

# La fertilisation foliaire en azote de la vigne et ses conséquences sur la composition des moûts et des vins

Thierry DUFOURCQ<sup>1</sup>, François DAVAUX<sup>1</sup>, Frédéric CHARRIER<sup>2</sup>, Pascal POU-PAULT<sup>3</sup>, Rémi SCHNEIDER<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IFV Pôle Sud-Ouest - V'Innopôle Brames Aigues BP 22 - 81310 LISLE/TARN

<sup>1</sup>IFV Pôle Pôle Val de Loire, Vertou (44) et Tours (37)

<sup>1</sup>IFV Pôle Pôle Rhône Méditerranée, Montpellier (34)

Email: [thierry.dufourcq@vignevin.com](mailto:thierry.dufourcq@vignevin.com)

**Résumé :** La pulvérisation foliaire d'azote est une technique viticole qui peut être utilisée comme un moyen d'enrichir les moûts en azote sans modifier les équilibres de la plante. C'est cet enrichissement des moûts qui a pour conséquence l'amélioration de l'expression aromatique de certains vins. Celle-ci est due à l'augmentation, dans les vins, des concentrations en thiols variétaux ainsi qu'en composés fermentaires comme les acétates d'alcool supérieur. Pour être efficace, le traitement foliaire doit se dérouler au moment de la véraison en phase d'arrêt de croissance de la vigne.

**Mots-Clés :** fertilisation foliaire, azote, soufre, thiols variétaux, acétates d'alcools supérieurs.

## Introduction

Des travaux récents montrent qu'un haut niveau d'azote (N) dans les raisins est un des facteurs qui favorise la présence de thiols variétaux dans les vins (Choné et al., 2006). Il est bien connu qu'un haut niveau d'azote dans le moût peut être obtenu en augmentant la fertilisation azotée au sol. Les conséquences, bien connues également, sont l'augmentation de la vigueur de la plante, du rendement, de la sensibilité aux maladies cryptogamiques et une diminution du niveau de maturité. La gestion de la fertilisation azotée en viticulture est une longue histoire et la meilleure maîtrise de celle-ci passe par la combinaison des choix de matériel végétal (cépage, porte-greffe) et de pratiques culturales (entretien du sol et de la végétation, accès à l'eau) associés à des facteurs environnementaux (climat, sol). Aujourd'hui, de nouvelles approches cherchent, grâce à la technologie, à utiliser des capteurs pour renseigner du statut azoté des plantes ligneuses et ainsi proposer un pilotage de la fertilisation qui deviendrait plus fin (Tisseyre et al., 2007 ; Serrano et al., 2010).

Pendant la période estivale, au moment de la véraison, une part importante de l'azote prélevé dans le sol par la vigne est retrouvée dans les raisins (Conradie, 1986). Cette assimilation est dépendante des conditions du milieu et de l'état physiologique de la vigne : disponibilité de l'élément azote sous forme nitrate au voisinage du système racinaire, eau et carbone pour assurer le transfert dans la plante, compétition pour le carbone des organes « puits » (Goutouly, 2010). Même si les racines sont les principaux organes d'assimilation, comme beaucoup d'autres végétaux, la vigne est capable d'assimiler de l'azote par son feuillage. La pulvérisation foliaire s'avère présenter l'avantage de choisir le moment pour enrichir la plante en azote ou tout autre élément si nécessaire. Elle apparaît comme une technique qui présente également les avantages de s'affranchir de la composition du sol et de ses disponibilités en eau (Gooding et al., 1992). Une forme d'azote particulièrement favorable pour la fertilisation foliaire est l'urée (Comtois et Légaré, 2004). L'utilisation comme marqueur de l'isotope <sup>15</sup>N sur maïs, blé et tomate a montré que cette technique entraîne une assimilation rapide de l'urée avec peu de pertes (Genter et al., 1998). En test comparatif, l'urée est l'élément mieux assimilé par les feuilles de pêcher que d'autres formes inorganiques, le nitrate de sodium et le chlorure d'ammonium, ainsi que devant les acides aminés (Furuya et Umehiya, 2002). L'association d'azote et soufre pour de la pulvérisation foliaire sur blé au stade anthèse entraîne une modification de la composition azotée du grain en augmentant particulièrement sa concentration en glutathion et en acides aminés soufrés (Téa, 2004). A l'origine, nous avons cherché à reproduire ce type de résultat sur vigne dans le but d'augmenter la présence d'acides aminés et peptides soufrés dans les moûts à la récolte en formulant l'hypothèse que ces composés, impliqués comme précurseurs d'arômes, pourraient permettre une augmentation de la concentration en thiols variétaux dans les vins

de Colombar du vignoble de Gascogne. Aux vues des premiers résultats, nous l'avons étendu à d'autres cépages pouvant produire ce type de composés aromatiques ainsi qu'à des procédés de vinification en rosé, blanc sec et blanc doux.

Sur le plan technologique, le seuil de carence en azote assimilable dans les moûts communément admis est de 150 mg/l. Cette quantité d'azote assimilable des moûts influe directement sur l'activité des levures durant la fermentation alcoolique, et plus particulièrement sur la cinétique fermentaire. Pour corriger une carence et prévenir toute difficulté fermentaire, l'ajout au moût de sels ammoniacaux est une pratique éprouvée et couramment utilisée par le technologue (Sablayrolles et al., 1996). Par ailleurs, la métabolisation des composés azotés par la levure est connue pour être à l'origine de divers composés secondaires de la fermentation alcoolique (Hernandez-Orte and al., 2005 ; Henschke et Jiranek, 1992; Torrea and al., 2004), lesquels ont un impact sur l'arôme des vins blancs. La question se pose de savoir s'il est, pour répondre aux objectifs de fermentation alcoolique et de production d'arômes agréables (vins blancs aromatiques), préférable d'apporter de l'azote assimilable au moût sous forme de sels ammoniacaux ou à la vigne par voie de pulvérisation foliaire. Les travaux entrepris visent aussi à apporter des éléments de réponse en la matière en comparant des doses équivalentes d'azote des moûts acquises soit à la vigne soit au chai.

## Matériels et méthodes

Cinq différents cépages ont été testés dans différentes régions viticoles : le Colombar et le Gros Manseng (Côtes de Gascogne), le Sauvignon (Gaillac, Touraine), le Melon (Muscadet), la Négrette (Fronton). Au total une centaine de traitements a été comparée à des témoins.

Les pulvérisations foliaires sont réalisées en deux applications à une semaine d'intervalle en encadrement de la mi-véraison. L'azote utilisé est de l'urée (FOLUR de Tradecorp) à 10,15 ou 20 kilogrammes d'azote élémentaire par hectare solubilisé dans 400 litres d'eau. Lorsque le soufre est associé, c'est dans sa forme élémentaire (MICROTHIOL de CerexAgri) de 5 à 10 kilogrammes par hectare et mélangé dans la proportion de ½ fois la dose d'azote. Le travail est réalisé sur parcelles expérimentales (une centaine de pieds) divisées en trois blocs par modalité et en comparaison d'un témoin non traité. Les raisins sont transformés dans nos chais expérimentaux dans chaque région de production et sous protocoles standardisés. Les vinifications en mode réducteur ont cherché à optimiser la présence des thiols variétaux dans les vins. Cela implique l'utilisation de gaz carbonique pour l'inertage des contenants et un travail à basse température. Les moûts sont ensemencés avec des levures sélec-

tionnées et les fermentations se déroulent à température constante et maîtrisée. Entre 30 et 50 litres de vins ont été élaborés pour chaque modalité. Les cépages Colombard, Sauvignon, Melon et Gros Manseng ont été vinifiés en blanc sec, le cépage Négrette en vin rosé et un Gros Manseng, en 2007, en vin moelleux (à 40 g/l de sucre résiduel).

L'azote des moûts a été dosé à l'aide d'un analyseur KonéLab Arena20 de Thermo Electron Corporation à partir des concentrations en ion ammonium et en acides aminés. L'azote ammoniacal est dosé avec le kit enzymatique « Trace ammonia – Thermo Electron - ref :TR60101 ». L'azote d'origine aminé est dosé par méthode colorimétrique NOPA (N-acétyl-cystéine O-Phthaldéhyde). Les thiols variétaux, 3-mercapto-hexanol (3MH) et acétate de 3-mercaptohexyle (A3MH), sont analysés à l'UMR SPO de l'INRA Montpellier avec la méthode décrite par Schneider et al. (2003). Les dégustations de vins ont eu lieu l'année suivant la récolte dans chaque région et avec son propre groupe d'experts.

## Résultats et discussion

**Pulvérisation foliaire à véraison et composition azotée du moût :** La plupart du temps, l'azote pulvérisé sur vigne sous forme d'urée à véraison entraîne une augmentation de la concentration en azote du moût (figure 1). Pour 10 kg d'azote pulvérisés par hectare, on peut attendre une augmentation de 50% de la concentration en azote du moût, pour 20 kg par hectare on double cette concentration. La variabilité des résultats est à remarquer. De nombreux facteurs peuvent influencer la qualité de la pulvérisation au vignoble : le système de production, la période et les pratiques de pulvérisation, les conditions climatiques, la formulation du produit. Nous n'avons pas d'explication simple à proposer.

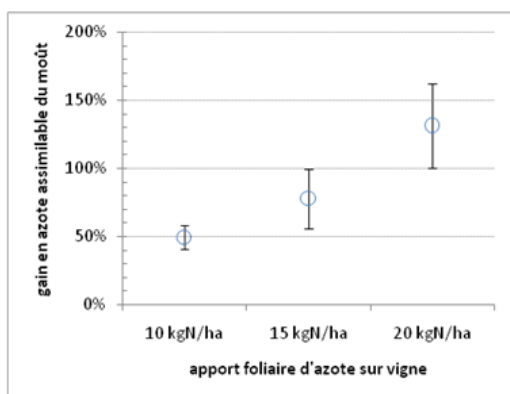


Figure 1 : gain en azote assimilable des moûts après pulvérisation d'azote foliaire à véraison. Synthèse de résultat pour 101 échantillons. Barres d'erreur = intervalle de confiance à 95%.

Nous avons comparé avec un témoin non traité la composition des moûts issus de 27 parcelles fertilisées en foliaire à deux niveaux, 10kg de N ou 20 kg de N. La comparaison a porté sur la proportion de l'azote ammoniacal dans l'azote assimilable des moûts de raisins. Les concentrations en azote des témoins non traités se répartissent de 84mg/l à 313mg/l ce qui permet d'évaluer un spectre large d'échantillons. Les proportions d'ion ammonium dans l'azote assimilable des moûts sont extrêmement variables elles aussi, de 11% à 50%. Nous n'avons pas observé de différences significatives à 5% dans les proportions d'azotes (ratio azote ammoniacal/azote assimilable) entre les parcelles fertilisées et leur témoin non traité. A 10 kg de N par hectare, la proportion d'azote ammoniacal est légèrement supérieure au témoin, à 20 kg par hectare elle est légèrement inférieure (figure2). Nous pouvons conclure que, dans nos conditions, la pulvérisation foliaire d'urée à véraison n'a pas modifié le ratio azote ammoniacal sur azote assimilable des raisins à la récolte.

Sur Melon en Muscadet, à même quantité d'azote dans le moût, on observe que la fermentation alcoolique est plus rapide pour des moûts issus des parcelles traitées par voie foliaire en comparaison

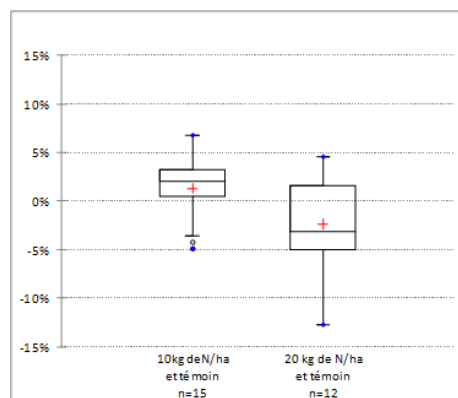


Figure 2 : proportion d'azote ammoniacal dans la quantité d'azote assimilable : différence dans le moût entre un traitement foliaire d'azote (10kgN/ha, 20kgN/ha) et son témoin non traité ; n=nombre de parcelles.

avec un ajout de sels ammoniacaux au chai (figure 3). La plus grande capacité à fermenter de ces moûts est probablement la conséquence de la plus grande variété des formes d'azote assimilable disponibles pour la levure. Cela plaide pour une prise en compte plus importante des composantes fines de l'azote du moût, de leur forme à utiliser (ammonium, acides aminés) pour corriger une carence ou mieux optimiser un moût.

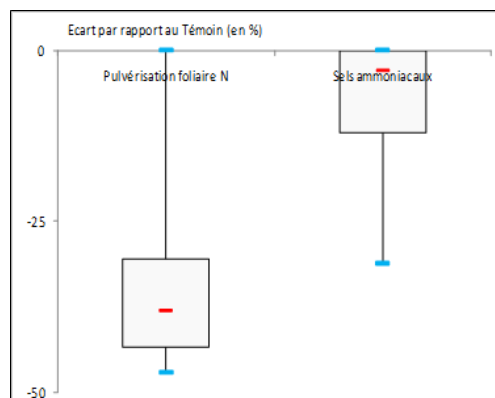


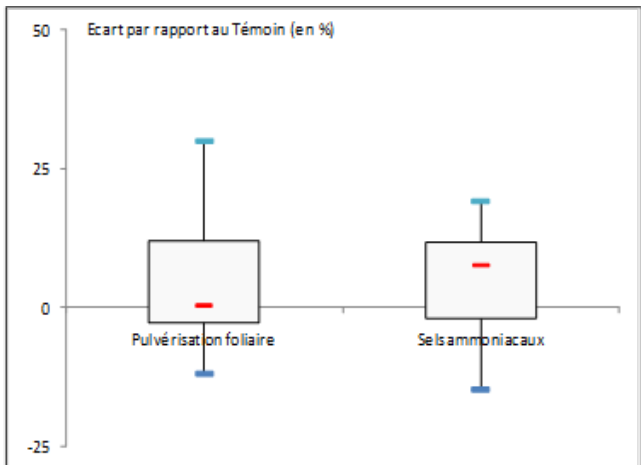
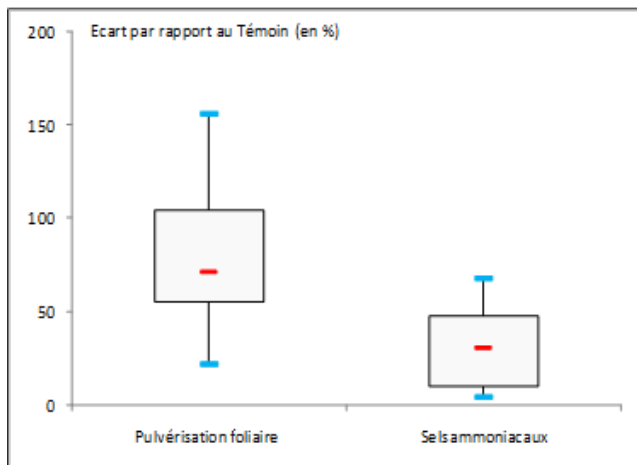
Figure 3 : Durée de la fermentation alcoolique des moûts : comparaison entre pulvérisation foliaire d'azote à la vigne et ajout de sels ammoniacaux au moût en cave.

### Pulvérisation foliaire d'azote et composés aromatiques de type fermentaires contenus dans les vins :

La pulvérisation d'azote sur vigne modifie la composition azotée du moût et modifie la cinétique fermentaire. Une autre observation envisagée est son impact sur la production de composés aromatiques de type fermentaire. Dans les essais sur Melon et Négrette, il est mis en évidence que les vins issus des modalités intégrant un apport d'azote, que ce soit à la vigne ou au chai, sont plus riches en acétates d'alcools supérieurs (figure 4a). Sur ce point, la pulvérisation foliaire a un impact plus significatif que l'ajout de sels ammoniacaux. En revanche, les teneurs en esters éthyliques d'acides gras ne sont pas significativement affectées par les apports d'azotes testés (figure 4b). Ainsi, pour assurer une bonne fermentation du moût, l'ajout d'azote au chai est suffisant en recherchant un niveau d'environ 150 mg/l et en maîtrisant les bonnes pratiques (levure, aération, température). Pour optimiser le profil aromatique de son vin sur une expression « amylique », l'azote du moût acquis à la vigne (naturellement ou par pulvérisation foliaire) donne de meilleurs résultats qu'un même niveau atteint après complément au chai.

### Pulvérisation d'azote et soufre à véraison : relation avec la composition en thiols variétaux des vins :

Des cépages comme le Colombard et le Gros Manseng sont des gros « producteurs » potentiels de thiols dans les vins. Ainsi, dans les vins témoins, on peut en retrouver jusqu'à 45 nanomoles par litre. En



**Figure 4 - Quantités d'acétates d'alcools supérieurs (acétate d'isoamyle + acétate d'hexyle + acétate phenylethyle) <sup>[A]</sup> et d'esters éthyliques d'acides gras dans les vins (hexanoate d'éthyle + octanoate d'éthyle + décanoate d'éthyle) <sup>[B]</sup> : comparaison entre pulvérisation foliaire d'azote à la vigne et ajout de sels ammoniacaux au moût en cave**

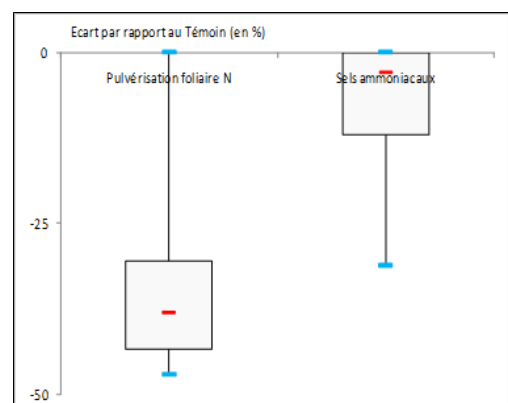
Gascogne, ces variétés sont conduites avec des rendements élevés associés à des vignes vigoureuses pour produire des vins blancs frais, fruités et à boire jeune. Les autres cépages de l'essai, Sauvignon et Melon, que ce soit en Touraine, à Gaillac et en Muscadet, sont maîtrisés en charge et vigueur pour produire des vins plus structurés. Les raisins présentent des concentrations en azote faibles à modérées. Les concentrations en thiols variétaux mesurées dans les témoins non traités se situent entre 0,4 et 3,8 nanomoles par litres pour la somme du 3MH et de l'A3MH. A ce niveau, les thiols contribuent plus ou moins au bouquet du vin mais ne sont pas surexprimés. Les thiols dosés dans les rosés de Négrette sont présents dans des quantités intéressantes (de 1,8 à 5,9 nanomoles par litre). Cela suggère qu'ils contribuent certainement à l'arôme de ces vins.

Nous n'avons pas noté d'effet secondaire sur la vigne entre l'application et la récolte. L'état sanitaire est resté au même niveau, la maturité est légèrement retardée (plus d'acidité) mais jamais de manière significative, le rendement n'est pas modifié. Les raisins de chaque modalité ont été ramassés au même moment sur chaque essai. Les thiols variétaux dosés dans les vins ont été comparés aux témoins non traités. Comme nous cherchions des effets sur les quantités de molécules, nous avons utilisé comme unité de mesure la somme molaire des thiols 3MH et A3MH. Ces deux composés proviennent des mêmes précurseurs, l'A3MH étant généré à partir d'une acétylation du 3MH pendant la fermentation alcoolique et donc dépendant des conditions du milieu en vinification (Sweigers et Pretorius, 2007). Il y a toujours eu gain en thiols variétaux mesuré dans les vins issus des modalités pulvérisées en comparaison aux témoins (figure 5). En moyenne, on observe quatre fois plus de composés aromatiques dans les vins. Même lorsque le témoin présente un haut niveau en thiols (10 à 50 nanomoles par litre), nous avons obtenu des améliorations importantes dans les vins issus des blocs traités (trois fois plus de 3MH et d'A3MH). Cela suggère que cette technique influence de manière importante la production de ce type de composés en vinification. Lorsqu'un niveau plus faible de thiols est présent dans les vins témoins (0,4 à 6 nanomoles par litre) le gain moyen est de cinq fois plus que le témoin (figure 5).

Les dégustations mettent en avant des différences, la plupart du temps significatives, entre les vins issus des blocs pulvérisés et témoins non traités. Cela permet de confirmer les effets positifs de la technique pour un transfert vers la profession. Elles confirment également qu'il n'y a pas d'apparition d'odeurs soufrées indésirables dans les vins.

## Conclusions

La pulvérisation foliaire d'azote ou d'azote et soufre à véraison, réalisée dans des conditions optimales, est une technique très robuste pour augmenter la quantité d'azote des mouts sans modifier les équilibres de la plante. Sur vigne à raisins carencés en azote, souvent



**Figure 5 : gain en thiols variétaux (3MH + Ac3MH) dans les vins par rapport à un témoin après pulvérisation foliaire d'azote-soufre sur vigne. Synthèse de résultats : 26 parcelles issues de 5 cépages au cours de 5 millésimes. Barres d'erreur = intervalle de confiance à 95%.**

à faible expression aromatique (Spring et Lorenzini, 2006), elle peut permettre de maintenir sur les parcelles une couverture enherbée source potentielle de déficit azoté mais alternative agronomique durable d'entretien des sols. Plus spécifiquement, la pulvérisation foliaire d'azote et soufre sur vigne est un levier puissant pour produire des thiols variétaux dans les vins, la pulvérisation d'azote seul oriente vers l'élaboration de vins à l'expression plus fermentaire. Leur application est à raisonner en fonction du profil de vin que l'on souhaite obtenir. Enfin, la technique foliaire entraîne, dans nos études, une augmentation proportionnelle des fractions ammoniacales et aminées du moût. Cette composition azotée est un élément important de la problématique œnologique qu'est la construction d'un profil de vin. L'azote du moût assimilable par les levures se doit d'être analysé plus finement pour permettre au vinificateur d'intervenir à bon escient à la vigne ou au chai.

## Références bibliographiques

Choné X., Lavigne-Cruege V., Tominaga T., Van Leeuwen C., Castagnede C., Saucier C., Dubourdieu D., 2006. Effect of vine nitrogen status on grape aromatic potential : flavor precursors (S-cysteine conjugates), glutathione and phenolic content in *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc grape juice. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 40, pp 1-6.

Comtois M., Lègaré M., 2004. La fertilisation des plantes ligneuses cultivées en contenant. Institut Québécois de Développement de l'Horticulture Ornementale, 57p.

Conradie WJ, 1986. Utilisation of nitrogen by grape-vine as affected by time of application and soil type", *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, vol7 n°2, p76-83.

Furuya S., Umeyama Y., 2002 - The influence of chemical forms on foliar-applied nitrogen absorption for peach trees, Proceedings of International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruits Plants. *Acta Hort*, 594, 97-103

Gener T., Dugast P., Deléens E., 1998. True recovery coefficient of 15N urea sprayed on wheat canopies at flowering. *Académie des Sciences. Elsevier, Paris*. 321, 471-478.

Gooding M.J., Davies W.P., 1992. Foliar urea fertilization of cereals: a review. *Fertilizer Research*, 32, p209-222.  
Goutouly J.P., 2010. L'azote chez la vigne : dynamique des besoins, de m'assimilation, du stockage dans la plante et de la redistribution vers les fruits. Actes du Colloque Mondaviati, Bordeaux, p73-84.

Henschke P.A., Jiranek V., 1992. Yeast – Metabolism of nitrogen compounds. In: Fleet G.H. *Wine, microbiology and Biotechnology*. Harwood Academic Publishers, Sydney, 77 – 164.

Hernandez-Orte P., Ibarz M.J., Cacho J., Ferreira V., 2005. Effect of the addition of ammonium and amino acids to musts of Airen variety on aromatic composition and sensory properties of the obtained wine. *Food Chemistry*, 89, 163-174.

Sablayrolles J.M., Salmon J.M. et Barre P., 1996. Carences nutritionnelles des moûts : efficacité des ajouts combinés d'oxygène et d'azote ammoniacal. *Revue Française d'oenologie*, 159, 25-32.

Schneider R., Kotseridis Y., Ray J.L., Augier C., Baumes R., 2003. Quantitative determination of sulfur containing wine odorants at sub parts per billion levels. 2. Development and application of a stable isotope dilution assay. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 3243-3248.

Serrano E., Dias F., Biais T., Dufourcq T., 2010. Les nouvelles technologies pour renseigner du statut azoté des raisins. Actes du Colloque Mondaviati, Bordeaux, p101-109.

Spring J.-L., Lorenzini F., 2006. Effet de la pulvérisation foliaire d'urée sur l'alimentation azotée et la qualité du Chasselas en vigne enherbée. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol. 38 (2): 105-113.

Swiegers, J.H., Pretorius I.S., 2007. Modulation of volatile sulfur compounds by wine yeast. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 74, p954-960.

Téa I., 2004. Contribution à l'amélioration de la qualité technologique des farines panifiables de blé par l'apport foliaire d'azote et de soufre : implication des protéines de réserves et du glutathion. Thèse de doctorat de l'Inp Toulouse. 173p.

Tisseyre B., Ojeda H., Taylor J., 2007. New technologies and methodologies for sites-specific viticulture. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, vol. 41, n°2, p63-76.

Torrea D., Siebert T., Liebich B., Francis L. and Henschke P., 2004. Ammonium supplementation of grape juice—effect on aroma of a chardonnay wine. *Annual Report of Australian Wine Research Institute*, 26-27.

## Ce qu'il faut retenir

La fertilisation foliaire d'azote à véraison permet d'enrichir les raisins en azote sans modifier le métabolisme primaire de la plante.

L'azote assimilable du moût est composé d'une fraction ammoniacale et d'acides aminés. La proportion entre l'azote ammoniacal et aminé n'est pas modifiée par les traitements foliaires d'azote à véraison.

En comparaison avec l'utilisation d'azote sous forme ammoniacale au chai, l'apport foliaire d'azote à véraison entraîne une meilleure fermentescibilité des moûts et une production plus importante dans les vins d'acétates d'alcools supérieurs (arômes fermentaires).

L'association azote(2/3)-soufre(1/3) en traitement foliaire à véraison permet un gain en thiols variétaux significatif dans les vins blancs et rosés quel que soit le potentiel initial du vin.

La pulvérisation d'azote foliaire à véraison est une technique viticole qui répond à un objectif œnologique de production de vins aromatiques. Elle peut permettre de maintenir des couvertures enherbées dans des vignobles sensibles à la concurrence hydro-azotée.