



excell

L'EXPERTISE ANALYTIQUE

Les goûts de fumée : une approche pratique

Tommaso Nicolato (tnicolato@labexcell.com) et Vincent Renouf (vrenouf@labexcell.com)
Laboratoire EXCELL, 25 rue Aristide Berges, 33270 Floirac

CONTEXTE

L'expression « goût de fumée » (smoke taint) est utilisée dans l'industrie vitivinicole pour décrire la perception négative de notes empyreumatiques (brûlé, cendrier, fumée, etc.) lors de la dégustation.

Les composés de la fumée principalement responsables de cette altération sont des **phénols volatils** produits lors de la combustion de la lignine.

N.B. Attention à ne pas les confondre avec les phénols volatils produits par Brettanomyces. Ces molécules appartiennent à la même famille chimique et partagent des notes aromatiques parfois proches, mais lors d'une exposition à la fumée, il n'y a pas d'accumulation de 4-éthylphénol et de 4-éthylgâïacol, qui restent des marqueurs de contamination microbiologique.

Ceux-ci peuvent pénétrer la cuticule du raisin, qui déclenche des réactions de glycosylation comme moyen de détoxification. Ces glycosides sont généralement décrits comme des **précurseurs du goût de fumée** et sont inodores.

Cependant, lors de la vinification, de l'élevage, du vieillissement et de la dégustation (action enzymatique de la salive), ces précurseurs s'hydrolysent graduellement, libérant leur phénol volatil respectif, qui peut conférer le défaut « goût de fumée ».

Il est important de souligner que certains de ces phénols volatils sont également recherchés par le vinificateur dans certaines typologies de vins, lors de l'élevage en barriques chauffées. En concentrations modérées, ils ne sont pas toujours perçus de façon négative par le consommateur. Si, cependant, leur concentration monte trop, le profil organoleptique du vin sera de plus en plus dominé par ces notes.

Évidemment, pour les vins plus frais et fruités, avec des élevages sans bois, le profil aromatique risquera d'être plus rapidement affecté. Cela rend particulièrement compliqué d'établir un seuil universel de « défaut », valable pour tous les contextes de production.

Composé	Descripteurs	Seuil de détection dans le vin rouge (µg/L)	Seuil de détection dans l'eau (µg/L)	Seuil de détection dans l'éthanol à 10% (µg/L)
Guaiacol	Enfumé, médicinal	23 a	9,5 c	-
m-crésol	Goudron, médicinal, phénolique	20 a	15 d	-
p-crésol	Goudron, médicinal, phénolique	64 a	3,9 d	-
o-crésol	Goudron, médicinal, phénolique	62 a	-	31 f
4-Méthylgaïacol	Vanille, clou de girofle, enfumé	65 b	21 d	-
Syringol	Enfumé, charbon de bois	-	-	570 c
4-Méthylsyringol	Enfumé, charbon de bois	-	10 000 e	-

a Parker et al. 2012, b Boidron et al. 1988, c Ferreira et al. 2000, d Czerny et al. 2008, e Burdock 2002, f Lehtonen 1982

Parmi ces phénols volatils, le gaïacol et le m-crésol sont les plus puissants. Ils possèdent les seuils de détection sensorielle les plus bas. L'o-crésol et le p-crésol peuvent également contribuer aux arômes et saveurs « enfumés » et « médicinaux », ainsi qu'à un caractère « goudronneux ». Le syringol présente un seuil sensoriel beaucoup plus élevé ; il est donc moins susceptible d'avoir un impact sensoriel direct, mais il constitue souvent un très bon marqueur d'exposition à la fumée.

Les phénols volatils (formes libres) peuvent avoir un effet cumulatif : lorsque plusieurs de ces phénols sont présents à des concentrations inférieures à leurs seuils individuels, ils peuvent s'additionner et contribuer ensemble aux arômes et saveurs « enfumés » et « médicinaux ». Par exemple, un ajout d'o-, m- et p-crésol dans un vin rouge à des niveaux tous inférieurs à leurs seuils individuels produit une note « médicinale » très perceptible (Mayr et al. 2014).

Certains précurseurs glycosylés ont été clairement identifiés par la recherche scientifique, mais ils ne sont pas tous connus à ce jour. Les phénols volatils absorbés par le fruit sont stockés sous différentes formes chimiques : mono-β-D-glucosides ainsi que des molécules plus complexes (R = β-xylose, β-glucose, β-rhamnose, etc.).

Chez la vigne, six glycosides ont été à ce jour sélectionnés et identifiés comme **marqueurs d'exposition à la fumée** : le gentiobioside de syringol, le gentiobioside de méthylsyringol, le rutinoside de phénol, le rutinoside de crésol (comprenant les rutinosides d'o-, m- et p-crésol), le rutinoside de gaïacol et le rutinoside de méthylgaïacol.

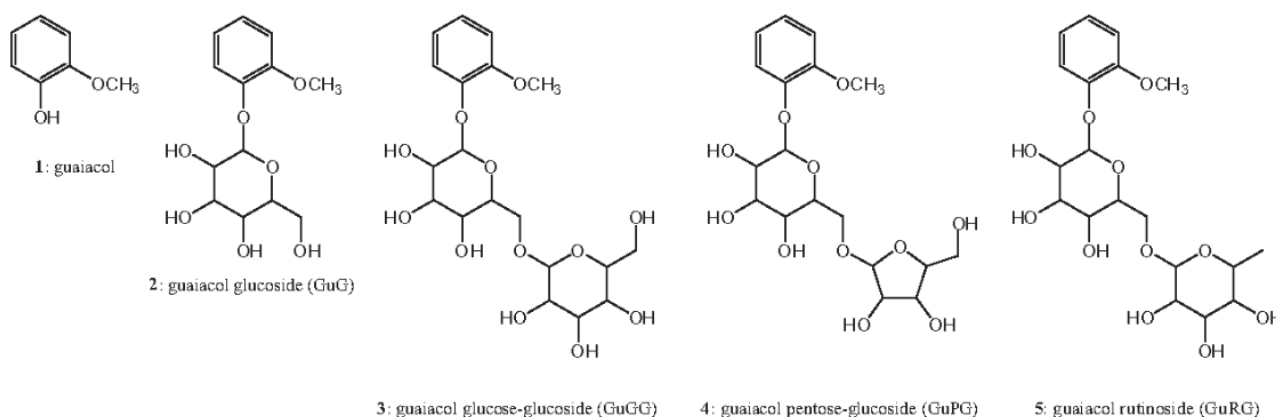


Figure 1 : Chemical structure of Guaiacol and some of its precursors - Pablo-Garcia et al. 2017

Deux glycosides spécifiques (le glucoside de gaïacol et le glucoside de m-crésol) se sont avérés transmettre une note « fumée » et « médicinale » par libération de gaïacol et de m-crésol en bouche (Parker et al. 2012). Le seuil du glucoside de gaïacol a été récemment établi à 69 µg/L dans l'eau, soit environ 10 fois le seuil du gaïacol libre pour le même panneau de dégustateurs (Parker et al.

2019) ; cependant, une large variabilité des sensibilités individuelles a été observée. Bien que les seuils n'aient pas été déterminés pour tous les glycosides phénoliques, il est raisonnable de s'attendre à ce que les rutinosides de gaïacol et de crésols puissent également apporter des notes « fumées » et « médicinales ».

Les précurseurs sont libérés principalement par hydrolyse enzymatique (enzymes β -glucosidases) et par hydrolyse acide. Cette réaction se produit naturellement en conditions acides ($\text{pH} < 4$), mais peut être très lente

(plusieurs mois ou années selon les concentrations) (Ristic et al., 2017). Plus l'acidité est élevée, plus le taux d'hydrolyse est rapide.

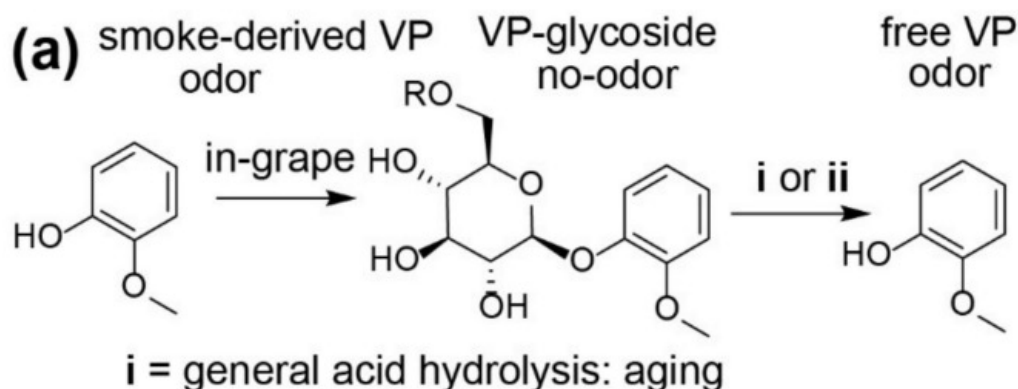


Figure 2 : Hydrolysis of volatile phenols, Whitmore et al. 2021

MÉTHODE ANALYTIQUE EXCELL

La méthode appliquée pour analyser les phénols volatils libres et leurs précurseurs est une version modifiée de la méthode décrite par Williams et al. en 1995. Elle repose sur l'hydrolyse acide des précurseurs afin de libérer les phénols volatils correspondants. Pour accélérer la réaction au cours du protocole analytique, le pH est fortement abaissé et la température augmentée. L'analyse est réalisée par SPME-GC/MS sur une colonne polaire.

Cette méthode est applicable à des échantillons de raisins, afin d'évaluer le niveau d'exposition, ainsi qu'aux vins finis. Elle peut également être mise en œuvre sur des vins issus de microvinifications expérimentales, réalisées pour estimer les concentrations susceptibles d'être retrouvées après fermentation. Plusieurs protocoles peuvent être communiqués sur demande.

Pour l'analyse sur raisins, un échantillon de 200 baies est suffisant pour réaliser l'analyse. Pour le vin, 100 mL sont suffisants.

RECOMMANDATIONS

Le risque de contamination du raisin dépend de plusieurs facteurs : proximité de l'incendie, intensité de l'exposition, durée de l'exposition, nature de la fumée et stade phénologique du raisin.

Une fumée de faible intensité (brouillard de fumée) peut être sans effet si elle est de courte durée, mais peut suffire à contaminer le raisin si l'exposition perdure plusieurs jours. Plus l'exposition survient à l'approche de la récolte, plus le risque augmente.

Dans le cas des incendies survenus cette année dans la région bordelaise, le risque principal tient au stade phénologique de la vigne, alors à la véraison, ainsi qu'à la puissance et à la durée des incendies. Selon les zones, ces conditions ont ainsi pu entraîner des expositions prolongées.

Afin d'avoir une estimation de la contamination, nous recommandons de réaliser les prélèvements de raisins une quinzaine de jours avant la date envisagée pour les vendanges.

L'obtention de ces résultats, des molécules présentes et de leurs teneurs permettront d'aiguiller les choix œnologiques. Une deuxième série de contrôles peut être pertinente en fin de macération. Ces analyses doivent concerner les formes glycosylées et les formes libres. Plus tard, sur le vin proche de sa mise en bouteilles, lors d'assemblage ou pour préciser certaines opérations finales (de collage par exemple), l'analyse pourra se concentrer sur les formes libres des molécules de goût de fumée. À ces stades avancés, le dosage des thiophénols (cf. encadré) pourra s'avérer complémentaire.

RECHERCHE DES THIOPHÉNOLS

Des recherches récentes ont découvert une autre classe de composés aromatiques jouant un rôle important dans la perception du défaut « goût de fumée » dans les vins : les thiophénols (Tomasino et al., 2023).

Ces dérivés soufrés des phénols, en particulier le thiogaïacol et le thiocrésol, peuvent se retrouver à des concentrations supérieures au seuil de perception dans des vins affectés par la fumée. Quand ils sont présents en association avec les autres phénols, leur concentration est très fortement corrélée à la perception du défaut « cendre froide, cendrier mouillé », un descripteur aromatique très spécifique au goût de fumée.

Leur voie de synthèse n'a pas encore été totalement élucidée, mais il est probable que la formation de ces composés ait lieu surtout lors de la fermentation alcoolique, en conditions réductrices, sur les lots exposés à la fumée.

En Gironde, en 2026, compte tenu de la puissance des incendies, des retardateurs de flamme ont été utilisés pour aider à les maîtriser. Nous recommandons leur recherche pour les parcelles proches des zones de largage.

La spécificité des incendies en Gironde découlait également des arbres qui ont brûlé. La combustion du pin pouvant produire des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), ces dosages peuvent également être réalisés en complément, tout comme la recherche des métaux lourds qui découlent quant à eux de la combustion de matériels ou d'équipements.

Indiquons également que les principales molécules évoquées sont de natures hydrophobes ; donc, même si par chance des précipitations arrivaient d'ici les vendanges, si les raisins ont bien été exposés aux fumées, il est peu probable que les pluies permettent de lessiver les composés incriminés.

Stade	Raisins 10 à 15 jours avant vendanges	Vin en sortie de macération / en debut d'élevage	Vin proche de la mise en bouteilles	Vin commercialisé présentant un doute en dégustation
Analyses recommandées	Formes libres et formes glycosylées des phénols HAP Retardateurs de flamme Métaux lourds	Formes libres et formes glycosylées des phénols	Formes libres des phénols Thiophénols	Formes libres des phénols Thiophénols