

INSTITUT FRANÇAIS
DE LA VIGNE ET DU VIN

ITINÉRAIRES
N°23

Goûts Moisis Terreux : Origine et moyens de lutte

INTRODUCTION

Les Goûts Moisis Terreux (GMT) sont des déviations organoleptiques rencontrées, depuis une quinzaine d'années, dans les vins rouges et blancs et plus particulièrement ceux issus des cépages Cabernet Sauvignon, Gamay, Pinot noir, Chenin, Sémillon, de l'ensemble du vignoble français, à l'exception de la zone Languedoc-Roussillon.

Les conséquences de ces déviations organoleptiques se traduisent par des pertes économiques importantes dues à une diminution des volumes mais également au mécontentement des clients lié aux déviations organoleptiques des vins. Compte tenu de l'ampleur de ces déviations apparues dans les vins au cours du millésime 2002, une forte demande régionale et un besoin nation-

nal ont fait naître la nécessité d'étudier les causes des goûts moisis terreux.

Il en résulte que si la pellicule des baies des raisins présente une flore microbienne variée nécessaire à la bonne réalisation des étapes fermentaires ultérieures, une fraction de cette flore microbienne peut générer, dans certaines conditions climatiques, des foyers de pourriture grise entraînant la production de molécules aromatiques préjudiciables à la commercialisation d'un vin. Plusieurs molécules aromatiques peuvent être à l'origine de ces défauts nommés Goûts Moisis Terreux (GMT), mais seule une molécule, la géosmine, apporte un défaut terreux ; c'est ce dernier qui est plus particulièrement abordé dans les résultats de cette étude.

Le document «Goûts Moisis Terreux, origine et moyens de lutte» synthétise la connaissance acquise sur le sujet des déviations nommées Goût Moisi-Terreux (GMT), au travers de multiples expérimentations mises en place sur des réseaux de parcelles ayant rencontré des déviations et des parcelles témoins, pendant une durée d'au moins six années et dans plusieurs vignobles, dont principalement deux bassins de productions viticoles que sont Bourgogne-Savoie et Val de Loire-Centre.



Les résultats de ces travaux sont présentés en 4 parties, afin d'apporter :

- Des éléments de compréhension à l'origine de ces défauts :
Partie 1 – Origine des déviations nommées Goûts Moisi Terreux
- Des schémas de lutte préventive au vignoble adaptés au développement des champignons producteurs :
Partie 2 – Moyens de lutte préventive au vignoble
- De même que des itinéraires de vinifications adaptés, voire l'application de traitements curatifs, en dernier recours :
Partie 3 – Lutte curative
- Des éléments de synthèse :
Partie 4 – Conclusion générale

Sommaire



Partie 1 : Origine des déviations nommées Goûts Moisi-Terreux

page 4

Il est fait la connaissance des molécules et des micro-organismes et plus particulièrement des moisissures productrices de ces composés. Ainsi, un focus est réalisé sur la molécule géosmine, nommée comme responsable, à ce jour, des déviations de type terreux et des moisissures du genre *Penicillium*. Les conditions de production avancées pour cette molécule sont essentiellement des facteurs climatiques, qui eux-mêmes, conditionnent l'apparition des foyers de pourriture et plus particulièrement *Botrytis cinerea*. Cependant, il est essentiel de retenir que les défauts terreux ne peuvent être corrélés à l'intensité et/ou à la fréquence de *Botrytis*.

De plus, il est présenté succinctement les outils dont dispose la filière aujourd'hui, pour le suivi analytique et microbiologique lié aux défauts terreux. Un point tout particulier est réalisé sur l'importance de la dégustation et ses limites.

Partie 2 : Moyens de lutte préventive au vignoble

page 13

Cette partie est la clé de réussite d'un vin sans défaut, tout au moins de type GMT ; en effet, la lutte au vignoble contre les moisissures productrices de géosmine repose essentiellement sur celle de *Botrytis* ; ainsi, l'efficacité de la lutte chimique, en fonction notamment du nombre de traitements a été montrée, mais plus particulièrement la combinaison des mesures prophylactiques (éclaircissage et effeuillage) et de la lutte chimique est fortement recommandée, pour prévenir de façon significative le risque lié aux défauts terreux.

Partie 3 : Lutte curative

page 19

Si les mesures préventives au vignoble s'avèrent insuffisantes, il est nécessaire d'opérer à toutes les étapes d'élaboration du vin :

- Véraison-Récolte : évaluer les parcelles à risque GMT
- La récolte : opérer un tri manuel en fonction du pourcentage de foyers de pourriture
- Entrée au chai : réaliser une dégustation des moûts et écarter ceux jugés potentiellement déviés
- Elaboration du vin : adapter l'itinéraire de vinification et plus particulièrement les opérations préfermentaires, à l'intensité de perception du défaut et/ou à la teneur en géosmine
- Traitements sur vins finis ou partiellement finis : adapter la dose d'emploi de charbon œnologique à l'intensité du défaut et/ou à la teneur en géosmine ; si l'intensité et/ou la teneur est faible, il est possible d'utiliser des intrants et/ou auxiliaires afin d'obtenir un masquage aromatique

Partie 4 : Synthèse des éléments-clés

page 30

Partie 1

Origine des déviations Goûts Moisi-Terreux

Déviations organoleptiques et molécules associées

Les «goûts moisi terreux (GMT)» sont des déviations organoleptiques rencontrées dans les vins rouges et blancs de l'ensemble du vignoble français, à l'exception de la zone Languedoc-Roussillon.

L'exception observée dans cette zone est à relier étroitement au faible développement de botrytis dans le vignoble du pourtour méditerranéen contrairement aux zones septentrionales.

En effet, les GMT sont toujours corrélés à un état sanitaire dégradé de la récolte, avec des foyers de pourriture grise et/ou pédonculaire associés ou non à des moisissures secondaires visibles, principalement du genre *Penicillium* (Photo 1).

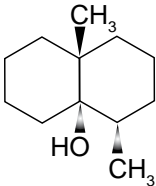

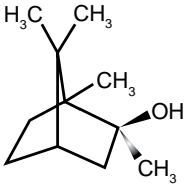

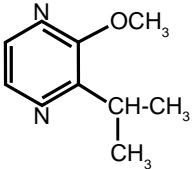

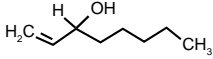


Molécules	Structures	Seuils de perception en fonction de la structure du vin	Descripteurs	Moment de détection
Géosmine		30 à 50 ng/l	Betterave rouge Terre 	Grappe Moût Vin
2-méthyl-isobornéol (MIB)		30 ng/l	Terre ; Camphre 	Grappe Moût Dégradé en cours de fermentation alcoolique Produit de dégradation non caractérisé
2-isopropyl-3-méthoxy-pyrazine (IPMP)		2 ng/l	Pomme de terre ; Petits pois 	Grappe Moût Vin
Octénol/octénone		?	Champignons de Paris 	Grappe Moût Vin
Molécules non identifiées	?	?	Moisi ; Pourri Fruits blets 	Grappe Moût Vin

Tableau 1
Principales déviations organoleptiques
et molécules associées

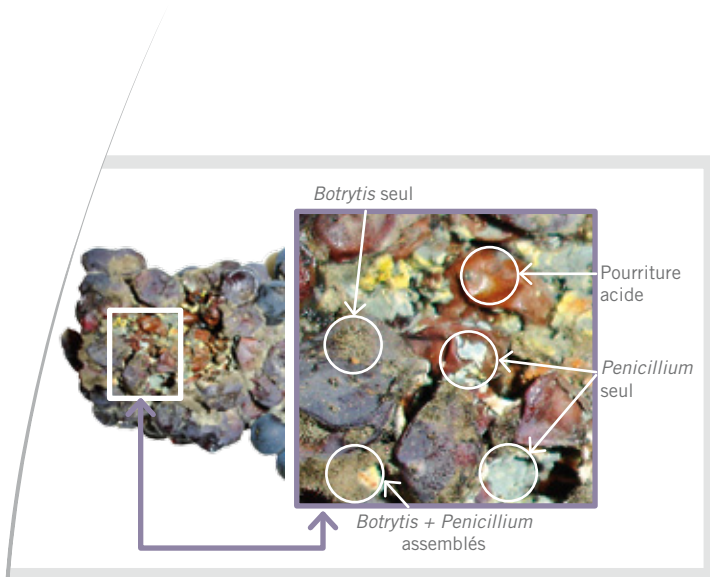


Photo 1
Observation de différents complexes fongiques sur grappe

Les arômes et/ou précurseurs d'arômes sont produits au cœur de ces complexes fongiques en proportions variables. En fonction des millésimes, des cépages et des situations géographiques, certaines molécules qui sont présentées dans le tableau 1, peuvent être produites de façon majoritaire, voire quasi exclusive par un complexe. C'est généralement le cas de la géosmine, responsable du caractère terreux des vins.

En revanche, il arrive fréquemment que les GMT résultent de l'interaction entre plusieurs molécules ; interactions dont les conséquences aromatiques sont, là encore, extrêmement variables en fonction des quantités respectives des molécules potentiellement présentes.

Pour finir de noircir le tableau, il apparaît que, après plusieurs années de recherches et de tentatives d'identification, certaines molécules ne puissent toujours pas être caractérisées, même par les moyens techniques les plus performants.

Enfin, la perception même de ces molécules est variable. Certaines molécules sont très fortement perçues dans les moûts mais leur intensité diminue au cours de la fermentation alcoolique (FA) (cas du MIB), ou à l'inverse se maintiennent ou augmentent légèrement.

D'autres molécules sont absentes ou imperceptibles dans les moûts, mais leur présence se révèle en cours de fermentation alcoolique (FA) pour altérer le produit fini (cas de l'octénone). Les GMT sont donc une double problématique pour la filière, en ce sens qu'ils sont issus de métabolismes imbriqués de différentes moisissures et qu'ils se composent de plusieurs molécules en interaction les unes avec les autres.

De fait, la lutte préventive doit être efficace sur un ensemble de moisissures et les éventuels traitements curatifs, sur un ensemble de molécules.

Perception sensorielle associée

La perception de la géosmine (Figures 1 et 2) n'est pas aisée à détecter et ceci pour plusieurs raisons :

- **Une partie des individus n'est pas sensible à cette molécule.** Il est important que chaque vinificateur puisse connaître sa sensibilité à la géosmine. Les personnes non sensibles devront faire appel aux

compétences d'une tierce personne pour les aider à identifier des cuvées à problèmes en cours de vinification et pour la réalisation d'assemblage. **Le seuil de perception sur vin est de 45 ng/l sur Gamay et même à 30 ng/l pour les plus sensibles.**

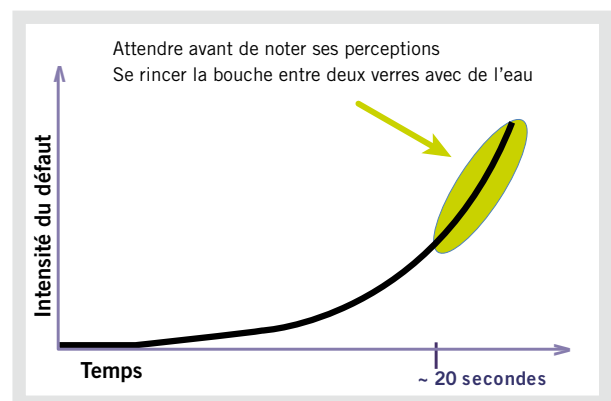


Figure 2 : Temps de latence en bouche
Evolution de l'intensité géosmine en bouche

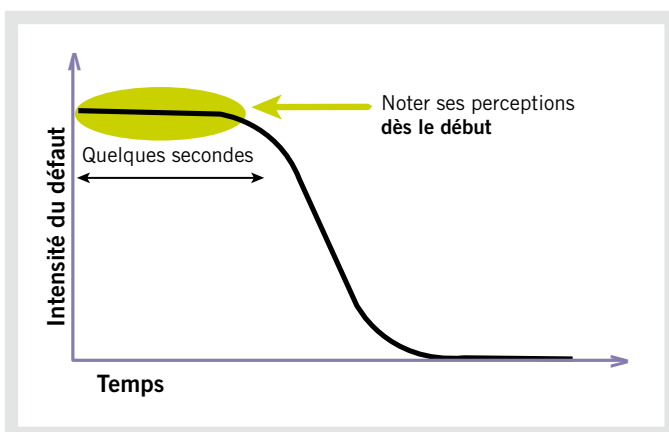


Figure 1 : Phénomène d'adaptation au nez
Evolution de l'intensité géosmine au nez

- **La perception du défaut est fugace au nez et très persistante en bouche** (le mauvais goût reste très longtemps après avoir recraché le vin). Au cours d'une dégustation, les cuvées suspectes devront donc toujours être dégustées en dernier, ou bien à part, afin d'éviter les erreurs d'appréciation.
- **Le type de vin peut perturber la dégustation.** Le défaut sera plus difficilement décelable dans les vins très structurés ou très aromatiques. Il peut également être masqué par un autre défaut (réduction...). Le vinificateur devra donc déguster les cuvées bien avant le decuvage, de façon régulière et dès l'encuvage.

Importance de l'analytique

Le développement analytique a été important, afin de mettre à disposition des méthodes de dosages, pour l'ensemble des molécules citées dans le tableau 1. A ce jour, certains défauts n'ont pas trouvé leurs marqueurs, mais concernant les défauts liés au caractère «terreux», ce dernier est bien lié à la teneur en géosmine.

Ainsi, les analyses sont possibles à l'aide d'une méthode couplant SPME et GC-MS/MS ; l'échantillon est analysé, après passage en phase vapeur (SPME), par chromatographie en phase gazeuse (GC) couplée à de l'identification structurale, la spectrométrie de masse (MS) (Guérin-Schneider et al).

Cette méthode spécifique permet de quantifier de faibles concentrations de produits (Limite de Quantification (LDQ) sur vin : 5 ng/l).

Un point doit faire l'objet d'une attention particulière : la préparation des échantillons. En effet, la présence des bourbes dans les jus perturbe la mesure de la géosmine. C'est la raison pour laquelle il est préférable d'adopter toujours le même mode de préparation des échantillons : décantés (voir même centrifugés), ou bruts. De même, il est important de ne s'adresser qu'à un laboratoire d'analyses, tout au moins pour une même série d'échantillons, pour avoir des valeurs absolument comparables entre elles.



Effet majeur des précipitations

Les millésimes à défaut, dans le cas du cépage Gamay (Beaujolais) se démarquent avec plus de 100 mm de précipitations entre le début de la véraison et la récolte (**Figure 3**).

Pour le cépage Chenin (Touraine), le facteur climatique doit être associé aux facteurs complémentaires environnementaux (dégâts de vers de grappe, de Botrytis), au stade de maturité du raisin pour caractériser un millésime à défaut.

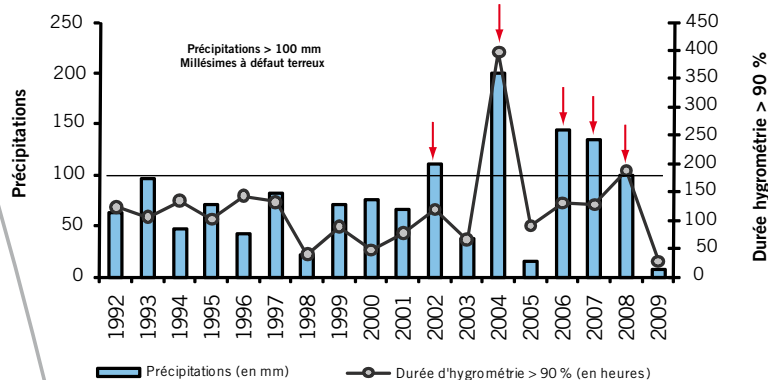


Figure 3
Précipitations et durée d'hygrométrie supérieure à 90 % de 1992 à 2009 entre le stade début véraison et la récolte - Station de St Jean d'Ardières (Beaujolais)



Etat des lieux sur les micro-organismes

Flore fongique des raisins

La pellicule de raisin présente naturellement à sa surface une population de micro-organismes multiples et variés appelée flore indigène ou microflore épiphytique. Outre des levures, des bactéries acétiques et lactiques sont retrouvées, notamment des bactéries filamenteuses ou encore des moisissures. Les moisissures les plus fréquemment rencontrées sont *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Aureobasidium pullulans*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium* sp. et *Penicillium* sp. De nombreux facteurs géographiques, climatiques ou culturaux font varier les quantités et les proportions de ces micro-organismes sur la pellicule de raisins.

Parmi ces dernières, le genre et espèce le plus communément rencontré est *Botrytis cinerea* (**photo 2 – *Botrytis* sur baies**).

Parmi le genre *Penicillium*, une espèce fréquemment retrouvée est *Expansum*, toutefois, des espèces telles que *Aurantiogriseum*, *Brevicompactum*, *Citrinum*, *Chrysogenum*, *Crustosum*, *Glabrum* et *Decumbens* sont rencontrées (Pitt et Hocking, 1999 ; La Guerche et al, 2003 (a et b)) (**Photo 3**).



Photo 4
Aspergillus sur baies

Parmi le genre *Aspergillus*, l'espèce la plus communément rencontrée est *Niger*, mais également *Carbonarius* (**Photo 4**), *Alliaceus*, *Fumigatus*... (Serra et al, 2003).



Photo 2
Botrytis sur baies



Photo 3
Penicillium sur baies



Capacité de production des moisissures isolées de baies de raisins

69 isolats effectués sur baies de raisins, ont été testés en Boîtes de Pétri contenant du milieu gélosé (CYA), afin de déterminer leurs capacités de production en composés susceptibles d'engendrer une déviation organoleptique comme spécifiée dans le tableau 1.

Seuls les résultats liés à la géosmine, et au 2-MIB (2-méthylisobornéol) sont présentés sous forme de groupes potentiels de production (Tableau 2).



Potentiels de production (ng/Boîtes de Pétri)	2- MIB (ng/Boîtes de Pétri) (LDQ : 2,5 ng/l)	Géosmine (ng/Boîtes de Pétri) (LDQ : 0,6 ng/l)
FORT (100-350)	<i>Botrytis cinerea</i> (2), <i>Cladosporium</i> sp. (2)	<i>Penicillium expansum</i> (14), <i>Penicillium minioluteum</i> (5), <i>Penicillium paraherquei</i> (1), <i>Penicillium sclerotiorum</i> (2)
MOYEN (10-100)	<i>Penicillium cecidicola</i> (2), <i>Chaetomium</i> sp. (1), <i>Talaromyces flavus</i> (1)	<i>Penicillium cecidicola</i> (2), <i>Penicillium brevicompactum</i> (4), <i>Penicillium restrictum</i> (3), <i>Penicillium roquefortii</i> (2)
FAIBLE (2,5 ou 0,6-10)	<i>Penicillium minioluteum</i> (5), <i>Thermoascus aurantiacus</i> (2)	<i>Aspergillus niger</i> (1), <i>Aspergillus fumigatus</i> (10), <i>Botrytis cinerea</i> (2), <i>Chaetomium</i> sp. (1), <i>Cladosporium</i> sp. (2), <i>Penicillium biliae</i> (2), <i>Penicillium canescens</i> (3), <i>Penicillium Chrysogenum</i> (1), <i>Penicillium glabrum</i> (2), <i>Penicillium griseofulvum</i> (1), <i>Penicillium ochrochoron</i> (1), <i>Penicillium solitum</i> (1), <i>Penicillium spinulosum</i> (1), <i>Penicillium thomi</i> (1), <i>Talaromyces Flavus</i> (1), <i>Talaromyces trachyspermus</i> (1), <i>Thermoascus aurantiacus</i> (2), <i>Trichoderma atroviride</i> (2), <i>Trichotecium roseum</i> (1)
L'ensemble des souches testées a été identifié par séquençage (à l'aide d'amorces ITS et/ou bêta-tubuline).		
LDQ : Limite De Quantification (.) : Nombre d'isolats de moisissures testés		

Tableau 2
Capacités de production des différentes moisissures testées (en 2-MIB, et en géosmine)

Ainsi, on peut remarquer que seul le genre *Penicillium* est producteur de géosmine et les espèces pouvant occasionner une déviation prononcée dans les goûts, voire dans les vins résultants sont : *Expansum*, *Sclerotiorum*, *Roqueforti*, *Paraherquei*, *Minioluteum*.

D'autres études confortent et/ou complètent les références sur les moisissures productrices de géosmine (La Guerche et al, 2004).

Méthodes d'études de la flore fongique utilisées dans le cadre des GMT

L'écologie et la biodiversité des micro-organismes présents à la surface des baies de raisins sont étudiées en utilisant des méthodes de microbiologie conventionnelle, d'une part, et/ou en utilisant des méthodes moléculaires d'autre part.

Les méthodes dites classiques font appel à des milieux de culture spécifiques, afin d'une part d'isoler les souches de moisissures présentes à la surface des baies de raisins, et d'autre part, afin de déterminer les critères microscopiques et macroscopiques de différenciation (**Photos 5 et 6**).



Photo 6
Penicillium sur boîte CYA

Les méthodes moléculaires reposent sur l'analyse directe de l'ADN, sans étapes préalables de culture. Parmi ces méthodes, il existe :

- la PCR-TTGE (électrophorèse couplée à un gradient de température) et/ou PCR-DGGE (électrophorèse couplée à un gradient chimique). Le pouvoir de discrimination de ces méthodes repose sur la variabilité des séquences amplifiées choisies, qui impliquent des comportements différents de migration dans le gel et qui induisent des profils différents (Doaré et al, 2006; Laforgue et al, 2009). Ainsi, il a été possible de réaliser la dynamique des flores fongiques, sur les parcelles suivies dans les différents vignobles concernés (**Tableau 3 et Photo 7**).

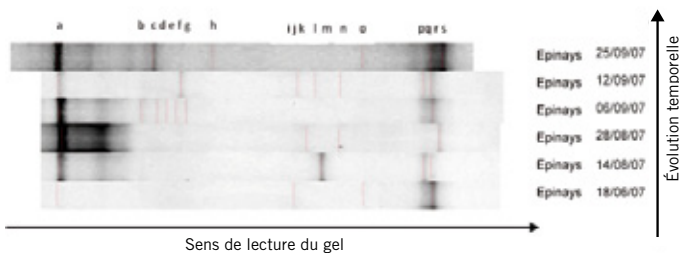


Photo 7
Gel 20-70 % de la parcelle Epinays aux différentes dates de prélèvements

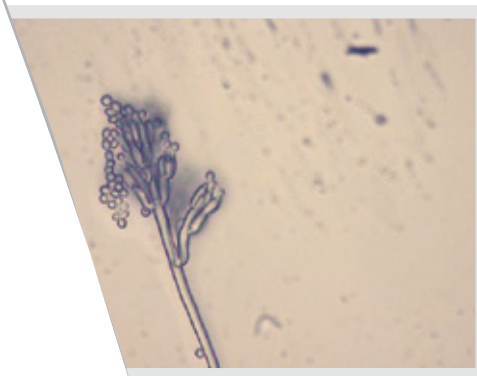


Photo 5
Penicillium au microscope

Parcelle	Date prélèvement	Espèces détectées et identification potentielle
Les Epinays	18/06/2007	a) <i>B. cinerea</i> ; i) <i>P. implicatum</i> ; o) <i>Sp. alborubescens</i> ; q) inconnue
Les Epinays	14/08/2007	a) <i>B. cinerea</i> ; m) inconnue ; p) inconnue ; q) inconnue
Les Epinays	28/08/2007	a) <i>B. cinerea</i> ; k) <i>P. herquei</i> , <i>P. purpurescens</i> ; n) <i>Kl. Thermotolerans</i> ; r) inconnue
Les Epinays	06/09/2007	a) <i>B. cinerea</i> ; b) inconnue ; c) <i>P. italicum</i> , <i>P. spinulosum</i> ; d) <i>P. viridicatum</i> ; e) <i>P. expansum</i> ; g) <i>P. purpurescens</i> , <i>P. herquei</i> , <i>S. cerevisiae</i> ; q) inconnue
Les Epinays	12/09/2007	a) <i>B. cinerea</i> ; f) <i>P. herquei</i> ; j) inconnue ; l) inconnue ; n) <i>Kl. Thermotolerans</i> ; p) inconnue ; q) inconnue
Les Epinays	25/09/2007	a) <i>B. cinerea</i> ; c) <i>P. italicum</i> ; h) <i>P. thomii</i> ; o) <i>Sp. alborubescens</i> ; q) inconnue ; s) <i>A. japonicus</i>

Tableau 3
Correspondance entre les bandes identifiées sur le gel et les espèces détectées

- Une approche complémentaire est liée à l'utilisation de la PCR quantitative (Q-PCR), en temps réel, qui permet une quantification indirecte des molécules, dont la géosmine, produites par la flore fongique présente sur les baies de raisins. La validation de la corrélation entre les teneurs de géosmine et les champignons producteurs a été faite directement sur des échantillons provenant des parcelles d'études des différents vignobles concernés (Val de Loire, Bourgogne-Beaujolais), sur les années 2007 et 2008. Ainsi, ces outils d'études de la flore fongique doivent permettre d'apporter des réponses sur un premier niveau de risque associé à la parcelle suivie, mais sans pour autant écarter la nécessité d'un suivi analytique (teneurs en géosmine, notamment), au cours du suivi de la maturité et surtout, au plus près des vendanges.

Conditions de croissance des espèces productrices de géosmine

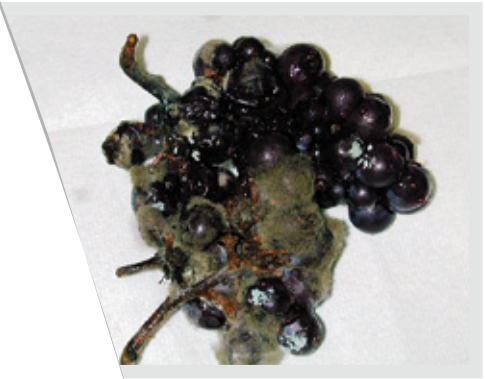


Photo 8
Ensemencement sur grappe

Essais en conditions contrôlées

Il a été modélisé dans un premier temps, l'effet simple et/ou combiné de différents facteurs de croissance et de production de géosmine, de genre et espèce *Penicillium expansum*.

Les facteurs retenus ont été : température, CO₂, et activité de l'eau. Les essais ont été réalisés in vitro et sur baies et/ou grappes de raisins (**Photo 8**).

Ainsi, il a été montré que la production de géosmine par cette espèce est fortement conditionnée par une activité de l'eau élevée (> 0,99), et une température sous-optimale (< 15°C), et avec une teneur en CO₂ inférieure à 1,5 % (Judet et al, 2010).

De plus, il a été nécessaire d'effectuer des blessures aux baies de raisins, qui peuvent être physiques, et/ou occasionnées par la croissance antérieure de moisissures telles que *Botrytis cinerea*, qui ont la capacité de dégrader la pellicule des baies de raisins.

Facteurs de développement dans les vignes :

Exemples 2008, moyenne de 8 parcelles à historique GMT situées en Bourgogne

Moisissures et facteurs climatologiques et physico-chimiques

Au cours de la maturation du raisin, le développement de la flore principale, botrytis, débute en premier, suivi par l'implantation des moisissures secondaires, *Penicillium*.

La pluviométrie et la température sont les principaux paramètres qui vont conditionner le développement de botrytis. Entre les semaines 36 et 38, la fréquence augmente de 5 à 20 % et l'intensité de 5 à 15 % (**Figure 4**) en raison des précipitations des semaines 36 et 37.

La période sèche des semaines 38 et 39 bloque le botrytis mais les faibles précipitations de la semaine 40 vont relancer la croissance et la fréquence va atteindre 30 % (résultat non présenté) avec des foyers qui se maintiennent autour de 15 % d'intensité.

Cette seconde poussée est facilitée par un niveau de sucre et un pH plus élevés et une acidité totale plus faible, paramètres très favorables aux développements fongiques.

Les populations de *Penicillium* suivent parfaitement la même cinétique, profitant des mêmes conditions favorables des paramètres physico-chimiques et sans doute aussi de la préparation préalable du terrain par botrytis.

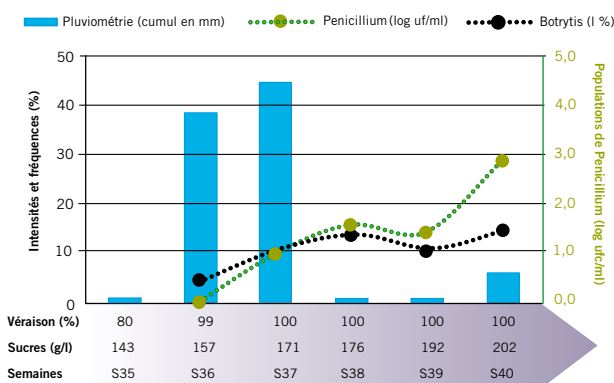


Figure 4
Evolution des populations fongiques en fonction de la pluviométrie et des paramètres physico-chimiques des raisins



Corrélation entre évolutions fongiques et altérations par les GMT

Sur grappe (courbe violette **Figure 5**) : la fréquence de défauts détectés par l'olfaction des grappes (sniffing) sur grappes suit les cinétiques d'évolution des populations de *Botrytis* et *Penicillium*. Au cours de la période sèche, le développement des foyers est bloqué et la production d'arômes d'altération stoppée.

Un léger déclin est observé du fait de la volatilité de ces molécules durant cette période de non production, le nombre de grappes présentant des odeurs GMT est plus faible, car l'intensité de ses odeurs est fortement réduite.

Il est important de noter que les premiers épisodes pluvieux ont eu lieu les semaines 36 et 37, mais que l'apparition des odeurs est observée en semaine 38. Il y a donc une phase de croissance préalable des moisissures avant la production des molécules incriminées.

Ce décalage explique la raison pour laquelle, malgré la forte reprise de population en semaine 40, la fréquence des grappes à GMT n'augmente pas instantanément. Une observation en semaine 41 aurait sans doute permis de noter une telle augmentation de fréquence. En revanche, dans les foyers préexistants, l'intensité des GMT redevient plus importante, expliquant ensuite les résultats sur vins.

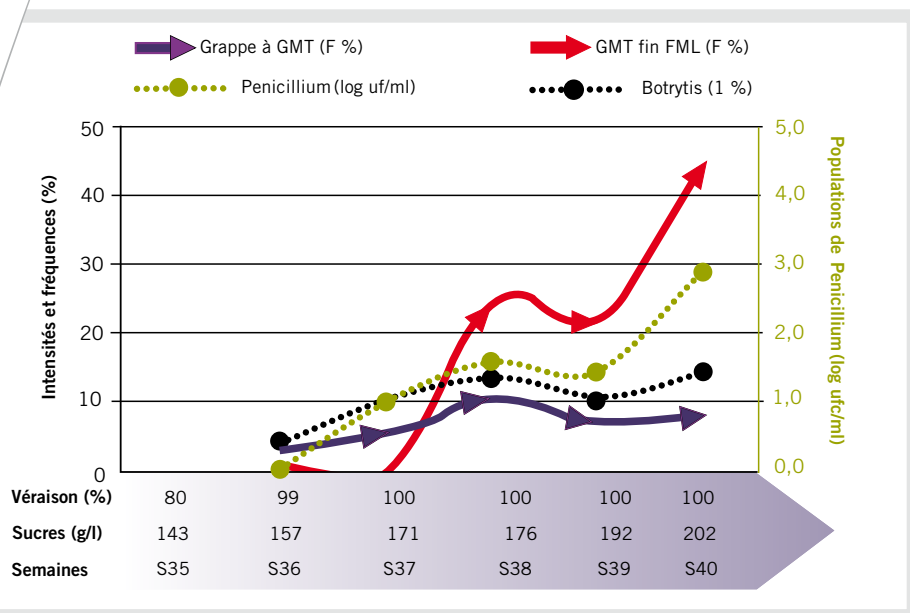


Figure 5
Evolution des GMT sur grappes puis dans les vins correspondants en fonction des populations fongiques

Dans les vins après fermentation alcoolique (courbe rouge **Figure 5**) : les GMT ne sont pas perçus dans les vins vinifiés de façon expérimentale en semaine 36 et 37. Les GMT apparaissent en revanche dans 25 % des vins vinifiés en semaine 38 et dans seulement 21 % des vins vinifiés en semaine 39. Ce résultat est parfaitement cohérent avec le blocage des populations lors de la période sèche et avec la réduction de la fréquence de grappes touchées et avec la diminution de l'intensité du défaut dans ces grappes atteintes.

En semaine 40, les populations se développent de nouveau fortement, le nombre de grappes à GMT, comme nous l'avons vu, n'augmente pas sur ce prélèvement, en revanche, l'intensité du défaut, c'est-à-dire la production de molécules responsables dans les foyers existants est importante, ce qui se traduit par 45 % de vins présentant un défaut de type GMT après fermentation malolactique (FML).



Conclusion - Partie 1

Ainsi, à ce jour, les molécules et moisissures, à l'origine des défauts nommés Goûts Moisi-terreux (GMT) ont été partiellement identifiées ; seul le défaut caractérisé comme terreux (géosmine) est bien connu, autant du point de vue des molécules, que des moisissures ; cependant, ce travail est en cours concernant les défauts liés à l'octénone (arôme de champignon frais (ACF)), et d'autres défauts liés à des notes «moisi».

Des suivis de parcelles ont été réalisés, afin notamment de disposer de moyens de lutte préventive et curative, présentées dans les parties 2 et 3.

Références bibliographiques

Doaré-Lebrun E., El Arbi A., Charlet M., Guérin L., Pernelle J.J., Ogier J.C., Bouix M. (2006)

Guérin L., Bouix M., Laforgue R., Poupault P., Mallier P., Mallet A., Dupont J. (2010)

Judet D., Bollaert S., Duquenne A., Charpentier C., Bensoussan M., Dantigny P. (2010)

Laforgue R., Guérin L., Pernelle J.J., Monnet C., Dupont J. and Bouix M. (2009)

La Guerche S., Chamont S., Blancard D., Darriet P. (2003a)

La Guerche S., Blancard D., Chamont S., Dubourdieu D., Darriet P. (2003b)

La Guerche S., Garcia C., Darriet P., Dubourdieu D., Labarère J. (2004)

Pitt J.I., Hocking A.D. (1999)

Schneider R., Guérin L., Vincent B., Baumes R. (2005)

Serra R., Abrunhosa L., Kozakiewicz Z., Venancio A. (2003)

Analysis of fungal diversity of grapes by application of temporal temperature gradient gel electrophoresis – potentialities and limits of the method
Journal of applied microbiology 101, pp 1340-1350.

Différentiation de parcelles de chenin du Val de Loire à l'aide de l'étude des flores fongiques des raisins, en utilisant l'outil DGGE
XXXIIème Congrès Mondial de la Vigne et du Vin, 2010, Géorgie (Tbilisi), 20-27 Juin 2010.

Validation of predictive models when the water activity of the product cannot be changed easily: growth of *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* on grape berries
International Journal of Food Microbiology (sous presse).

Evaluation of PCR-DGGE methodology to monitor fungal communities on grapes
Journal of Applied Microbiology (JAM).107(4):1208-18.

Arôme terreux des vins associé à la géosmine : les microorganismes impliqués et leurs potentialités aromatiques
AFPP - 7ème Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes, Tours 3-4-5 décembre.

Origine de la géosmine, composé responsable d'un arôme terreux dans les vins : étude des microorganismes impliqués et de leur métabolisme
VIIème Symposium International d'œnologie de Bordeaux, 19-21 juin

Characterization of *Penicillium* species isolated from grape berries by their internal transcribed spacer (ITS1) sequences and by gas chromatography-mass spectrometry analysis of geosmin production
Current Microbiology, vol. 48 pp. 405-411

Fungi and food spoilage
2nd edition. Ed. An Aspen Publishers, Gaithersburg, MD. 593 p

Stable isotope dilution assay of 3-propyl-2-methoxy-pyrazine, 2-methylisoborneol and geosmin in Petri dishes, musts and wines using SPME and GC-MS/MS
In vino analytica scientia, 7/9 juillet 2005, Montpellier

Black *Aspergillus* species as ochratoxin A producers in Portuguese wine grapes
Int. J. Food Microbiol., 88, p.63-68

Partie 2

GMT : Moyens de lutte préventive au vignoble

Introduction

De nombreux essais (70 essais recensés, menés entre 2004 et 2009 par l'ensemble des partenaires) sur les techniques permettant de lutter contre l'apparition de GMT au vignoble ont été menés dans différentes régions. Ces essais ont permis de mettre en évidence que la présence de *Botrytis cinerea* (pourriture grise) précède le développement de la flore fongique à l'origine des GMT (cf. Partie 1 : origine des déviations nommées goûts moisi-terreux), même si on ne peut pas faire de lien entre le niveau d'attaque par *Botrytis cinerea* et l'intensité des GMT retrouvés dans le vin. En conséquence, toute action visant à limiter les attaques de pourriture est bénéfique pour se prémunir des GMT.

Mesures prophylactiques

La réduction de la vigueur, l'aération des grappes, l'amélioration de l'intégrité des baies de raisin, représentent des outils pour limiter la pourriture grise et donc, indirectement, les GMT. La mise en œuvre des techniques ci-dessous, seules ou combinées, constitue à ce jour des moyens complémentaires de la lutte chimique avec les fongicides.

La réduction de la vigueur de la vigne permet d'obtenir des grappes moins sensibles à l'altération par le botrytis, et donc par les moisissures. Différentes techniques permettent d'atteindre ce but :

- le choix d'un matériel végétal adapté aux caractéristiques du sol
- la gestion raisonnée des fumures (azotées en particulier)
- l'enherbement semé avec des graminées.

Compte tenu des différences notées selon les régions et les cépages, les techniques favorisant **l'aération des grappes** sont présentées par ordre de réalisation. L'ordre d'importance de ces techniques varie d'un cépage et d'une région à l'autre :

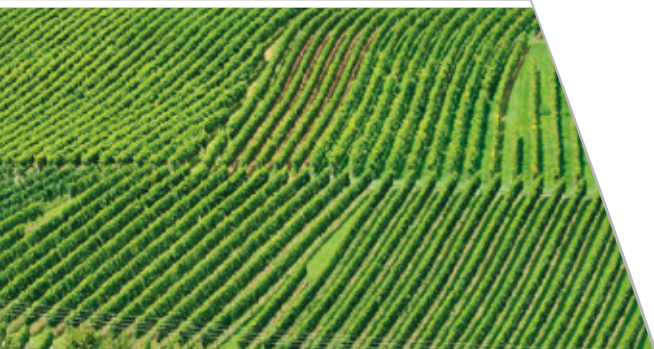
- **Le système de taille** (variable selon le cépage, consulter les références locales)
- **Un mode de conduite** favorisant l'étalement de la végétation, un palissage collectif (avec des fils releveurs) est favorable à l'aération des grappes (essais Chambre d'Agriculture du Rhône /CDB)
- L'application de BERELEX® (acide gibbérellique) au stade où l'inflorescence mesure 5 cm allonge la rafle de la future grappe et permet une meilleure ventilation des baies. Cette propriété est efficace sur Chenin, mais pas sur Gamay (essais Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire de 2004 à 2009)



- **L'ébourgeonnage** (fructifère ou non) et **l'épamprage** limitent également l'entassement de végétation
- **L'effeuillage** en supprimant des feuilles de la zone fructifère d'un côté ou de chaque côté du rang permet une ventilation des grappes (cf. Itinéraires de l'IFV n° 20 sur l'Effeuillage)
- **L'éclaircissage manuel ou physiologique** avec SIERRA (éthéphon) selon les cépages, permet de limiter l'entassement des grappes ou des baies, mais il vise d'abord à réduire le rendement.

Enfin, **l'intégrité des baies** doit être conservée notamment par une lutte adaptée contre les tordeuses de la grappe et l'oïdium de la vigne. Elle peut aussi être renforcée par l'enherbement (essais Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire de 1996 à 1999).

Seule la combinaison de plusieurs mesures prophylactiques apporte une efficacité suffisante. Le choix de ces techniques dépend de la sensibilité parcellaire aux GMT.



Lutte chimique

La lutte chimique au moyen d'anti-botrytis de synthèse peut être un moyen de se prémunir contre l'apparition des GMT.

Une stratégie à deux traitements est optimale pour lutter contre le botrytis. En effet, sur l'ensemble des essais menés, on observe une augmentation de l'efficacité sur botrytis en passant d'un à deux traitements. Le gain obtenu en passant à trois traitements est par contre minime (Figure 6). Le positionnement est à adapter en fonction des produits et des contextes régionaux (se rapprocher des conseillers, voir également la note nationale Botrytis).

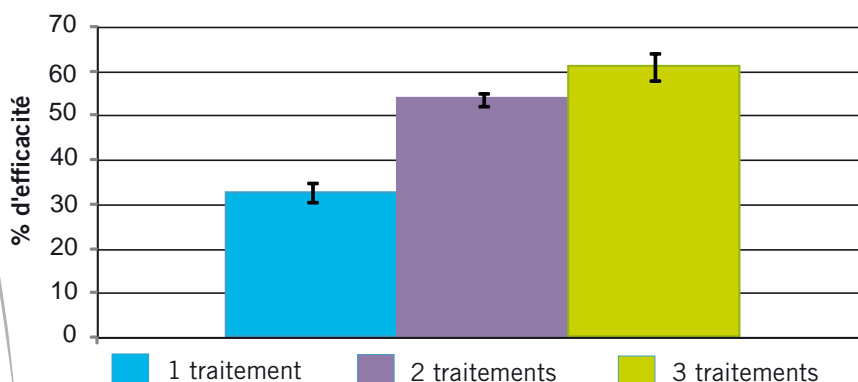


Figure 6

Efficacité moyenne d'un, deux, trois traitements sur l'intensité de botrytis à la récolte - synthèse de 68 essais

La différence entre deux et trois traitements n'est pas significative au seuil de 5 %. L'efficacité moyenne des produits s'explique par les conditions extrêmes des essais, dans des situations à risque, avec des vendanges retardées au maximum pour mettre en évidence des effets, ce qui entraîne des décrochages dans certains cas.

Les produits homologués contre la pourriture grise

La note nationale **Botrytis de la vigne** donne annuellement les recommandations quant à l'utilisation de ces produits fongicides : elle est disponible sur le site internet de l'IFV (www.vignevin.com).

Les produits utilisables (familles, doses, substances actives et produits commerciaux) contre la pourriture grise sont notés dans le tableau 4 suivant. L'efficacité est très variable pour un même produit selon les régions et les stratégies employées. **Il est essentiel de consulter les références locales.**

Pour éviter les résistances des souches, quelle que soit la stratégie de lutte, l'emploi d'un seul produit chimique par famille et par an est impératif. L'alternance pluriannuelle des familles chimiques est fortement recommandée.

Matière active	Produit commercial / Dose ha
Phénylpyrroles (fludioxonil)	GEOXE, SAFIR 1 kg/ha
Hydroxylanilides (fenhexamid)	TELDOR, LAZULIE 1,5 l ou kg/ha
Anilino-pyrimidines (cyprodynil) + Phénylpyrroles (fludioxonil)	SWITCH 1 kg/ha
Carboxamides (boscalid)	CANTUS 1,2 kg/ha
Anilino-pyrimidines (mépanipirim, pyriméthanol)	COCKPIT, JAPICA 1,2 kg/ha
	SCALA, TOUCAN 2,5 l/ha
Phényl-pyridylamines (fluazinam)	SEKOYA 1,5 l/ha
Benzimidazoles (thiophanate-méthyl)	TOPSIN à 3 l/ha
Imides cycliques (iprodione)	ROVRAL WG à 1 kg/ha
	ROVRAL AQUA FLO 1,5 l/ha
-	SERENADE BF 5 kg/ha

Tableau 4

Produits homologués contre la pourriture grise

Les **stratégies à deux applications** sont à privilégier dans le cas de situations à risques GMT. Le plus souvent les traitements sont appliqués au stade A (80 % de chute des capuchons floraux) puis B (début fermeture de la grappe) ou B + 15/20 jours ou C (début véraison). Les stades d'application préconisés diffèrent d'une région viticole à une autre.

Qualité de la pulvérisation (lutte chimique)

L'application d'une bouillie ciblant uniquement les grappes exige quelques précautions parfois simples pour rendre le produit efficace :

- Intervenir au stade recommandé de la vigne
- Réunir les conditions météorologiques favorables : humidité > 60 %, faible vent (< 19 km/h), température (15 à 20°C)
- Rogner ou effeuiller la vigne au préalable
- Traiter face par face ou recroiser les passages pour couvrir au mieux les grappes
- Orienter les diffuseurs vers la zone des grappes et vers l'avant du tracteur en évitant de les placer l'un en face de l'autre (flux d'air opposés)
- Rapprocher les diffuseurs de la végétation en vigne large
- Préférer les appareils à jet porté et pneumatiques par rapport au jet projeté
- Choisir le calibrage des pastilles en fonction de la distance (cible – diffuseur), des conditions météorologiques et adapter dans ce cas le volume d'eau
- Pulvériser avec une vitesse maximum d'avancement ≤ 5 km/h



Efficacité de produits alternatifs

Divers produits commercialisés ou non sont testés pour vérifier leurs performances, principales ou secondaires, annoncées par les fabricants sur les GMT. Les conditions d'application de ces substances correspondent aux recommandations de leurs fabricants ou distributeurs locaux. Parmi les substances testées*, on trouve des fertilisants foliaires (calciques notamment), des stimulateurs des défenses des plantes (à base d'algues, d'enzymes extraites de *Trichoderma*, etc.), des auxiliaires biologiques, enfin diverses substances aux modes d'action supposés variés (lithothamne, terpènes, etc.)

Malgré des conditions variées d'expérimentation de 2005 à 2008, parfois très appropriées à l'expression des GMT, l'efficacité des produits cités ci-dessous est faible à nulle par rapport aux témoins (non traités), dans les essais menés en Touraine* sur Gamay et Chenin.

* Produits testés en Val de Loire : CHLORCAL, ECOBIOS, FERMIBAIE, KANNE, MÉGA-GREEN, MOVICAL, PRÈV B2, SOLIDOR, STIMULASE, extraits d'algues, enzyme issue de *Trichoderma*.

Combinaison de la lutte chimique et des mesures prophylactiques

Si la lutte chimique permet de limiter les attaques de botrytis, ainsi que la production de GMT, la combinaison avec des mesures prophylactiques apporte un gain significatif (Figure 7). Outre l'intérêt sur le botrytis, cette efficacité peut concerner la teneur en géosmine (Essais 1 et 2).

Les différentes mesures prophylactiques testées ici montrent bien leur intérêt en conjonction avec la lutte chimique.

Dans certains cas, la lutte chimique seule ne permet pas de se prémunir contre les GMT. Comme ces méthodes sont par définition préventives, qu'il n'existe aucun moyen de savoir à l'avance si l'année sera propice au développement des flores fongiques responsables des GMT, il est fortement recommandé de pratiquer ces méthodes tous les ans, sur les parcelles à risques. Le choix des mesures prophylactiques est fonction d'autres paramètres (économiques et agronomiques notamment).

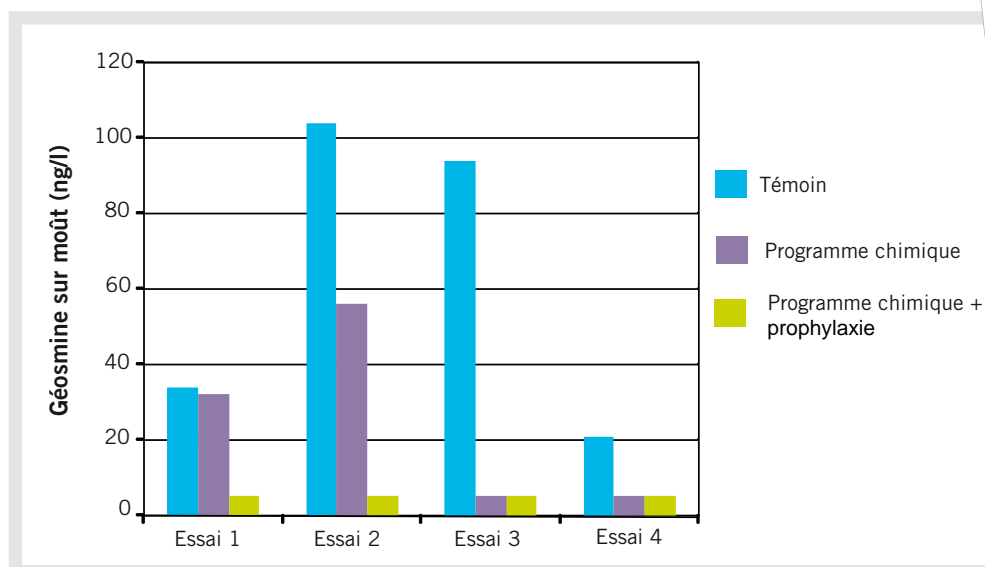


Figure 7
Résultats de 4 essais réalisés en 2007 et 2008

Enherbement (engazonnement)

Cette technique consiste à semer dans l'inter-rang des couverts végétaux à base de graminées (Ray Grass anglais, pâturins ou fétuques).



Photo 9
Enherbement

Effeuilage

Cette technique consiste à enlever à partir du stade «nouaison» les feuilles de la zone des grappes. Il peut se réaliser manuellement, mécaniquement ou thermiquement sur une ou deux faces du plan de palissage.



Photo 10
Avant effeuillage



Photo 11
Après effeuillage

Éclaircissage manuel

Il consiste à supprimer manuellement les grappes en surnombre à partir du début de la véraison afin de réguler le niveau de rendement et d'améliorer l'état sanitaire de la vendange.



Photo 12
Eclaircissage après véraison (vendange en vert)



Photo 13
Résultat de l'éclaircissage

Eclaircissage physiologique

Il consiste à appliquer à partir du début de la nouaison de l'éthéphon. Cette substance détruit les plus jeunes baies. Les baies de diamètre plus important, insensibles demeureront sur le pédicelle jusqu'à la récolte. Ainsi le rendement sera maîtrisé. Il existe des grilles spécifiques de certains cépages. Pour le Gamay, le Chenin par exemple, consultez respectivement les chambres d'agriculture du Rhône et d'Indre-et-Loire pour déterminer le taux d'éclaircissage potentielle (TEP).



Photo 14
Grappe non éclaircie



Photo 15
Grappe éclaircie avec éthéphon

BERELEX®

L'application de BERELEX® (acide gibbérellique) au stade où l'inflorescence mesure 5 cm allonge la rafle de la future grappe et permet une meilleure ventilation des baies. Son efficacité a fait ses preuves sur le cépage Chenin uniquement.

Ebourgeonnage / Epamprage



Photo 16
Epamprage

Cette opération consiste à éliminer manuellement les jeunes rameaux en surplus, fructifères ou non sur la tête de la souche, sur les bois laissés à la taille, afin d'aérer la végétation du cep. Le microclimat devient alors plus défavorable à l'installation de certains champignons (oïdium, botrytis).



Conclusion – Partie 2

Ainsi, des moyens de lutte au vignoble, afin de réduire les défauts GMT sur vins, ont été éprouvées et validées ; ces derniers reposent essentiellement sur la réduction des attaques de pourriture, et plus particulièrement liées au botrytis (cf. Partie 1 - origine des déviations nommées goûts moisissureux) ; ainsi, la combinaison de la lutte chimique et des mesures prophylactiques (reposant essentiellement sur l'effeuillage et l'éclaircissage) est fortement recommandée pour se prémunir contre les GMT.

Cependant si la lutte préventive s'avérait insuffisante, des traitements curatifs peuvent être mis en place ; ces derniers sont détaillés dans la partie 3 - lutte curative ; il est important de prendre en compte l'échelle de temps associée à l'élaboration des vins et ainsi de pouvoir s'appliquer sur la gestion de la récolte, les itinéraires de vinifications et, en dernier recours, les traitements pouvant être appliqués sur vins finis.

Références bibliographiques

Itinéraires Institut Français de la Vigne et du Vin n° 20
Effeuillement de la vigne : intérêts pour la qualité du raisin et mécanisation
www.vignevin.com

Drouillard J.B., Martins-Gueunier M., Knauf-Beiter G., Lebrihi A., Mathieu F., Guerin L., Guerin-Schneider R., Dumoulin M., Riboulet J.M., Arioli X., Treilhou M.
Goûts moisissureux dans les vins : premiers résultats pratiques d'un partenariat filière. Revue Française d'œnologie, 214, Sept/oct. 2005.

La Tassée Beaujolaise, 154
Lutte contre *Botrytis* : comment améliorer l'efficacité. Mars 2009

Carsouille J.
Protection chimique contre le *Botrytis* et production de géosmine.
Tassée Beaujolaise, n°147, 2007, 7-8.

Carsouille J., Le Roux C., Lempereur V.
Odeurs terreuses et géosmine : comment la connaître et l'éviter ?
Tassée Beaujolaise, n° 147, 2007

Carsouille J., Le Roux C.
Pourriture grise et moisissures, Tassée Beaujolaise, n°145, 2006, 13-15.

Carsouille J., Le Roux C., Lempereur V., Vincent B.
Altération des grappes à la récolte et goût terreux.
Tassée Beaujolaise, n°139, 2005, 12-20.



Partie 3

GMT : Lutte curative

Introduction

Si la lutte préventive s'avérait insuffisante, il est possible d'envisager des traitements curatifs. En effet, la lutte préventive, présentée dans la Partie 2 – moyens de lutte préventive au vignoble, repose essentiellement sur la réduction des attaques de pourriture et plus particulièrement liées au botrytis (cf. partie 1- origine des déviations nommées goûts moisi-terreux) ; ainsi, la combinaison de la lutte chimique et des mesures prophylactiques est fortement recommandée pour se prémunir contre les GMT.

De nombreux essais ont été réalisés afin de proposer des moyens permettant de réduire les teneurs en géosmine sur moûts et/ou sur vins. Il est important de prendre en compte l'échelle de temps associée à l'élaboration des vins, et ainsi de pouvoir s'appliquer sur :

- la gestion de la récolte,
- les itinéraires de vinifications et en dernier recours
- les traitements pouvant être pratiqués sur vins finis.

Le sniffing et la dégustation sont des outils importants pour détecter préventivement les défauts.



Photo 17A
Détection des grappes à odeur terreuse



Photo 17B
Test prédictif pour orienter la vinification en cas de défaut

Gestion de la récolte



Evaluer le risque avant vendange

Quand peut-on déceler les goûts terreux ?

- Au cours des deux semaines qui précèdent les vendanges, en réalisant un **test prédictif** qui consiste à sentir les grappes et à déguster le jus de raisins foulés

- Dès la fin de l'encuvage ou du pressurage sur le moût, de préférence avant sulfitage, ou avant fermentation alcoolique
- Il est important d'être bien formé à la perception des goûts terreux, afin de ne pas confondre ce défaut avec les goûts de pourri ou phéniqué liés à la pourriture grise.

Test prédictif

Un test prédictif a été mis en place dès 2004, afin d'évaluer le risque de présence de goûts moisi-terreux avant vendange

Etape 1	Etape 2	Etape 3
Prélever des grappes	Observer et sentir les grappes prélevées	Déguster le jus de foulage des raisins
Prélever 100 grappes en continu sur une partie homogène de la parcelle.	Découper chaque grappe. Observation visuelle : pourriture grise des baies (botrytis gras, sec...), pourriture pédonculaire, présence de moisissures de couleur (bleu, vert...) Olfaction des grappes : terreux, moisi, champignon, cave, noix de coco... Noter la fréquence des grappes à odeur terreuse.	<ul style="list-style-type: none"> • Fouler le lot de 100 grappes • Laisser macérer dix minutes • Déguster le jus • Doser la géosmine



Les personnes allergiques et/ou sensibles aux moisissures ne doivent pas réaliser l'olfaction des grappes

Hétérogénéité sur une parcelle homogène

Une importante hétérogénéité d'un cep à un autre est constatée, même sur une parcelle dite homogène. La teneur en géosmine a été analysée cep par cep, sur 100 ceps (**Figure 8**). La teneur moyenne est de 76 ng/l. Un quart des ceps contient plus de 50 ng/l. Les cinq ceps les plus contaminés renferment en moyenne 705 ng/l.

Ce constat réitéré sur deux autres millésimes (2008 et 2009), montre la complexité du phénomène.

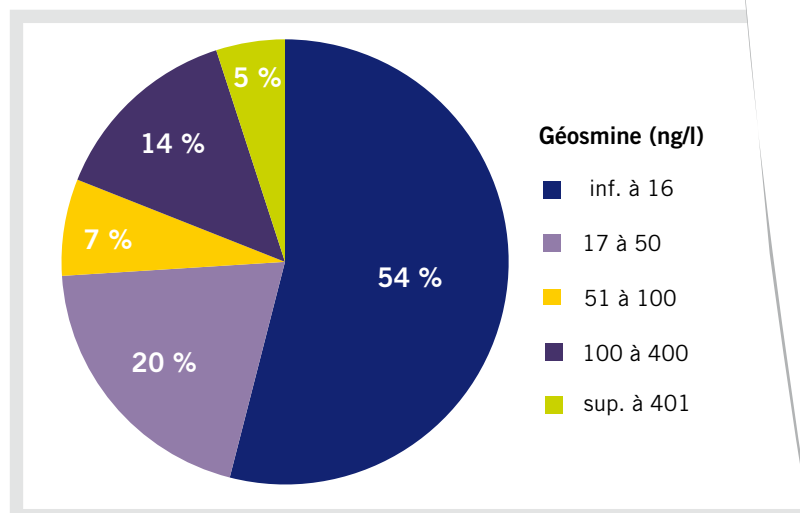


Figure 8
Teneur en géosmine cep par cep, sur 100 ceps du cépage Gamay (37) (millésime 2006)

Relation dégustation et teneurs en géosmine

La dégustation des moûts ou jus de foulage renseigne sur la présence ou non de la molécule géosmine. L'intensité de la perception moisi-terreux est corrélée à la teneur en géosmine (Figure 9).



Photo 18
Dégustation des jus de foulage :
confronter les avis de plusieurs personnes

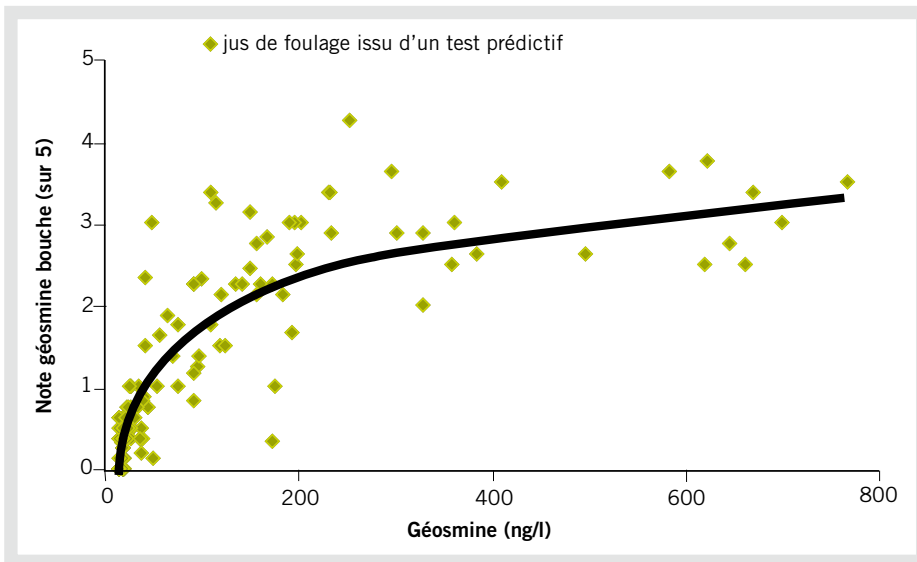


Figure 9
Relations entre dégustation
et teneur en géosmine. Cépage Gamay (69)

Seules les grappes à odeur terreuse contiennent de la géosmine. Même une très faible intensité de botrytis gras porteur d'odeur terreuse peut être néfaste (Figure 10).

Il suffit de 0,1 % d'intensité de botrytis gras à odeur terreuse pour obtenir une importante teneur en géosmine (188 ng/l). Cet essai montre que la géosmine est apportée par les grappes à odeur terreuse, et ceci dès une très faible intensité de Botrytis.

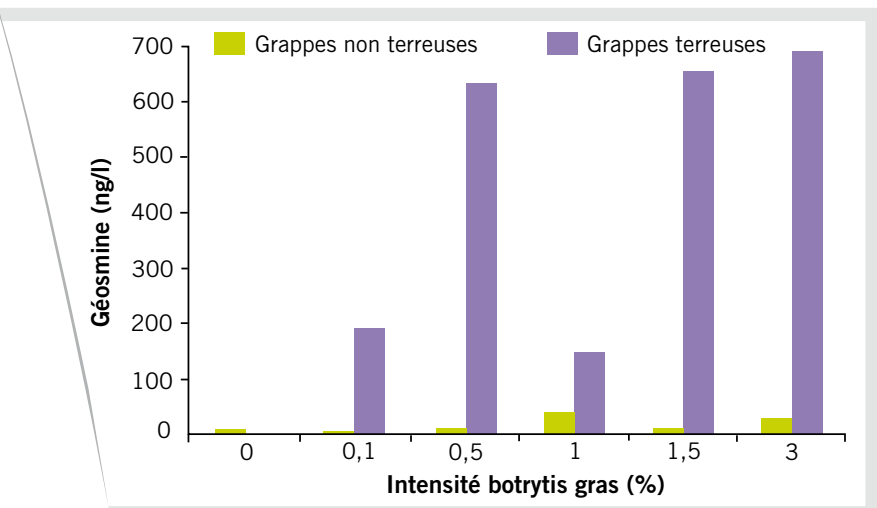


Figure 10
Teneur en géosmine dans le jus de foulage d'une grappe terreuse ou non – Gamay (69)

Réseaux d'alertes

Différentes régions ont mis en place un réseau de surveillance du risque GMT. Des parcelles à historique GMT sont suivies à partir de la fin véraison et jusqu'aux vendanges. En cas d'apparition du problème, l'alerte est relayée auprès des viticulteurs pendant les vendanges via le réseau de communication régional.



Cas des récoltes manuelles

Le tri doit être réalisé par les vendangeurs. Il est impératif de leur expliquer qu'ils ne doivent garder que les baies qu'ils aimeraient manger (Conseil non extrapolable aux raisins blancs sélectionnés pour des vins à sucres résiduels).

Il existe des grilles d'évaluation (Figure 11) liée à une estimation visuelle pouvant être opérée par les vendangeurs.

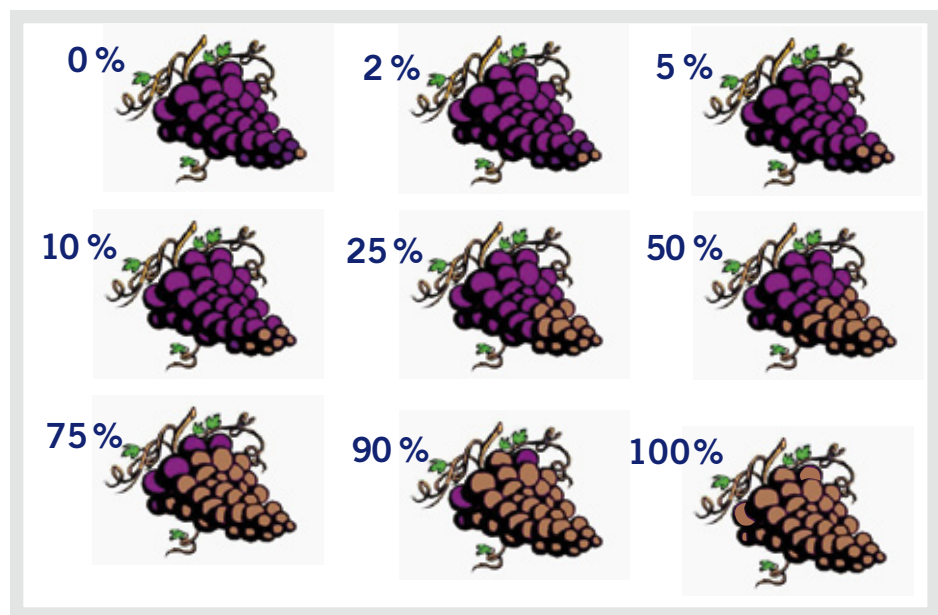


Figure 11
Grille d'évaluation de l'intensité du botrytis sur grappes

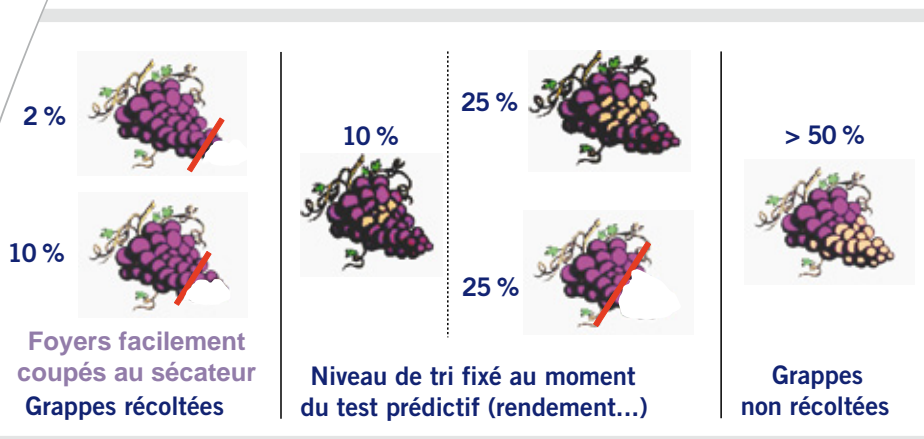


Figure 12
Le test prédictif «simplifié» et décision sur le tri (Source : CDB/CA69)

Quelles grappes trier ?

Selon l'intensité du foyer de botrytis et sa localisation, les grappes sont soit coupées, soit non récoltées (Figure 12).

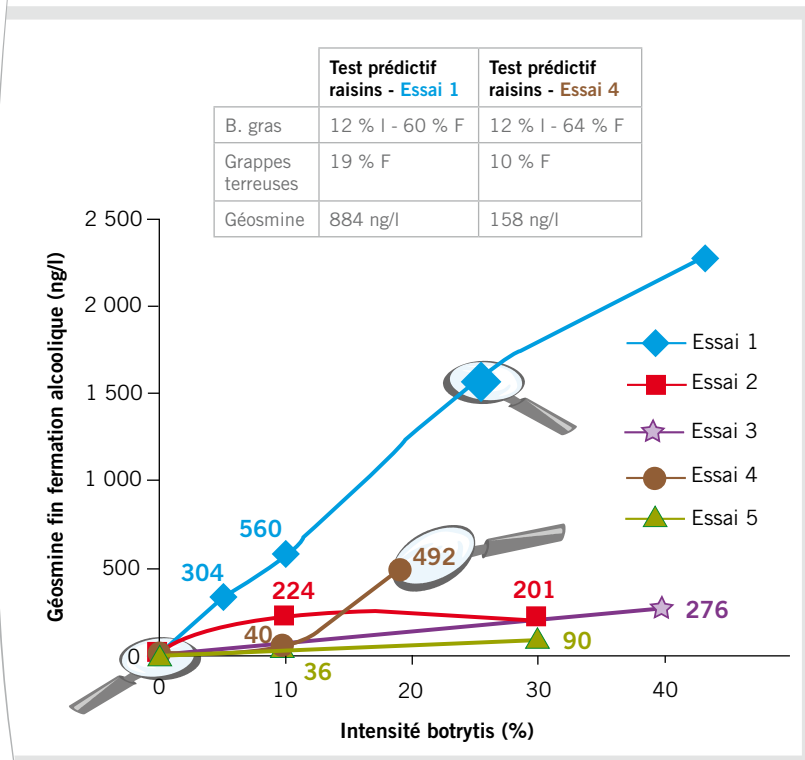


Figure 13
Impact de différents niveaux de tri en récolte manuelle sur la teneur en géosmine des vins – Gamay (69)

Le tri est très efficace

En cas de grappes à odeurs terreuses sur la parcelle, la tolérance est de zéro moisissure. Les essais de tri ont montré que seuls les lots triés parfaitement, c'est-à-dire où il ne reste plus de foyers d'altération, sont exempts de géosmine (**Figure 13**).

Il est important de préciser que la teneur en géosmine n'est pas corrélée à l'intensité du botrytis.

Cas des récoltes mécaniques

Quelques essais comparatifs de récoltes mécaniques par rapport à une récolte manuelle triée ont donné des résultats probants.

Il apparaît que la récolte mécanique réalisée avec une machine non optimisée ne permet pas de prévenir les défauts de type GMT, alors qu'en optimisant la machine en fonction de l'état sanitaire de la récolte, on peut limiter l'intensité du défaut.

Dans le cas d'une vendange à risque, la meilleure technique reste quand même une récolte manuelle avec un tri soigné de la vendange, à la vigne pour commencer et sur table de tri pour affiner ensuite. Cette pratique réduit de façon significative de 77 % le défaut GMT (moisi) par rapport à une récolte mécanique non optimisée et favorise la perception de qualités fruitées (framboise/cerise). La qualité globale du vin issu de la récolte manuelle triée s'en trouve augmentée de 64 %...

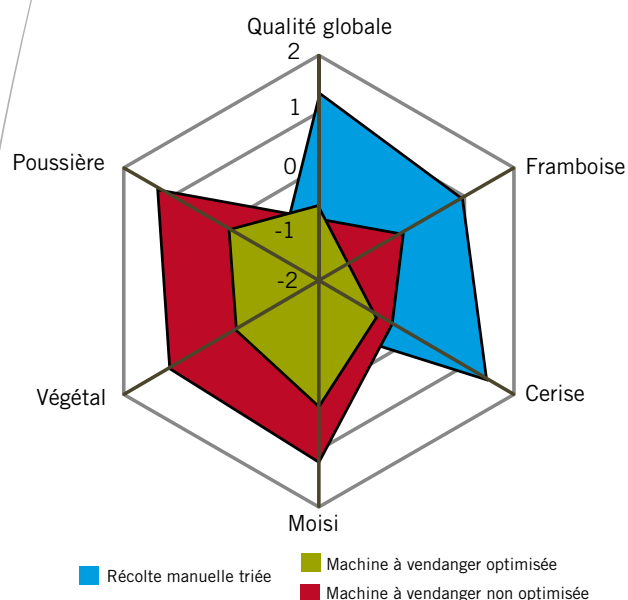


Figure 14
Profils sensoriels de vins de Pinot noir (21) issus soit de récolte manuelle triée, soit de récolte à la machine, optimisée et non optimisée

Gestion de la vinification



Photo 19
Détection des grappes à odeur terreuse

Il est impératif de déguster toutes les cuvées, de préférence avant sulfitage. En cas de doute, le vinificateur doit être très réactif pour adapter la vinification et isoler la cuvée. Il ne faut surtout pas assembler les cuvées contaminées, en pensant atténuer le défaut, il n'en sera rien. Tout contact de grappes terreuses avec le jus augmente le risque de retrouver de la géosmine sur vin. Si un défaut de type GMT est détecté sur moût, ce défaut ne peut pas disparaître ; soit il se maintiendra, soit il augmentera pendant la macération pour les vins rouges.

Cas des vins rouges

Les essais réalisés en vendange entière sur Gamay, et sur vendanges éraflées de Pinot noir montrent que la **macération préfermentaire à chaud (MPC) (65°C pendant 12 heures) suivie d'un pressurage direct et d'une fermentation en phase liquide**, limite l'extraction et/ou la diffusion de la géosmine, mais sans occasionner de dégradation ultérieure (Figure 15). Le temps de macération entre le jus et les parties solides est ainsi plus court, ce qui réduit la diffusion de la molécule de géosmine.

Dans le cadre de vinifications classiques, il est à noter qu'en moyenne, la teneur en géosmine sur moût peut être multipliée par 2.5 fois, sur vin fini.

La MPC suivie d'une fermentation en présence des matières solides, ne limite l'extraction de la molécule que de 60 %. En effet, il existe un phénomène de re-largage des molécules à GMT lors de la macération pelliculaire post-traitement à la chaleur.

Ces deux techniques nécessitent d'avoir détecté au préalable la présence de GMT sur raisin pour anticiper le traitement. Enfin, la **macération finale à chaud (MFC) (42°C durant 24h)** ne permet pas de réduire la diffusion des GMT.

Cependant, il est important de rappeler que dans le cadre de la vinification du cépage Pinot noir, la méthode de vinification retenue est la MFC, à la MPC suivie d'une fermentation en phase liquide, afin d'optimiser l'extraction de la couleur et permettant une faible réduction des teneurs en géosmine.

Limite de la MPC – phase liquide

Elle est difficile à préconiser dans l'objectif de production de vins de garde. L'extraction ayant lieu en milieu non alcoolique, les tanins sont peu extraits et la couleur du vin un peu moins intense qu'avec une MPC classique. Elle est donc plus particulièrement adaptée à l'objectif vins premiers. Elle reste toutefois la solution curative la plus qualitative sur vins de garde.

Parmi les moyens curatifs pour réduire les GMT, la chaleur donne de bons résultats. Un exemple est donné avec cet essai réalisé en laboratoire, sur l'influence de la durée (en heures) de l'application d'une température de 68°C, sur moût rouge clarifié (Figure 16).

Quoi qu'il en soit, aucune de ces techniques ne permet d'éliminer totalement un défaut ; la prévention au vignoble doit donc rester l'objectif principal de la lutte contre les GMT.

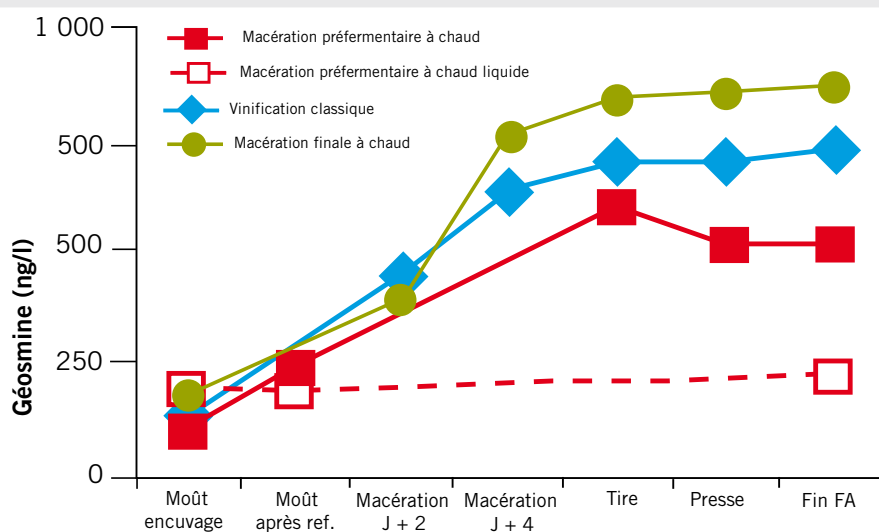


Figure 15
Impact du type de vinification sur la teneur en géosmine

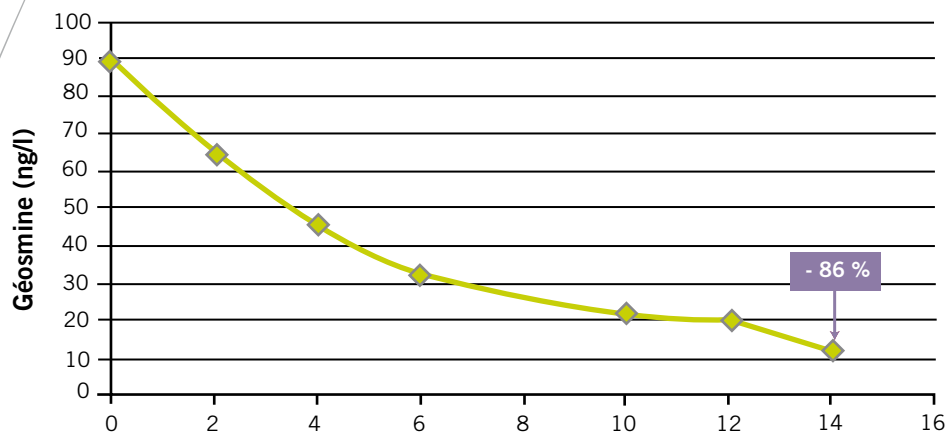


Figure 16
Influence de la durée (en h) de l'application d'une température de 68°C, sur moût rouge clarifié

Cas des vins blancs

Les essais conduits sur vins blancs sont essentiellement des vins issus du cépage Chenin (37) et Sauvignon (41), mais les préconisations sont les mêmes quelque soit le cépage et correspondent essentiellement à celles à suivre lors de vendanges altérées.

Ainsi, si des raisins présentent des odeurs terreuses voici les préconisations de vinification (**tableau 5**).

Etapes	Opérations
1	Vinifier ces raisins séparément des autres lots potentiellement non contaminés
2	Ne pas réaliser de macération pelliculaire et minimiser le contact jus-pellicule, en réalisant un pressurage direct
3	S'assurer du bon fractionnement des jus, avec la mise à l'écart des jus d'égouttage, des jus de presse
4	Apporter un soin tout particulier à la qualité du débouillage : rapide, à l'aide du froid, ou grâce à l'utilisation de préparations enzymatiques pectolytiques ; effectuer un collage et un double débouillage si jus toujours dévié (jugé à la dégustation et/ou par dosage). En fonction de la qualité du débouillage, il est possible de réduire au minimum d'un facteur trois les teneurs en géosmine de départ
5	Ne pas réincorporer les bourbes

Tableau 5
Préconisations de vinifications en blanc



Ne jamais lancer une fermentation alcoolique sur un jus présentant une déviation organoleptique.



Traitements curatifs

Le traitement curatif doit être envisagé en tout dernier lieu, lorsque toutes les mesures préventives ont été prises en amont.

Cas des vins rouges

Sur l'ensemble des essais réalisés de comparaisons de différentes solutions œnologiques sur vin, seuls les charbons œnologiques sont efficaces. Il est conseillé de réaliser des essais préalables afin d'adapter la dose d'emploi à l'intensité du défaut.

Tous les charbons n'ont pas la même efficacité vis-à-vis de l'adsorption de la géosmine (**Figure 17**). Le charbon GOTA (charbon 8) est d'une part efficace sur la géosmine (de 50 à 70 %) et d'autre part engendre une perte de couleur relativement faible (environ 10 % d'intensité colorante). Il n'existe aucune solution curative satisfaisante pour les cuvées dont le défaut GMT est très prononcé (teneur en géosmine supérieure à 150-200 ng/l).

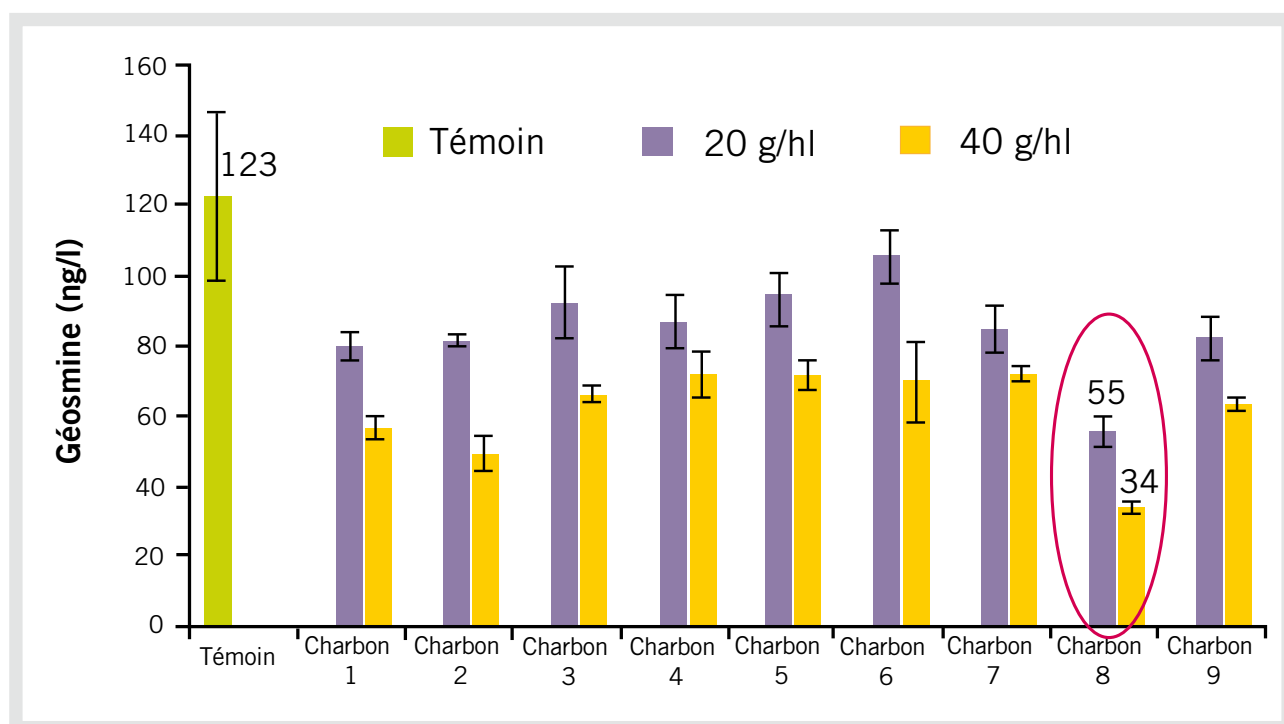


Figure 17
Effet de différents charbons sur la teneur en géosmine des vins (essai laboratoire 2006 - 3 répétitions)

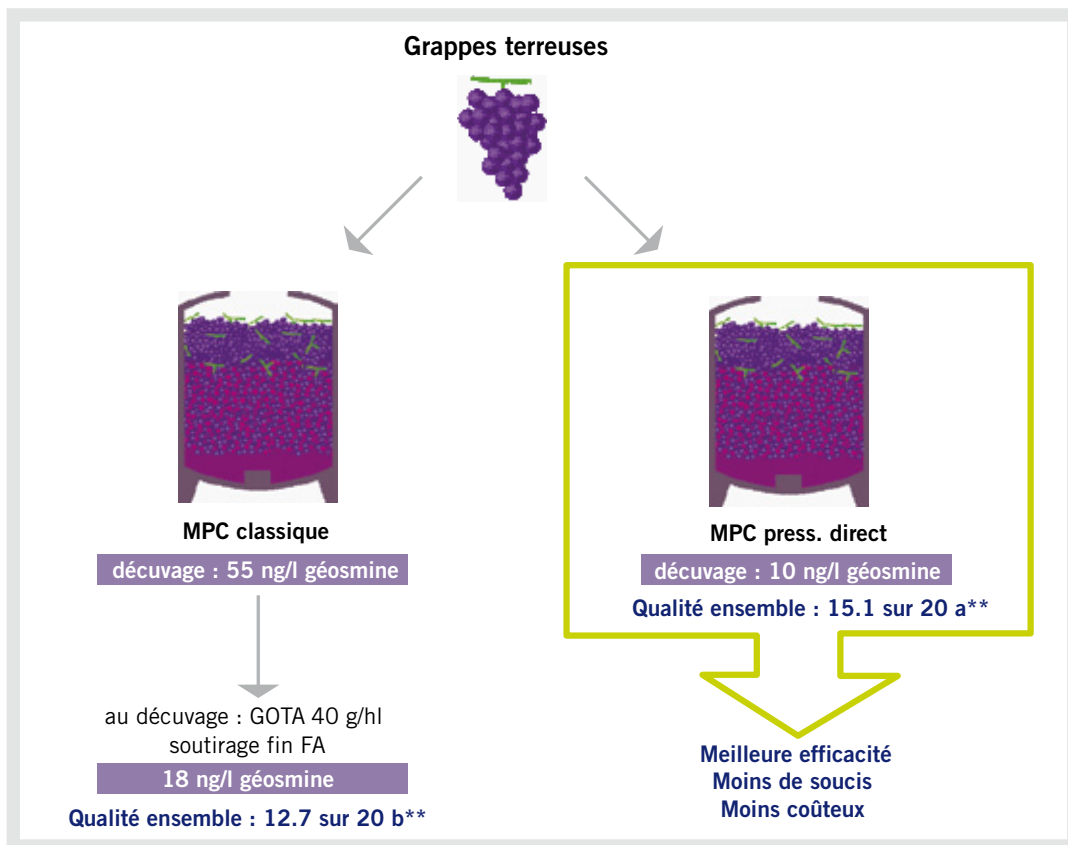


Figure 18
 Comparaison MPC suivie d'un traitement au charbon à une MPC pressurage direct – Gamay (69)

Comparativement à la technique de MPC pressurage direct, le charbon est moins efficace, comme l'indique l'essai réalisé en grands volumes (Figure 18).

Le vin issu de la MPC pressurage direct est jugé significativement plus qualitatif en dégustation.



Réglementation

Règlement CE 606/2009 :

Les traitements par des charbons à usage œnologique sont autorisés seulement pour les moûts et les vins nouveaux encore en fermentation, le moût de raisins concentré rectifié et pour les vins blancs. Dose maximale autorisée : 100 g/hl

Règlement CE 1493/1999 :

Vin nouveau encore en fermentation : vin dont la fermentation alcoolique n'est pas encore terminée et qui n'est pas séparé de ses lies.

Cas des vins blancs



Si la déviation reste encore perceptible, voire fortement perceptible, l'utilisation de charbon œnologique s'avèrera nécessaire (pour rappel, la teneur maximale autorisée est de 100 g/hl). En fonction des teneurs initiales en géosmine des moûts à traiter et en fonction des doses de charbon œnologique utilisées, il est possible de réduire de 90 % les teneurs initiales, cependant les teneurs ultérieures en composés aromatiques sont également fortement réduites.

L'utilisation de charbon œnologique est recommandée au cours du passage du moût (ou du vin) dans un filtre à bourbes. Les plateaux sont préalablement encollés avec de la perlite. Le charbon est apporté à la pompe doseuse lors de l'alluvionnage. Un exemple d'utilisation en Touraine sur vins de Chenin a permis en 2007 de réduire le taux de géosmine de 57 à 28 ng/l, sans perception terrestre en sortie de filtre et ultérieurement.

Si la déviation reste faiblement perceptible sur vin fini, il est possible d'utiliser à bon escient les effets de masquages aromatiques, en :

- Choissant des levures de vinifications dites aromatiques : des essais sur Sauvignon, ont permis de montrer qu'un vin présentant une teneur en géosmine de 30 ng/l était perçu différemment à la dégustation, en fonction de la levure utilisée
- Utilisant des copeaux : des essais sur Chenin, avec l'utilisation de deux origines de copeaux (chêne français, chêne américain) à la dose de 4g/l, sur un jus présentant une teneur en géosmine de 25 ng/l ont permis de montrer que ces vins étaient mieux perçus à la dégustation que le vin témoin, dont le moût n'avait pas eu d'ajout de copeaux.

L'ajout des deux origines de copeaux a également été réalisé sur un même vin témoin, mais cette fois-ci à la dose de 2 g/hl et en ajoutant une modalité supplémentaire, qui est l'ajout de lies « fraîches » à la dose de 3 %.

A la dégustation de l'ensemble des essais, il apparaît que les vins sur lesquels les ajouts ont été réalisés sur moûts, présentent une qualité d'ensemble, ainsi qu'une intensité et qualité couleur, supérieures aux vins sur lesquels les ajouts ont été réalisés sur vins. De plus, ces derniers sont mieux notés que les vins « Témoins ».

Réglementation liée à l'utilisation des copeaux de chêne

L'utilisation de morceaux de bois est autorisée en élevage depuis le règlement CEE du 20 décembre 2005 (sauf pour les Organismes de Défense et de Gestion - ODG les ayant explicitement interdits). Depuis le 10 juillet 2009 et le règlement CEE n° 606/2009, il est également possible d'utiliser ces morceaux de bois en vinification.

Les morceaux de bois de chêne sont utilisés pour l'élaboration et l'élevage des vins, y compris pour la fermentation des raisins frais et des moûts de raisins et pour transmettre au vin certains constituants issus du bois de chêne.

Les morceaux de bois doivent provenir exclusivement des espèces issues de *Quercus*.

Références bibliographiques

Lempereur V. (2005)

Vincent B. (2005)

Lempereur V., Le Roux C., Carsouille J., Berger J.L (2005)

Le Roux C., Carsouille J., Lempereur V. (2007)

Lempereur V., Carsouille J., Le Roux C. (2007)

Chambres d'Agriculture (2008)

Guérin L., Guyot F., Pascal-Lagarde C., De Bucy S. (2010)

Gestion Œnologique des goûts moisissés-terreux. Colloque Euroviti 2005, pp 159-166.

Maladies émergentes et molécules indésirables. Colloque Euroviti 2005, pp 139-144.

Goûts terreux : Observation au vignoble et mise au point d'un test prédictif. Revue Française d'œnologie, n°214, Septembre-Octobre 2005

Odeurs terreuses et géosmine – Comment la connaître et l'éviter. Plaquette régionale – CDB / IFV, Avril 2007

Caractéristique d'une grappe à odeur terreuse. Poster, Symposium d'œnologie de Bordeaux. Juin 2007

Maitrise des déviations organoleptiques de caractère terreux - Plaquette IFV – Chambres d'Agriculture d'Indre et Loire et du Loir et Cher, avril 2008

Effet de la température sur les teneurs en géosmine des moûts (soumis à la revue des œnologues (RO), Septembre 2010)

Partie 4

GMT : Synthèse des éléments-clés

Conclusion

Ce document synthétise les connaissances acquises sur le sujet des déviations nommées Goût Moisi-Terreux (GMT), au travers de multiples expérimentations mises en place, sur une durée d'au moins six années et sur plusieurs vignobles, dont principalement deux bassins de productions viticoles que sont Bourgogne-Beaujolais-Jura-Savoie et Val de Loire-Centre.

L'ensemble des éléments-clés de maîtrise de la vigne à la cave est présenté sous la forme d'un arbre de décision, couplé à une échelle de temps.

Dans tous les cas, soyons vigilants :

- 1** Sur la qualité sanitaire des raisins
- 2** A contrôler l'éventualité de déviations organoleptiques
 - Sniffing
 - Dosages : informez-vous des mesures liées à la préparation des échantillons de moût, de vin, auprès des laboratoires conseillés
 - Dégustations régulières
- 3** A ne pas introduire de raisins altérés dans les chais
- 4** A ne pas assembler les moûts ou les vins jugés «suspects»



Véraison

Q1 Le risque lié à l'apparition de défauts organoleptiques tels que les GMT est-il important ?



OUI



Mise en place d'une protection phytosanitaire couplée à des mesures prophylactiques, afin de limiter la dégradation de l'état sanitaire



Récolte

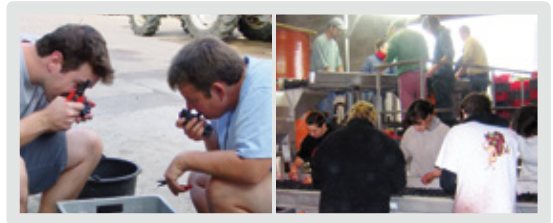
Q2 Dans le cadre du suivi des parcelles, l'état sanitaire est-il toujours préoccupant ?



OUI



Réalisation d'un tri efficace



Réception au chai

Q3 Peut-on percevoir une déviation sur jus de raisins, suite à la dégustation et/ou en complément des teneurs en géosmine mesurées ?

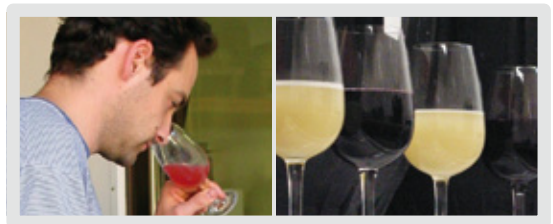


OUI



Éviter les contaminations croisées en isolant les jus déviés :

- **Pour les rouges** : limiter la durée de macération : MPC - fermentation en phase liquide :- MFC
- **Pour les blancs ou rosés** : écarter les jus d'égouttage - soigner la qualité du débourage



Vinifications

Vins finis

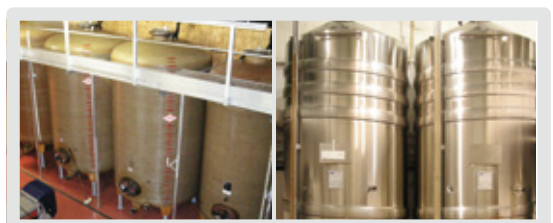
Q4 Peut-on percevoir une déviation sur vins, suite à la dégustation et/ou en complément des teneurs en géosmine mesurées ?



OUI

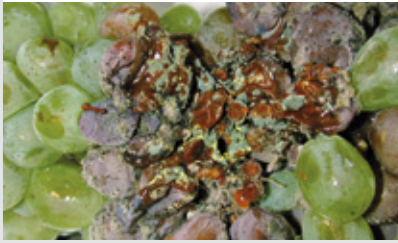


Adapter et adopter les mesures curatives à l'intensité du défaut sur vin



Justificatifs

Conditions météorologiques entraînant la dégradation de l'état sanitaire



NON

Justificatifs

Conditions météorologiques propices
État sanitaire satisfaisant



Pas
d'intervention
particulière

NON

Pas
d'intervention
particulière

NON

Pas
d'intervention
particulière

NON

Pas
d'intervention
particulière

REMERCIEMENTS

Ces résultats sont issus de groupes de travail, dont les partenaires techniques et financiers sont les suivants :

- **AAP Casdar n° 6081 (2006 – 2009), intitulé : Caractérisation et évaluation de la flore fongique des raisins et de sa dynamique au vignoble : impact sur la qualité et maîtrise des risques liés**

PARTENAIRES TECHNIQUES :

Laboratoire grappe de l'ESA, Laboratoire de Génie Chimique de l'ENSAT, Laboratoire de Microbiologie Industrielle d'Agro-Paris-Tech, Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), Chambres d'agriculture d'Indre-et-Loire, du Loir-et-Cher et du Beaujolais, Sicarex du Beaujolais, Comité Interprofessionnel des Vins de Champagne (CIVC), les unités IFV de Colmar, Beaune, Montpellier et Tours.

FINANCEMENT : Mission DAR

- **Groupe National FranceAgriMer (2003-2010), intitulé : Maîtrise des déviations organoleptiques : GMT- ACF**

PARTENAIRES TECHNIQUES :

Chambres d'Agriculture d'Indre-et-Loire, du Loir-et-Cher et du Beaujolais, Faculté d'œnologie de Bordeaux, Université de Bourgogne, Institut Jules Guyot, Bureau interprofessionnel des vins de Bourgogne (BIVB), Comité Interprofessionnel des vins de Champagne (CIVC), Laboratoire Exact, Laboratoire Nyseos, Sociétés BASF, SYNGENTA et BAYER, les unités IFV d'Alsace, Beaune, Montpellier et Tours.

FINANCEMENT : FranceAgriMer

- **Partenariats** développés avec les firmes phytosanitaires (BASF, SYNGENTA et BAYER) et les firmes de produits œnologiques, de même qu'avec les laboratoires d'analyses Exact et Nyseos.
- **Programmes régionaux** soutenus par les Interprofessions et les Contrats de Plan Etat-Région (CPER) concernés.



INSTITUT FRANÇAIS
DE LA VIGNE ET DU VIN

ITINÉRAIRES N°23

Comité de rédaction :

IFV : D. Lafond, V. Lempereur,
B. Vincent, L. Guérin,
Corrections et relecture :
R. Cailleau, A-M. Denizot et J. Langella

Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire : P. Mallier

Chambre d'Agriculture du Rhône :
C. Le Roux

Crédits photos :

IFV : C. Gaviglio, L. Guérin, V. Lempereur,
P. Mackiewicz, P. Poupault, B. Vincent
Chambre d'Agriculture du Rhône : C. Le Roux
GDVV – CA Indre-et-Loire : P. Gabillot
Terre de Touraine : Ph. Gilbert
Fotolia