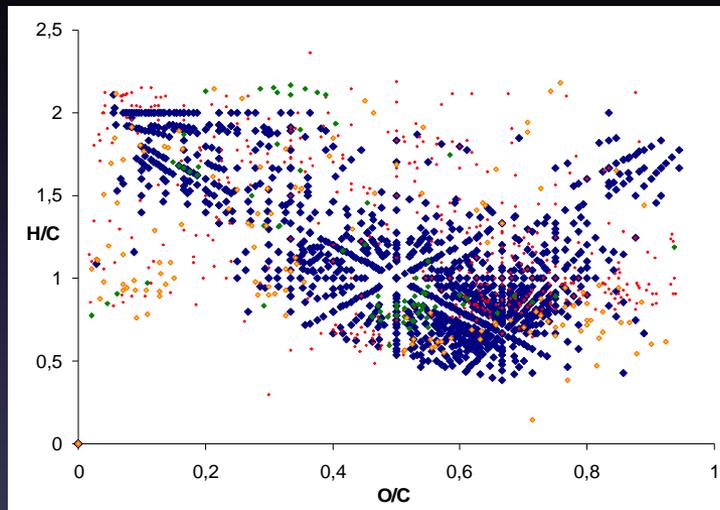
Seuil de perception (mg.L<sup>-1</sup>)



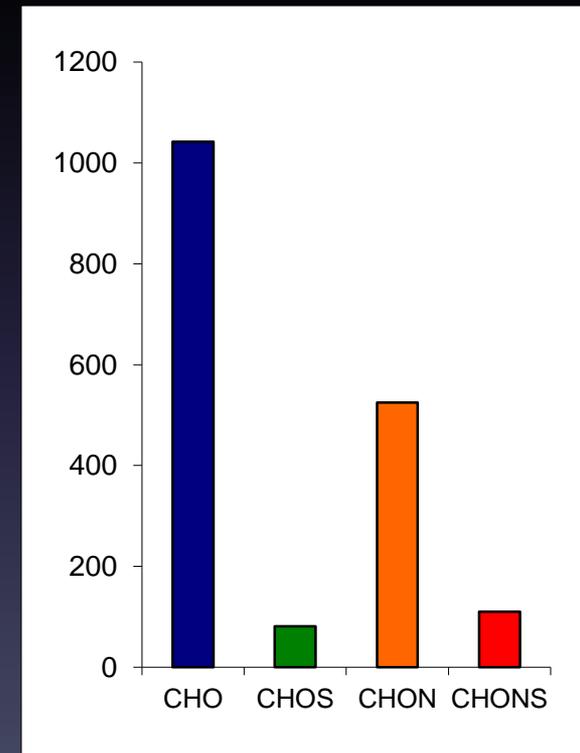
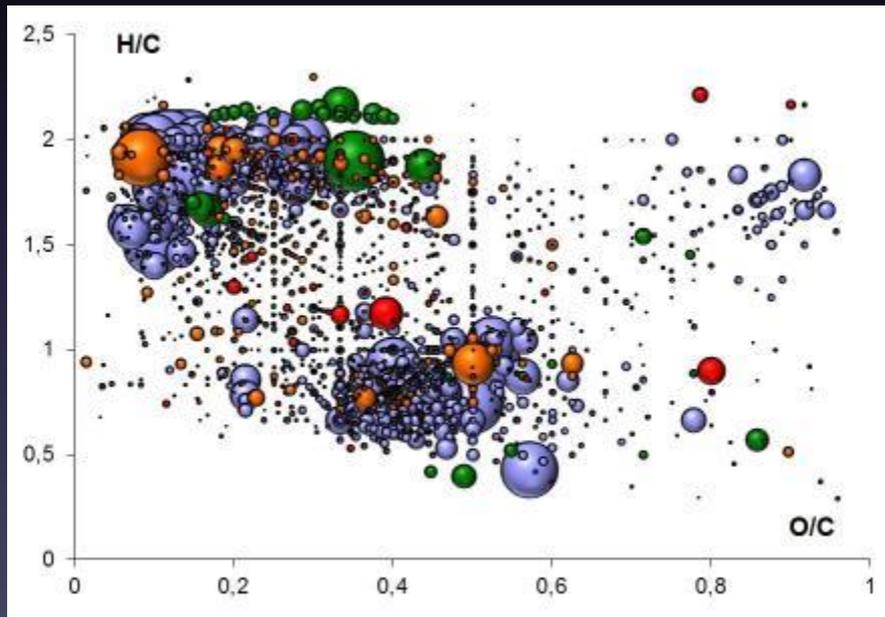
Dry vs soaked wood: Modulating the volatile extractable fraction of oak wood by heat treatments

Charlie J. Duval<sup>a,\*</sup>, Nicolas Sok<sup>b</sup>, Jérémy Laroche<sup>a</sup>, Karine Gourrat<sup>c,1</sup>, Andréi Prida<sup>d</sup>, Sonia Lequin<sup>a</sup>, David Chassagne<sup>a</sup>, Régis D. Gougeon<sup>a,\*</sup>

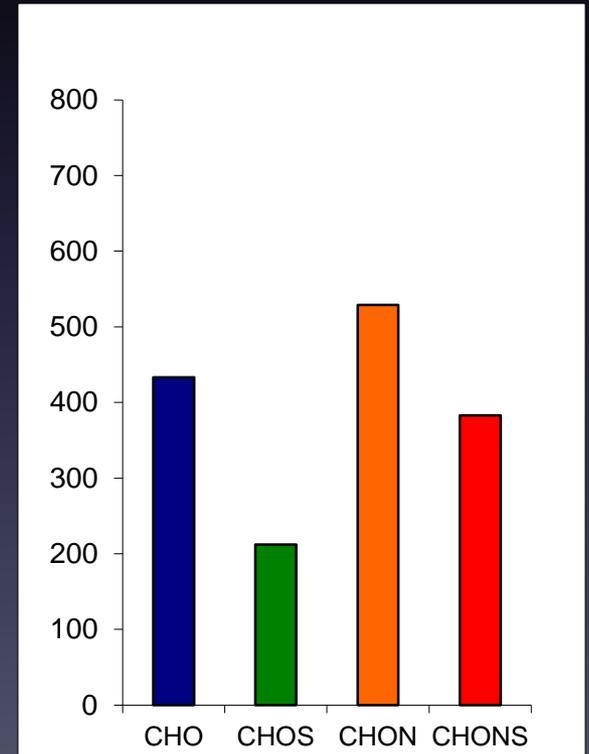
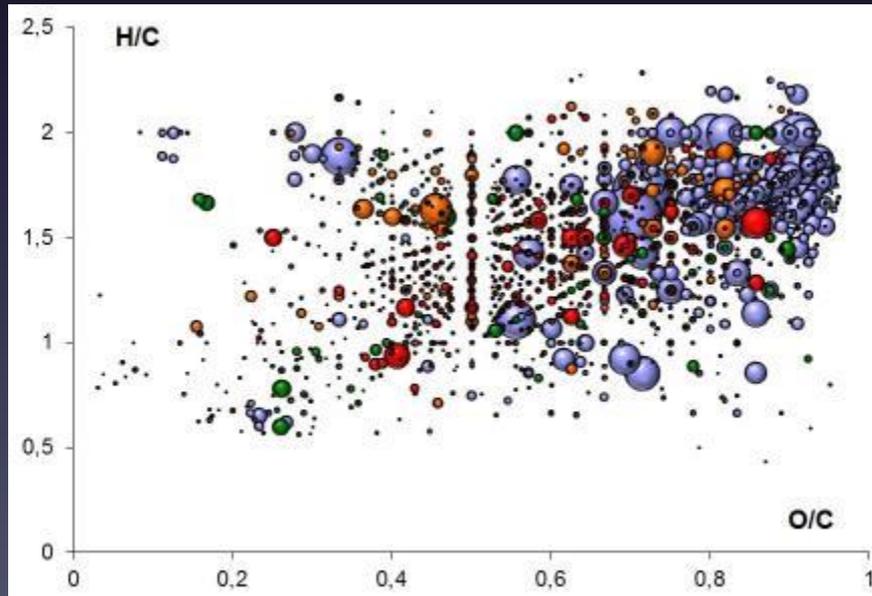
# L'élevage en fût



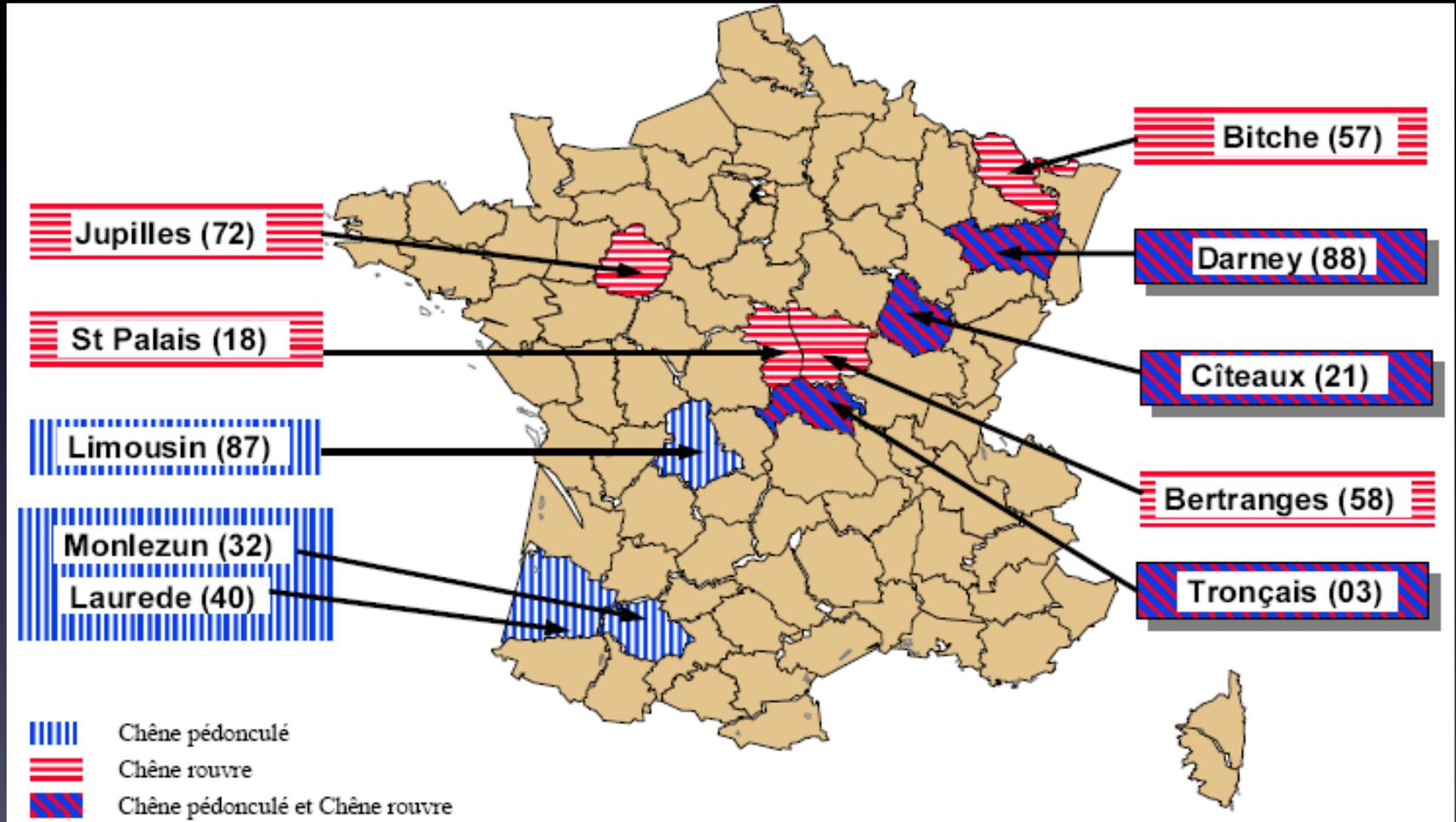
# Les cristaux de tartre



# Château Chalon 1945



# Tonnellerie 2000



# Tonnellerie 2000



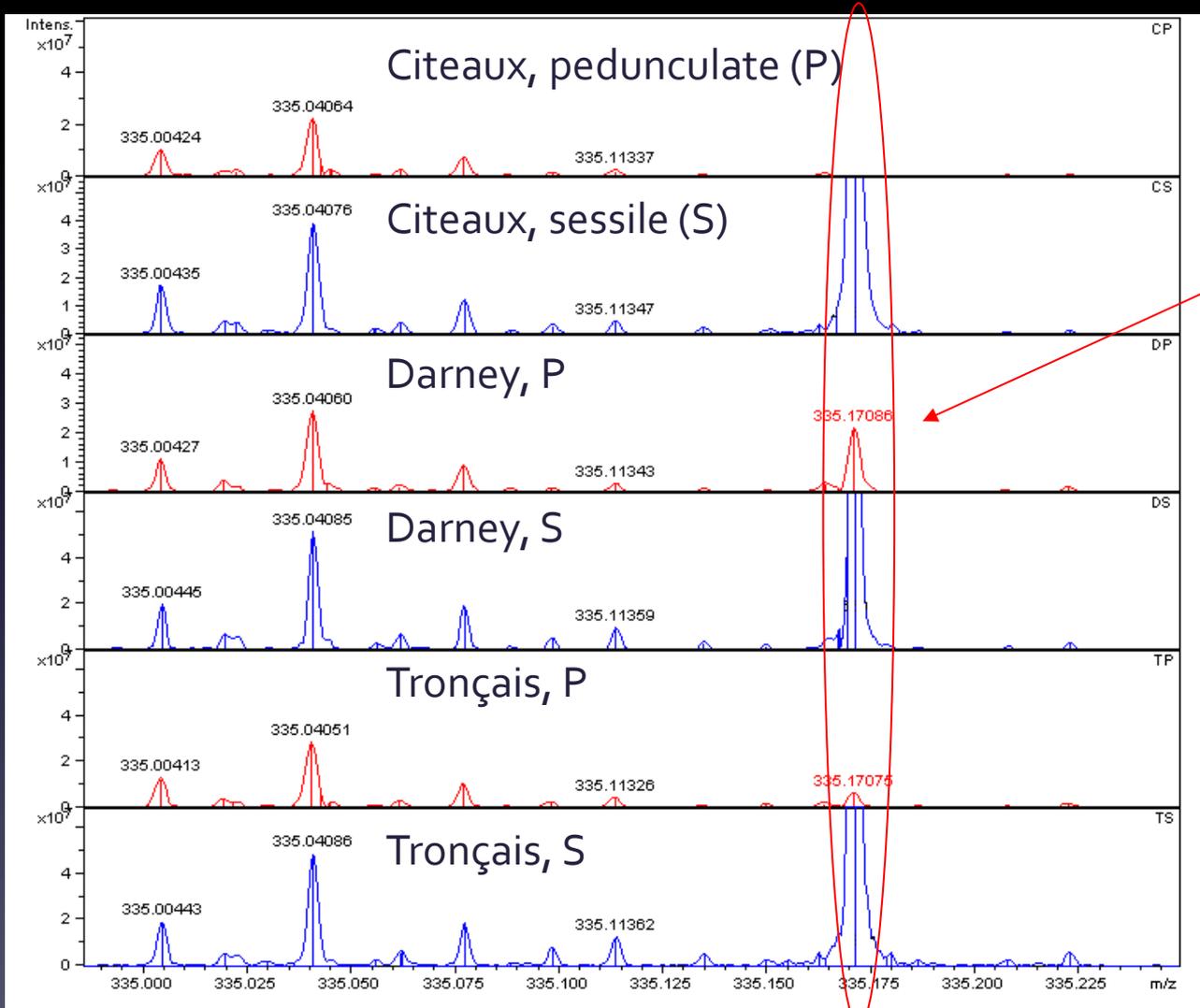
1 forêt  
24 arbres  
(même espèce)

24 douelles



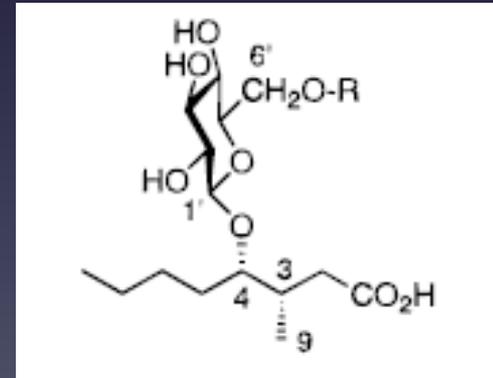
- 9 forêts
- 2 espèces de bois : *Sessile* et *Pédonculé*
- 12 couples espèce/forêt
- 4 vins (Beaune, Mercurey, Gigondas, Côte Rotie)
- 12 fûts pour un même vin
- 6 et 10 ans en bouteille

# Diversité métabolique du chêne

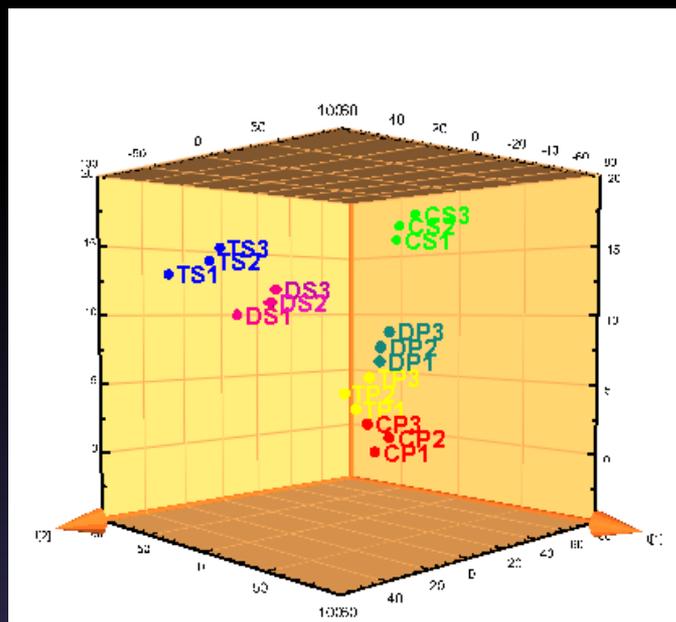


S-impurity in Darney P  
(some of S-trees were wrongly assigned to P!)

m/z 335.1708  
Isomers of:



# Terroir du chêne



> 100 m/z discriminantes

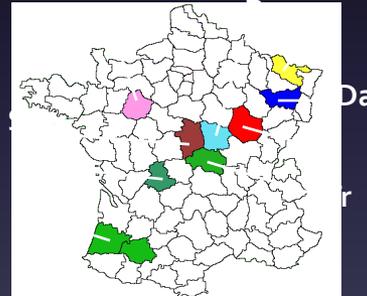
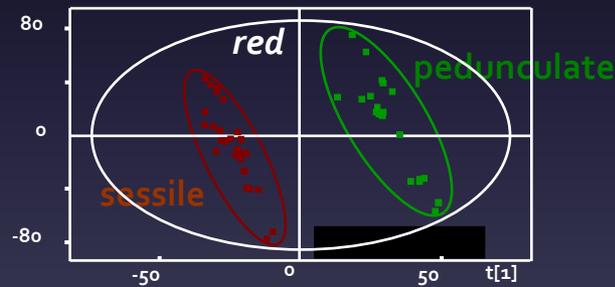
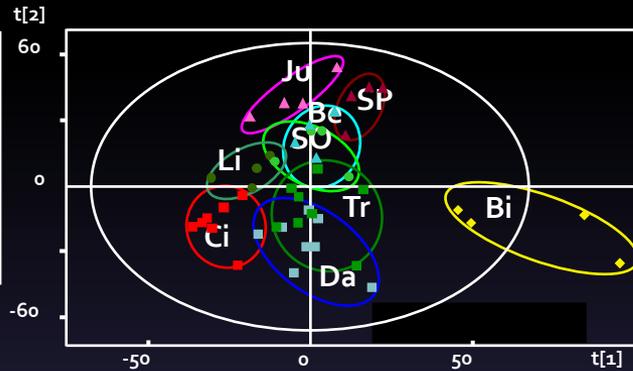
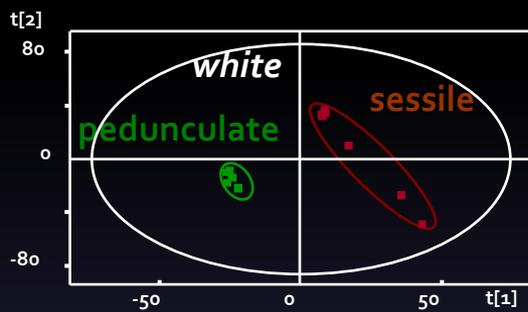
**CHEMISTRY**  
A EUROPEAN JOURNAL

DOI: 10.1002/chem.200801181

## Expressing Forest Origins in the Chemical Composition of Cooperage Oak Woods and Corresponding Wines by Using FTICR-MS

Regis D. Gougeon,<sup>\*,[a]</sup> Marianna Lucio,<sup>\*,[b]</sup> Arnaud De Boel,<sup>[a]</sup> Moritz Frommberger,<sup>[b]</sup>  
Norbert Hertkorn,<sup>[b]</sup> Dominique Peyron,<sup>[c]</sup> David Chassagne,<sup>[a]</sup> François Feuillat,<sup>[d]</sup>  
Philippe Cayot,<sup>[e]</sup> Andrée Voilley,<sup>[e]</sup> Istvan Gebefügi,<sup>[b]</sup> and Philippe Schmitt-Kopplin<sup>\*,[b]</sup>

# Oenolomics



**The chemodiversity of wines can reveal a metabo-geography expression of cooperage oak wood**

Régis D. Gougeon<sup>a,1</sup>, Marianna Lucio<sup>b</sup>, Moritz Frommberger<sup>b</sup>, Dominique Peyron<sup>c</sup>, David Chassagne<sup>a</sup>, Hervé Alexandre<sup>d</sup>, François Feuillat<sup>a</sup>, Andrée Voilley<sup>f</sup>, Philippe Cayot<sup>f</sup>, Istvan Gebefügi<sup>b</sup>, Norbert Hertkorn<sup>b</sup>, and Philippe Schmitt-Kopplin<sup>b,1</sup>

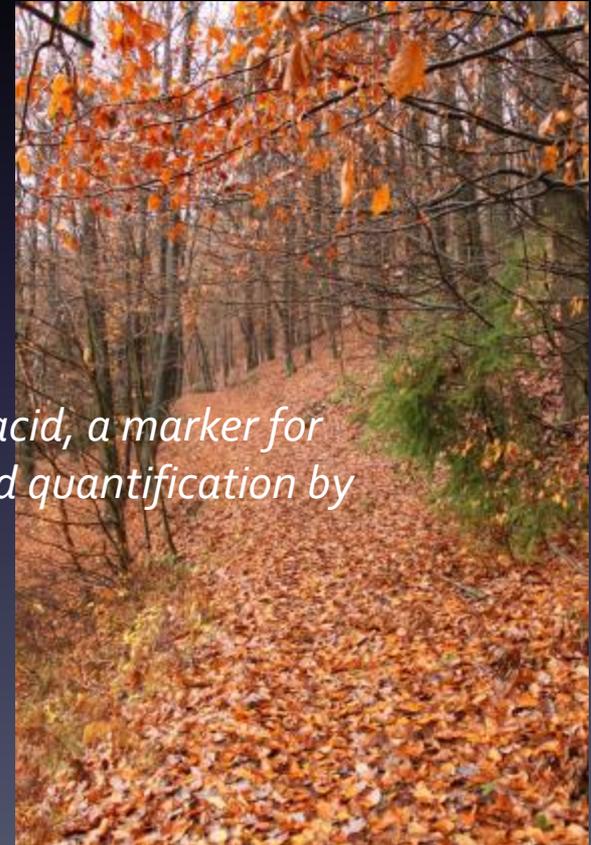
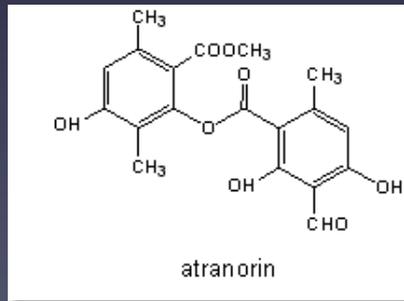
<sup>a</sup>Équipe Eau Molécules actives Macromolécules Activité EA 581, Institut Universitaire de la Vigne et du Vin, Université de Bourgogne, Rue Claude Ladréy, 21078 Dijon, France; <sup>b</sup>Helmholtz Zentrum München, German Research Center for Environmental Health, Institute for Ecological Chemistry, Ingoldstädter Landstrasse 1, D-85764 Neuherberg, Germany; <sup>c</sup>Équipe de Psychologie Cognitive des Sens Chimiques, UMR Centre National de la Recherche Scientifique

# Oenolomics

Signoret J, Diederich P (2003) *Inventaire des champignons lichénisés et lichénicoles de la Réserve Naturelle des rochers et tourbières du Pays de Bitche* *Ann Sci Rés Bios Trans Vosges du Nord* 11:193–222.



- Bourgeois G, Suire C, Vivas N, Benoist F, Vitry C (1999) *Atraric acid, a marker for epiphytic lichens in the wood used in cooperage: Identification and quantification by GC/MS/(MS)*. *Analisis* 27:281–283



# L'élaboration des vins rouges



## 1 Egrappage (Éraflage) Foulage



Séparation des bords de raisin et de la rafle (par systématiquement). Écrasement des bords et foulage du jus.  
Removing grapes stems from the stems (optional). Decapitating and mashing of the juice.

## 2 Encuvage



Mise en cuve du jus et des solides pulvés, adaptés pour la phase de macération.  
Mashing the juice and the solids pulp, suited for the maceration process.  
Color and tannin pass into the juice.

## 3 Pigeage Remontage



Le « pigeage » de raisin + complément par les parties solides est effectué dans le moulin à jus.  
Le moût est pompé et redistribué par le bas en versant le « chapeau de moût ».  
Extrait couleur et tannin.  
The "top" (mashing of solids) is pumped down into the must (juice). The must is pumped over to the top of the tank, mashing the "cap".  
Extract colour and tannin.

## 4 Fermentation alcoolique



Transformation des sucres du moût en alcool et résidu d'arômes, sous l'action des levures fermentaires (Saccharomyces cerevisiae).  
Transformation du jus de cuve en vin.  
Transformation of sugars from the must into alcohol, and aroma release by yeast fermentation. Saccharomyces cerevisiae.  
Transformation of grape juice into wine.

## 5 Ecoulage Décuvage



Le vin est écoulé par gravité dans de grands fûts ou barils dans une autre cuve ou des fûts. Le moût est récupéré afin d'être pressé.  
The wine is decanted (from one vat) and transferred to tanks or barrels by gravity. The pomace is collected for pressing.

## 6 Pressurage



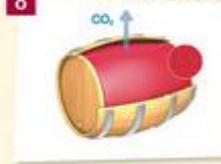
Une machine spéciale presse le moût et le jus encore présent est récupéré en défiant le vin de pressoir.  
Le résidu (tourteau) presse le pomace et le jus est pressé et récupéré en défiant le vin de pressoir.  
"Dry" the pomace.

## 7 Assemblage Débourage



Traditionnellement, le vin de qualité et le vin de presse sont assemblés avant l'élevage.  
Le vin est filtré. Les particules les plus lourdes se déposent au fond de la cuve. Le vin « clair » est mis en fûts ou en bouteilles avant élevage.  
Traditionally, fine- and low-press wine are assembled before maturing. The wine is filtered. The heaviest particles deposit at the bottom of the tank. The "clear" wine is placed in barrels and the must is placed in a must vat.

## 8 Fermentation malolactique



Certaines variétés de raisins (notamment les variétés de l'axe méridional, en climat chaud, et les variétés de l'axe septentrional, en climat froid) subissent une fermentation malolactique.  
Certaines variétés de raisins (notamment les variétés de l'axe méridional, en climat chaud, et les variétés de l'axe septentrional, en climat froid) subissent une fermentation malolactique.  
Decrease wine acidity and stabilize its stability.

## 9 Soutirage Sulfitage



Étape non systématique.  
Le vin « clair » est soutiré, c'est-à-dire chargé de sulfite (sous la forme de SO2), les lies déposées au fond de la cuve ou du fût sont éliminées.  
Le vin reste fragile, du soufre est ajouté de façon à le protéger.  
Optional step.  
The "clear" wine is siphoned. It is then transferred into a tank or barrel. The lees (sludge) at the bottom of the tank or barrel are removed. The wine remains fragile, sulphur is added to protect it.

## 10 Elevage



Le vin est conservé en fûts (jus de 200 litres) pour plusieurs mois. Des échanges se font à travers le bois.  
Evolution structurelle et aromatique.  
The wine is kept in casks (200 liter barrels) for several months. Exchanges with and through the wood take place.  
Structural and aromatic development.

## 11 Soutirage Assemblage



Le vin est soutiré en cuve et le soufre est réajusté si nécessaire.  
Le vin issu d'une même parcelle ou de plusieurs parcelles d'une même appellation, élevé dans des fûts différents, est assemblé.  
Préparer le vin pour le bouchage.  
The wine is siphoned into a tank and its sulfur level is adjusted if necessary. Wine produced from the same plot or several plots in the same appellation, is blended.  
Prepare the wine for bottling.

## 12 Collage



Ajuster, si nécessaire, d'une colle protéique (type blancs d'œufs, protéines végétales ou synthétiques) fining agents which allow suspended particles towards the bottom of the tank.  
Clarifier and stabilize the wine.  
Aid if necessary protein (such as egg whites, natural, or synthetic) fining agents which allow suspended particles towards the bottom of the tank.  
Clarify and stabilize the wine.

## 13 Filtration Mise en bouteilles



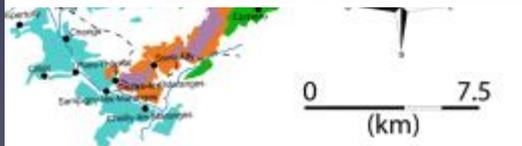
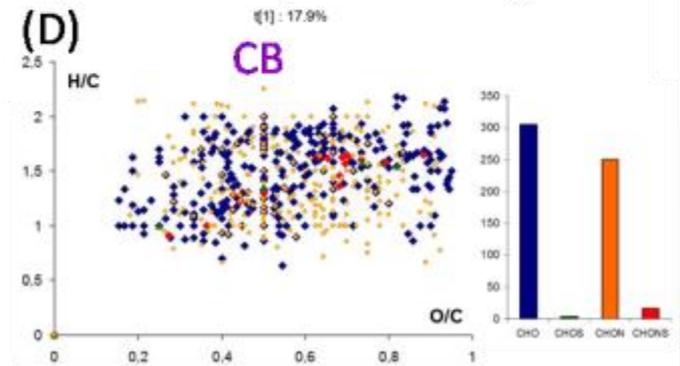
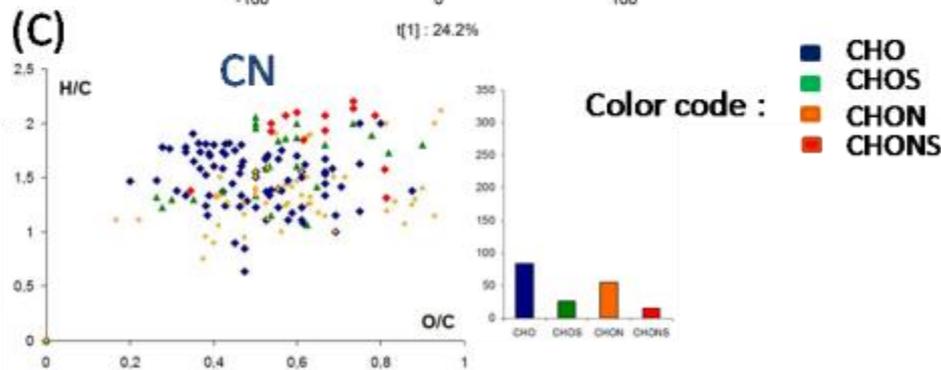
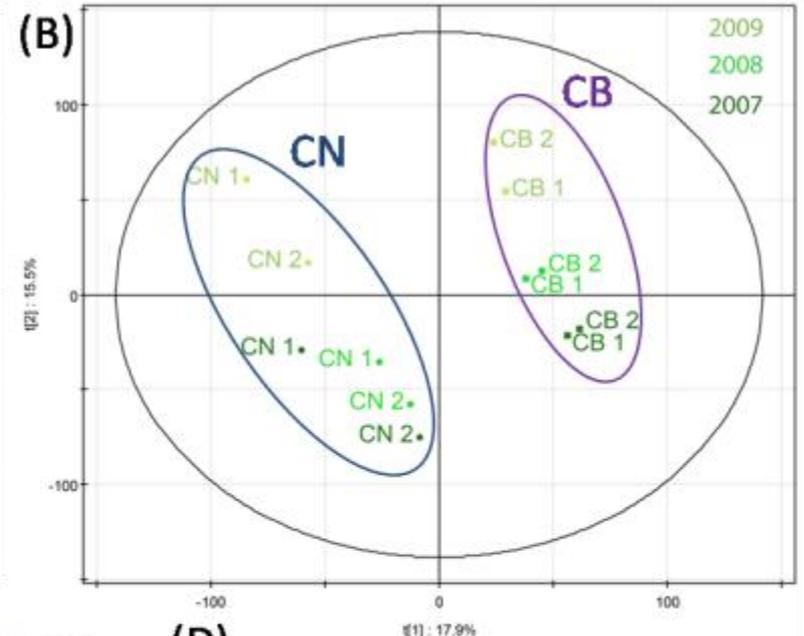
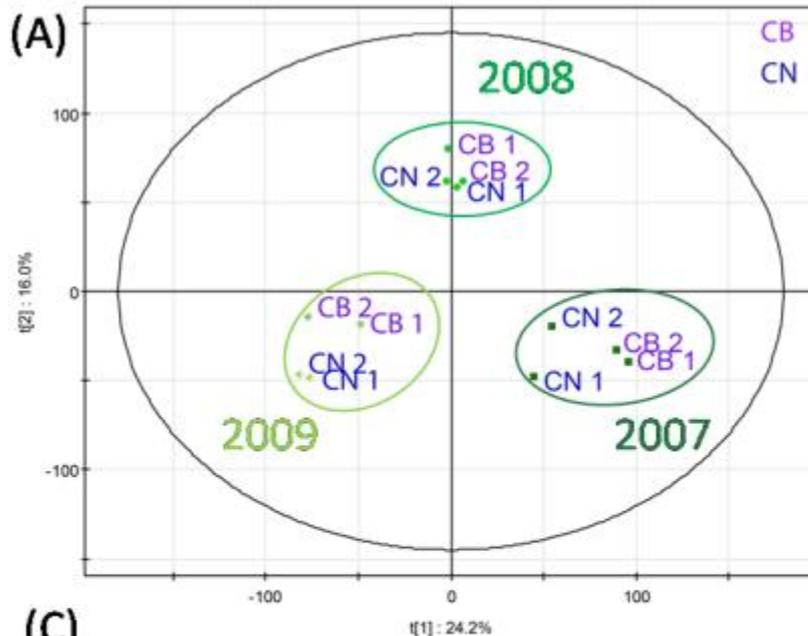
Le vin est parfois filtré pour le rendre limpide et brillant.  
Il est ensuite transféré dans une cuve pour être mis en bouteilles à l'aide d'une « bécane » et bouché par une « bécane ».  
Wine is sometimes filtered to make it limpid and bright. It is then transferred into a tank to be bottled using a bottling machine and corked with a corking machine.



Pour en savoir plus : [www.vins-bourgogne.fr](http://www.vins-bourgogne.fr) For further information : [www.bourgogne-vins.fr](http://www.bourgogne-vins.fr)



# Le terroir en bouteille



A grape and wine chemodiversity comparison of different appellations in Burgundy: Vintage vs terroir effects



Chloé Roullier-Gall<sup>a,b</sup>, Lemia Boutegrabet<sup>a,b</sup>, Régis D. Gougeon<sup>a,\*</sup>, Philippe Schmitt-Kopplin<sup>b,c,\*</sup>

# Champagne



Philippe  
JEANDET

Laboratoire d'œnologie et Chimie Appliquée



Clara  
CILINDRE

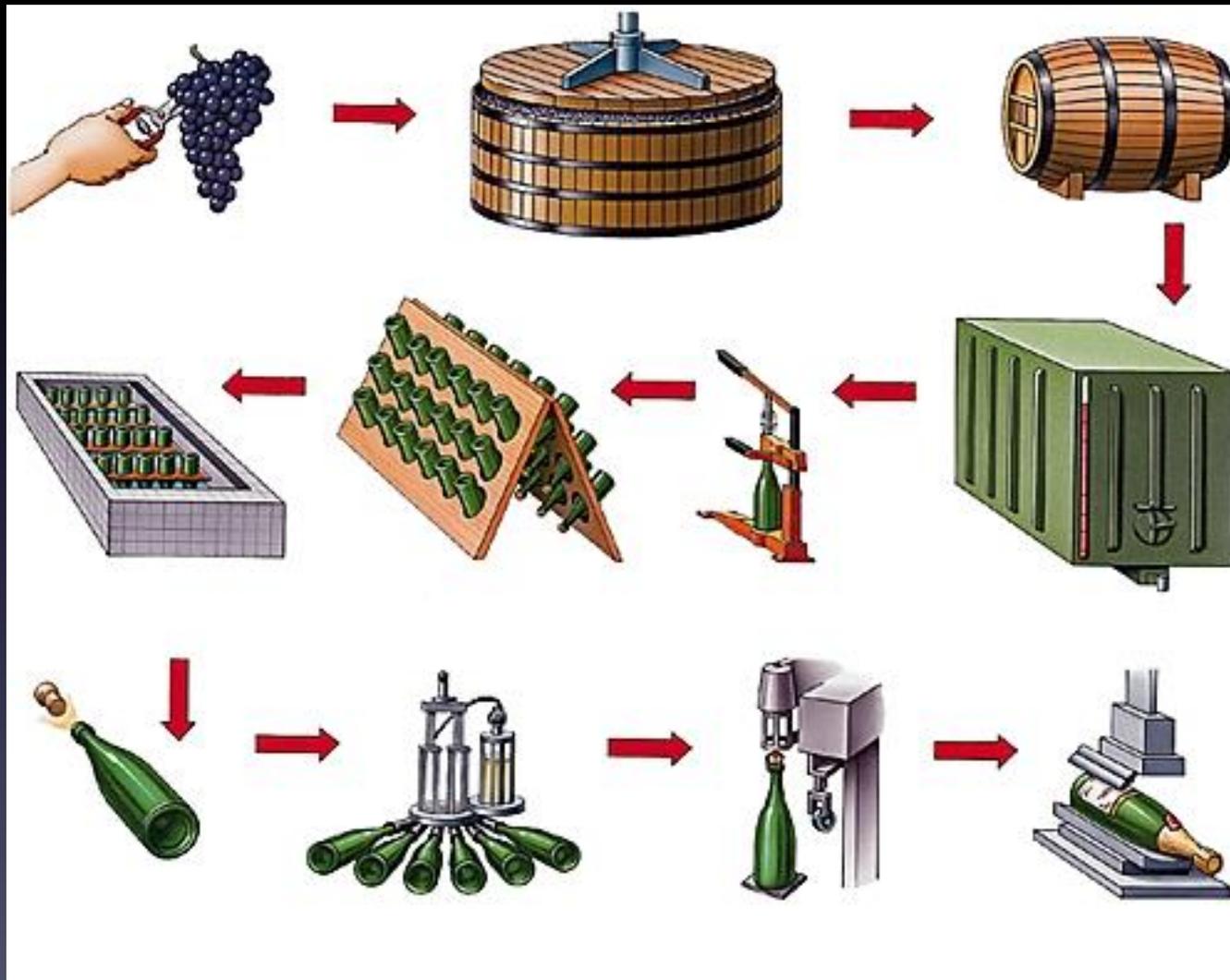


Gérard  
LIGER-BELAIR

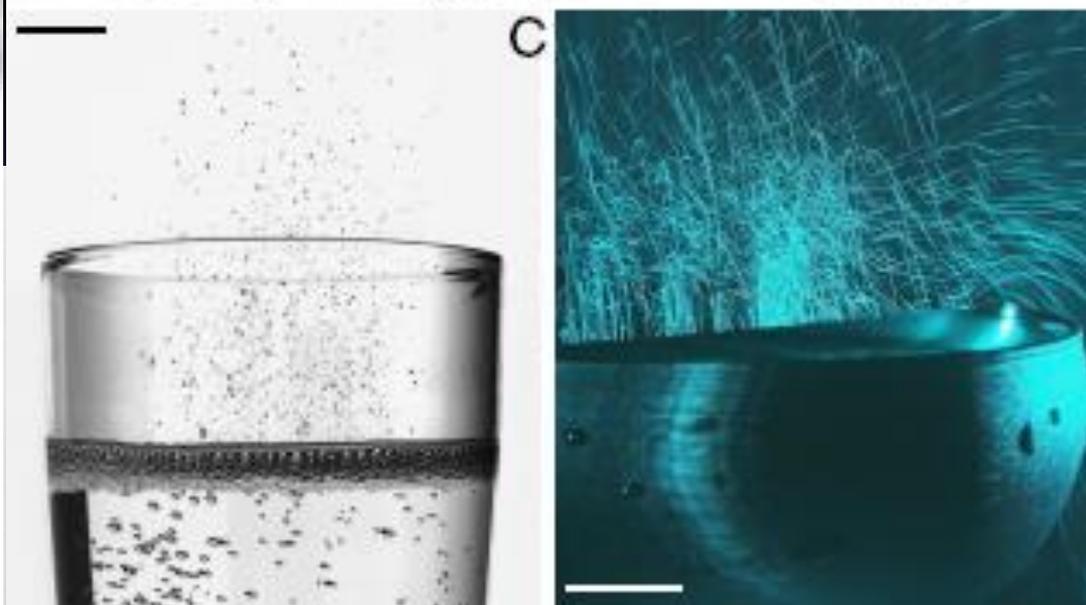
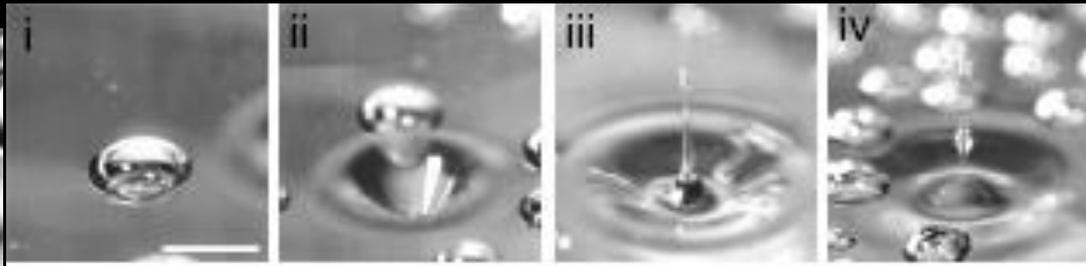


GSMA UMR 7331  
Groupe de Spectrométrie Moléculaire  
et Atmosphérique

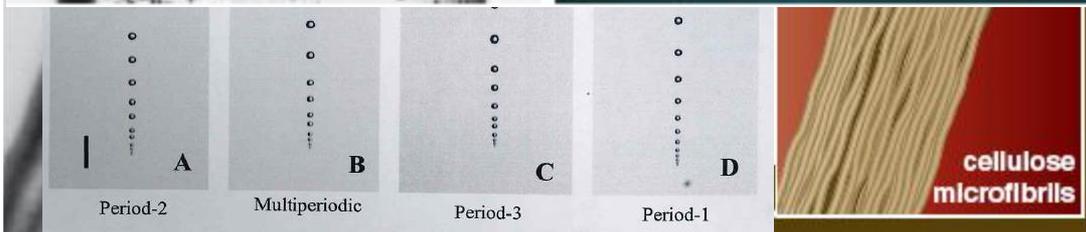
# Champagne



# Champagne



G. Liger-Belair; Univ. Reims

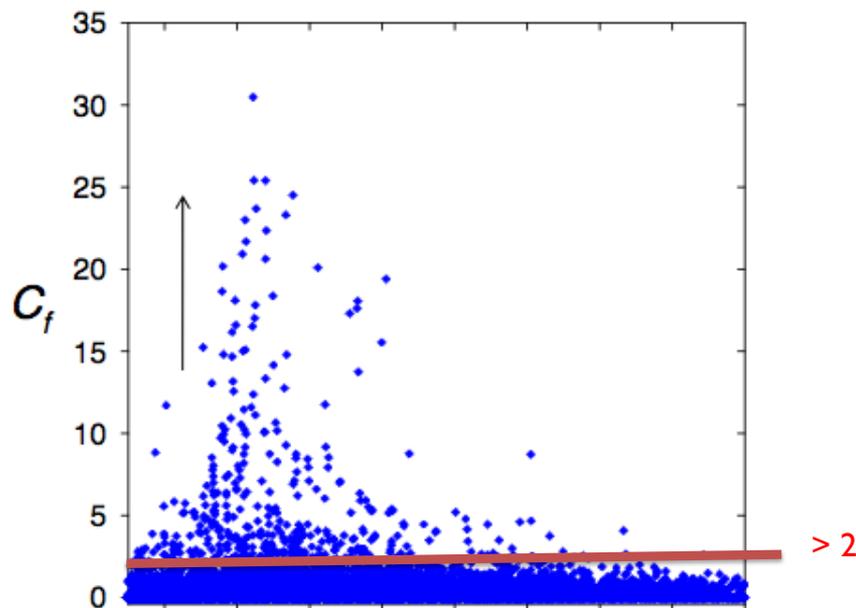


# Champagne



Aerosols  
Bulk

## Facteur de concentration



## Unraveling different chemical fingerprints between a champagne wine and its aerosols

Gérard Liger-Belair<sup>a,1</sup>, Clara Cilindre<sup>a</sup>, Régis D. Gougeon<sup>b</sup>, Marianna Lucio<sup>c</sup>, Istvan Gebef ugi<sup>c</sup>, Philippe Jeandet<sup>a</sup>, and Philippe Schmitt-Kopplin<sup>c,1</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire d'Enologie et Chimie Appliquée, Unité de Recherche Vigne et Vins de Champagne-Unité Propre de Recherche et de l'Enseignement Supérieur EA 2069, Université de Reims Champagne-Ardenne, BP 1039, 51687 Reims, France; <sup>b</sup>Institut Universitaire de la Vigne et du Vin-Jules Guyot, EA 581 EMMA, Université de Bourgogne, 21078 Dijon, France; and <sup>c</sup>Institute for Ecological Chemistry, BioGeoChemistry, and Analytics, Helmholtz Zentrum München, Ingoldst dter Landstra e 1 D-85764 Neuherberg, Germany

Edited by Jerrold Meinwald, Cornell University, Ithaca, NY, and approved August 13, 2009 (received for review June 12, 2009)

# Le pater noster des arômes

ESI(-) mass (m/z) * ESI(+)	Formula	Possible assignments	
171.13907	$C_{10}H_{20}O_2$	Decanoic acid (capric acid) 2-Octene-1,7-diol, 3,7-dimethyl-, (2Z)- 7-Octene-2,6-diol, 2,6-dimethyl-	
199.17035	$C_{12}H_{24}O_2$	Dodecanoic acid (lauric acid)	
225.14962	$C_{13}H_{22}O_3$	Dihydrovomofiliol Blumenol B Annulionone G Dihydromethyl jasmonate	
225.18600	$C_{14}H_{26}O_2$	Myristoleic acid ((9Z)-Tetradecenoic acid)	
227.20055 *		Butanoic acid, 3,7-dimethyl-6-octenyl ester Dodecanol c acid, e thenyl es ter	
227.20165		Tetradecanoic acid (myristic acid)	
241.21731	$C_{15}H_{30}O_2$	Pentadecanoic acid Isoamyl decanoate (Decanoic acid, 3-methylbutyl ester) Isopropyl dodecanoate Methyl tetradecanoate Ethyl tridecanoate 2-methylbutyl decanoate	
253.21727		$C_{16}H_{30}O_2$	Palmitoleic acid ((9Z)-Hexadecenoic acid)
255.23188 *			2-propenoic acid, 2-methyl,dodecyl ester
255.23295			Hexadecanoic acid (Palmitic acid)
257.24751 *		$C_{16}H_{32}O_2$	Tetradecanoic acid, ethyl ester (ethyl myristate) Methyl pentadecanoate
257.21222	Tridecanoic acid, 3-hydroxy-, ethyl ester		
269.24860	$C_{17}H_{34}O_2$	Heptadecanoic acid (Margaric acid)	
271.26317*		Pentadecanoic acid, ethyl ester	
279.23295	$C_{18}H_{32}O_2$	Linoleic acid	
281.24860	$C_{18}H_{34}O_2$	Oleic acid, cis-Oleic acid ((9Z)-Octadecenoic acid)	
283.26424	$C_{18}H_{36}O_2$	Octadecanoic acid (Stearic acid)	
285.27869 *		Hexadecanoic acid, ethyl ester (ethyl palmitate)	
297.24352	$C_{18}H_{34}O_3$	Ricinoleic acid ((9Z)-(12S)-Hydroxyoctadecenoic acid)	
325.20240	$C_{18}H_{30}O_5$	2,6-Dodecadienoic acid, 10-(acetyloxy)-11-hydroxy-3,7,11-trimethyl-,methyl ester, (2E,6E)-	

## Principales molécules identifiées

Acides gras

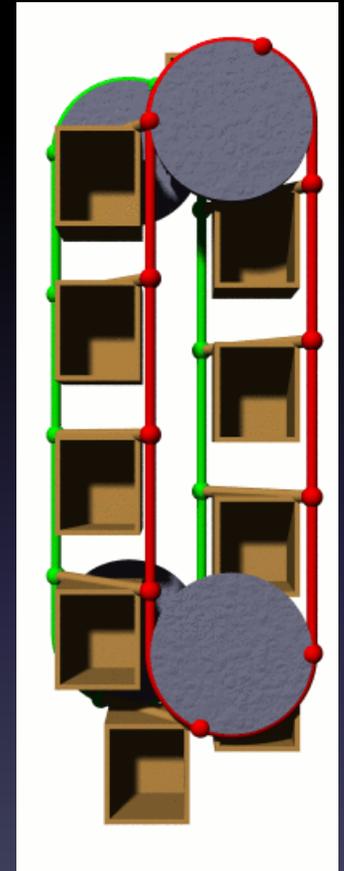
Esters d'acides gras

Alcool monoterpénique

C13 Norisoprénoides

Glucoside

Glycosides terpéniques



# Archéo œnolomics



Partager



Tweeter

S'abonner au site

## Champagnes de la Baltique : Heidsieck était du voyage

Une troisième marque de champagne vient d'être décelée parmi les vieux flacons retrouvés au fond de la mer Baltique, dans une épave datant des années 1840. Il s'agit de l'illustre maison Heidsieck !



**L**es vieilles bouteilles de champagne, découvertes il y a quelques mois dans une épave de l'archipel de Aland, au large de la Finlande, n'en finissent pas de livrer leurs secrets.

Alors que les 162 flacons repêchés avaient été identifiés comme provenant des marques **Veuve-Clicquot** et **Juglar** (aujourd'hui Jacquesson), une récente opération de rebouchage a mis à jour une signature supplémentaire, figurant sur les bouchons de quatre bouteilles : **Heidsieck**.

Mot-clé : **la Champagne**

# Champagne de la Baltique



VCP > 1841  
Juglar < 1832



# Dégustation de VCP de la Baltique

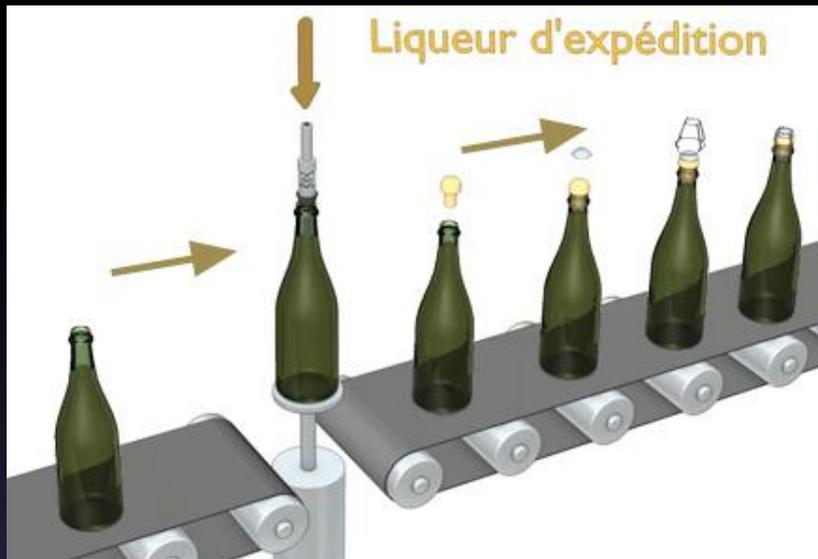
"Nez choquant, fermier, écurie, croûte de fromage.....Ouverture vers le cuir.....Puis pétrole, et enfin violette...."

"Machine à remonter le temps.....Mélange d'une grande violence au nez... vieux parmesan... vieux rhum"

"Une bouche moelleuse... liqueur... pas de notes fermières..."

"Pas de salinité.... Pas d'arômes de champignon..."

# Champagne de la Baltique



S1. Current analyses of modern champagnes vs. champagnes from the Baltic Sea

Measured parameter	Modern champagnes	Champagnes from the Baltic Sea		
		A11	B17	A33
Alcohol, % V/V	12.33	9.34	9.84	9.40
Density at 20 °C	0.990	1.032	1.022	1.032
pH	3.03	3.16	3.16	3.14
Total acidity, g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L	4.7	4.2	4.1	4.2
Acetic acid, g/L	0.23	0.41	0.54	0.38
Malic acid, g/L	0.1	1.6	1.3	1.6
Tartaric acid, g/L	3.5	1.8	1.3	1.8
Sugars, g/L	1.6	144	118	144
Gluconic acid, mg/L	60	156	110	155

# Le dosage au temps de Mme Clicquot

## ■ Évolution du dosage au cours du XIX<sup>e</sup> siècle

■ 1800-1810 : Le vin n'est pas systématiquement « liquoréfié », mais la plus grande partie des vins subissent une opération de dosage : au sucre ou au sirop de raisin.

■ Au début du XIX<sup>e</sup> siècle : La bouteille de 1 litre recevait un apport de sucre compris entre 16,6 et 66,6 g. La moyenne correspond à un dosage de 25 à 50 g. Le dosage au sirop de raisin correspond à un dosage légèrement inférieur. Ces vins sont donc nettement moins dosés que dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle.

	En 1830	En 1882
- pour le marché anglais	22 à 66 g	10 à 30 g
- pour le marché américain	110 à 165 g	60 à 80 g
- pour le marché français et allemand	165 à 200 g	80 à 100 g
- pour le marché russe	275 g à 330 g	150 à 160 g

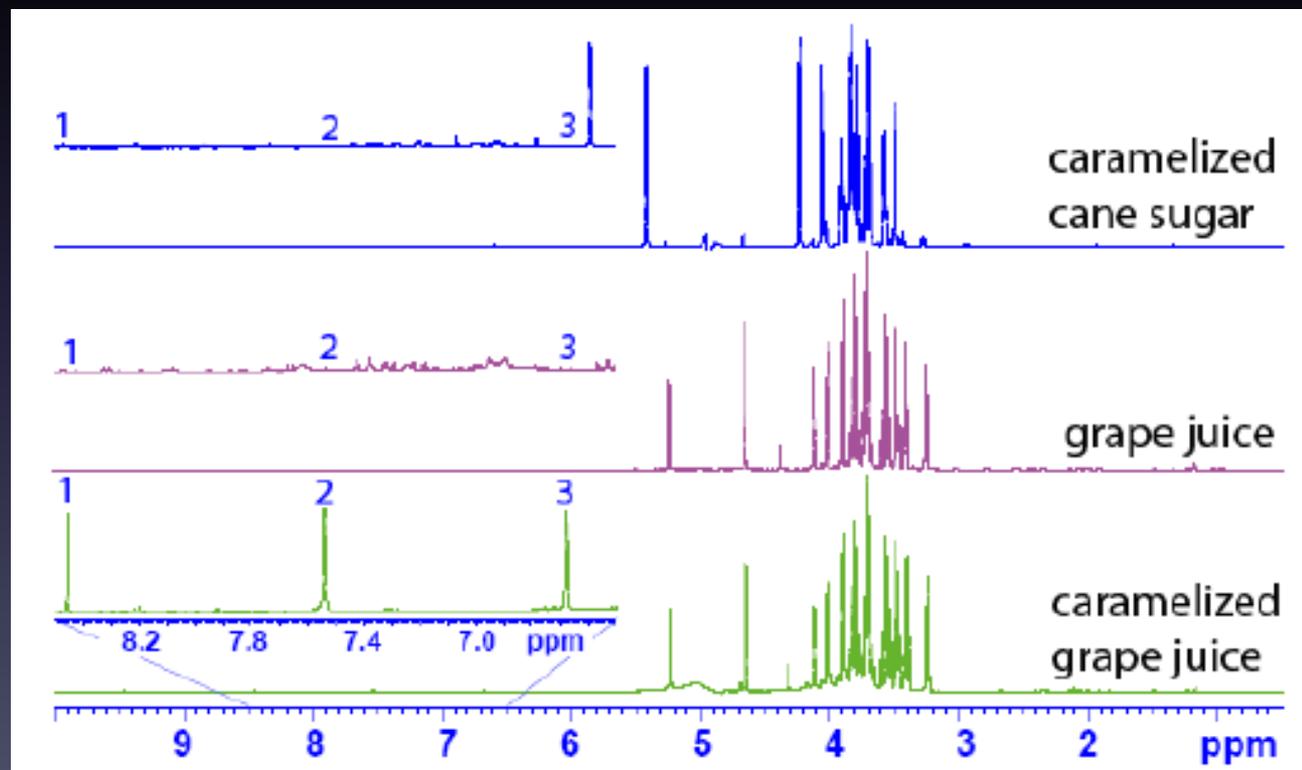
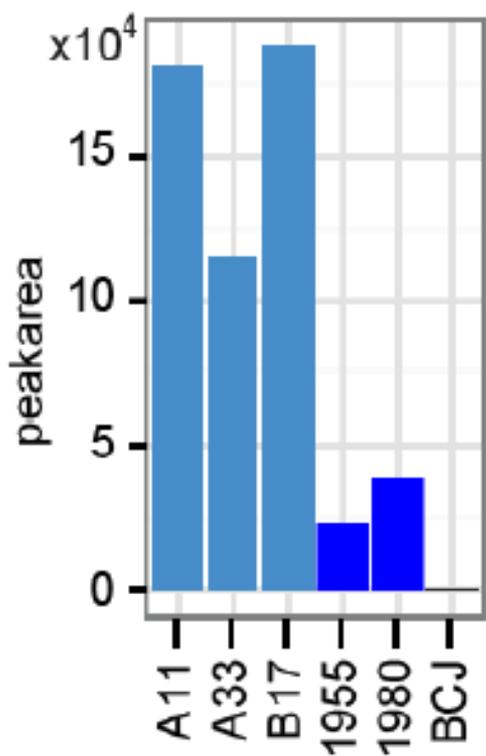
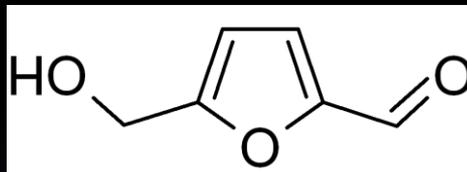
■ Vers 1830 : le dosage augmente fortement

■ À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle : le dosage redescend sous l'impulsion du marché britannique.

■ Sources : bibliographie diverses / Fabienne MOREAU

# Des composés marqueurs

Hydroxyméthylfurfural

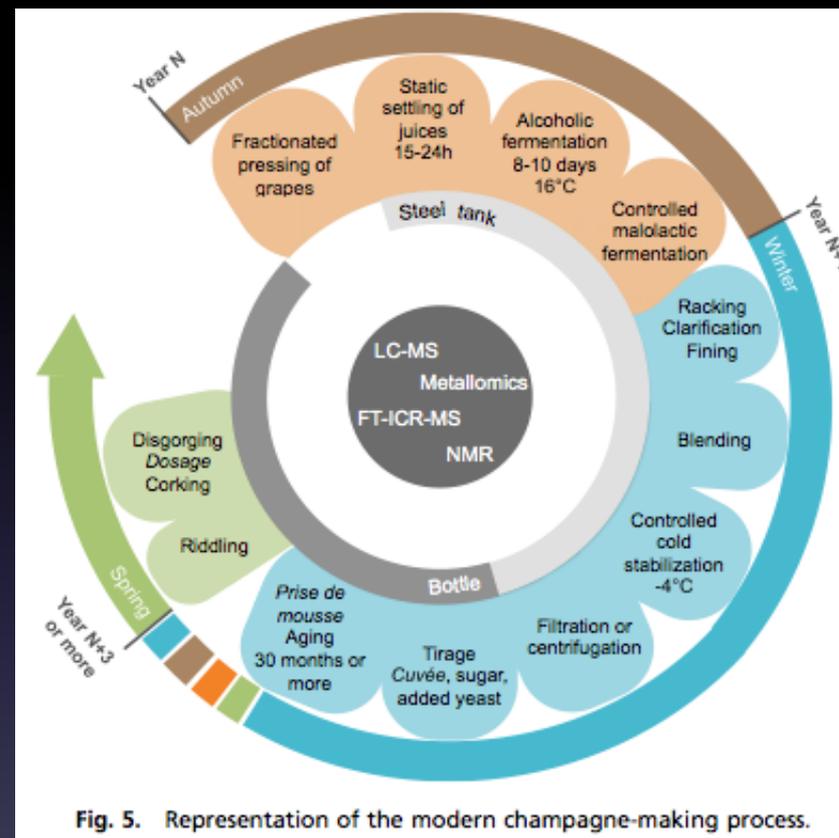
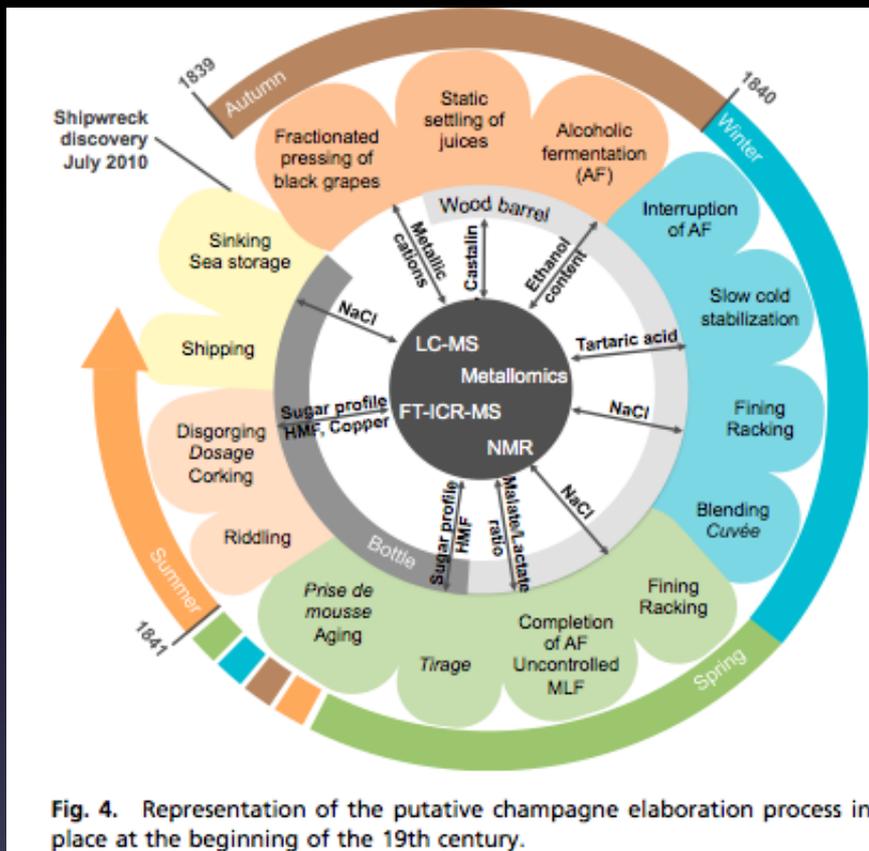


# Salinité ?

**Table S2. Elemental analyses of modern champagnes vs. champagnes from the Baltic Sea**

Element	Modern champagnes			Champagnes from the Baltic Sea		
	BCJ	1980	1950	A11	B17	A33*
Al	726	1,220	1,120	2,870	2,550	3,710
B	2,630	2,820	3,310	2,250	2,530	3,380
Ba	36	45	65	71	170	149
Br	nd	nd	nd	4,020	2,080	2,390
Ca	83,000	58,200	57,200	58,400	63,700	85,700
Cl	6,030	7,200	12,500	966,000	925,000	1,540,000
Cu	27	40	78	100	303	1,430
Fe	1,100	3,630	4,630	118,000	84,200	13,300
K	297,000	390,000	505,000	359,000	280,000	489,000
Mg	64,600	70,300	58,400	79,900	84,300	129,000
Mn	743	1,070	847	922	1,100	1,370
Na	8,020	18,700	9,480	510,000	443,000	1,050,000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,550	2,160	10,400	7,200	10,600	513,000
P	118,000	110,000	73,000	92,200	82,600	113,000
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	263,000	237,000	168,000	150,000	142,000	210,000
S	104,000	120,000	168,000	88,800	77,600	165,000
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	130,000	166,000	315,000	131,000	228,000	189,000
Sr	217	292	261	537	545	845
Ti	25	101	24	16	271	256
V	19	54	19	22	48	94
Zn	574	989	721	422	1,020	944

# Champagne de la Baltique



## Chemical messages in 170-year-old champagne bottles from the Baltic Sea: Revealing tastes from the past

Philippe Jeandet<sup>a,1</sup>, Silke S. Heinzmann<sup>b</sup>, Chloé Roullier-Gall<sup>b,c</sup>, Clara Cilindre<sup>d</sup>, Alissa Aron<sup>c</sup>, Marie Alice Deville<sup>e</sup>, Franco Moritz<sup>b</sup>, Thomas Karbowiak<sup>c</sup>, Dominique Demarville<sup>f</sup>, Cyril Brun<sup>g</sup>, Fabienne Moreau<sup>h</sup>, Bernhard Michalke<sup>b</sup>, Gérard Liger-Belair<sup>d</sup>, Michael Witting<sup>b</sup>, Marianna Lucio<sup>b</sup>, Damien Steyer<sup>d</sup>, Régis D. Gougeon<sup>c</sup>, and Philippe Schmitt-Kopplin<sup>b,h,1</sup>

# Archéo œnolomies

Hospices de Strasbourg

Une émotion "précolombienne" !



Source : Les grands vins sans sulfites, A Immelé

PARAMÈTRES ANALYTIQUES	
<i>Analyses de janvier 2011</i>	
Oxygène dissous en mg/L	0,5
Acidité totale en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> en g/L	10,63
pH	2,35
DO 420 (densité optique)	0,710
DO 520 " "	0,160
DO 620 " "	0,042
Fer en mg/L	77,1
Cuivre	0
Calcium en mg/L	99
Potassium en mg/L	1358
Acide lactique en g/L	2,0
Acide malique en g/L	2,3
Acide tartrique en g/L	3,7
Acide acétique en g/L	1,46
Acide succinique en g/L	- de 0,1
Acide citrique en g/L	- de 0,1
Acide gluconique	0
Glycérol en g/L	22
SO <sub>2</sub> libre	0
SO <sub>2</sub> total en mg/L	357
Glucose/fructose en g/L	3,7
Plomb en mg/L	0,2
<i>Analyses du 5 octobre 1994 réalisées par le laboratoire d'Ilkirch</i>	
Mercuré	0
Masse volumique à 20 °C en g/cm <sup>3</sup>	1,0035
Titre alcoométrique en % Vol	9,4
Extrait sec densimétrique en g/L	46,5
Acidité volatile (en acide sulfurique) en g/L	1,12
Acétaldéhyde en mg/L	685
Acétate d'éthyle en mg/L	235

[HOME](#) » [NEWS](#) » [WORLD NEWS](#) » [SOUTH AMERICA](#) » [CHILE](#)

## Scottish man launches meteorite-aged wine

Scottish expat Ian Hutcheon who has made his home in Chile the last 14 years has revealed his 2010 Meteorito, a robust Cabernet infused with nothing less than a 4.5 billion-year-old meteorite.

The Telegraph



Scottish man launches  
meteorite-aged wine

# Un Vin... à la Météorite (chardonnay d'Arbois)

Chardonnay "grain de pierre" 2015 - Cuvée Météorite

 Accueil

 0 news

 9 commentaires

 32 contributeurs



**4 672 €**

collectés sur un objectif de  
4 750 €



5 jours restants

**Contribuer**

à partir de 5 €

▶ Paiement sécurisé



Créateur



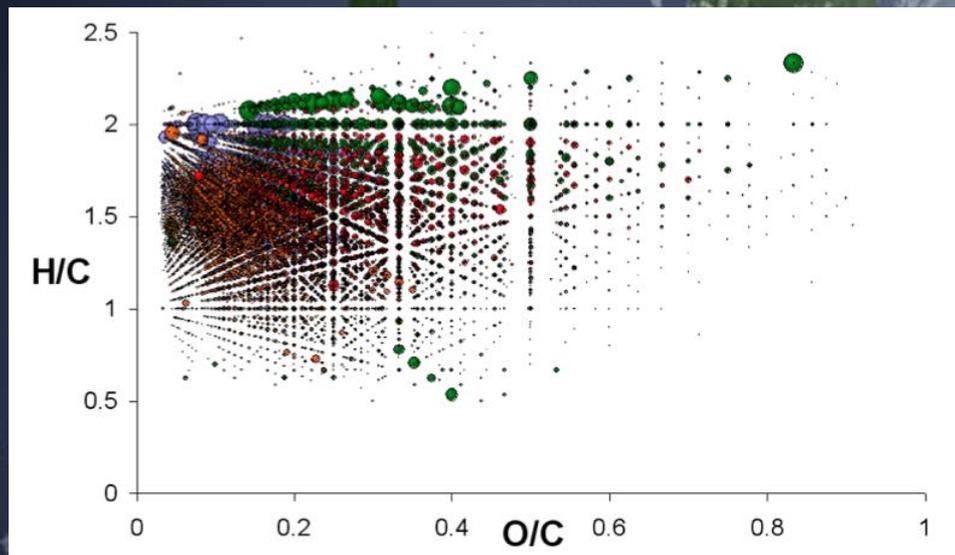
**WWMeteorites**

 Besancon

 1 projet créé

 [Envoyer un message](#)

# Murchison



Zélimir GABELICA  
Université de Haute Alsace

## High molecular diversity of extraterrestrial organic matter in Murchison meteorite revealed 40 years after its fall

Philippe Schmitt-Kopplin<sup>a,1,2</sup>, Zélimir Gabelica<sup>b,1</sup>, Régis D. Gougeon<sup>c,1</sup>, Agnes Fekete<sup>a</sup>, Basem Kanawati<sup>a</sup>, Mourad Harir<sup>a</sup>, Istvan Gebefuegi<sup>a</sup>, Gerhard Eckel<sup>a</sup>, and Norbert Hertkorn<sup>a,1</sup>

<sup>a</sup>Helmholtz-Zentrum Muenchen-German Research Center for Environmental Health, Institute for Ecological Chemistry, Ingolstaedter Landstrasse 1, D-85764 Oberschleibheim, Germany <sup>b</sup>Université de Haute Alsace, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, Laboratoire Propre Intégré-Group Sécurité et Ecologie Chimiques, 3 Rue Alfred Werner, F-68093 Mulhouse Cedex, France <sup>c</sup>Equipe Eau, Molécules actives, Macromolécules, Activité (EMMA) EA 581, Institut Jules Guyot, Université de Bourgogne, Rue Claude Ladrey, F-21078 Dijon, France <sup>1</sup>Institute of Electronic Music and Acoustics, University of Music and Performing Arts, Inffeldgasse 10/3, A-8010 Graz, Austria

Edited\* by Jerrold Meinwald, Cornell University, Ithaca, NY, and approved December 28, 2009 (received for review October 21, 2009)

> millions de  
composés  
organiques

....If our small minds, for some convenience, divide this glass of wine, this universe, into parts — physics, biology, geology, astronomy, psychology, and so on — remember that Nature does not know it ! So let us put it all back together, not forgetting ultimately what it is for. Let it give us one more final pleasure :  
**drink it and forget it all !**

Merci pour votre attention

