

# La couleur des cidres : Origine et mécanismes de formation

*Pourquoi les jus de pommes et les cidres sont-ils colorés ?  
Quels sont les principaux facteurs susceptibles d'impacter la couleur ?*

**Sylvain Guyot (INRA BIA PRP)**



## La couleur...au cours des procédés

### Les fruits



### Les pommes



### Le cidre

### Râpage



### La râpure

### Le pressage



### Le moût

### La fermentation



### Le marc

## Oxydation des polyphénols, 3 acteurs principaux

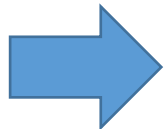


**Les polyphénols**  
(métabolites secondaires)

**Oxydation  
enzymatique  
des  
polyphénols**

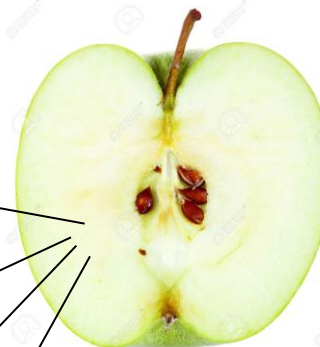
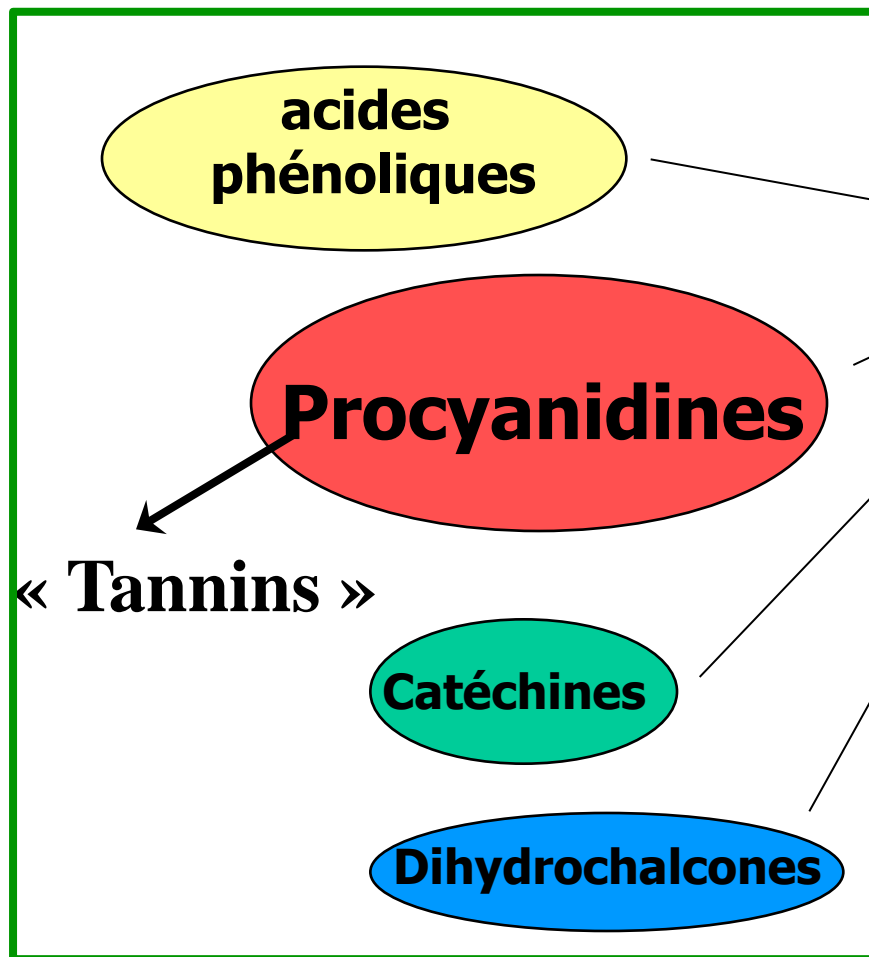
**Dioxygène**

**La polyphénoloxydase (PPO)**  
(enzyme)



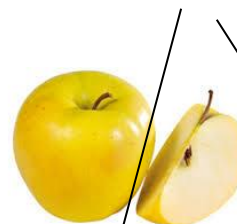
**NB : la couleur n'est qu'une conséquence  
(parmi d'autres) de l'oxydation enzymatique  
des polyphénols**

## ACTEUR 1: Les polyphénols: six catégories



INCOLORES  
dans le fruit...

Couleur du fruit



**Flavonols**

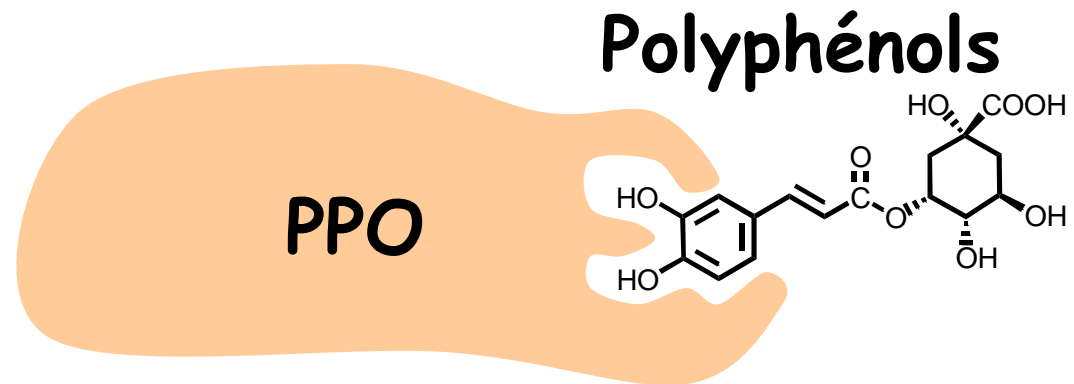


Pommes  
à chair rouge

**Anthocyanes**

## ACTEUR 2: La polyphénoloxydase

Une enzyme particulière (protéine incrustée dans des structures membranaires de la cellule ...donc insoluble)

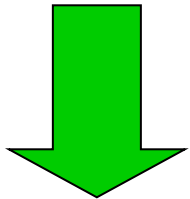


La PPO Catalyse l'Oxydation des polyphénols

## ACTEUR 3: Le dioxygène

# O<sub>2</sub>

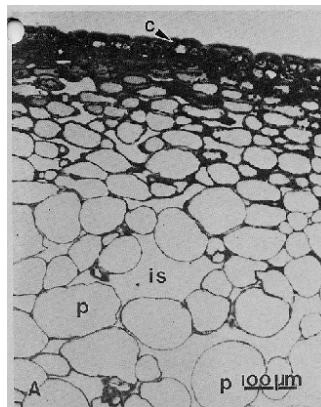
### Dans l'air



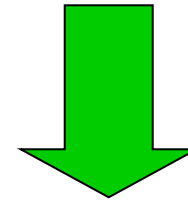
≈ 20 % d'O<sub>2</sub>

### Dans la pomme

Un fruit  
poreux  
...20 à 30  
% d'air

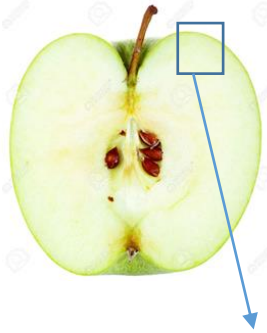


### Dans le moûts

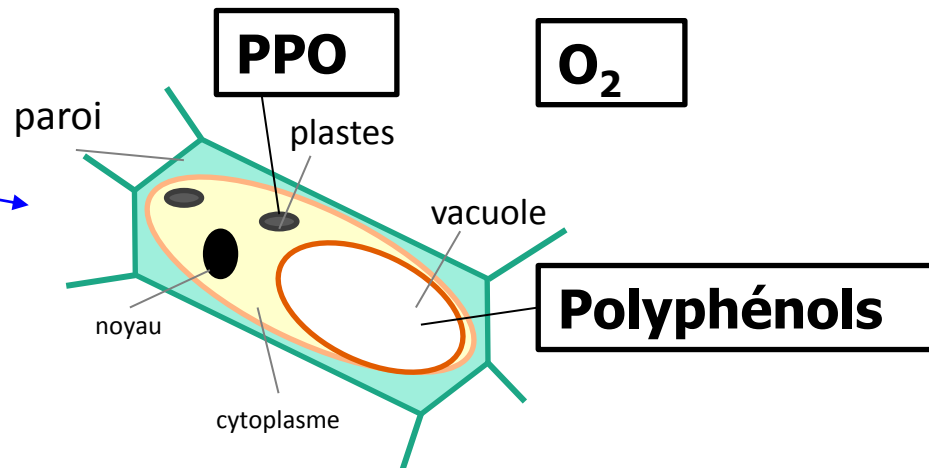
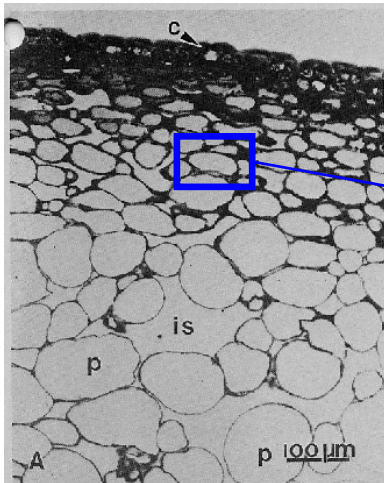


≈ 8 mg / Litre

## Localisation des acteurs dans le fruit intègre



Dans le fruit, les 3 acteurs sont séparés



**Microscopie tissus de pomme**  
(extrait de Gregory Glenn and  
Poovaiah (1987)  
Post Harvest Pomology Newsletter,  
5(1): 10-19

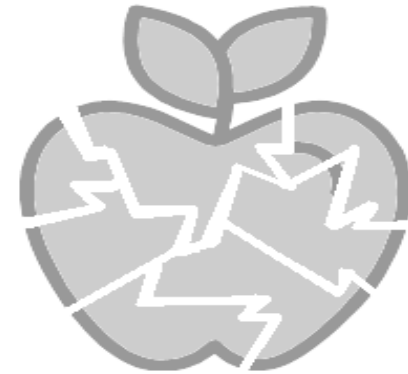
La réaction d'oxydation n'a pas lieu dans le fruit intègre

## La déstructuration tissulaire

### Râpage



### Le pressage

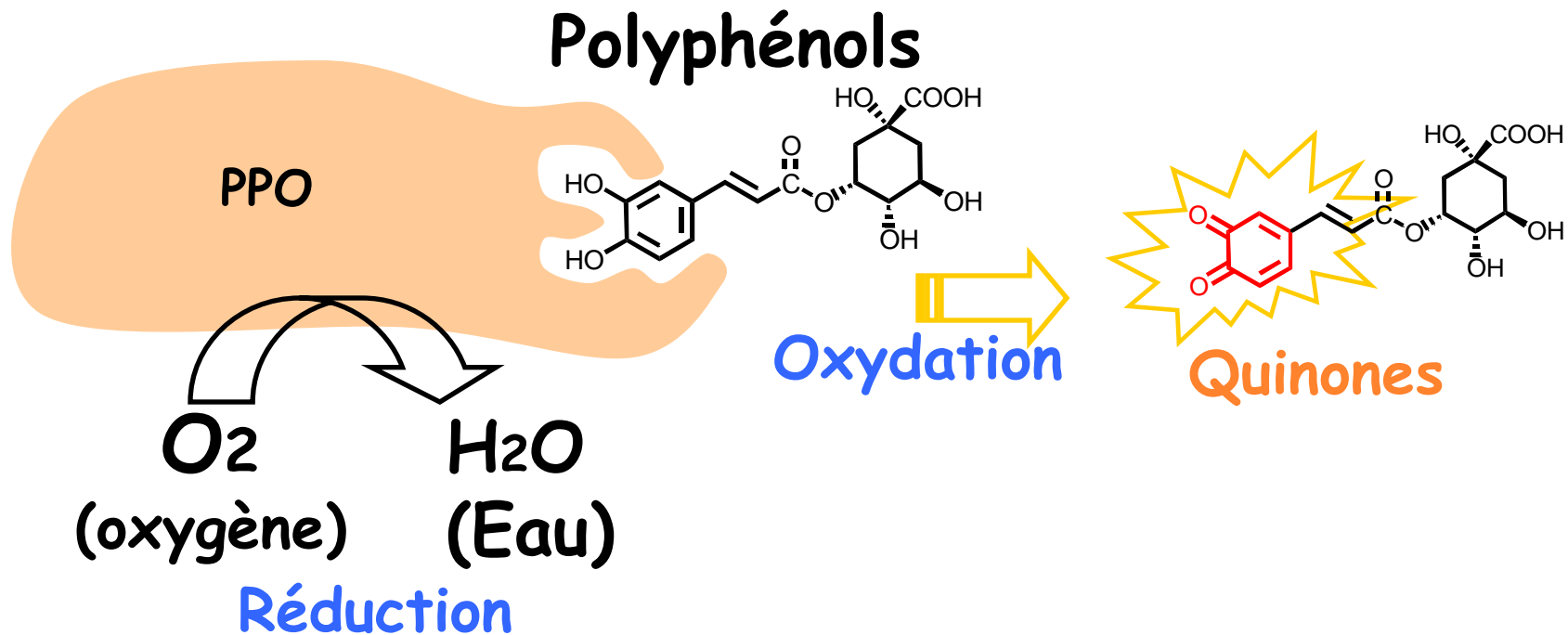


Décompartimentation  
cellulaire des 3 acteurs

## Mise en contact des trois acteurs

## Les réactions : deux étapes distinctes

### Etape 1 : Enzymatique, Formation des quinones



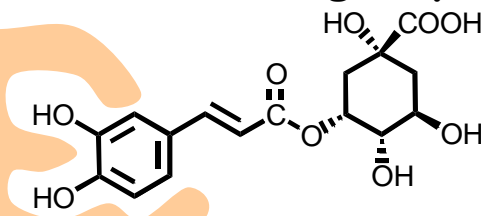
Les Quinones sont colorées (Jaune)...mais instables

## Les réactions : deux étapes distinctes

### Etape 1 : les substrats de la PPO

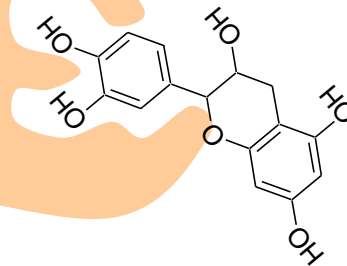
PPO

acide chlorogénique

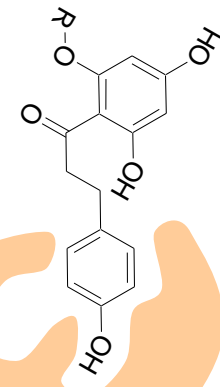


PPO

épicatechine



phloridzine

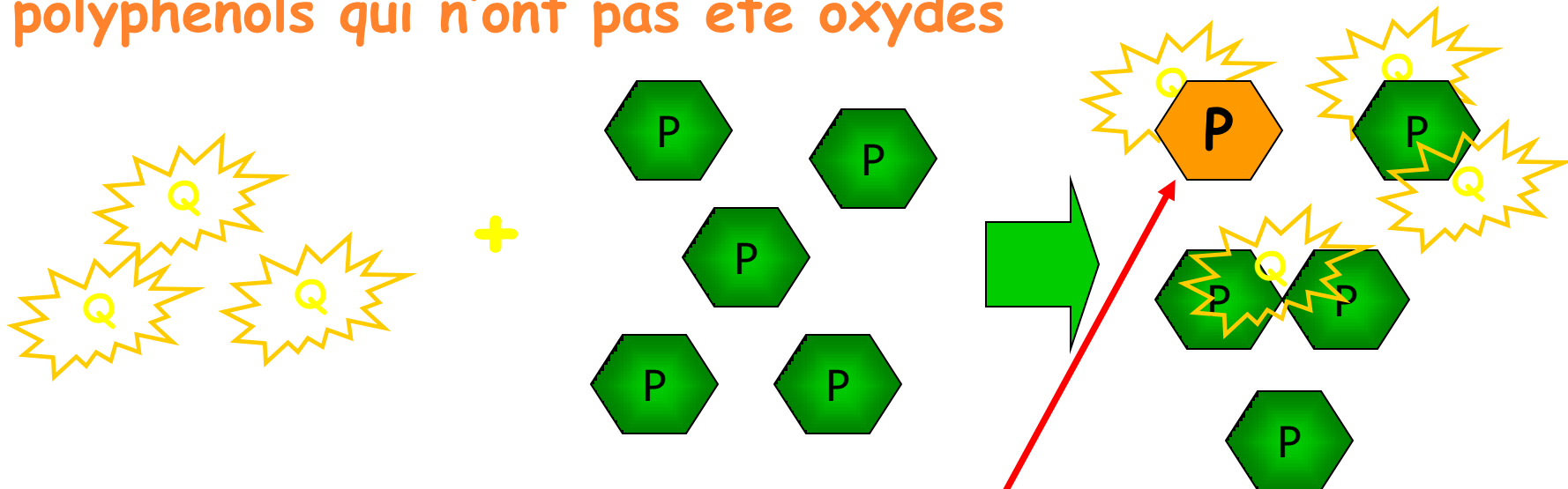


PPO

## Les réactions : deux étapes distinctes

### Etape 2 : (Bio)chimique, réaction des quinones

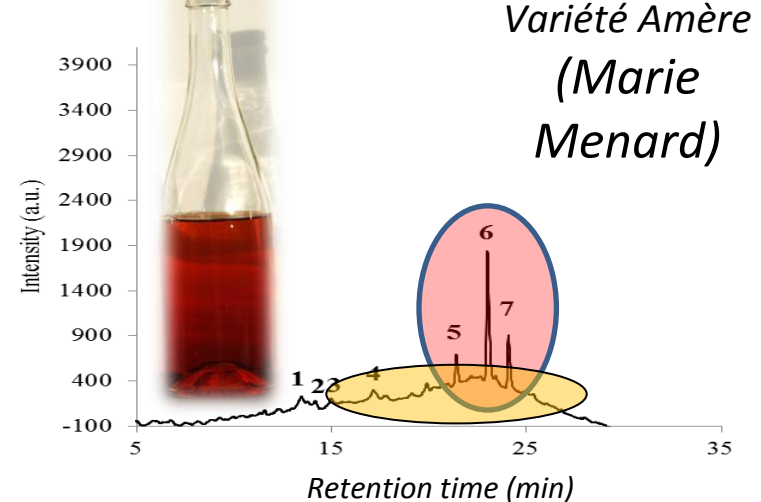
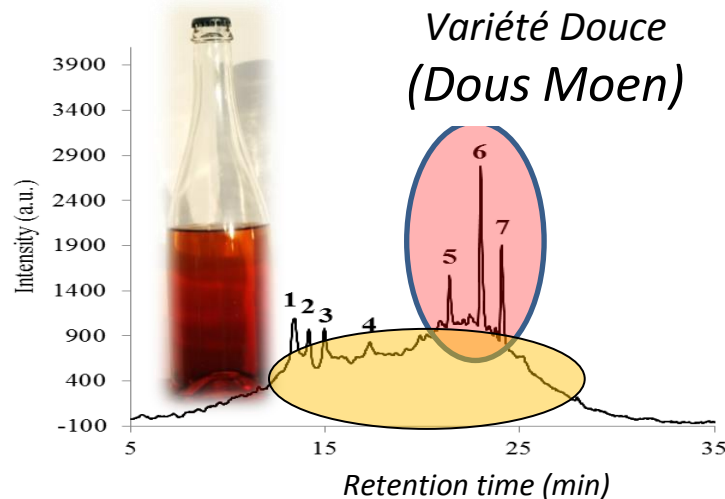
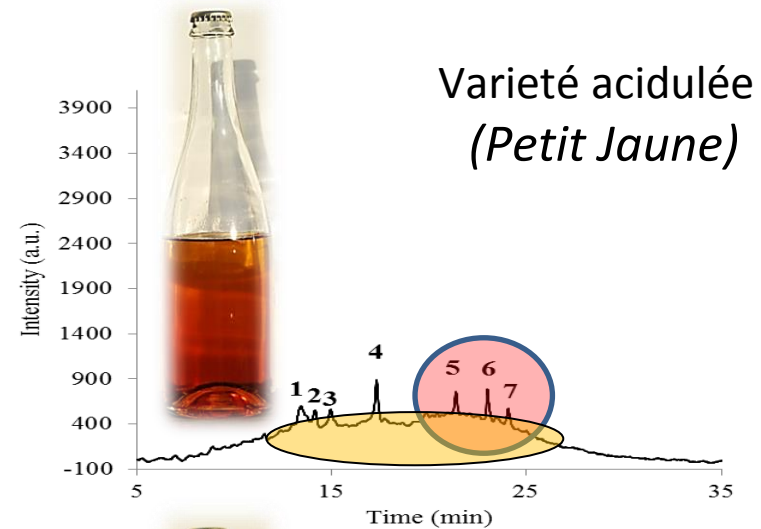
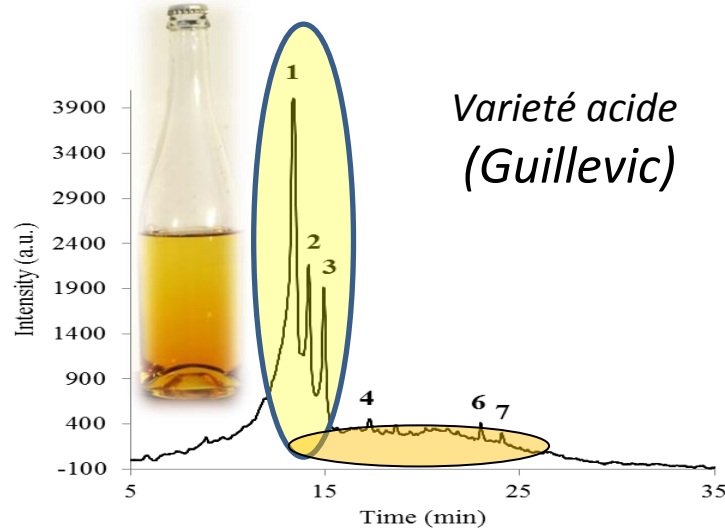
Les **quinones** réagissent rapidement avec les polyphénols qui n'ont pas été oxydés



....mais les réactions sont multiples donnant de nombreux  
« Nouveaux polyphénols » dont seulement certains sont colorés

## Exploration des molécules de la couleur des moûts

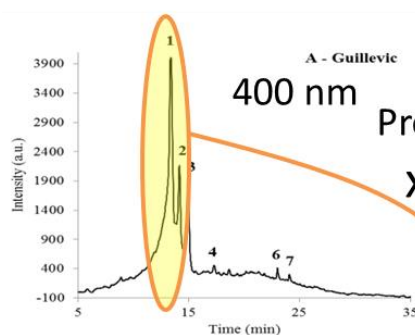
Chromatographie, Détection dans le visible  
(400 nm)



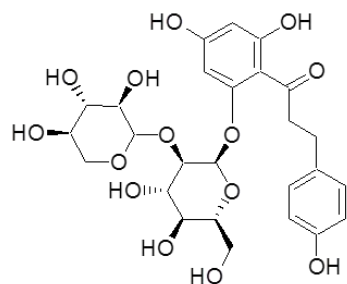
## Exploration des molécules de la couleur des moûts

### Nouveau chromophore jaune des moûts de pomme à cidre

Produit jaune assez spécifique des jus de la variété « Guillevic »

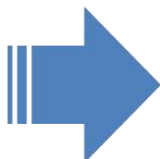


Produit issu de l'oxydation enzymatique  
xyloglucoside de phlorétine

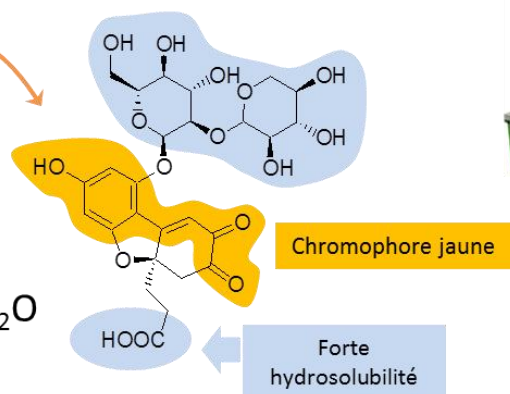


Xyloglucoside de phlorétine  
(incolore)

PPO, O<sub>2</sub>



Addition de H<sub>2</sub>O



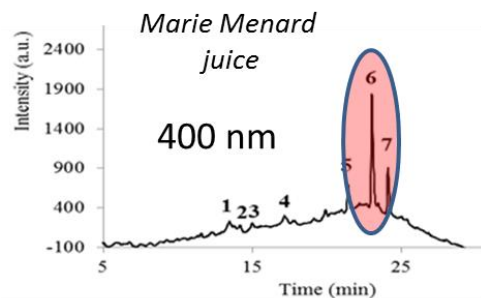
HPLC-UV-Visible-MS



## Exploration des molécules de la couleur des moûts

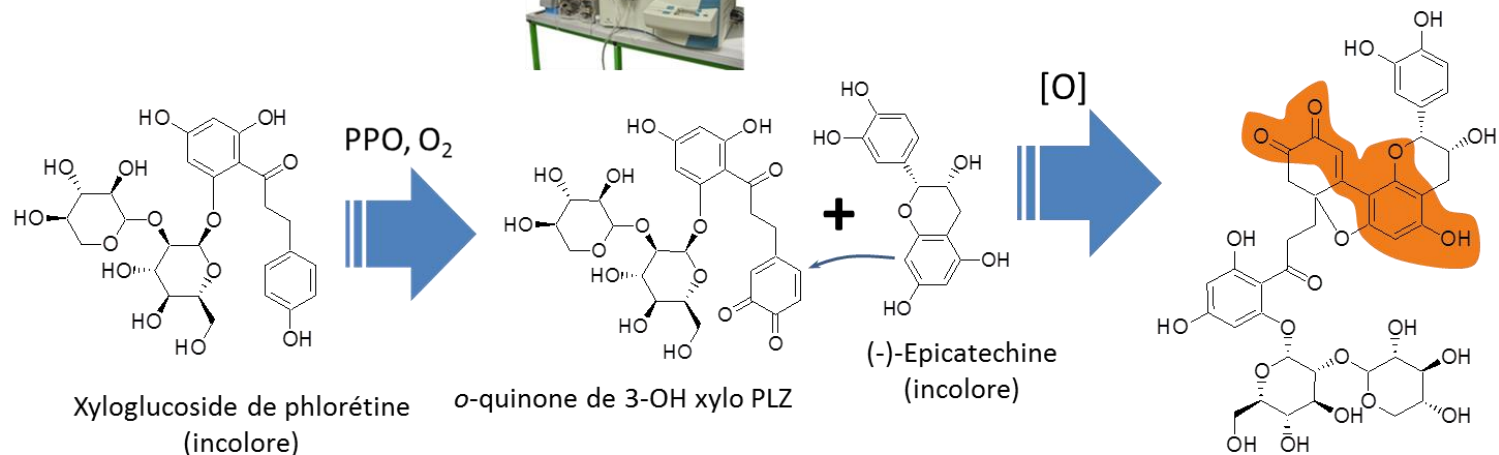
### Nouveau chromophore jaune des moûts de pomme à cidre

Composé orange dans les jus de la variété « Marie Menard »



Produit de couplage oxydatif entre  
une dihydrochalcone et une  
catéchine

HPLC-UV-Visible-MS

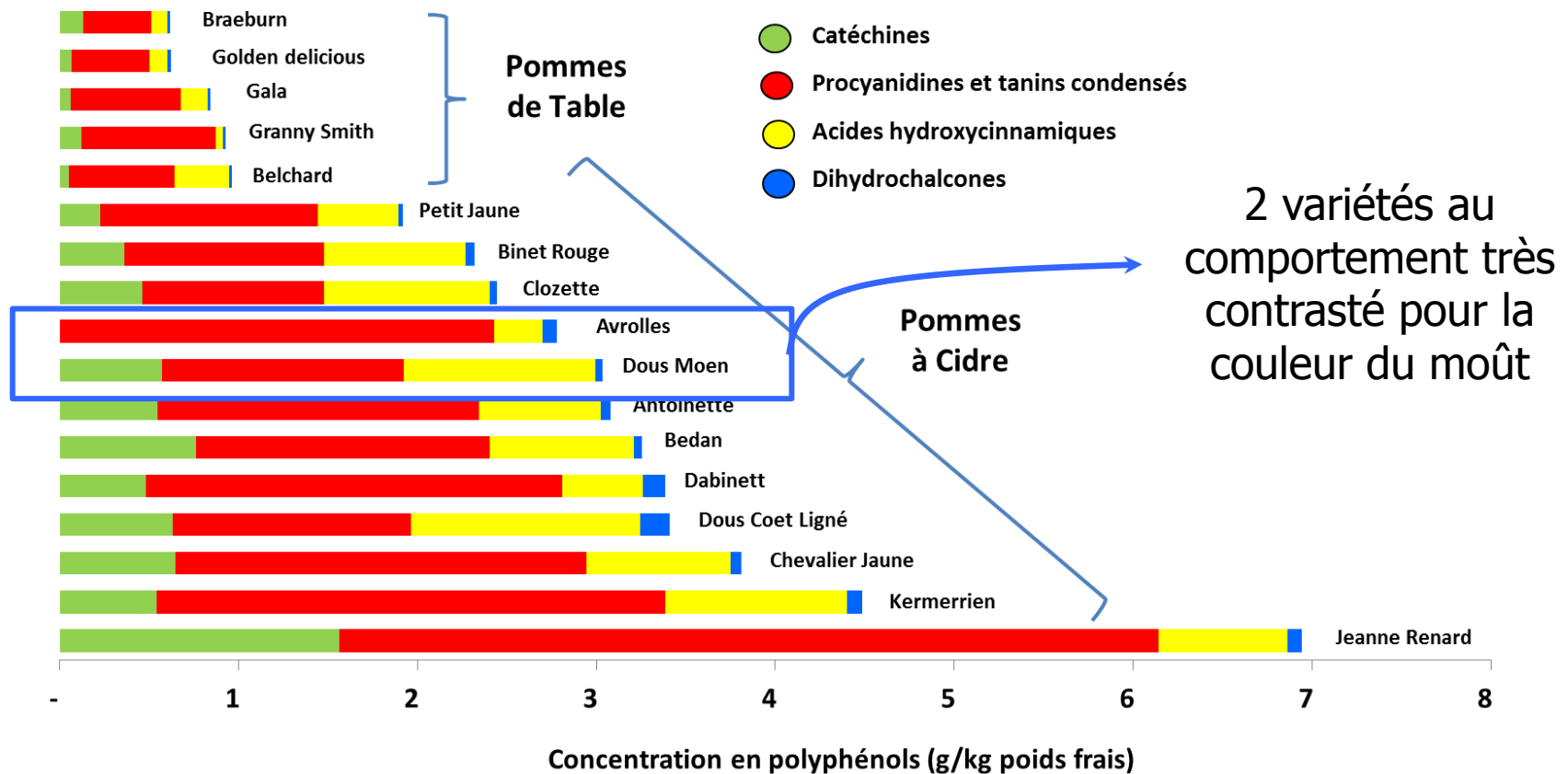


Pas de fonction carboxylique  
:moins soluble

Le Deun, E., et al. (2015). J. Agric. Food Chem.

## Les facteurs impactant la formation de la couleur

### La composition en polyphénols des variétés

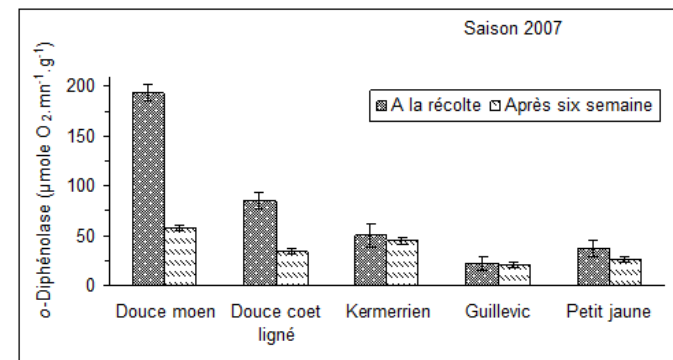
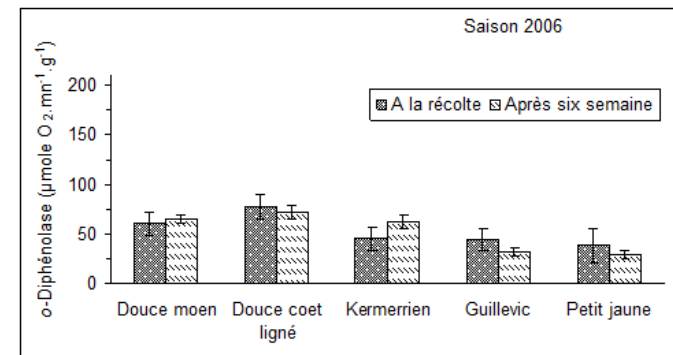
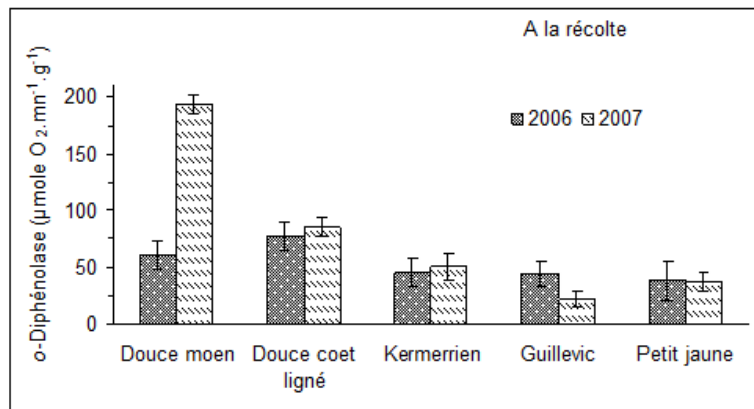


## Les facteurs impactant la formation de la couleur

### L'activité de la PPO varie fortement dans les variétés

Variation en fct de la conservation

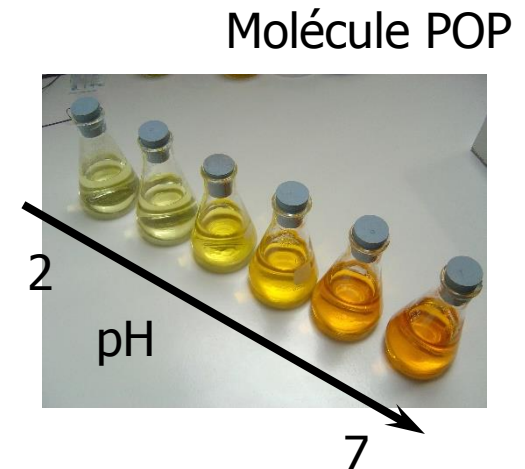
Variabilité d'une année sur l'autre



## Exploration des molécules de la couleur des moûts

### Le pH des moûts impacte la couleur

- Influence **l'activité PPO** (PPO moins active aux pH acide)
- Influence la **réactivité des quinones**
- Influence **l'expression de la couleur** de certaines molécules colorées (couleur plus pâle lorsque le pH est plus bas)



## Exploration des molécules de la couleur des moûts

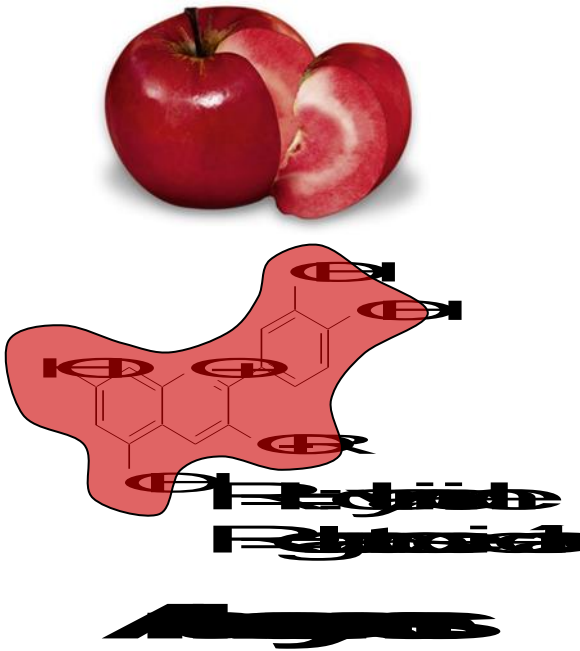


### Autres paramètres

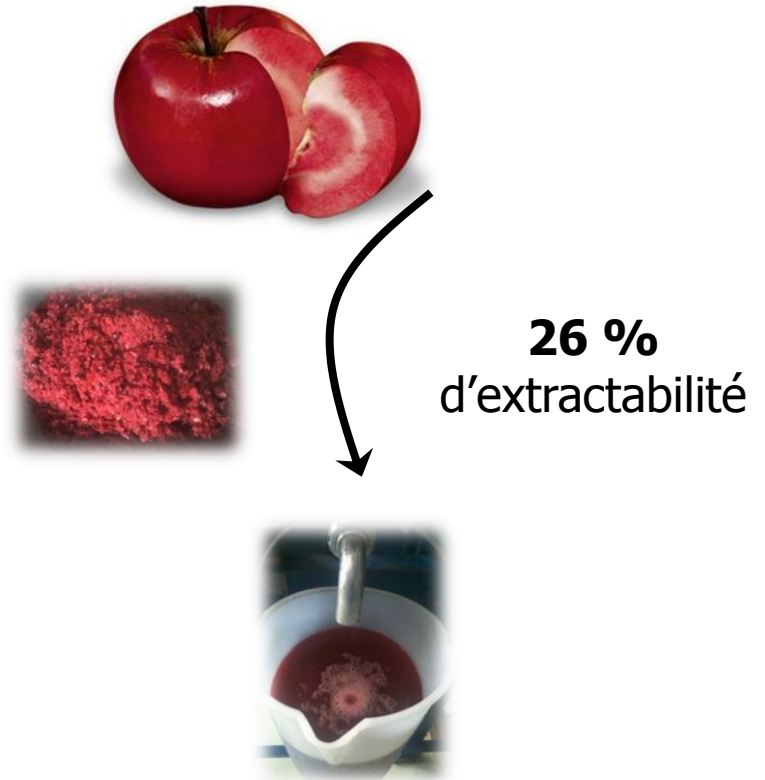
- Inhibiteurs de PPO (Sulfites, certains polyphénols tels que tannins polymérisés, certains ions )
- La disponibilité de l'oxygène
- Réducteurs et pièges de quinones (sulfites, acide ascorbique, thiols)

## Focus sur Pommes à chair rouge et cidres rosés

### Une catégorie de polyphénols en plus dans la chair du fruit



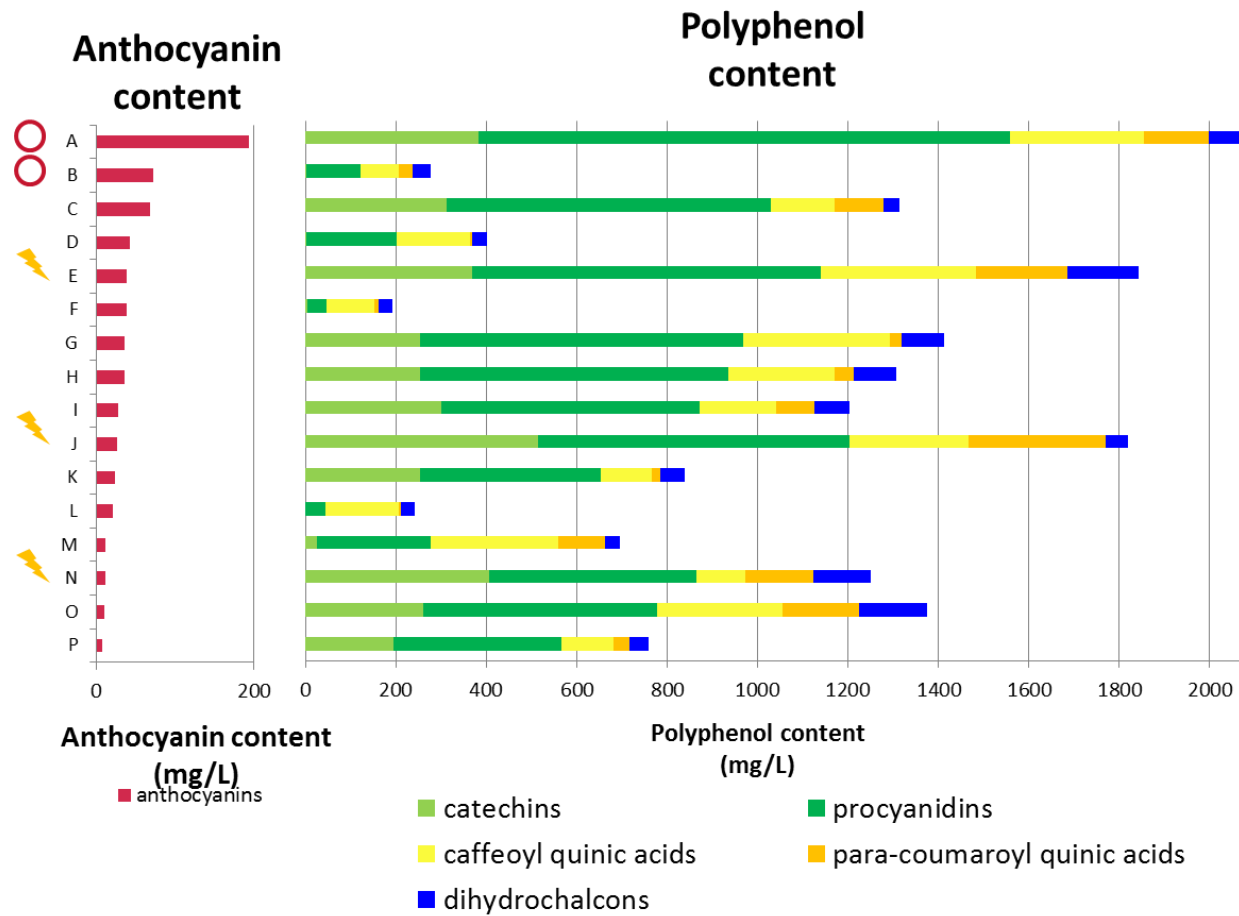
Surtout l'idéine = cyanidine galactoside



Malec et al., JAFC, 2014

## Focus sur Pommes à chair rouge et cidres rosés

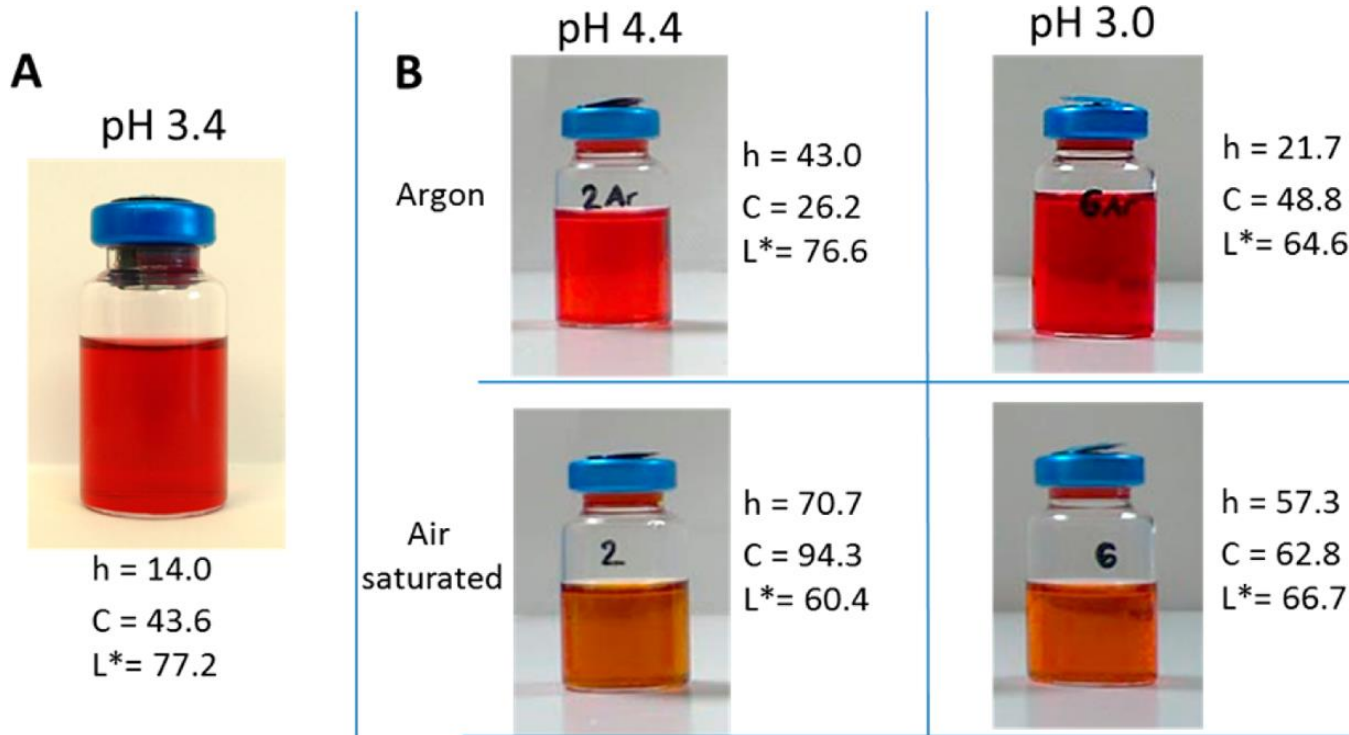
### Forte variabilité génétique



Février et al., LWT, 2016

## Focus sur Pommes à chair rouge et cidres rosés

### Forte sensibilité à la dégradation « physico-chimique »



**pH**  
**&**  
**O<sub>2</sub>**

Malec et al., JAFC, 2014

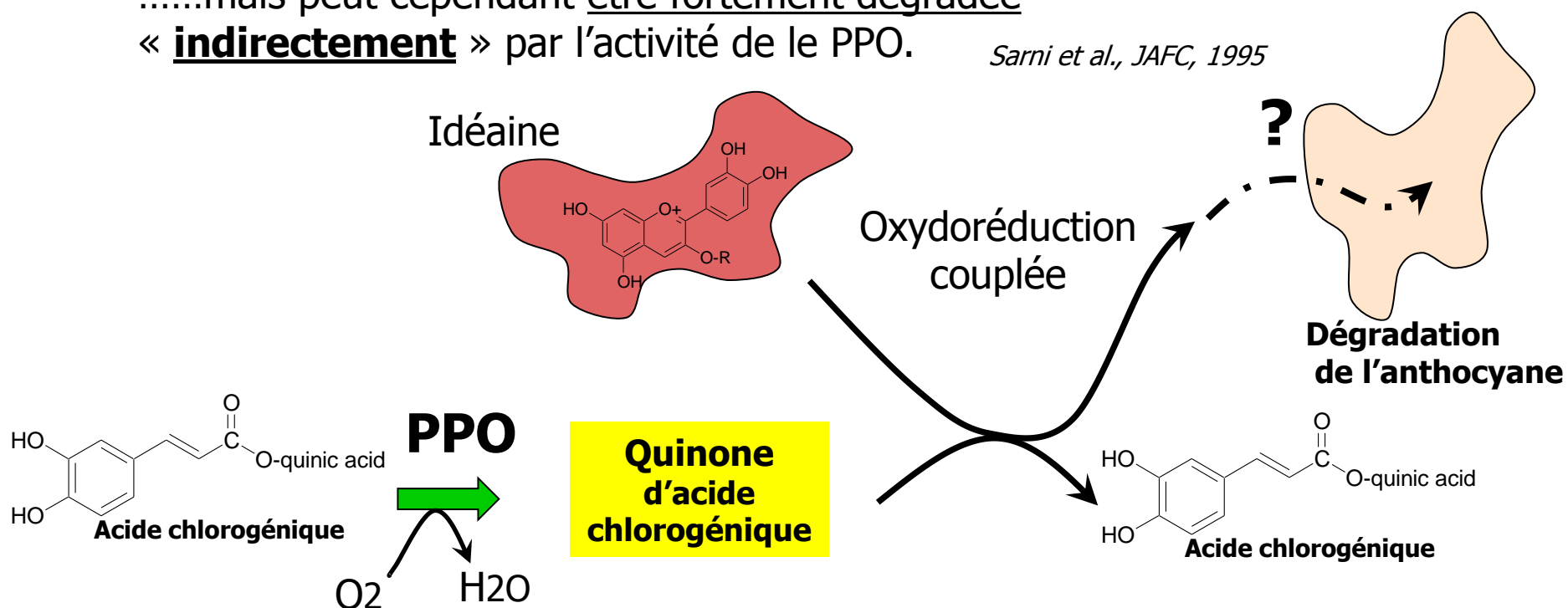
## Focus sur Pommes à chair rouge et cidres rosés

### Forte sensibilité à la dégradation « enzymatique »

L'anthocyane majeure de la pomme n'est **pas substrat de la PPO**....

.....mais peut cependant être fortement dégradée  
« **indirectement** » par l'activité de le PPO.

*Sarni et al., JAF, 1995*



## Conclusion

### Formation de la couleur des mouûts

- Une affaire de polyphénols et d'oxygène
- Résultat **d'une réaction enzymatique** (relativement) simple et de **multiples réactions (bio)chimiques** (complexes)
- Une minorité quantitative de produits d'oxydation phénoliques colorés dans une foultitude de polyphénols natifs et oxydés incolores
- Plusieurs paramètres peuvent impacter la couleur (multifactoriel)
- Cas (très) particulier des pommes à chair rouge

