

Les arômes du vin sont liés aux différentes étapes de son élaboration et au savoir-faire du vigneron, mais fondamentalement le bouquet d'un vin est le reflet du potentiel du raisin et de son terroir.

Un grand vin doit être complexe, ce qui impose que l'on puisse reconnaître dans son arôme de multiples nuances. Cela suppose qu'aucune nuance aromatique ne l'emporte sur les autres. Les grands vins,

uniques par leur goût et leurs arômes ne peuvent être obtenus qu'à partir de raisins exprimant pleinement l'expression du cépage et de leur terroir.

Les vins blancs du Centre-Loire ont ainsi des arômes caractéristiques du sauvignon blanc tout en offrant différentes expressions de ce cépage en fonction des terroirs viticoles.

1. Rappel sur les arômes des vins

Les arômes des vins résultent du mélange d'une multitude de substances odorantes aux origines diverses.

Ils sont classés en trois familles selon leur origine :

- Les arômes variétaux,
- Les arômes fermentaires,
- Les arômes de vieillissement.

1.1. Arômes variétaux

Les arômes variétaux (ou arômes primaires) proviennent du raisin et sont responsables en grande partie de la typicité du vin. Ils peuvent exister sous forme libre dans la baie et participent alors à la palette aromatique du vin sans transformation pré-

alable. Ils peuvent également être présents sous forme de précurseurs inodores. Le pouvoir odorant de ces précurseurs sera révélé au cours de l'élaboration du vin.

1.1.1. Arômes libres du raisin

Les arômes libres dans le raisin sont représentés par trois classes de molécules.

- **Les terpénols** : ils apportent les notes florales typiques des cépages muscatés ou de type alsacien (rose, muguet, ...).
- **Les pyrazines** : elles sont responsables des

odeurs végétales de poivron vert, de petit pois que l'on retrouve dans les vins issus de cabernet sauvignon et de sauvignon.

- **La rotundone** : elle est responsable d'odeurs de poivre noir, de grain de poivre notamment dans les vins de syrah.

1.1.2. Arômes libres à partir de précurseurs

Ces arômes variétaux sont libérés à partir de précurseurs présents dans le raisin.

- **Les précurseurs glycosidiques.**

Ils sont à l'origine de différentes molécules :

- o Les terpènes (rose, muguet)
- o Les norisoprénoïdes (rose, violette)

Dans le raisin, les précurseurs glycosidiques for-

ment une réserve potentielle d'arômes qui peuvent être libérés au cours de la vinification ou du vieillissement du vin par des mécanismes d'hydrolyse.

- **Les précurseurs cystéinylés ou glutathionylés.**

Ce sont actuellement les seuls précurseurs connus à partir desquels se forment les thiols variétaux. Ces molécules sont des composés clés de l'arôme des vins de sauvignon.

1.2. Les arômes fermentaires

Les arômes fermentaires (ou arômes secondaires) sont issus de la fermentation alcoolique. Ils sont produits par le métabolisme des levures. Il peut

s'agir d'esters qui sont à l'origine de notes fruitées et florales (poire, cassis, ananas, bonbon anglais, ...).

Ils contribuent positivement à l'arôme du vin.



1.3. Les arômes de vieillissement

Les arômes de vieillissement (ou arômes tertiaires) sont générés lors de l'élevage du vin et selon son évolution en bouteille.

Durant l'élevage et le vieillissement, diverses réactions chimiques modifient l'arôme du vin. L'hydrolyse de composés fermentaires est responsable de la modification des notes fruitées (fruits cuis, fruits

compotés). Les composés variétaux (types terpénols et norisoprénoides) subissent des transformations chimiques produisant des molécules odorantes (eucalyptus, camphre, odeur de pétrole ...).

Au cours d'un élevage en fût, les substances volatiles du bois diffusent dans le vin (odeur vanillée, pain grillé, noix de coco, ...).

2. Les thiols variétaux

2.1. Caractérisation et identification des thiols volatils.

Les vins issus de sauvignon blanc présentent des arômes caractéristiques définis comme poivron vert, feuille de tomates, agrumes et fruits exotiques.

Les thiols volatils ou thiols variétaux sont des molécules soufrées qui contribuent au profil aromatique variétal des vins de sauvignon blanc. La contribution de ces thiols volatils à l'origine de l'arôme, du vin est connue depuis une vingtaine d'année. Différents travaux (Darriet, 1993 – Tominaga, 1996-1998) ont permis d'identifier trois thiols volatils participant

majoritairement à l'arôme du vin de sauvignon blanc (tableau 1).

En fonction de ces descripteurs, les thiols volatils peuvent se diviser en deux catégories :

- **Profil « thiol végétal »** : buis, genêt (molécule 4-MMP).
- **Profil « thiol fruité »** : agrumes, fruits exotiques (molécules 3-MH & Ac-3MH).

La présence de 4-MMP est assez spécifique au sauvignon, mais a toutefois été signalée dans les vins de macabeo, de colombar, de petit manseng. Le 3-MH et l'Ac-3MH ont été identifiés dans d'autres cépages blancs et noirs tels que le gewurztraminer, le muscat, le semillon, le merlot, le cabernet sauvignon, ...

Composé	3-mercaptohexan-1-ol	Acétate de 3-mercaptohexyle	4-mercapto-4-méthylpentan-2-one
	(Tominaga et al., 1998)	(Tominaga et al., 1996)	(Darriet, 1993)
	3-MH	Ac-3MH	4-MMP
Descripteurs	Pamplemousse Fruit de la passion	Fruit de la passion Bourgeon de cassis	Buis Bourgeon de cassis Genêt
Seuil de perception	60 ng/L	4 ng/L	0,8 ng/L
Teneur moyenne dans les vins	150 à 3500 ng/L	0 à 500 ng/L	0 à 120 ng/L

Tableau 1 : Descripteurs des principaux thiols volatils « variétaux » identifiés dans les vins de sauvignon blanc

2.2. Les précurseurs des thiols volatils

2.2.1. Identité

Le fait que les baies de sauvignon blanc possèdent un goût relativement neutre en comparaison à la complexité aromatique des vins, a permis de supposer la présence de précurseurs d'arômes dans le raisin, révélés durant la fermentation alcoolique.

Trois voies de biogénétiques participant à la formation du 4-MMP, et du 3-MH dans les vins sont maintenant admises :

- **Une première voie** implique les précurseurs cystéinylés (Cyst-).
- **Une deuxième voie** implique les précurseurs

glutathionylés (Glut-). Les formes glutathionylés sont généralement présentes dans les raisins et les moûts à des teneurs plus faibles que les formes cystéinylés. Le précurseur glutathionylé du 3-MH est toujours plus fortement concentré que la précurseur glutathionylé du 4-MMP.

- **Une troisième voie** implique des composés en C6 insaturés comme le trans-2-hexenal qui subissent l'addition d'un groupement sulfhydryle pendant la fermentation alcoolique.

2.2.2. Localisation dans la baie

Lors de l'élaboration des moûts de sauvignon, les divers constituants sont principalement issus de la pulpe des baies. De nombreuses études montrent l'influence

des opérations pré fermentaires sur l'extraction des précurseurs de thiols laissant supposer une répartition différente au sein de la baie de raisin (figure 1).

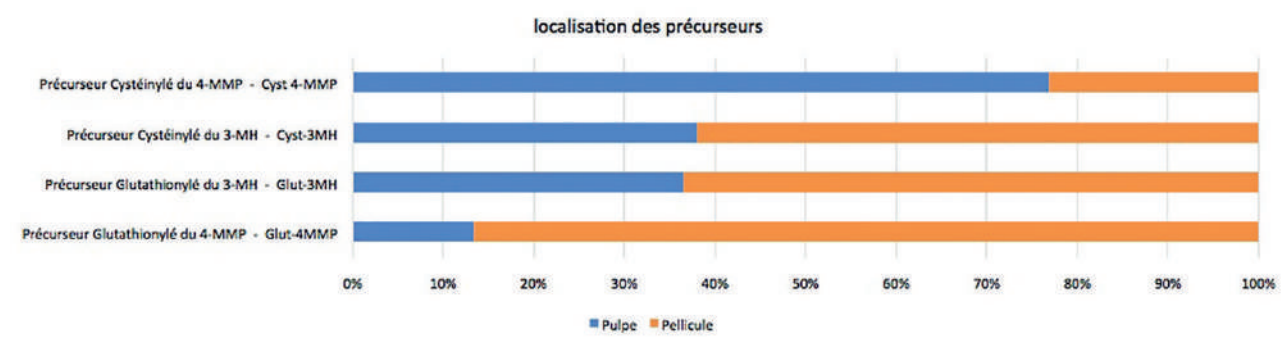


Figure 1 : Répartition moyennes des précurseurs des thiols volatils dans la baie de sauvignon blanc.

- **Cyst-4MMP** est essentiellement localisé dans la pulpe.
- **Cyst-3MH et Glut-3MH** sont localisés en plus grande quantité dans la pellicule.
- **Glut-4MMP** est principalement présent dans la pellicule.

2.2.3. Biogénèse des arômes variétaux

Au cours de la fermentation alcoolique, les thiols volatils odorants (4-MMP et 3-MH) sont libérés à partir de leurs précurseurs sous l'action d'une enzyme (β -liase) de la levure *Saccharomyces cerevisiae* (figure 2).

Ce taux de conversion est faible (quelques pourcents), ce qui explique que les concentrations en précurseurs volatils dans la baie et dans les moûts sont plus importantes que les concentrations en thiols volatils retrouvées dans les vins.

Le Ac-3MH provient lui d'une réaction chimique à partir du 3-MH sous l'action d'une enzyme (acétyltransferase) de la levure.

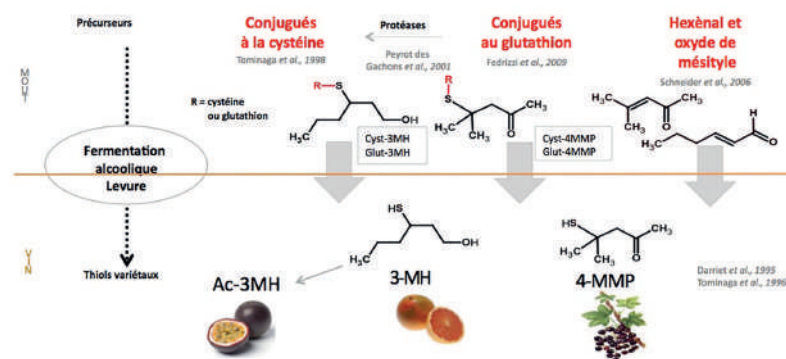


Figure 2 : Les différentes voies de biogénèse des thiols variétaux dans le vin (adaptés de Roland et al., 2010).

3. Influence des pratiques viticoles sur les thiols volatils et leurs précurseurs

L'évolution à la vigne des précurseurs de thiols a été assez peu étudiée, du fait de la difficulté de leur analyse.

3.1. État hydrique de la vigne

La contrainte hydrique présente un effet sur les précurseurs cystéinylés. Une contrainte hydrique modérée après véraison favorise un enrichissement des baies en précurseurs alors qu'une contrainte sévère et prolongée, définie comme un stress hydrique est néfaste à la

teneur en précurseurs cystéinylés (Choné, 2001).

D'autre part, une contrainte hydrique sévère s'accompagne également d'une augmentation de la teneur en polyphénols, composés défavorables à la stabilité aromatique des vins

3.2. Alimentation azotée

Une carence en azote diminue la teneur en précurseurs cystéinylés (Peyrot des Gachons, 2005). Cela s'accompagne également d'une augmentation de la teneur en composés phénoliques.

La teneur en précurseurs de thiols est donc très fortement influente pour produire des vins aromatiques.

- Les essais conduits au sein de nos vignobles ont mis en évidence cette influence mais avec une tendance vers l'élaboration de vins sur un profil « thiols végétaux ».



Et les notes végétales ?

Le statut azoté de la vigne n'influence pas directement la teneur en IBMP (poivron vert). Celui-ci semble plus dépendant de la vigueur de la vigne bien que ces deux paramètres soient très liés.

L'IBMP est un composé photosensible qui se dégrade en présence d'un fort taux de rayonnements. La fertilisation azotée stimule la croissance végétative de la vigne conduisant

à une augmentation de la surface foliaire. Cela contribue à augmenter le lieu de biosynthèse potentielle de l'IBMP mais cela contribue également à une diminution de l'exposition des grappes à la lumière créant ainsi un microclimat favorisant l'accumulation de cette pyrazine. Cette synthèse ou/et absence de dégradation est davantage marquée en l'absence de contrainte hydrique.

3.3. Maturation

Au début de la véraison, la baie ne contient pas ou peu de précurseurs cystéinylés du 3-MH (agrumes) alors qu'elle contient déjà des précurseurs cystéinylés du 4-MMP (buis, genêt) (Peyrot des Gachons, 2000).

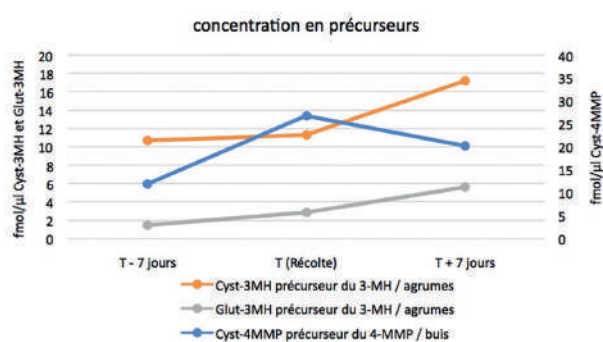


Figure 3 : Évolution de la concentration en précurseurs au cours de la maturation.

Au cours de la maturation les teneurs en Cyst-3MH et Glut-3MH vont augmenter tandis que la teneur en précurseurs du 4-MMP demeure stable (figure 3).

Les contrôles de maturité sont alors déterminant afin de définir la date de récolte : analyses et dégustations. Ce choix impacte de manière importante le profil aromatique du vin élaboré.

Et les notes végétales ?

La sous maturité est généralement caractérisée par des notes aromatiques végétales provoquées, entre autres, par la présence de méthoxypyrazines comme l'IBMP en raison notamment d'une dégradation insuffisante de cette molécule.

4. Influence des pratiques œnologiques sur les thiols volatils et leurs précurseurs

4.1. Élaboration des moûts

4.1.1. L'oxygène

A ce stade de la vinification, les thiols volatils sont présents sous forme de précurseurs et ne sont donc pas oxydables, au vu de leur structure chimique. Les teneurs en précurseurs cystéinylés du 3-MH et du

4-MMP ainsi que le Glut-4MMP sont stables durant des expérimentations d'oxydation contrôlée de moût de sauvignon alors que celles du Glut-4MMH augmentent (Roland et al, 2010).

4.1.2. Macération pelliculaire

Cette technique, en raison de la localisation des précurseurs dans la baie, préférentiellement dans la pellicule (§2.2.2), permet un gain aromatique (agrumes, fruit de la passion)..

Cette technique s'accompagne également d'un

gain en précurseurs glycosidiques (arômes muscatis) et surtout d'une augmentation du pH des moûts ainsi que d'une extraction conjointe des polyphénols. Ces éléments étant préjudiciables à la tenue des thiols volatils dans les vins, elle doit être pratiquée de manière mesurée.

4.1.3. Stabulation liquide à froid

La stabulation liquide à froid influence positivement la libération des thiols volatils sans pour autant influencer sur la teneur en précurseurs dans les moûts (figure 4).

Cette opération pré fermentaire oriente plutôt le profil aromatique des vins vers un profil « thiols fruités »

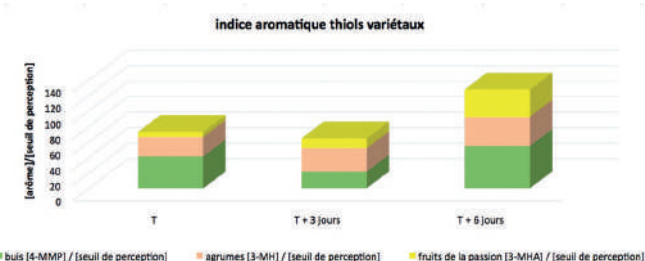


Figure 4 : Effet de la stabulation liquide à froid sur les teneurs en thiols volatils dans les vins.

4.2. Fermentation alcoolique

4.2.1. La levure

Les thiols variétaux sont libérés lors des tout premiers jours de la fermentation alcoolique par saccha-

romyces cerevisiae grâce à son activité β -liase.

Le choix de la levure est un facteur important (figure 5).

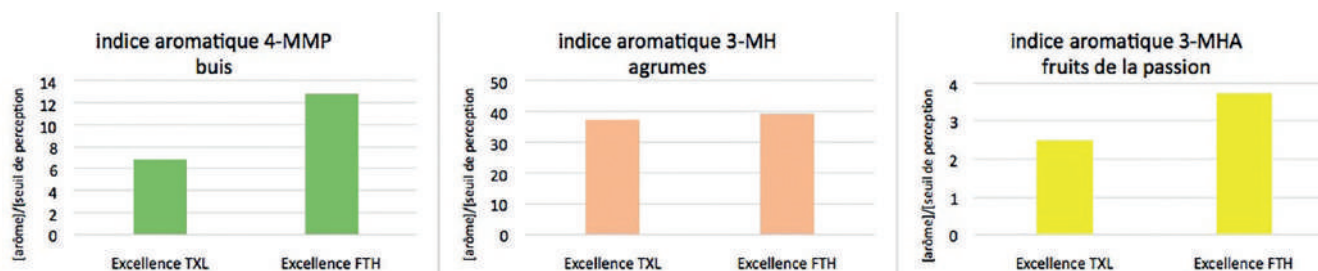


Figure 5 : Effet de la souche de levure sur les teneurs en thiols volatils dans les vins.

Il est possible de classer les souches de levures sélectionnées en fonction de leur aptitude à révéler les thiols volatils dans les vins.

Des souches de levures telles que Zymaflor X5, CK

S102, Excellence FTH ou AnchorAlchemyll sont ainsi connues pour leur forte contribution à la révélation des arômes variétaux de type thiols et en particulier le 4-MMP (buis, genêt).

4.2.2. La température

Quelle que soit la souche de levure utilisée, la teneur en molécules aromatiques est dépendante de la température à laquelle est réalisée la fermentation alcoolique.

Une température élevée (18-20°C) permet une meilleure expression des arômes variétaux en comparaison à une température de 13°C plus favorable à la production d'arômes fermentaires (arômes secondaires).

4.2.3. La nutrition azotée

L'azote assimilable est responsable de 35% des variations observées dans la libération des thiols volatils (Thibon, 2006).

L'azote des moûts est un élément important pour que les levures puissent réaliser et achever la fermentation. Mais la présence ou l'ajout de fortes concentrations d'azote ammoniacal en début de fermentation a

pour effet de limiter la capacité des levures à libérer les thiols volatils. Ce phénomène est lié au blocage par l'azote ammoniacal, de la pénétration d'acides aminés dans la levure en fermentation. Cela a également pour effet de limiter la pénétration des précurseurs des thiols dans la cellule de la levure et par conséquent leur conversion en thiols volatils odorants.

4.3. Élevage des vins

Après fermentation alcoolique, les thiols volatils sont sous forme libre et donc sous une forme chimique qui les rend facilement oxydables. Toute dissolution d'oxygène doit donc être parfaitement contrô-

lée celui-ci étant préjudiciable à la qualité aromatique des vins.

Cependant, l'absence d'oxygène peut également être la cause de l'apparition de défaut de réduction.

5. Conclusion

La vinification est évidemment un élément important dans l'élaboration d'un vin mais elle est surtout là pour mettre en valeur un potentiel obtenu à la parcelle. C'est bien le travail réalisé par le vigneron à la vigne qui définira le profil aromatique du vin.

Les notes végétales en relation avec la présence de pyrazines traduisent une vigueur excessive de la parcelle et/ou un manque de maturité du raisin et doivent être considérées comme un défaut.

A l'opposé, la combinaison d'une contrainte hydrique modérée apparaissant après véraison et d'une alimentation en azote sans excès semble représenter les conditions agronomiques les plus favorables à

l'obtention de vins de type « thiols ».

Chaque vigneron peut ainsi, en fonction du style qu'il souhaite donner à ses cuvées, adapter ses pratiques viticoles (vigueur, charge, date de vendange, ...). Il a ensuite la possibilité, lors des étapes de vinification et d'élevage, d'orienter le profil aromatique de ses vins en fonction de l'objectif visé vers un profil à dominante « thiol végétal » ou plutôt vers un profil « thiol fruité ».

De ces différents choix naissent des vins illustrant la grande diversité d'expression du cépage sauvignon.

