



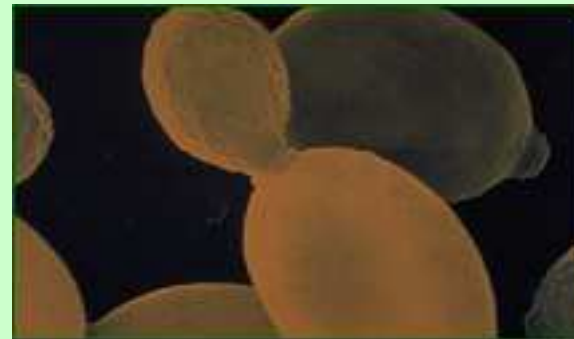
IFPC - INRA AU RHEU
ACTIA

Génération des composés aromatiques dans les boissons fermentées

Les spécificités du cidre

05/07/2012

Jean Michel Le Quéré - INRA





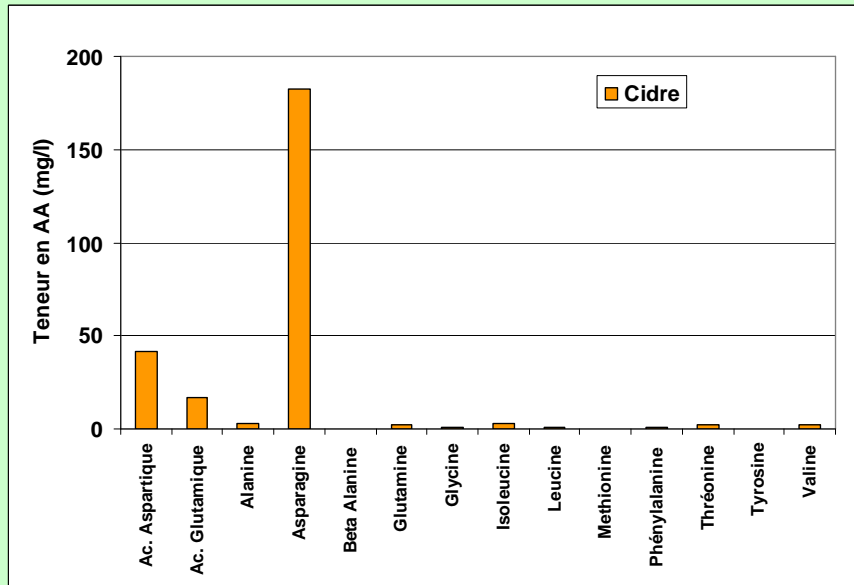
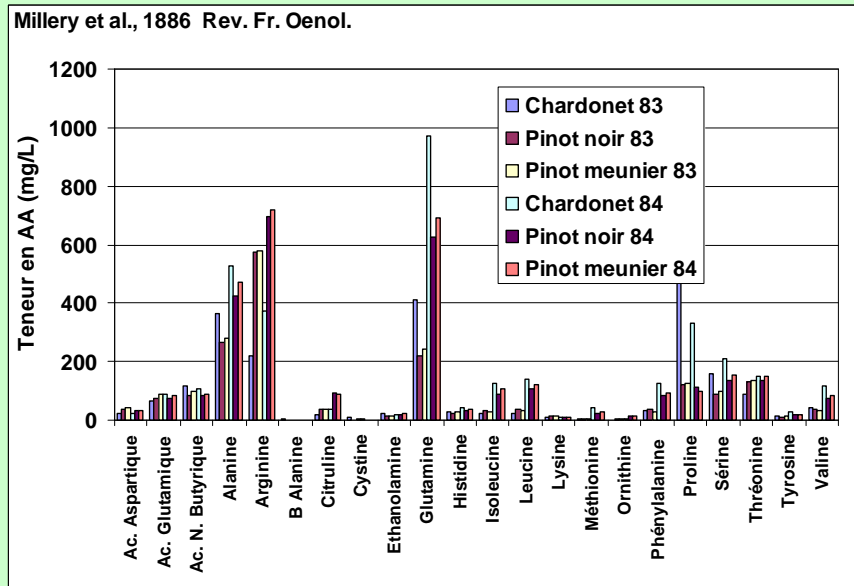
Le cidre et le vin

- **Pourquoi comparer ?**
 - nombreux travaux disponibles
 - adaptation au contexte
- **Nécessité de prendre en compte l'origine de chaque composé**
 - moût et traitement du moût
 - fermentation
 - vieillissement
- **Il faut s'intéresser en particulier**
 - aux principes, aux mécanismes
 - aux conditions qui ont une influence

Les grandes différences : les moûts

- **La composition du moût**
 - **Azote**
 - quantitatif : quantités initiales ds moût en N
raisin 100 à 1100 mg/L N - pomme 70 à 120 mg/L N
 - qualitatif :
NH₃ (3 à 10% raisin - 2 % pomme) - Ajout dans moût de raisin
Acides aminés (profil AA)
 - **Sucres (quantitatif) :**
 - 200 - 240 g/L ds raisin 100 - 120 g/L ds pomme
 - conséquence : alcool produit et gaz produit
 - **Composés volatils du moût**
 - exemples : pyrazines (cabernets sauvignon) et terpènes (odeur de muscat) pour le vin
 - peu de connus pour le cidre mais probables
 - **Précurseurs non volatils**
 - exemple : aglycones lié à un sucre (libérés par enzyme)
 - acides phénols -> phénols volatils

Les profils d'acides aminés des moûts de raisin et de pomme



- Les moûts de raisin : un pool diversifié avec quelques AA majoritaires
- Les moûts de pomme : échelle 6 fois plus basse et 3 AA majoritaires

Les grandes différences : les moûts

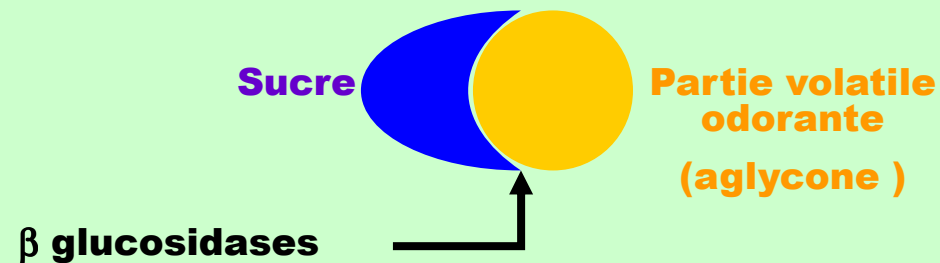
- **Les traitement des moûts**
 - **Extraction ou foulage**
 - Dans le vin : formation d'odeurs végétales, herbacée due à la dégradation oxydative des acides gras insaturés
 - Le moût de pomme est protégé de l'oxydation (PPO) Ces aspects restent à voir mais impact peu probable dans la technologie habituelle
 - **Clarification ou non**
 - Les moûts destinés à l'élaboration de vins rouges ne sont par clarifiés par principe car la pulpe est fermentée.
 - Les moûts destinés à l'élaboration de vins blancs sont souvent débourbés.
 - Les moûts de pomme sont souvent clarifiés mais par défécation. Quel effet des autres méthodes ?

Les grandes différences : la fermentation

- **Les objectifs**
 - Vin sec pour les vins rouges
 - Parfois maintien de sucres résiduels (en blanc)
 - Volonté de garder du sucre dans cidre
- **Les modes de conduite de la fermentation**
 - Fermentation totale et rapide pour le vin
 - Biomasse élevée (ajout éventuel O₂, azote et thiamine)
 - 200 g/L de sucres ~ 50 L de CO₂ par litre de vin à fermenter
 - Fermentation par *Saccharomyces* seule pour le vin (ajout de SO₂ et ensemencement initial LSA)
 - Température de fermentation
 - élevée pour les vins (15°C en blanc, 25°C en rouges)
 - basse pour les cidres (10°C - 15°C)

Les précurseurs d'arômes

- Les précurseurs sont
 - des composés non volatils
 - qui nécessitent l'intervention d'une ou plusieurs enzymes pour libérer le composé volatils
- Exemple 1 : les précurseurs glycosylés



- Exemple 2 : les acides phénols
 - Une série de réaction aboutit à des phénols volatils
- Exemple 3 : Les acides gras insaturés
 - Formation de hexenal, hexanal, hexenol et hexanol
 - mécanisme oxydatif dans le moût avant fermentation

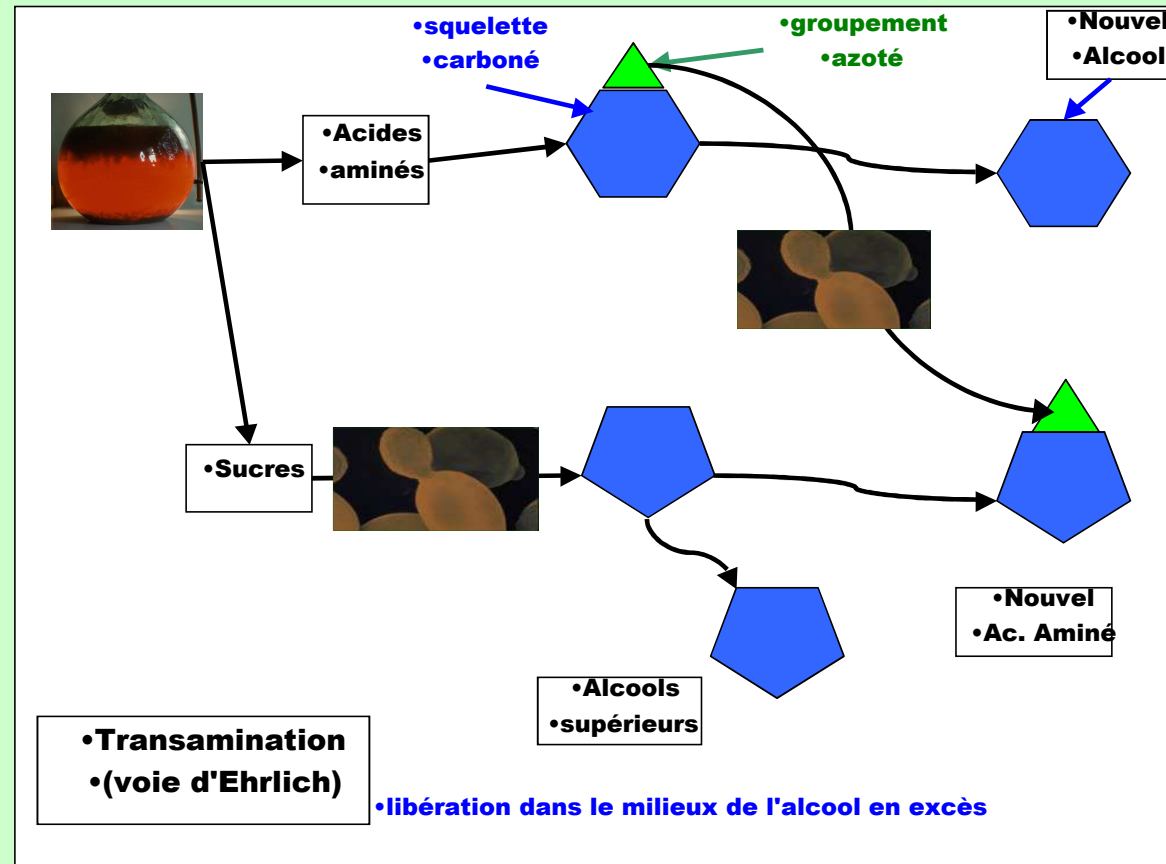
Les composés carbonylés

- Ces composés sont normalement produit en début de fermentation
 - Acétaldéhyde
 - Diacétyl et analogues (travaux en brasserie)
 - Acétoïne
- Les plus gênants (acétaldéhyde et diacétyl) sont re-consommés ou transformés pendant la fermentation
- Les fermentations lentes et à basse température en produisent moins

Les alcools supérieurs

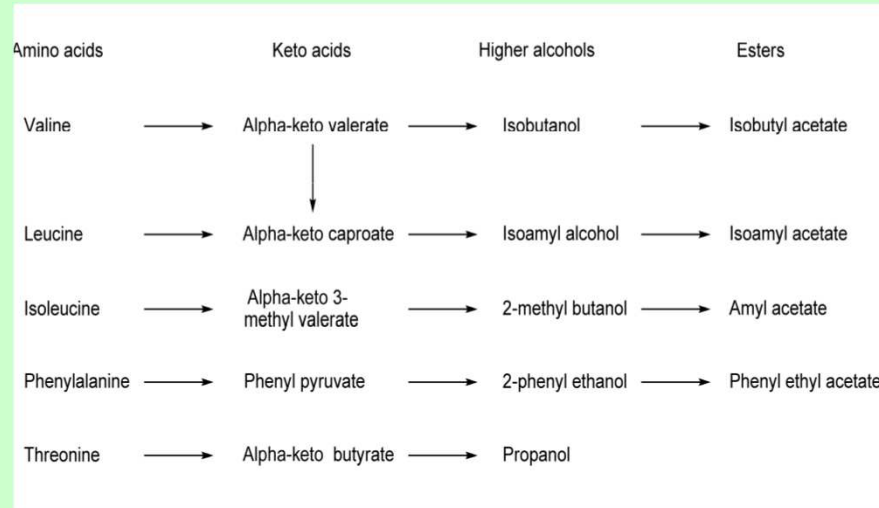
- **Importance**
 - Impact olfactif faible et plutôt négatif
 - mais peuvent être estérifiés
 - cas particulier du phényl-éthanol (odeur de rose)
- **Les voies métaboliques connues**
 - but : assurer les besoins en acides aminés (AA)
 - la transamination permet de produire tous les AA à partir des AA excédentaires et produit des déchets dans le milieu (alcools supérieurs)
- **Le cas particulier du cidre**
 - asparagine très majoritaire : pas d'alcool correspondant
 - les alcools supérieurs sont surtout produit par la levure
 - *Saccharomyces uvarum* produit beaucoup de phényléthanol

La synthèse des alcools supérieurs

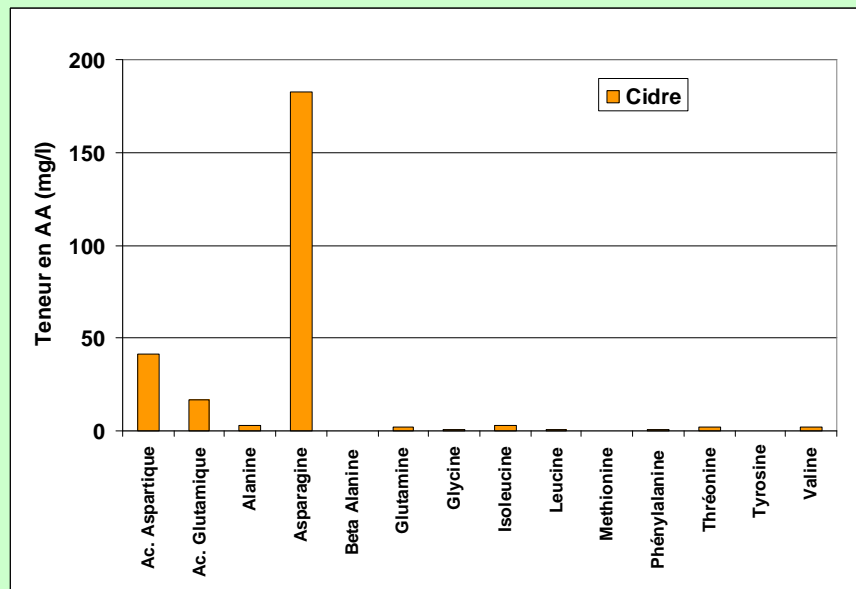


- Deux mécanismes :
 - production des alcools supérieurs à partir des acides aminés excédentaires
 - production des alcools supérieurs par le métabolisme carboné

Les voies d'Ehrlich



- La correspondance entre alcool supérieur et acides aminés au cour de la transamination n'existe que pour certains acides aminés.



- Les acides aminés disponibles dans le moût de pomme n'ont pas d'alcool supérieurs correspondant

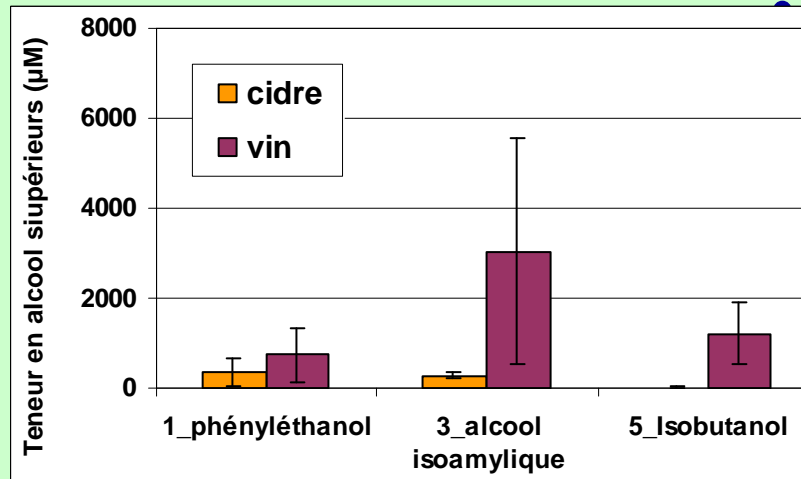
Les alcools supérieurs

- Les conditions qui diminuent la vitesse de fermentation défavorisent leur formation (Etiévant, 1991).
- Ce qui limitent leur formation :
 - un taux élevé d'ions ammonium,
 - une turbidité faible,
 - une température de fermentation basse,
 - et un pH faible.
 - Les teneurs en acides aminés est plus controversée :
 - parfois une diminution en situation de déficit en acides aminés (Nykanen, 1986),
 - d'autres ont rapporté l'inverse (Schulthess et Ettlinger, 1978).

Les esters

- **Importance :**
 - odeur fruitée ou floral
 - faible seuil de perception
- **Mécanisme de synthèse**
 - Un ester : réaction d'un acide et d'un alcool
 - Deux principaux types d'esters sont produits en fermentation :
 - les esters où l'alcool est l'éthanol (majoritaire) et l'acide un composé minoritaire du métabolisme
 - acide cétonique, acide gras
 - les esters où l'acide est l'acide acétique et l'alcool un alcool supérieur : les acétates
 - l'acétate d'éthyle (solvant, bombon anglais ...) majoritaire
 - l'acétate d'isoamyle (odeur de banane),
 - l'acétate d'hexyle (odeur d'ananas)
 - l'acétate de 2-phenyléthyle (odeur de rose fanée)

Exemple d'alcools supérieurs et leurs esters - vins / cidres



phényléthanol

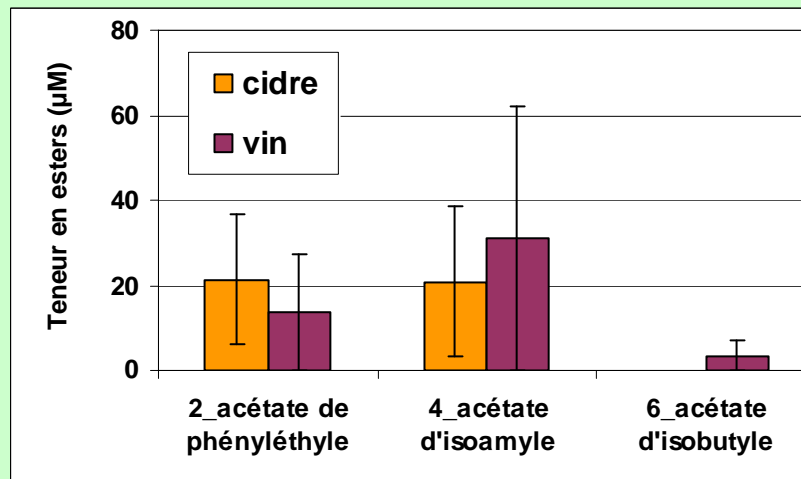
- relativement élevé malgré absence phénylalanine
- forte production par *Saccharomyces uvarum*

autres alcools

- plus faible que dans vin
- faible biomasse
- faibles températures

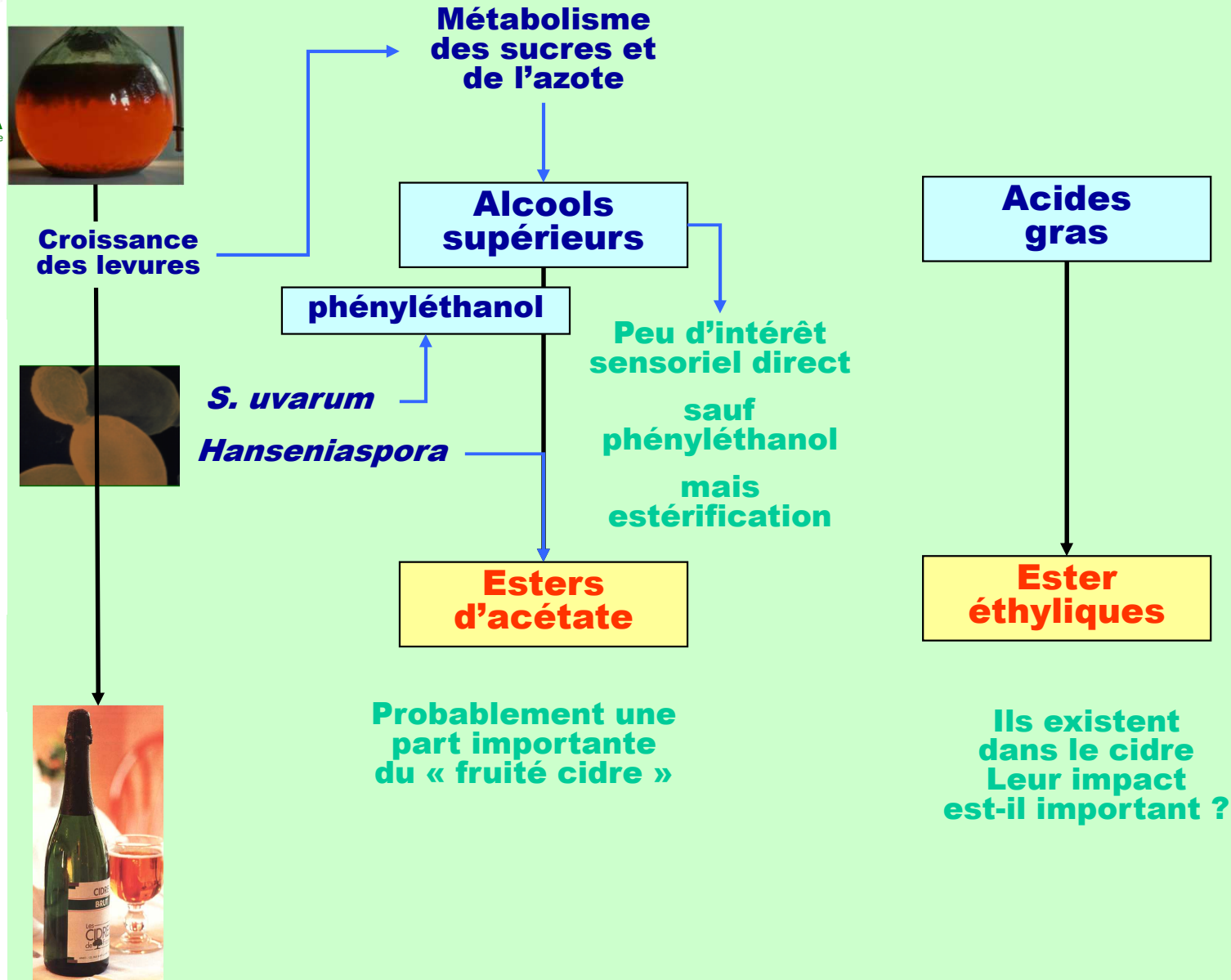
les esters correspondants

- plutôt élevés malgré les faibles valeurs des alcools
- forte production par *Hanseniaspora valbyensis*
- pertes plus faibles



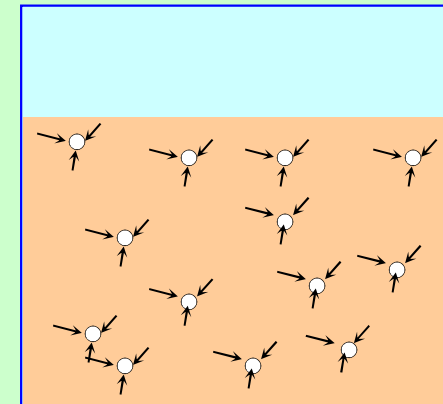
• Source IFPC et Ferreira et al 2001 "Olfactometry and Aroma Extract Dilution of Wines"

Alcools supérieurs et leurs esters



Production et pertes d'arômes

- La quantité de sucre à fermenter et la température peuvent influencer
 - sur la production des composés
 - mais aussi sur l'élimination par le gaz
- Chaque bulle de CO₂ produit par la fermentation est un interface : les composés volatils tendent à s'équilibrer entre gaz et liquide
- L'équilibre entre le liquide et les bulles de gaz dépend
 - de la volatilité de la molécule
 - de la température
- La perte totale dépend aussi du volume de gaz produit



Conclusion

- Les recherches antérieures sur les autres boissons fermentées apportent beaucoup d'informations
- En particulier une partie des mécanismes sont identifiés et connus
- Il reste à hiérarchiser l'importance sensorielle des principaux phénomènes et hypothèses
- En revanche, les préconisations pratiques peuvent être totalement opposées à celles données dans une autre filière