

Déviations organoleptiques des moûts et des vins associées aux pourritures des raisins

Étude particulière de la géosmine

Stéphane La Guerche & Philippe Darriet

Faculté d'Œnologie de Bordeaux - France.

Pierre Sauris & Dominique Blancard

URA-UMR Santé Végétale - Bordeaux - France.

2005-B12

La récolte de vendanges botrytisées, marquée par des défauts fongiques ou moisies n'est pas un phénomène récent (Bayonove, 1989 ; Rihéreau-Gayon & Peynaud, 1964). Cependant, au cours de ces dernières années, plusieurs défauts aromatiques à caractère fongique, moisi ou terreux associés au développement plus ou moins visible de pourritures sur les raisins ont été mis en évidence dans des vins de différentes régions viticoles (Bordelais, Beaujolais, Val de Loire, Bourgogne).

L'importance des préjudices causés par ces problèmes sur la qualité des vins de nombreux cépages Cabernet Sauvignon, Sémillon, Gamay, Chenin, Pinot noir) a motivé une étude approfondie visant, d'une part, à caractériser la nature des défauts associés à ces odeurs fongiques ou terreuses et, d'autre part, à préciser leur origine biologique et les conditions de leur expression au vignoble. Les principaux résultats acquis durant la thèse de Stéphane La Guerche sont présentés dans cet article.

Nature des composés responsables de défauts à odeur de champignon, de terre

Deux types de défauts fongiques et/ou terreux peuvent être

■ **Tableau 1: Principaux composés volatils à odeur fongique et moisi terreuse fréquemment mis en évidence dans des moûts et des vins issus de vendanges altérées.**

Odeur	Composés	Cépage (2)	Seuil olfactif (µg/l) (3)			Teneurs retrouvées dans les moûts (µg/l)	Contribution au caractère défectueux des vins
			Eau	Solution modèle	vin		
Champignon	1-octen-3-one	CS-M-S	0,003	0,03	0,07	0 - 0,01	oui, parfois
	1-octen-3-ol	CS-M-G-S	2	20	40	0 - 20	oui
	2-octen-1-ol	S	20	-	-	0 - 0,01	limitée
	2-heptanol	S	70	-	-	0 - 0,06	limitée
	non identifié	S	-	-	-	-	limitée
	non identifié	S	-	-	-	-	limitée
Terreux (1)	2-méthyl-isoborneol	CS-M-PN	0,012	0,04	0,055	0 - 0,07	oui, limitée dans le temps
	fenchol	S	50	-	-	0 - 0,01	oui, parfois
	fenchone	S	500	-	-	0 - 0,025	limitée
	géosmine	CS-M-G PN-C-S	0,01	0,04	0,05	0 - 1	oui
	non identifié	S	-	-	-	-	limitée
Mousse	non identifié	S	-	-	-	-	limitée

(1) Ne sont pas évoquées dans ce tableau les zones odorantes associées aux défauts terreux des vins de Pinot noir.

(2) CS : Cabernet Sauvignon, M : Merlot, S : Sémillon, G : Gamay, PN : Pinot noir, C : Chenin.

(3) Références : La Guerche, 2004.

à l'origine de déviations organoleptiques. Certains sont retrouvés au niveau des raisins et des moûts, mais ne sont pas perçus dans les vins. D'autres, en revanche, sont présents dans les raisins et les moûts et vont persister après fermentation et nuire à la qualité du vin.

Une bonne connaissance de la nature chimique des composés responsables de tels défauts est donc essentielle à la compréhension de leur origine au vignoble.

Des composés persistants ou non dans les vins

Des composés présents dans les moûts non persistants dans les vins

Des raisins, jus de raisins et vins issus de cépages Cabernet Sauvignon, Gamay, Pinot, Sémillon obtenus à partir de raisins touchés au moins partiellement par la pourriture grise et marqués par des caractères fongiques et terreux ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à un mode de détection olfactométrique (CPG-O). Cette technique a permis de mettre en évidence les zones odorantes les plus caractéristiques, puis les composés responsables ont été identifiés. Une assez grande diversité des zones odorantes correspondant à des odeurs fongiques et terreuses peut être détectée (**tableau 1**) (La Guerche et al., 2003b). La présence de ces composés est variable selon la nature du cépage, le stade de développement et le type de pourriture des baies. Parmi les composés fréquemment identifiés, le 1-octen-3-ol, la 1-octen-3-one et le 2-octen-1-ol sont systématiquement associés aux odeurs de champignon présentes dans les raisins touchés par la pourriture grise. Ces composés sont les métabolites synthétisés par de nombreuses espèces fongiques. D'autres composés possédant des notes camphrées et terreuses ont aussi été identifiés soit dans des raisins blancs (Sémillon,

* Ce travail est réalisé à la Faculté d'Œnologie de Bordeaux, en collaboration avec l'UMR Santé Végétale de l'INRA de Bordeaux, grâce au soutien financier du Conseil Interprofessionnel des Vins de Bordeaux (CIVB), de la société Bayer CropScience France, du Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne (BIVB) et de l'ONIVINS.

Sauvignon, sit dans des raisins noirs (Cabernet Sauvignon, Pinot noir, Gamay) issus de vendanges récoltées après développement de pourriture gris due à *Botrytis cinerea*. Il s'agit de composés tels que le fenchol, le fenchone, et le 2-méthylisoborneol. Ce dernier paraît être, parmi les composés à odeur terreuse, le principal responsable du défaut moisi terreux des raisins noirs atteints par *B. cinerea*.

La majorité des composés cités ci-dessus sont dégradés pendant la fermentation alcoolique, et en particulier la 1-octen-3-one et le 2-méthylisoborneol. Ces observations sont souvent faites par les vinificateurs: le moult issu de vendanges plus ou moins pourries est marqué par un défaut olfactif qui disparaît au cours de la fermentation alcoolique ou durant l'élevage du vin. Dans de rares cas, ces composés, et en particulier la 1-octen-3-one, seront à l'origine d'un défaut dans le vin, notamment lors de millésimes particulièrement pluvieux.

Des composés présents dans les moûts et persistants dans les vins

• La géosmine n'est pas le seul défaut terreux des vins

Un certain nombre de composés présents dans les raisins sont à l'origine de séveuses, déviations organoleptiques dans les vins. Le principal défaut retrouvé dans le nombreux raisins et vins issus de cépages Cabernet Sauvignon, Gamay, Pinot, Sémillon élaborés dans plusieurs régions viticoles et Pays (France, Espagne, Italie) présente une forte odeur de terre humide, le betterave. Le composé responsable initialement mis en évidence par couplage CPG-O est la (-) géosmine, ou trans-1,10-diméthyl-trans-9-décaldol, un composé appartenant à la famille des terpènes (Darré et al., 2000). Son nom, inventé par Gerber et Lechevalier (1965), fait référence à des racines grecques (geo: terre; osme: odeur). Par ailleurs, depuis 2 ans, l'analyse de vins de Pinot noir de Bourgogne a permis de mettre en évidence plusieurs défauts présentant des notes

de terre camphrée, d'humus. À la dégustation, ces déviations sont peu perçues au nez et principalement retrouvées dans les vins par voie rétronasale. Les composés responsables de ces défauts sont en cours de caractérisation et les modalités de genèse par les microorganismes isolés sur les parcelles touchées sont étudiées.

• La géosmine, un composé assez stable

La (-) géosmine présente des seuils de perception de 10 ng/l dans l'eau, de 40 ng/l en solution modèle de composition proche du vin, de 40-50 ng/l dans un vin blanc et de 50-80 ng/l dans un vin rouge (seuils déterminés à la Faculté d'Enologie de Bordeaux). La (-) géosmine est donc un composé très odorant. Les teneurs retrouvées dans les vins sont comprises entre 60 et 200 ng/l mais peuvent atteindre 700 ng/l, notamment lors du millésime 2004. Ce composé est peu dégradé au cours de la fermentation alcoolique (seulement

20 % dégradés en 2 semaines). Il est également relativement stable en cours de conservation, puisqu'il faut environ 2 mois à 20 °C pour noter une diminution de 50 % de la teneur initiale, et 8 mois à 10 °C. La température est donc un paramètre déterminant dans la dégradation chimique de la géosmine dans le vin.

De nombreux essais de traitements curatifs ont été réalisés afin d'éliminer la géosmine dans les vins (tableau 2). Le lait entier permet d'éliminer jusqu'à 60 % des teneurs en géosmine d'un vin et l'huile de pépin de raisin jusqu'à 80 %. Les traitements aux corps gras présentent donc une bonne efficacité vis-à-vis de la géosmine. Cependant, à l'heure actuelle, ils ne sont pas autorisés en œnologie. Un traitement thermique à 70 °C pendant 24 h en bouteille fermée conduit à la dégradation de 80 % de la géosmine, ce qui permet de penser que la thermovinification puisse atténuer ce défaut. La volatilisaton sous flux d'azote ou d'argon a également été envisagée, à différentes températures, mais n'a donné aucun résultat satisfaisant. Malgré une efficacité relative, ces traitements curatifs ne sont pas sélectifs vis-à-vis de la géosmine et engendrent des pertes d'arômes importantes dans les vins traités. Ils ne constituent donc qu'une mesure d'urgence et pas une solution durable.

Tableau 2 : Efficacité de différents traitements curatifs sur les teneurs en géosmine retrouvées dans les vins.

	Traitements			Géosmine (ng/l)
	Lait entier (1,5 l/hl de vin)	Huile de pépins de raisin (0,5 l/hl de vin)	Chauffage (24 h à 70 °C)	
Avant traitement	290	320	700	310
Après traitement	120	70	100	280
Efficacité	58,6 %	78,1 %	85,7 %	9,7 %

Tableau 3 : Principaux microorganismes retrouvés sur des grappes pourries contenant de la géosmine et prélevées dans 4 régions viticoles françaises.

Micro-organismes Sites (1)	Bordelais				Beaujolais		Bourgogne	Val de Loire			
	M1	M2	S1	S2	BJ1	BJ2	BG1	VL1	VL2	VL3	VL4
Années d'étude	99-2004	99-2004	99-2002	99-2001	2002	2002	2004	2002	2002	2002	2004
<i>Botrytis cinerea</i>	+++ (2)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>P. expansum</i>	+++	+++	+++	++	+++	+	+++	+++	+++	+++	+
<i>P. thomii</i>	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>P. purpurogenum</i>	-	+	-	-	-	++	-	+	-	++	+
<i>P. frequentans</i>	-	-	+	-	-	+	++	-	-	++	-
<i>P. stoloniferum</i>	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-
<i>P. carmeum</i> sect. <i>roqueforti</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total <i>Penicillium</i> spp.	++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>S. coelicolor</i> ou <i>S. lividans</i>	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+
<i>Streptomyces griseus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Streptomyces flavogriseus</i>	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+
Autres <i>Streptomyces</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
Total <i>Streptomyces</i> spp.	-	+	-	+	+	+	-	++	++	++	++

(1) M1 et M2 : sites du Médoc, Cabernet Sauvignon ; S1 et S2 : sites du Sauternais, Sémillon ; BJ1 et BJ2 : sites du Beaujolais, Gamay ;

BG1 : site de Bourgogne, Pinot Noir ; VL1 à VL4 : sites du Val de Loire, Gamay en 2002 et Chenin en 2004.

(2) : - : Microorganisme non isolé ; + : peu d'isolats (<5) ; ++ : quelques isolats (5-10) ; +++ : grand nombre d'isolats (>10).

Origine de la géosmine

Les micro-organismes suspects

Depuis 1994, les microorganismes présents sur des raisins blancs et noirs (Cabernet Sauvignon, Semillon, Gamay, Chenin, Pinot noir) issus de nombreuses parcelles du vignoble bordelais, du Val de Loire, de Bourgogne et du Beaujolais corréziens par ce problème ont été isolés. Les possibilités de production de la géosmine par les représentants de cette microflore ont également été évaluées (La Guerche et al., 2003a).

Sur les grappes contenant de la géosmine, *Botrytis cinerea* est toujours présent (tableau 3). Ce champignon ne synthétise pas la géosmine mais il est systématiquement associé au champignon *Penicillium expansum* (La Guerche et al., 2004), capable de produire ce composé. D'autres espèces du genre *Penicillium* (*P. thomii*, *P. purpogenum*, *P. frequentans*, *P. stoloniferum*), non productrices de géosmine, sont retrouvées sur les raisins. Quelques espèces productrices ont été ponctuellement isolées, dont *P. carneum* section *roqueforti* et une autre espèce en cours d'identification. Cependant, aucune n'a été isolée de manière répétée et en quantité abondante sur les différents sites étudiés au

cours des 6 années de prélèvement, comme c'est le cas pour *P. expansum*. Par ailleurs, plusieurs espèces de *Streptomyces* sp. (dont 3 majoritaires: *S. coelicolor*, *S. griseus* et *S. flavogriseus*) capables de produire la géosmine, et non pas une seule, sont ponctuellement retrouvées. Une telle étude écologique est déterminante pour envisager l'implication d'un ou plusieurs microorganismes dans la genèse de ce défaut.

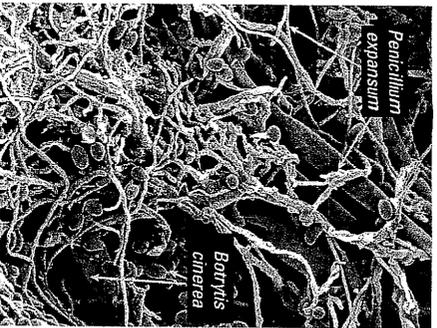
Localisation de la géosmine au niveau des grappes

La géosmine retrouvée dans les vins est déjà présente dans les raisins au moins partiellement touchés par la pourriture grise, à des teneurs relativement élevées (comprises entre 8 et 36 µg/kg en 2004), mais jamais dans des grappes saines. Considérant le faible seuil de perception de la géosmine dans le vin, 5 à 10 % de grappes contaminées peuvent suffire, dans certains cas, à polluer une vendange. Au niveau de la grappe, 94 % de ce composé sont localisés dans la pellicule des baies internes (figure 1). Ceci conforte l'importance d'une bonne observation des grappes à la parcelle: un état sanitaire extérieur sain n'exclut pas des foyers de pourriture internes au cœur de la grappe, responsables de la genèse de géosmine.

Métabolisme de production de la géosmine

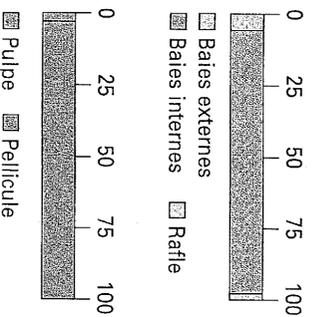
Les bactéries filamenteuses Actinomycètes du genre *Streptomyces* isolées produisent la géosmine sur milieu modèle (pH 7) mais ne

■ **Photo 1: *B. cinerea* et *P. expansum* sont intimement liés sur la pellicule des baies internes de la grappe** : les fins filaments de *P. expansum* (les plus clairs) s'entrelacent avec les spores et les filaments plus larges de *B. cinerea* (les plus foncés).



Source : SERCOMI

■ **Figure 1: La géosmine est essentiellement localisée en cœur de grappe, dans la pellicule des baies internes.**



128

WineMaster®

by

FONDIS

Créateur d'innovations pour l'habitat

CLIMATISEZ VOTRE CAVE

La qualité du vieillissement de votre vin dépend essentiellement des conditions de conservation. C'est pour répondre à ces exigences que FONDIS a créé une gamme complète de climatiseurs de cave, adaptée aux amateurs comme aux professionnels. WineMaster est le leader européen incontesté des climatiseurs de cave à vin, garantissant les conditions optimales de conservation :

Température constante
Ventilation permanente
Hygrométrie maîtrisée

Zone Industrielle - BP 9
 F-68801 Thann Cedex
 Tél. +33 (0)389 377 500
 Fax +33 (0)389 377 589
 E-mail : contact@fondis.com

www.fondis.com



eurostratégie* 50131

Je souhaite recevoir gratuitement et sans engagement la documentation de votre gamme de climatiseurs de cave à vin WineMaster et profiter de votre CADEAU DE BIENVENUE !

Nom Prénom

Adresse

Code Postal Ville

Tél Email :

Fondis 21 Bp 9 F - 68901 Thann Cedex - Tél. +33 (0)389 377 500 Fax. +33 (0)389 377 589 E-mail : contact@fondis.com

peuvent se développer sur le substrat acide que constitue la baie, le jus de raisin ou la rafle (pH 3-4). L'hypothèse qu'ils puissent être impliqués dans la genèse de la géosmine au vignoble, se produisant au moment de la maturité du raisin, peut donc être écartée. Les travaux se sont donc concentrés sur *P. expansum*.

Paradoxalement, *P. expansum* se développe sur jus de raisin sain et sur baies mais la synthèse de géosmine n'est pas possible. Le métabolisme de production de ce composé par *P. expansum* a donc été étudié suivant plusieurs approches, biochimique, métabolique et biologique. Une étude biochimique visant à mieux comprendre les voies enzymatiques impliquées dans la biosynthèse de la géosmine a été entreprise. Elle ne sera pas évoquée dans cet article. L'étude métabolique s'est intéressée à l'influence de la composition du jus de raisin et au rôle du champignon *B. cinerea* dans la production de géosmine par *P. expansum*. D'une part, les teneurs en acides aminés d'un jus de raisin sain permettent le développement de *Penicillium* mais inhibent la synthèse de géosmine, alors que le niveau de concentration en ion ammonium dans la baie favorise cette production. En effet, après élimination de ces acides aminés du jus de raisin, *P. expansum* génère la géosmine. D'autre part, l'acide linoléique, un acide gras présent dans la praline du raisin, permet également à *P. expansum* de produire ce composé.

Importance du complexe *B. cinerea* - *P. expansum*

La présence systématique de *B. cinerea* sur les baies de raisin contenant de la géosmine nous a conduit à envisager l'implication de ce champignon dans l'induction de la synthèse de géosmine par *P. expansum*. Il a pu être démontré sur jus et broyat de raisins de différents cépages, en particulier le Cabernet Sauvignon et le Gamay, que le développement préliminaire de *B. cinerea* permet la modification de la composition du jus de raisin favorable à la synthèse de géosmine par *P. expansum*. L'action essentielle de *B. cinerea* s'interprète par la dégradation des acides aminés, inhibiteurs de cette genèse. De plus, le mannitol, un polyol produit par *B. cinerea*, permet également à *P. expansum* de produire ce composé. Il pourrait donc avoir un rôle stimulateur sur la genèse de géosmine. L'analyse de baies de raisin contenant de la géosmine par microscopie électronique a également pu illustrer les interactions existant entre les 2 champignons *B. cinerea* et *P. expansum* (photo 1).

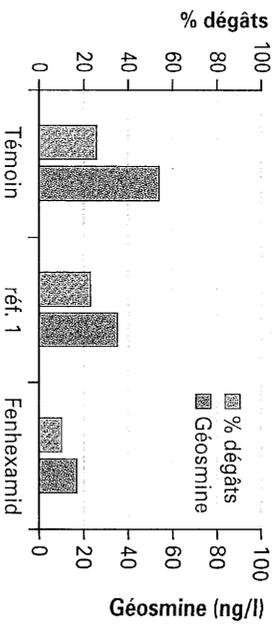
La géosmine, une origine élucidée

L'ensemble des résultats acquis permet de proposer le mécanisme suivant concernant la genèse de la géosmine au vignoble. Au cours de son développement localisé sur la baie, *B. cinerea* dégrade des composés du raisin, en particulier les acides aminés présents dans les assises pelliculaires et place *P. expansum*, le contaminant secondaire, dans une situation physiologique permettant la production de géosmine.

Par contre, la grande majorité des souches de *B. cinerea* produit, dans nos conditions de laboratoire, un ou plusieurs composé(s) polysaccharidique(s) inhibant la synthèse de géosmine par *P. expansum*. Des travaux sont actuellement en cours pour en approfondir la connaissance et évaluer leur impact en pratique. Les travaux menés sur le métabolisme de *P. expansum* et sur les modalités de production de la géosmine, notamment le rôle joué par *B. cinerea*, nous ont permis de comprendre la grande complexité du phénomène et la nécessité de poursuivre, par des approches biochimique et génétique, l'étude du métabolisme de ces 2 champignons.

Stratégies de lutte au vignoble

La récolte de grappes extérieurement et intérieurement saines, c'est-à-dire exemptes de *B. cinerea*, est donc la meilleure garantie pour se prévenir



■ Figure 2. La diminution des teneurs en géosmine retrouvées dans les vins est corrélée à l'efficacité de la protection anti-botrytis.

des risques liés à la géosmine ou aux autres défauts terreux identifiés dans certains vins. Différentes stratégies de lutte anti-botrytis ont donc été envisagées afin de prévenir l'apparition de la géosmine au vignoble et diverses modalités de traitements ont été mises en place selon le dispositif des blocs de Fisher sur des parcelles du Médoc et du Beaujolais. Les premiers résultats obtenus au vignoble en 2001 mettent en évidence une corrélation importante entre de faibles pourcentages de dégâts de pourriture grise et de faibles teneurs en géosmine retrouvées dans les vins (figure 2).

Ces résultats ont été confirmés en 2004. Paradoxalement, le fenchamid, l'un des fongicides les plus efficaces parmi ceux testés dans la lutte anti-botrytis, ne possède in vitro aucune efficacité contre *P. expansum*. Tous ces résultats démontrent l'implication de *B. cinerea* dans la genèse de géosmine au vignoble et par conséquent l'importance de la maîtrise de la pourriture grise, tant par la lutte phytosanitaire que par la prophylaxie, pour tenter de prévenir l'apparition de la géosmine.

Conclusions

Les études menées sur les défauts moisissés terreux dans les raisins et vins de divers vignobles ont conduit à l'identification de plusieurs composés volatils responsables de ces déviations. Si la fermentation alcoolique permet la dégradation de certains de ces composés, d'autres défauts, notamment ceux liés à la présence de la (-) géosmine, persistent et altèrent durablement la

qualité organoleptique des vins. Une étude approfondie de l'origine de la (-) géosmine a permis d'établir la présence systématique du complexe *B. cinerea* - *P. expansum* sur les grappes contenant ce composé et la possibilité de sa genèse, sur jus et broyat de raisins, par développement successif de souches de *B. cinerea* puis de *P. expansum*.

La présence de ces défauts moisissés terreux dans les vins, et en particulier de la géosmine, résulte toujours d'un état sanitaire déficient de la vendange plus ou moins bien évalué au vignoble associant *B. cinerea* et des pourritures secondaires, notamment *P. expansum*. Ces observations ouvrent sur de nombreuses pistes de travail.

Aujourd'hui, la recherche d'une maturité avancée par les viticulteurs contribue généralement à une fragilisation de l'état sanitaire du raisin, surtout en conditions climatiques défavorables. Ces travaux de recherche démontrent l'importance de la lutte contre *B. cinerea* pour empêcher l'expression et la nuisibilité du complexe *B. cinerea* - *P. expansum*. Ils se poursuivent actuellement et sont élargis à l'étude des défauts terreux retrouvés dans les vins de Pinot noir ainsi qu'à leur origine. Ils visent à affiner les stratégies de lutte pour envisager des solutions durables au vignoble. ■

NDLR: Les références bibliographiques concernant cet article sont disponibles sur simple demande auprès de la Revue des *Enologie*.

- Par courrier: Joindre une enveloppe affranchie, avec les références de l'article - Sur internet: www.oeno.tmf.fr