

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

Progression dans la connaissance des molécules odorantes mises en cause et des mécanismes de leur formation

Bertrand Vacher^{1,2}, Monique Pons¹, Brunhilde Dauphin¹, Stéphane La Guerche¹, Dominique Blancard², Pierre Sauris², Philippe Darriet¹

¹ Faculté d'Œnologie, UMR 1219 Œnologie - Institut des Sciences de la Vigne et du Vin, Université Victor Segalen Bordeaux 2 - Talence - France.

² INRA-UMR Santé Végétale - Institut des Sciences de la Vigne et du Vin - Villenave d'Ornon - France.

2008 -B10

Depuis environ une dizaine d'années, les vins produits dans diverses régions françaises sont parfois marqués par des défauts organoleptiques, en particulier lors de vendanges pluvieuses, liés à des développements au vignoble de *Botrytis cinerea* et de moisissures secondaires associées.

Le premier défaut étudié, à connotation terreuse, a été associé à la (-)-géosmine, un composé dont l'odeur rappelle la terre humide et la betterave. Il a affecté sporadiquement des vins de plusieurs régions viticoles françaises au cours des millésimes 1999, 2002,

2004, 2006. Dans un précédent article (La Guerche *et al.*, 2005a), nous avons présenté les travaux qui ont permis de comprendre l'origine de ce composé et de démontrer l'implication, avec *Botrytis cinerea*, du genre *Penicillium* représenté principalement par l'espèce *Penicillium expansum* dans la genèse de géosmine au vignoble (La Guerche *et al.*, 2005b, 2006, 2007ab) (**tableau 1**). Depuis, d'autres espèces de *Penicillium*, en plus de la précédente et de *P. carneum*, ont pu être isolées au vignoble. Bien que peu représentées, des souches appartenant aux espèces

P. decumbens, *P. islandicum*, *P. miczynskii*, *P. pinophilum*, *P. purpurogenum*, peuvent produire de la géosmine (La Guerche *et al.* 2006, 2007b). Soulignons la forte influence de *Botrytis cinerea* sur le développement de ces espèces de *Penicillium* spp. au cœur des grappes. Aussi, toutes les méthodes de protection permettant de contrôler l'agent de la pourriture grise ont été proposées à la profession pour améliorer l'état sanitaire de la vendange, et donc limiter en partie les déviations terreuses (La Guerche *et al.* 2005a).

Plus récemment, d'autres types de déviations organoleptiques sensiblement différentes ont émergé dans différentes régions de production. Ces déviations présentaient des odeurs parfois intenses de champignon de Paris dans des vins de divers cépages en Champagne et en Alsace. En Bourgogne, des nuances aromatiques de type terreuses et camphrées, rappelant l'humus et parfois la gentiane, ont été constatées dans certains vins de Pinot noir. Aussi, de nouvelles recherches ont été entreprises afin de caractériser la nature des composés responsables de ces déviations, préciser leur origine biologique et les conditions de leur expression au vignoble.

Cet article fait état des connaissances nouvelles, acquises au cours des dernières années, sur ces problématiques émergentes.

■ **Tableau 1 : Exemples de complexes de *Botrytis cinerea* et *Penicillium* spp. dans des grappes contenant des teneurs élevées en (-)-géosmine, provenant de cépages de divers vignobles (La Guerche *et al.*, 2007b).**

Cépage	Millésime	Géosmine (µg/grappe)	Principaux champignons caractérisés
Gamay*	2006	2	<i>B. cinerea</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. glabrum</i> , <i>P. purpurogenum</i> , <i>P. thomii</i>
Gamay*	2006	0,5	<i>B. cinerea</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. glabrum</i> , <i>P. purpurogenum</i> , <i>P. rubrum</i> , <i>P. thomii</i>
Gamay*	2006	0,1	<i>B. cinerea</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. glabrum</i> , <i>P. rubrum</i> , <i>P. thomii</i>
Pinot noir**	2006	0,25	<i>B. cinerea</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. glabrum</i> , <i>P. purpurogenum</i> , <i>P. rubrum</i> , <i>P. thomii</i>
Pinot noir**	2006	0,6	<i>B. cinerea</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. thomii</i>
Pinot noir**	2006	0,15	<i>B. cinerea</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. thomii</i>
Pinot noir**	2006	0,5	<i>B. cinerea</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. thomii</i>
Chardonnay**	2006	1	<i>B. cinerea</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. glabrum</i> , <i>P. purpurogenum</i>
Chardonnay**	2006	0,75	<i>B. cinerea</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. thomii</i>

* Beaujolais ** Champagne et Bourgogne

De nouveaux composés odorants mis en évidence

Caractérisation des composés à l'origine de notes de champignon frais

Des déviations aromatiques fongiques, rappelant le champignon de Paris et qui ont été rapidement identifiées par les professionnels comme notes de type « ACF » (arôme de champignon frais), ont été retrouvées au cours des trois derniers millésimes dans certains vins. Il s'agissait principalement de vins élaborés à partir de raisins altérés, de cépages blancs et noirs (Chardonnay, Pinots noir et meunier) des régions Champagne et Alsace. L'analyse d'extraits organiques de ces vins par une méthode classique de chromatographie en phase gazeuse, couplée à l'olfactométrie (CPG-O), a conduit à la mise en évidence de deux principales zones odorantes, en complément de celle due au 1-octen-3-ol, qui rappellent distinctement la même note fongique. L'identification et le dosage des composés responsables de ces zones odorantes par des techniques innovantes d'analyse chromatographique ont été entrepris afin de préciser leur contribution dans les déviations aromatiques des vins.

La 1-nonen-3-one

Une première zone odorante se situe au temps de rétention chromatographique de la 1-nonen-3-one. Grâce à un autre équipement de chromatographie en phase gazeuse multidimensionnelle couplé à

la spectrométrie de masse (MDGC-SM), il a été possible d'identifier formellement pour la première fois la 1-nonen-3-one dans les vins. Ce composé est extrêmement odorant et présente une forte odeur de champignon. Il a un seuil de perception olfactive pour 50 % des dégustateurs de 1 ng/L dans l'eau et de 8 ng/L en solution modèle (Dauphin *et al.*, 2007). La valeur indicative de son seuil de recouvrement, c'est-à-dire la concentration minimale pour que son odeur soit perçue dans un vin (vin de base de Champagne), est de l'ordre de 30-35 ng/L pour 50 % des dégustateurs.

Notons que la 1-nonen-3-one est aussi parfois détectée par la même méthode dans des vins de Pinot noir de Bourgogne marqués par les défauts fongiques évoqués précédemment.

Les teneurs mesurées en 1-nonen-3-one dans des vins issus de vendanges altérées présentent des valeurs comprises entre 8 et 127 ng/L, souvent supérieures au seuil de perception olfactive de ce composé (**tableau 2**).

La 1-nonen-3-one n'est généralement pas détectée dans les grappes ou jus de raisins élaborés à partir de raisins altérés, et sa présence a pu être mise en évidence dans les vins, seulement après fermentation alcoolique (Dauphin *et al.*, 2007).

La 1-octen-3-one

La seconde zone odorante déterminée par CPG-O présente généralement un niveau d'intensité fongique plus élevé, en particulier dans les vins marqués par les notes « ACF ».

Celle-ci a pu également être identifiée par CPG-SM comme étant la 1-octen-3-one, un composé présentant une très forte odeur de champignon frais (Dauphin *et al.*, 2007). Une méthode de dosage de ce composé faisant intervenir un procédé de dérivation a été adaptée à partir de la méthode de Culléré *et al.* (2006) avec un étalonnage interne deutéré (Dauphin *et al.*, 2007). Cette méthode présente un niveau de sensibilité de 15 ng/L et une bonne linéarité (R^2 : 0,994) dans une gamme de concentrations entre 20 ng/L et 250 ng/L.

Les résultats d'une centaine de dosages montrent des teneurs en 1-octen-3-one pouvant atteindre 400 ng/L dans certains vins, en particulier dans les vins de base de Champagne. Les teneurs détectées sont alors nettement supérieures au seuil de perception olfactive de ce composé (3 ng/L dans l'eau, 30 ng/L en solution modèle) (**tableau 3**).

Par ailleurs, la valeur indicative du seuil de recouvrement de la 1-octen-3-one a été confirmée dans un vin blanc de base de Champagne pour 50 % des dégustateurs à 100-120 ng/L, soit un niveau de concentration fréquemment atteint dans un vin marqué par la déviation « ACF ». En outre, la 1-octen-3-one est assez stable dans les vins (50 à 60 % de dégradation en une année dans un vin de base de Champagne conservé entre 14-15 °C). La teneur de ce composé dans

■ **Tableau 2: Teneurs en 1-nonen-3-one retrouvées dans des vins de différents cépages produits dans quatre régions viticoles françaises.**

Vins	Cépage	Millésime	Teneur en 1-nonen-3-one (ng/L)
1	Pinot noir*	2003	8
2	Pinot noir*	2004	37
3	Pinot noir*	2004	43
4	Sémillon**	2004	75
5	Chardonnay***	2005	15
6	Pinot noir*	2006	127
7	Pinot meunier***	2006	31
8	Pinot gris****	2007	20

* Bourgogne ** Bordeaux *** Champagne **** Alsace

■ **Tableau 3: Teneurs en 1-octen-3-one retrouvées dans des raisins, des moûts avant et après fermentation alcoolique (FA) et des vins blancs de cépages champenois, alsaciens et bordelais.**

Échantillons	Cépage	Millésime	Teneur en 1-octen-3-one
Raisins	Pinot meunier	2006	250 ng/grappe
	Pinot meunier	2006	300 ng/grappe
	Pinot meunier	2006	60 ng/grappe
	Pinot meunier	2006	220 ng/grappe
	Pinot meunier	2006	120 ng/grappe
Moûts	Pinot meunier	2006	190 ng/L
	Pinot meunier	2006	220 ng/L
	Pinot meunier	2006	75 ng/L
	Pinot meunier	2006	120 ng/L
Vins	Pinot noir	1995	180 ng/L
	Sauvignon blanc*	2004	300 ng/L
	Sauvignon blanc*	2004	400 ng/L
	Pinot noir	2005	150 ng/L
	Pinot noir	2005	240 ng/L
	Pinot meunier	2006	120 ng/L
	Pinot meunier	2006	115 ng/L
	Pinot meunier	2006	100 ng/L
	Pinot meunier	2006	150 ng/L
	Pinot meunier	2006	90 ng/L
Pinot meunier	2006	120 ng/L	
Pinot gris**	2007	115 ng/L	

* Bordeaux - ** Alsace

les vins n'est pas modifiée avec des teneurs en dioxyde de soufre situées entre 15 et 30 mg/L.

Notons qu'il est possible de doser à la fois la 1-nonen-3-one et la 1-octen-3-one à des niveaux de concentrations supérieurs au seuil de perception olfactive dans des vins marqués par le défaut « ACF ».

La 1-octen-3-one provient de la dégradation oxydative d'acides gras insaturés (Badings, 1970). La 1-octen-3-one, comme le 1-octen-3-ol, est aussi le métabolite de nombreuses espèces fongiques et ces composés sont fréquemment mis en évidence sur des raisins atteints par diverses formes de pourritures (Tressl *et al.*, 1982; La Guerche *et al.*, 2006).

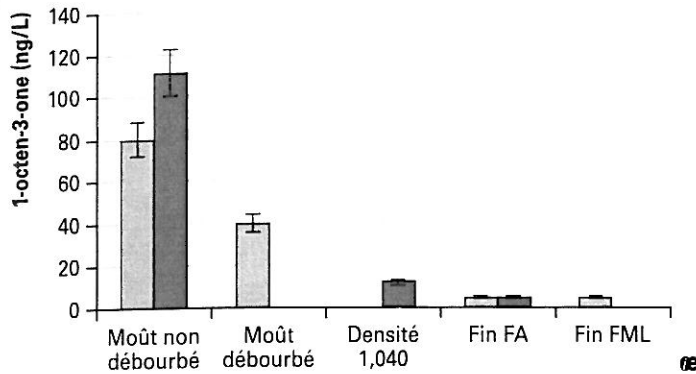
En revanche, la présence de 1-octen-3-one dans des vins à des niveaux de concentration de plusieurs centaines de nanogrammes par litre, n'est pas un phénomène habituel en œnologie. Les seules références concernent la pollution de vins par des bouchons ou barriques contaminées (Amon *et al.*, 1989). En effet, ce composé, parfois dosé dans des moûts issus de raisins altérés à

des teneurs comparables, est facilement dégradé au cours du processus fermentaire par la levure *Saccharomyces cerevisiae* (Wanner *et al.*, 1998; La Guerche *et al.*, 2006).

Le suivi de l'évolution des concentrations de ce composé dans des moûts champenois au cours des millésimes 2005 et 2006 a montré deux situations bien distinctes faisant état, soit d'une diminution importante des teneurs au cours du processus fermentaire (situation habituelle, **figure 1**), soit dans certains moûts d'une diminution partielle, qui pourrait être interprétée par une « néogenèse » de ce composé, au cours de la vinification et pendant les premiers mois de la conservation des vins (**figure 2**).

Les teneurs en 1-octen-3-one détectées dans les vins à des niveaux de concentrations supérieurs à 100 ng/L ne semblent pas résulter d'une aptitude limitée pour certaines souches de *S. cerevisiae* à réduire la 1-octen-3-one au cours de la fermentation alcoolique en 3-octanone, beaucoup moins odorant (Wanner *et al.*, 1998). Cette situation incite plu-

■ **Figure 1: Évolution des teneurs en 1-octen-3-one au cours de la vinification à partir de deux moûts champenois de Pinot meunier dont les vins ne sont pas marqués par le caractère « ACF ».**



tôt à formuler l'hypothèse d'une formation de ce composé à partir de « précurseurs » présents dans les moûts. D'ailleurs, la formation de la 1-nonen-3-one au cours de la vinification semble procéder d'un mécanisme similaire. Notons que dans les vins marqués par des nuances de champignon frais, les teneurs en 1-octen-3-ol, un composé bien connu présentant des notes fongiques, sont en général inférieures au seuil de perception (30 µg/L dans un vin blanc).

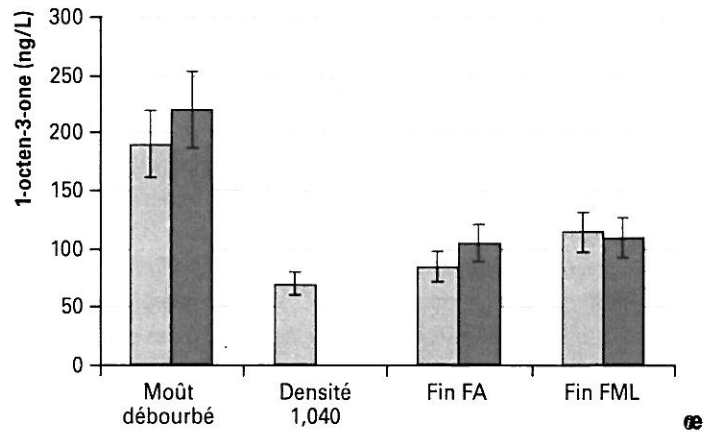
Arômes terreux et camphrés: plusieurs zones odorantes mises en évidence

Les déviations rencontrées dans certains vins de Pinot noir de Bourgogne présentent des nuances de terre humide, d'humus et végétales. Ces déviations sont principalement perçues par voie rétro-nasale et polluent durablement l'expression aromatique des vins.

La contribution de certains composés écartée

Les premières études de vins déviés des millésimes 2002 et 2004 ont permis de conclure que des composés tels que la (-)-géosmine, le 2-méthylisobornéol (MIB) et la 2-méthoxy-3-isopropylpyrazine (IPMP), pouvaient être écartés du fait de leur faibles concentrations dans les vins. La (-)-géosmine qui affecte parfois l'expression aromatique des vins de Pinot noir n'a pas été systématiquement détectée dans les vins. Le 2-méthylisobornéol, dégradé au cours du processus fermentaire, ne constitue pas de manière durable un défaut dans les vins. Quant à la 2-méthoxy-3-isopropylpyrazine, composé à la fois d'origine fongique et variétale (cépage Sauvignon blanc) (Allen *et al.*, 1991), comme la 2-méthoxy-3-isobutylpyrazine, les teneurs dosées dans les vins de Pinot noir de Bourgogne déviés sont généralement inférieures à 5 ng/L, le seuil de perception étant de 10 ng/L.

■ **Figure 2: Évolution des teneurs en 1-octen-3-one au cours de la vinification à partir de deux moûts champenois de Pinot meunier dont les vins sont marqués par le caractère « ACF ».**



Des avancées significatives

L'étude mise en place sur des vins des millésimes 2002 à 2006 a permis de mettre en évidence par CPG-O non pas une mais plusieurs zones odorantes dans des vins de Pinot noir marqués par ces déviations. Celles-ci présentent des nuances de « champignon » (C1, C3), végétales (V1, V2, V3) et surtout une zone terreuse (T1), en complément de la (-)-géosmine (**figure 3**).

Parmi ces nouvelles zones odorantes, certaines d'entre elles (C1, V1, V2) ont pu être caractérisées plus précisément intégrant, avec la 1-nonen-3-one, deux composés: la (Z)-1,5-octadien-3-one (V1) et le (E)-4-hepten-1-ol (V2) qui présentent des nuances végétales. Soulignons que la (Z)-1,5-octadien-3-one, produit de dégradation des acides gras insaturés, a été mise en évidence dans des vendanges touchées par l'oïdium (Darriet *et al.*, 2002). L'identification des composés responsables se poursuit avec un focus particulier pour la zone terreuse (T1) qui présente la nuance aromatique la plus représentative des défauts observés.

Des moisissures de la grappe potentiellement à l'origine des déviations aromatiques dans les vins

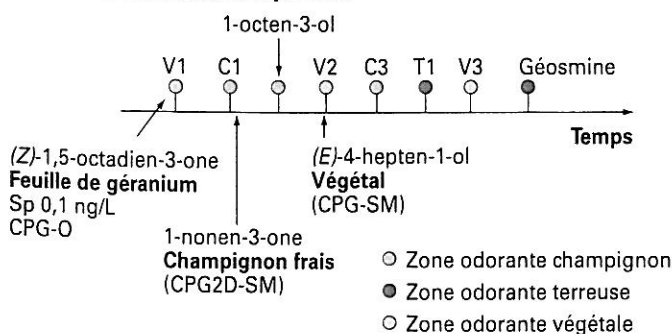
Les micro-organismes présentent une large capacité de production de métabolites secondaires, en particulier des composés volatils odoriférants dans une gamme de concentration inférieure au µg/L. Ainsi, de nombreuses espèces bactériennes, levuriennes et fongiques présentes notamment sur céréales et divers fruits, y compris les raisins, sont connues comme source de déviations organoleptiques (Mattheis *et al.*, 1992; Mottram, 1998; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2004). Quelques travaux en plus de ceux sur la géosmine, font état de nuisibilités qualitatives de moûts et de vins liées à divers champignons unicellulaires *Brettanomyces* sp. (Renouf *et al.*, 2007) et filamenteux *Botrytis cinerea* (Bayonove, 1989) et *Erysiphe necator* (Calonnec *et al.*, 2004).

Étant donné la nature des déviations aromatiques émergentes constatées dans les grappes, les moûts et les vins, nous avons privilégié l'hypothèse de l'implication d'un à plusieurs champignons dans la production des composés à leur origine. Nous présentons maintenant les premiers éléments de nos résultats.

Exemple des complexes de pourritures du Pinot noir en Bourgogne

Dans le vignoble bourguignon, en particulier au cœur de grappes pourries, des associations étroites entre *B. cinerea* et diverses moisissures ont été mises en évidence constituant des complexes de

■ **Figure 3: Principales zones odorantes caractérisées dans des vins rouges de Pinot noir (millésimes 2002 à 2006) présentant des notes terreuses-camphrées.**



pourritures (**photo 1**). Des micro-vinifications ont été réalisées à partir de vendanges de Pinot noir saines ou pourries récoltées sur la même parcelle. Seuls les vins issus des vendanges pourries ont révélé la présence des trois zones odorantes V2, C1 et T1 à connotation champignon frais et terreuse-camphrée, alors que les vins élaborés à partir de grappes saines de la même parcelle ne présentent pas ces zones odorantes (**figure 4**).

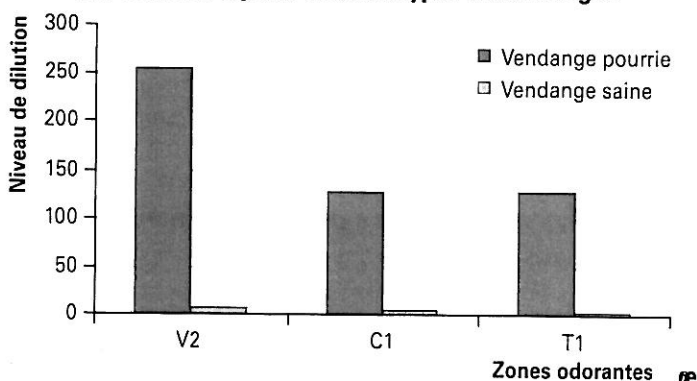
Afin de déterminer l'origine des déviations, la microflore de vendanges altérées de Pinot noir a été isolée et caractérisée par des outils de biologie moléculaire durant les millésimes 2004-2006. De nombreux isolats appartenant aux genres *Cladosporium*, *Alternaria*, *Coniothyrium*, *Mucor* et principalement *Penicillium*, représenté dans de nombreuses espèces ont été identifiés. L'étude des potentialités de production des composés responsables des zones odorantes se poursuit. D'ores et déjà, concernant la 1-nonen-3-one, l'étude de la microflore isolée a permis de démontrer que les milieux de culture de souches appartenant aux espèces *Penicillium minioluteum*, *Penicillium thomii* et *Penicillium variable* isolées sur des grappes pourries de Pinot noir contiennent de la 1-nonen-3-one, mais seulement après fermentation alcoolique du milieu de culture par la levure *Saccharomyces cerevisiae*.

Focus sur la microflore isolée dans des parcelles à l'origine de vins « ACF »

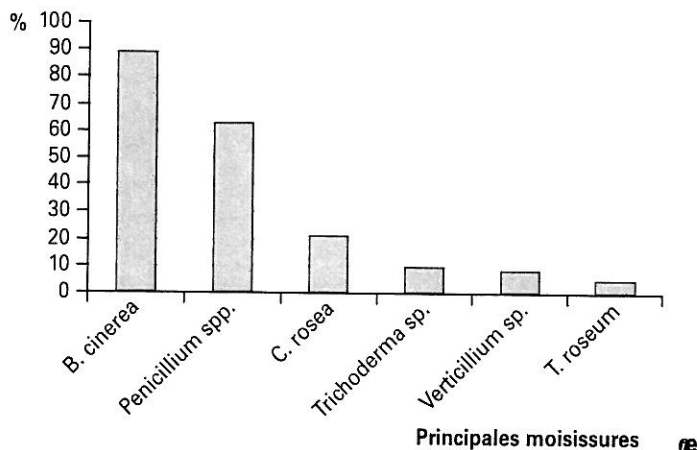
Les années à défauts « ACF » sont généralement associées aux années à pourriture grise. Les analyses de grappes pourries ont permis de mettre en évidence par CPG-O et CPG-SM plusieurs composés aromatiques défavorables comme la (-)-géosmine, le 2-méthylisobornéol, la 1-octen-3-one et le 1-octen-3-ol. Ces résultats confirment la présence de composés de nature fongique responsables des déviations observées sur les grappes. Comme dans de nombreuses régions, en Champagne, les grappes arrivées à maturité présentent des complexes parasitaires classiques associant *B. cinerea* soit à divers *Penicillium* spp., soit à d'autres moisissures qualifiées d'opportunistes.

Dans le vignoble champenois, plus d'une dizaine de moisissures (**figures 5 et 6**) ont pu être identifiées sur un échantillonnage conséquent de grappes à maturité et marquées par différents descripteurs aromatiques ACF et/ou terreux... En plus de la prédominance des moisissures classiques impliquant *B. cinerea* et diverses espèces de *Penicillium* dont l'espèce majeure est *P. expansum* (**photo 2 et 3**), quatre autres principales moisissures ont pu être observées: *Clonostachys rosea*, *Trichoderma* sp., *Verticillium* sp. et *Trichothecium roseum*. Certains de ces champignons semblent plutôt spécifiques de la Champagne, en particulier *Clonostachys rosea*. D'autres champignons apparten-

■ **Figure 4: Niveaux d'intensité de zones odorantes déterminés par CPG-olfactométrie dans des extraits de vins rouges de Pinot noir élaborés à partir de deux types de vendanges.**



■ **Figure 5: Fréquence d'observation et d'isolement des principales moisissures présentes sur 164 grappes pourries en Champagne en 2006.**

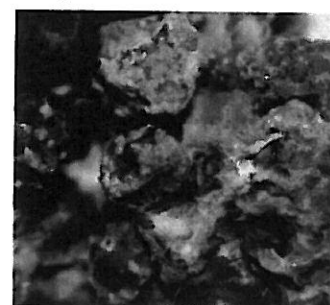


■ **Photo 1: Complexe de pourritures sur grappe de Pinot noir associant *Botrytis cinerea* et *Penicillium* sp.**



Source : D. Blancard (INRA).

■ **Photo 2: Complexe de pourritures sur baies de raisin associant *B. cinerea* et *P. expansum*.**



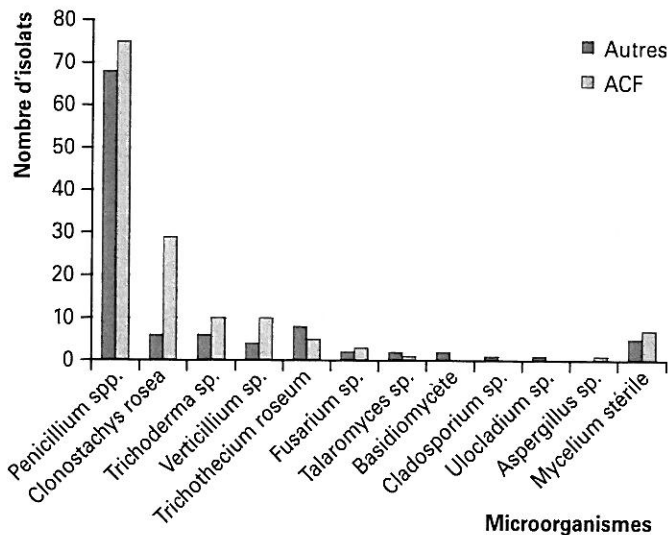
nant à divers genres sont ponctuellement retrouvés au cœur de certaines grappes pourries (*Fusarium* sp., *Talaromyces* sp., *Basidiomycète*...).

Il n'est pas possible à ce jour d'associer une espèce fongique aux grappes associées aux vins présentant des défauts « ACF ». En effet, de nombreuses espèces fongiques sont en mesure de produire la 1-octen-3-one et le 1-octen-3-ol et comme nous l'avons vu précédemment, les teneurs en 1-octen-3-one présentes sur les raisins et dans les jus de raisins ne sont pas celles des vins. Cependant, *Clonostachys rosea*, de par sa fréquence sur les grappes affectées par des notes « ACF » et sa spécificité régionale, doit être suspecté comme *Trichoderma* sp., *Verticillium* sp. et plusieurs espèces de *Penicillium* (**photo 4**). Les travaux en cours s'attachent à préciser la ou les espèces susceptible(s) d'être réellement impliquée(s) dans l'apparition du défaut « ACF » dans les vins.

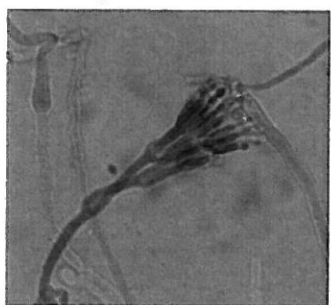
Conclusion

En plus de la géosmine, nos études récentes ont permis de caractériser d'autres composés responsables de déviations aromatiques dans les vins à odeur de champignon frais (la 1-nonen-3-one et la 1-octen-3-one) et de mettre l'accent sur des zones odorantes et composés associés potentiellement impliqués dans des déviations camphrées terreuses de vins de Pinot noir. La caractérisation de certains de ces composés n'a pu être possible que grâce à la mise en œuvre des techniques de chromatographie en phase gazeuse couplée à l'olfactométrie et à la spectrométrie de masse puis par la validation de leur contribution à l'arôme par des travaux d'analyse sensorielle. Nous avons pu une nouvelle fois constater la fréquente association sur grappe de *B. cinerea* avec diverses moisissures opportunistes et démontrer l'implication de certaines d'entre elles dans la

■ **Figure 6: Champignons isolés en 2006 sur 164 grappes de la région Champagne, marquées par des déviations de type « ACF » ou autres.**

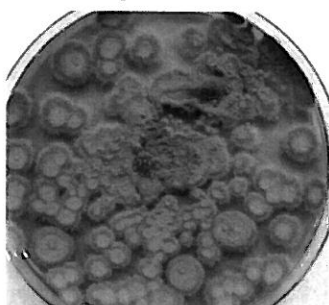


■ **Photo 3: Vue de *Penicillium expansum* en microscopie photonique.**



Source : D. Blancard (INRA).

■ **Photo 4: Culture de *Penicillium purpurogenum* sur milieu jus de raisin.**



Source : D. Blancard (INRA).

production de composés volatils, telle la 1-nonen-3-one. Une information majeure illustrée par ce dernier composé réside dans le fait que les composés à l'origine de déviations fongiques dans les vins ne sont pas toujours détectés dans les jus de raisins. La vinification contribue à révéler la déviation fongique des raisins. C'est un phénomène nouveau qui rend plus difficile encore la mise en évidence des conséquences préjudiciables de complexes de pourritures des grappes. Pour résoudre ces différentes déviations organoleptiques, les mesures correctives au chai ne sont pas les plus satisfaisantes car les traitements œnologiques envisageables, en particulier le traitement au charbon actif, ne sont pas sans conséquences sur la qualité des vins. Ces problématiques aromatiques doivent donc d'abord être gérées au vignoble. Et en l'état de nos connaissances, comme pour la

géosmine, la maîtrise de ces problématiques émergentes, passe nécessairement par le contrôle de *B. cinerea*. De plus, une bonne gestion de la vendange avec un tri soigné s'impose pour éliminer les grappes altérées par diverses pourritures. ■

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 de la société Bayer CropScience France, du Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (CIVC), du Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne (BIVB), du Centre Œnologique de Bourgogne, de la Coopérative Agricole et Viticole de Beaune-Verdun, du Conseil Interprofessionnel des Vins de Bordeaux (CIVB) et de Viniflor.

Les auteurs remercient les œnologues, viticulteurs et organismes interprofessionnels cités pour leur efficace soutien technique sans lequel ces travaux n'auraient pu être réalisés.

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

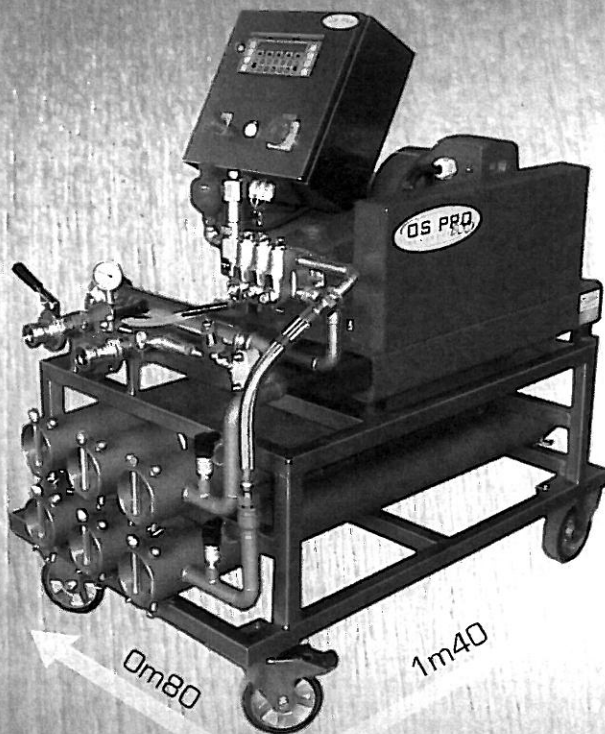
- Par courrier: joindre une enveloppe affranchie, avec les références de l'article
- Sur internet: www.oeno.tm.fr

PAETZOLD
Constructeur

EQUIPEMENTS VINICOLES

Depuis 10 ans, notre société est devenue le partenaire incontournable des
TRAITEMENTS MEMBRANAIRES DU VIN :

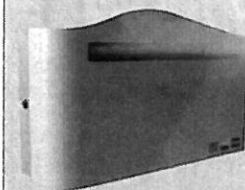
De nombreuses applications* :
concentration, désalcoolisation
et autres traitements.



Compact • Fiable • Facile à utiliser • Facile à entretenir

3 GAMMES À VOTRE SERVICE
DE 100 à 1100 l/h : TECH, PRO, PERF
(Modèle présenté : OS 600 PRO / 600 l/h
Consommation électrique : 16 A)

Nouveau **Syrus**[®]
Maîtrise de l'hygrométrie du chai à barriques



Le seul humidificateur permettant d'obtenir les 80 % d'humidité nécessaires au bon élevage du vin en barriques sans générer de traces d'humidité et sans engendrer de pollution de l'atmosphère.

* Attention au respect de la législation en vigueur dans le pays et/ou la région

Responsable commercial France : Luc THIOU, lthiou@michaelpaetzold.com
Export manager : Pierre TRIONÉ, ptrione@michaelpaetzold.com
Siège social : 33 140 Cadaujac - FRANCE - Tél. : +33 (0)5 57 83 85 85 - www.michaelpaetzold.com

MICHAEL PAETZOLD
Spécialiste du process œnotechnique