

Effet de l'alimentation azotée sur le comportement et la typicité des vins de l'Arvine

Jean-Laurent SPRING¹, Vivian ZUFFEREY¹, Agnes DIENES-NAGY², Fabrice LORENZINI², Urban FREY³, Cécile THIBON⁴, Philippe DARRIET⁴ et Olivier VIRET²

¹Agroscope, 1009 Pully, Suisse

²Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

³HES-SO VS, 1950 Sion 2, Suisse

⁴Unité de recherche Œnologie, EA 4577, USC 1366 INRA, IPB, Institut des sciences de la vigne et du vin, Université Bordeaux Segalen, 33882 Villenave-d'Ornon Cedex, France

Renseignements: Jean-Laurent Spring, e-mail: jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch, tél. +41 21 721 15 63, www.agroscope.ch



La typicité des vins d'Arvine dépend fortement des conditions d'alimentation azotée à la vigne.

Introduction

L'Arvine est un ancien cépage autochtone du canton du Valais (Suisse), attesté dès le XVII^e siècle (Vouillamoz et Moriondo 2011). Longtemps cultivée à petite échelle, l'Arvine a connu une forte progression dans le vignoble valaisan ces vingt dernières années (fig.1), liée à la revalorisation des cépages autochtones de qualité en Valais

et à la personnalité de ses vins aux arômes complexes, fruités et floraux (Dupraz et Spring 2010). Cette typicité aromatique est due à des composés soufrés de la famille des thiols (comme pour le Sauvignon): chez l'Arvine, il s'agit principalement du 3-mercapto-hexanol (Fretz *et al.* 2005), dont les arômes évoquent le pamplemousse, le citron, la compote de rhubarbe et les fruits exotiques et dont le seuil de perception avoi-

sine 60 ng/l. Ces arômes sont liés dans le moût au glutathion et à la cystéine (P3MH) et libérés sous forme volatile durant la fermentation alcoolique (Darriet *et al.* 1995; Tominaga *et al.* 1998 a).

De nombreuses études d'Agroscope sur le cépage Chasselas ont montré l'interaction marquée entre le niveau d'alimentation azotée de la vigne et la qualité des vins, notamment sur leur expression aromatique et leur typicité (Maigre *et al.* 1995; Spring 2003; Spring et Lorenzini 2006). Ces recherches ont établi, pour le Chasselas, que des concentrations en azote assimilable dans les moûts inférieures à 200 mg/l peuvent pénaliser la qualité aromatique des vins et susciter de l'amertume et de l'astringence au palais. Cette dénaturation marquée des vins se généralise lorsque l'azote assimilable dans les moûts n'atteint pas 140 mg/l (Lorenzini 1996).

Afin d'étudier l'influence de la nutrition azotée de la vigne sur la qualité des vins d'autres cépages blancs, des essais ont été menés par Agroscope sur Sauvignon blanc, Chardonnay, Gewürztraminer et Doral dans le bassin lémanique et sur Arvine en Valais.

Une étude du comportement de l'Arvine dans le vignoble de Fully (VS) (Verdenal *et al.* 2012) mentionne déjà l'alimentation azotée comme marqueur de l'effet terroir en relation avec la qualité des vins. Ces observations vont dans le sens de travaux conduits dans le vignoble bordelais sur Sauvignon blanc (Choné 2001) et d'autres cépages dans le sud-ouest de la France (Dufourcq *et al.* 2009).

Le but de cette étude est d'évaluer l'influence de l'alimentation azotée de la vigne sur le comportement du cépage Arvine et sur la qualité et la typicité de ses vins. Il est également de définir des seuils critiques d'alimentation azotée pour ce cépage, sur la base de l'essai conduit de 2007 à 2011 au domaine expérimental d'Agroscope à Leytron (VS).

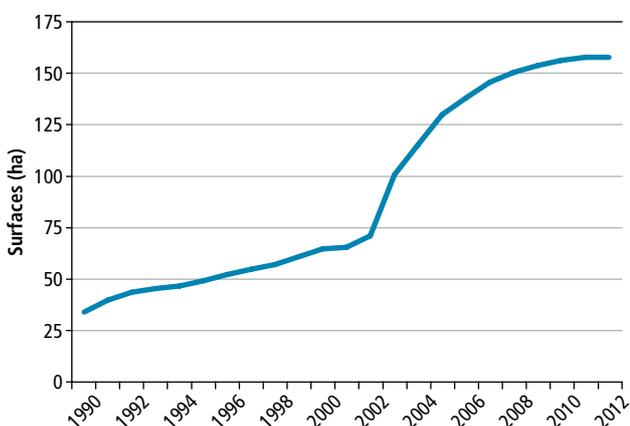


Figure 1 | Evolution des surfaces d'Arvine en Valais de 1990 à 2012 (source: Office cantonal de la viticulture du canton du Valais).

Résumé ■ Un essai conduit par Agroscope sur le domaine de Leytron (VS) a montré de fortes interactions entre le niveau d'alimentation azotée, le comportement agronomique et la qualité des vins du cépage Arvine. Une teneur en azote assimilable dans les moûts plus basse que 180–200 mg/l a fait nettement diminuer la concentration en précurseurs aromatiques dans les moûts et en arômes (3-mercapto-hexanol) dans les vins. Ceux-ci étaient moins typés, plus amers et moins appréciés en dégustation. En cas de sévères carences en azote, l'activité photosynthétique du feuillage a été réduite et les moûts présentaient plus d'acide tartrique, moins d'acide malique, un pH plus bas, et les vins davantage d'alcools supérieurs (2- + 3-méthyl-1-butanol et phényl-2-éthanol).

Matériel et méthodes

Conditions pédoclimatiques et dispositif expérimental

L'essai a été mis en place sur une parcelle homogène d'Arvine greffée sur 5C, plantée en 1987 et conduite en Guyot simple (1,8x1,0m). Les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à 636 mm et la température moyenne de mi-avril à mi-octobre à 15,5°C. Le sol est constitué d'alluvions torrentielles profondes et très caillouteuses.

Quatre variantes destinées à induire des différences marquées dans l'alimentation azotée de la plante ont été mises en place en automne 2005 sur deux blocs de dix-sept ceps par variante:

- Enherbement permanent de tous les interlignes sans apport d'azote (EP 2/2 ON) avec le mélange de graminées Lenta L de la maison Schweizer (fétuque rouge, ray-grass anglais, fétuque durette, pâturins des prés et comprimé), installé en septembre 2005 sur 75 % de la surface. Le cavaillon est désherbé chimiquement.
- Enherbement permanent d'un interligne sur deux sans apport d'azote (EP1/2ON) avec le mélange utilisé dans la première variante et le désherbage chimique de l'autre interligne.
- Sol nu avec apport d'azote au sol (NC 50N): le sol a été maintenu libre de végétation chimiquement et 50 kg N/ha apportés au sol sous forme de nitrate d'ammoniaque peu avant le débourrement.

- Sol nu avec apport d'azote au sol et complément foliaire autour de la véraison (NC50N+4x5N): le sol a été maintenu libre de végétation chimiquement et 50 kg N/ha apportés au sol sous forme de nitrate d'ammoniaque peu avant le débourrement; de plus de l'urée foliaire a été appliquée hebdomadairement sur l'ensemble du feuillage durant quatre semaines autour de la véraison (4x5 kg N/ha).

Le protocole (entretien du sol, fumure azotée) a été appliqué dès 2006. La plupart des observations ont porté sur la période 2007–2011.

Contrôles

Composantes du rendement: la fertilité des bourgeons a été contrôlée sur dix ceps par répétition, le poids des grappes calculé à partir du poids de récolte et du nombre de grappes par cep, le poids des baies sur cinquante baies par répétition et le rendement total déterminé.

L'intensité de la coulure et du millerandage a été notée visuellement sur une échelle de 0 (= absence de coulure ou de millerandage) à 9 (= coulure totale).

La récolte a été systématiquement limitée à une grappe par bois en juillet.

Pourriture grise (*B. cinerea*): l'intensité de l'infection (part des grappes infectées: 0, 1/10, 1/4, 1/2, 3/4, 4/4) a été déterminée sur cinquante grappes par répétition.

Vigueur: l'expression végétative a été estimée par le poids des bois de taille.

Diagnostic foliaire: le taux d'azote a été déterminé sur des feuilles principales situées dans la zone des grappes à la véraison (trente feuilles par procédé).

Indice chlorophyllien du feuillage: il a été mesuré sur des feuilles principales de niveau 7–10 (trente feuilles/répétition/date de mesure) de juillet à septembre 2010 avec un instrument optique de mesure N-Tester.

Activité photosynthétique: elle a été mesurée sur des feuilles principales de rang 7–10 à éclaircissement saturant ($> 1200 \mu E/m^2.s$) avec un appareil ADC-LCA 4 (ADC, Hoddeson, England), en système ouvert, équipé d'un analyseur infrarouge et d'une chambre d'assimilation de type Parkinson, le 29 juillet et le 19 août 2009 ainsi que le 28 juillet 2010. Par demi-journée (matin, après-midi), l'activité photosynthétique a été déterminée sur huit feuilles/procédé, de 9h30 à 10h30 pour les matinées et de 14h30 à 15h30 pour les après-midi.

Mesure de la contrainte hydrique: l'état hydrique moyen de la plante pendant la maturation du raisin a été estimé en 2010 et en 2011 par discrimination isotopique du carbone ($\Delta C13$, rapport $C13/C12$) (Gaudillière *et al.* 1999).

Analyse des moûts: teneur en sucre, pH, acidité totale (exprimée en acide tartrique), acide tartrique et acide malique ont été déterminés dans les moûts ainsi que l'azote assimilable (Aerny, 1996). La teneur en précurseur aromatique cystéinylylé du 3-mercapto-hexanol (P3MH) a été déterminée sur un échantillon de moût prélevé après débouillage et congelé selon la méthode de Luisier (2008) à la HES-SO Valais à Sion.

La composition des acides aminés présents dans les moûts a été déterminée sur les millésimes 2008–2011 par chromatographie liquide après dérivation OPA et FMOC selon la méthode © Agilent Technologies.

Vinifications et analyses sensorielles: de 2007 à 2011, les récoltes ont été vinifiées selon un protocole standard. Les moûts n'ont pas été corrigés en azote assimilable ni désacidifiés. Les vins ont été stabilisés chimiquement et physiquement après fermentation alcoolique. Les analyses courantes des vins et des moûts ont été effectuées selon le Manuel suisse des Denrées alimentaires.

Quelques semaines après la mise en bouteille, les vins ont été dégustés par le panel interne d'Agroscope et évalués sur dix-sept critères selon une échelle de notation de 1 (faible, mauvais) à 7 (élevé, excellent).

Analyse des vins: les analyses courantes des moûts et des vins ont été effectuées par spectrométrie infrarouge (FOSS WineScan™). Le 3-mercapto-hexanol a été analysé dans les vins en 2013 à l'Université de Bordeaux par l'équipe du professeur Ph. Darriet selon la méthode de Tominaga (1998b).

Les alcools supérieurs 2- et 3-méthyl-1-butanol ainsi que le phényl-2-éthanol ont été dosés par chromatographie en phase gazeuse.

Résultats et discussion

Alimentation azotée

Azote foliaire et azote dans les moûts

La figure 2 réunit les observations sur la teneur en azote des feuilles à la véraison (diagnostic foliaire N) et des moûts au foulage (azote assimilable dans les moûts). Ces deux paramètres sont bien corrélés entre eux et montrent que le dispositif d'essai a permis une large variation des niveaux d'alimentation azotée. En se basant sur les seuils établis pour le Chasselas (Spring *et al.* 2003), le niveau d'azote foliaire serait qualifié de satisfaisant pour les deux variantes avec enherbement (EP 2/20N, EP 1/20N), d'élevé pour la modalité en sol nu avec apport d'azote au sol (NC50N) et de très élevé pour la variante avec complément d'azote foliaire (NC50N+4x5N). Concernant l'azote des moûts, selon les seuils de Lorenzini (1996) pour le Chasselas, les deux

variantes avec enherbement (EP 2/2 0N, EP 1/2 0N) enregistreraient une carence en azote marquée alors que la modalité NC 50N bénéficierait d'une alimentation azotée équilibrée. Les moûts de la variante avec complémentation en azote foliaire (NC 50N+4x5N) présentent les taux d'azote de loin les plus élevés, confirmant la bonne efficacité des apports foliaires à la véraison sur l'augmentation du taux d'azote assimilable dans les moûts (Spring et Lorenzini 2006; Fox 1997).

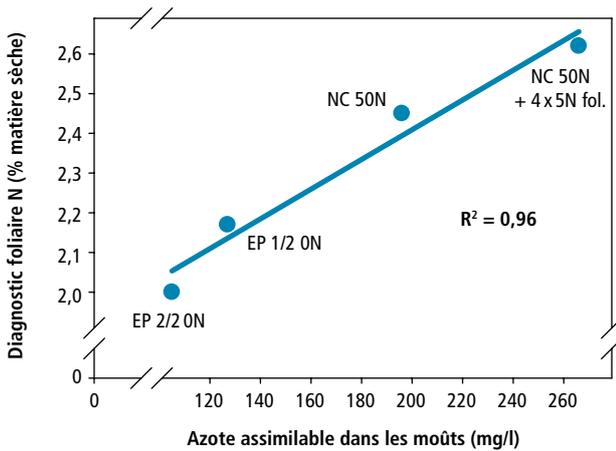


Figure 2 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Azote dans les feuilles et dans les moûts. Moyennes 2007–2011.

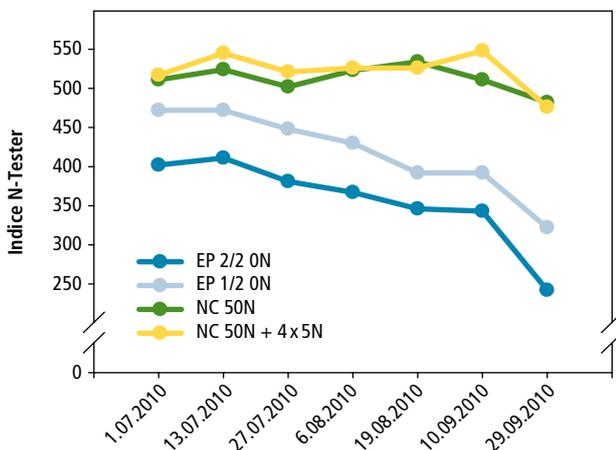


Figure 3 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Evolution de l'indice chlorophyllien du feuillage. Mesures 2010.

Indice chlorophyllien du feuillage (indice N-Tester)

L'évolution de l'indice chlorophyllien du feuillage (indice N-Tester) mesuré de juillet à septembre 2010 est reportée dans la figure 3. Ces données, généralement bien corrélées au niveau d'alimentation azotée de la plante (Spring 1999; Spring et Zufferey 2000), se montrent cohérentes avec les indicateurs de l'azote foliaire et de l'azote dans les moûts pour les variantes sans fumure azotée ou avec apport d'azote au sol. Le procédé NC 50N+4x5N, s'il a fortement enrichi les moûts en azote assimilable, n'a pas entraîné une augmentation sensible de l'indice chlorophyllien du feuillage.

Vigueur

L'amélioration du taux d'azote dans les moûts est fortement liée à l'accroissement de la vigueur mesurée par le pesage des bois de taille (fig. 4), un effet bien connu et documenté de l'azote (Champagnol, 1984).

Composantes du rendement (tabl.1)

Les variantes avec enherbement ont présenté des grappes et des baies un peu plus légères ainsi qu'un rendement un peu inférieur à la modalité désherbée avec azote au sol (EP 50N). L'alimentation azotée élevée de la variante avec complémentation foliaire (NC 50N+4x5N) >

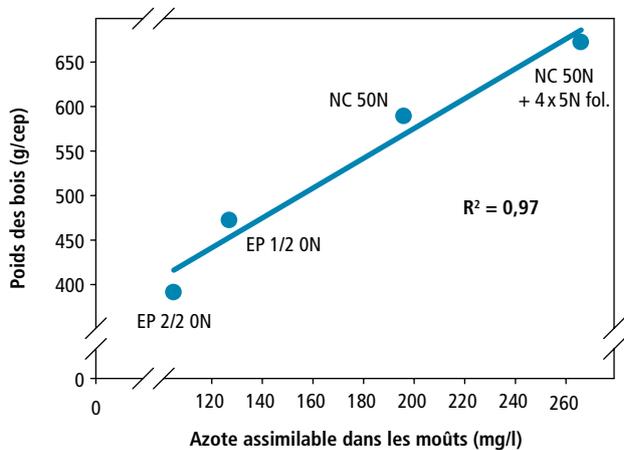


Figure 4 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Influence sur la vigueur. Moyennes 2007–2011.

Tableau 1 | Essai d'alimentation azotée sur le cépage Arvine à Leytron. Influence sur les composantes du rendement (moyenne 2007–2011)

Variante	Fertilité des bourgeons (nb grappes/bois)	Poids grappe (g)	Poids baie (g)	Rendement (kg/m ²)	Couleur/millerandage (note 0-9)
EP 2/2 0N	1,8	276	1,25	0,90	1,8
EP 1/2 0N	1,9	297	1,26	0,93	1,6
NC 50N	1,9	310	1,35	1,05	1,2
NC 50N + 4x5N	1,9	246	1,32	0,84	2,4

a également diminué le potentiel de rendement, cette fois en lien avec une plus grande sensibilité à la coulure et au millerandage. La sensibilité accrue à ce phénomène avec une vigueur et/ou une alimentation excessive en azote est bien décrite (Champagnol 1984; Huglin 1986).

Botrytis

La sensibilité à la pourriture du raisin a été fortement réduite par l'enherbement (fig.5). Une alimentation azotée très restrictive s'associe souvent à une moindre virulence de ce pathogène (Maigre 1995). Dans cet essai, la variante la mieux alimentée en azote (NC 50N + 4x5N) n'a toutefois pas été la plus touchée, certainement grâce au taux accru de coulure (tabl.1) donnant une structure plus lâche aux grappes, défavorable au développement de *Botrytis cinerea* (Spring et Viret 2009).

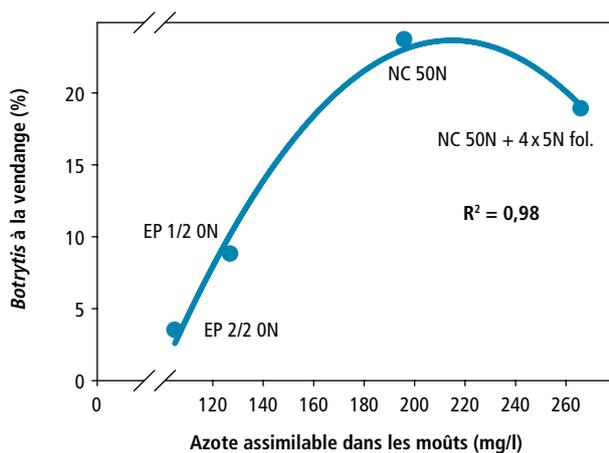


Figure 5 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Développement de *Botrytis cinerea* sur grappes. Moyennes 2007–2011.

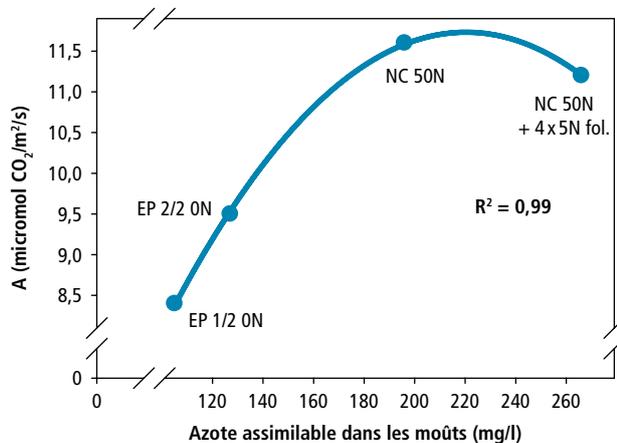


Figure 6 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Activité photosynthétique du feuillage. Moyennes de trois matinées de mesures (29.07 et 19.08.2009, 28.07.2010).

Activité photosynthétique du feuillage

Les trois jours de mesure de l'activité photosynthétique du feuillage (fig. 6 et 7) montrent qu'une alimentation trop restrictive en azote (variantes avec enherbement) se traduit par une réduction de cette activité. L'azote joue un rôle déterminant dans la synthèse de la chlorophylle et une carence en ce nutriment fait baisser l'indice chlorophyllien du feuillage (fig.3) et son activité photosynthétique (Spring et Zufferey 2000; Koblet et al. 1995). Dans cet essai, au-delà d'un taux d'azote assimilable de 200mg/l dans le moût, cet élément ne semble plus limitant pour la photosynthèse.

Alimentation hydrique

Le rapport isotopique C¹³/C¹² mesuré dans les sucres des moûts débouffés en 2010 et 2011 figure dans le tableau 2. En 2010, le déficit hydrique de 350 mm (Station Meteosuisse de Sion Aéroport) calculé du 1^{er} janvier au 31 août a été moyen pour la région, contrairement à l'année 2011, la plus sèche de 2007 à 2011, dont le déficit hydrique atteint 500 mm pour la même période. Le sol du domaine de Leytron permet un enracinement très profond de la vigne et ces écarts n'ont toutefois pas fait beaucoup varier l'alimentation en eau. Selon

Tableau 2 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron. Mesure de la contrainte hydrique durant la maturation du raisin par détermination du Δ¹³C

Variante	Δ ¹³ C (‰)	
	2010	2011
EP 2/2 ON	-25,1	-24,1
EP 1/2 ON	-25,7	-25,1
NC 50N	-25,2	-26,0
NC 50N + 4x5 N	-26,4	-24,5

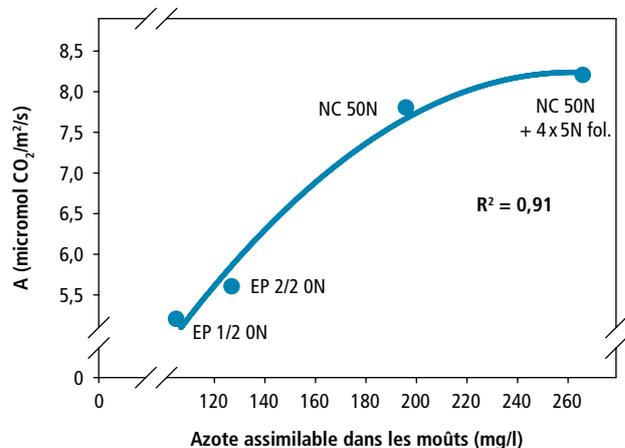


Figure 7 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Activité photosynthétique du feuillage. Moyennes de trois après-midi de mesures (29.07 et 19.08.2009, 28.07.2010).

les seuils établis pour le Chasselas (Zufferey et Murisier 2007), en 2010 la contrainte hydrique peut être qualifiée de faible à très faible pour toutes les variantes. En 2011, seule la variante enherbée dans tous les interlignes (EP 2/2ON) subit un stress hydrique modéré et les autres modalités une faible contrainte hydrique. Les différences d'alimentation en eau induites par les variantes de cet essai n'ont sans doute pas suffi pour influencer notablement le comportement de la vigne.

Qualité des moûts

Teneurs en sucre (fig. 8): l'augmentation de l'alimentation azotée va de concert avec l'élévation des taux de sucres dans les moûts. Cette tendance peut s'expliquer par le renforcement de l'activité photosynthétique du feuillage et de l'attaque de *Botrytis cinerea* qui concentre les sucres dans les variantes plus alimentées en azote.

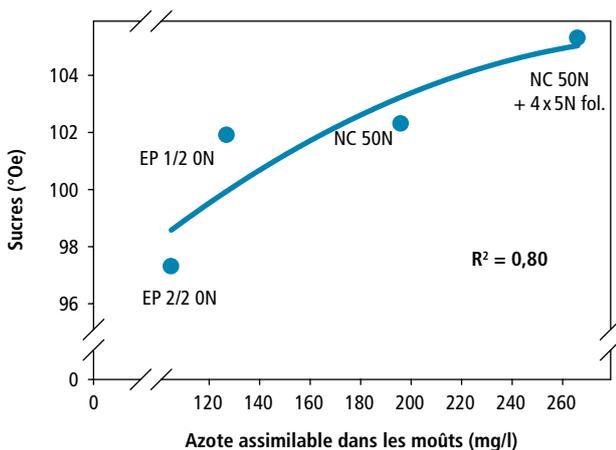


Figure 8 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Teneurs en sucres des moûts au foulage. Moyennes 2007–2011.

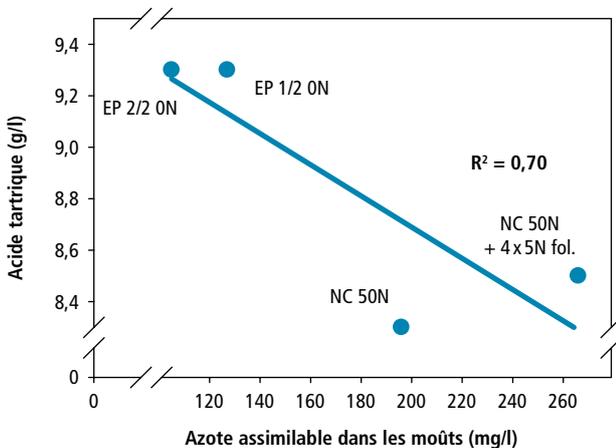


Figure 9 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Teneurs en acidité tartrique des moûts au foulage. Moyennes 2007–2011.

Acidité (fig. 9 et 10): une alimentation azotée croissante de la vigne s'associe à une diminution de l'acide tartrique et à une augmentation de l'acide malique dans les moûts. Ce phénomène a déjà été mentionné en relation avec le comportement de l'acide malique (Maigre et al. 1995; Porro et al. 1992).

Tableau 3 | Essai d'alimentation azotée sur le cépage Arvine à Leytron. Composition des moûts en différents acides aminés (mM/l). Moyenne de quatre ans (2008–2011)

	EP 2/2 ON	EP 1/2 ON	NC 50N	NC 50N + 4x5N
Acide aspartique	0,17	0,18	0,22	0,24
Acide glutamique	0,48	0,52	0,64	0,73
Asparagine	0,05	0,05	0,07	0,08
Serine	0,38	0,37	0,38	0,50
Glutamine	0,25	0,23	0,45	0,43
Histidine	0,11	0,12	0,18	0,27
Glycine	0,03	0,04	0,03	0,05
Thréonine	0,24	0,27	0,50	0,66
Arginine	1,22	1,32	3,72	5,88
Alanine	0,36	0,36	0,45	0,61
GABA	0,65	0,64	0,77	0,87
Tyrosine	0,05	0,05	0,06	0,09
Cystine	0,06	0,00	0,11	0,11
Valine	0,22	0,36	0,38	0,37
Méthionine	0,09	0,11	0,13	0,12
Tryptophane	0,17	0,12	0,21	0,21
Phénylalanine	0,25	0,25	0,28	0,27
Leucine	0,29	0,25	0,26	0,25
Isoleucine	0,16	0,17	0,18	0,17
Lysine	0,00	0,01	0,02	0,02
Acides aminés totaux	5,23	5,40	9,01	11,94

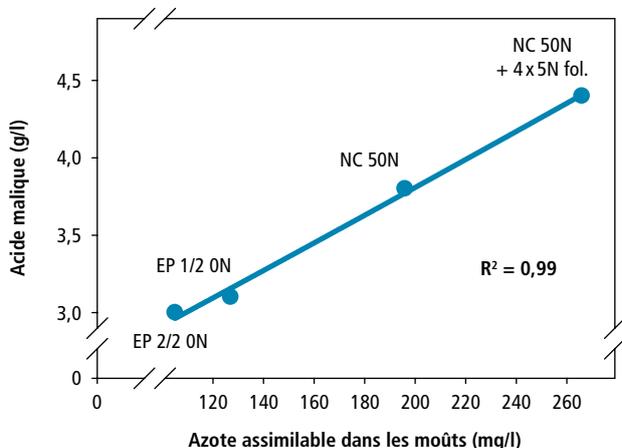


Figure 10 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Teneurs en acidité malique des moûts au foulage. Moyennes 2007–2011.

Composition en acides aminés: le tableau 3 présente la composition des moûts en différents acides aminés (moyennes 2008–2011). Dans toutes les variantes, l'arginine est le plus abondant et également celui qui réagit le plus fortement aux différents apports azotés de la vigne. Plus discrètement, ces apports favorisent aussi les concentrations en glutamine, thréonine, alanine et acide aminobutyrique (GABA). Ces observations confirment celles d'essais similaires sur le Chasselas (Spring et Lorenzini 2006). La détermination de ces composés azotés était également l'excellente corrélation entre la somme des acides aminés considérés et l'indice de formol des moûts ($R^2=0,96$).

Teneur en précurseur aromatique (fig.11): le taux en précurseur aromatique du 3-mercapto-hexanol dans les moûts est très fortement lié à leur teneur en azote assimilable. La relation entre niveau d'alimentation azotée et teneur en précurseurs aromatiques de la famille des thiols a été établie par plusieurs auteurs, notamment sur le Sauvignon blanc (Choné *et al.* 2006). Cette augmentation pourrait être aussi partiellement liée à une botrytisation plus accentuée des baies dans

ces modalités. Les travaux de Thibon (2009; 2011) ont montré que, en présence de botrytis, la baie surproduit ce précurseur de thiol, comme cela semble être le cas dans cet essai (fig.12).

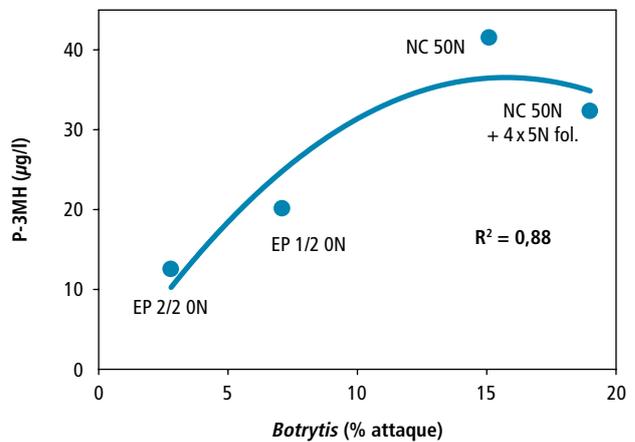


Figure 12 | Relation entre l'intensité du développement de *Botrytis cinerea* et la teneur en précurseur aromatique (P3MH) des moûts après débouillage. Moyennes 2007–2011.

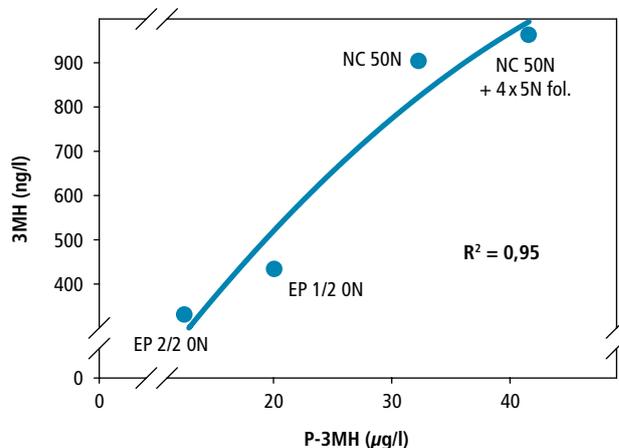
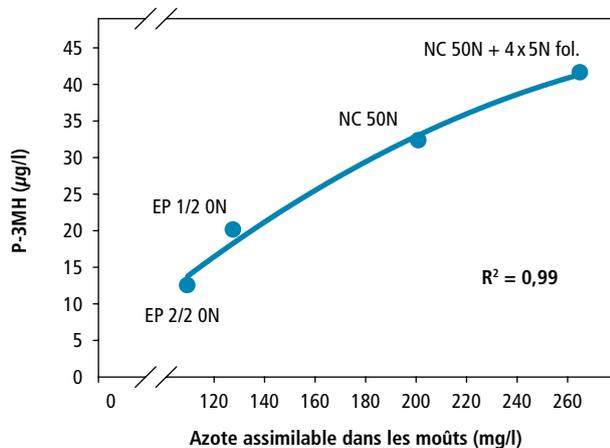


Figure 11 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Teneurs en précurseur aromatique (P3MH) des moûts après débouillage selon l'azote assimilable et relation entre précurseur aromatique dans les moûts et arôme dans les vins (3MH). Moyennes 2007–2011.

Tableau 4 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron. Données analytiques des vins. Moyennes 2007–2011

Variante	Alcool (vol. %)	Sucres (g/l)	pH	Acidité totale ¹ (g/l)	Acide tartrique (g/l)	2- + 3-méthyl-1-butanol (mg/l)	Phényl-2-éthanol (mg/l)
EP 2/2 ON	14,0	0,7	3,03	7,6	2,3	227	51
EP 1/2 ON	14,7	1,6	3,04	7,5	2,3	227	47
NC 50N	15,0	1,0	3,15	7,3	2,0	182	23
NC 50N + 4x5 N	15,1	0,8	3,14	7,6	2,2	178	20

¹Exprimée en acide tartrique.

Analyse chimique et sensorielle des vins

Analyse classique des vins (tabl. 4): les principales différences analytiques résidaient dans la teneur en alcool des vins, plus élevée dans les variantes les mieux alimentées en azote, ce qui s'aligne sur les différences de teneur en sucre des moûts. La teneur des vins en 2+3-méthyl-1 butanol et surtout en phényl-2-éthanol est inversement proportionnelle au niveau d'alimentation azotée, comme déjà démontré par Spring (2003).

Analyse des arômes dans les vins (fig.11): le taux de 3-mercapto-hexanol des vins analysés en 2013 est également très bien corrélé avec la teneur en précurseur aromatique des moûts et, par là, avec le niveau d'alimentation azotée. Entre la modalité la moins (EP 2/2 0N) et la mieux alimentée en azote (NC 50N + 4x5N), la teneur en arômes a plus que doublé; cet effet est également relevé par d'autres auteurs, notamment sur Sauvignon blanc dans des essais avec complémentation azotée foliaire (Lacroux *et al.* 2008).

Analyse sensorielle des vins (fig.13): trois principaux critères d'analyse sensorielle des vins étaient liés à l'alimentation azotée de l'Arvine: la qualité des

arômes, l'intensité du caractère d'amertume et la note hédonique d'impression générale. Ces trois critères montrent clairement que la qualité des vins peut être améliorée en augmentant l'alimentation azotée jusqu'à environ 200 mg/l d'azote assimilable dans les moûts. Au-delà, et malgré une plus haute teneur en arômes dans les vins, les différences ne semblent plus perceptibles sur le plan gustatif.



Les caractéristiques organoleptiques des vins ont été déterminées par le panel expert de dégustateurs d'Agroscope.

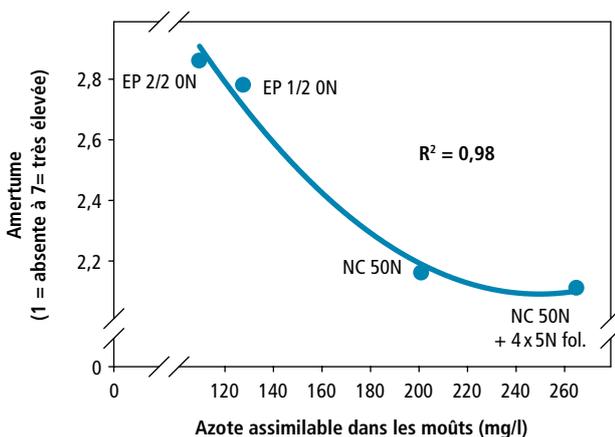
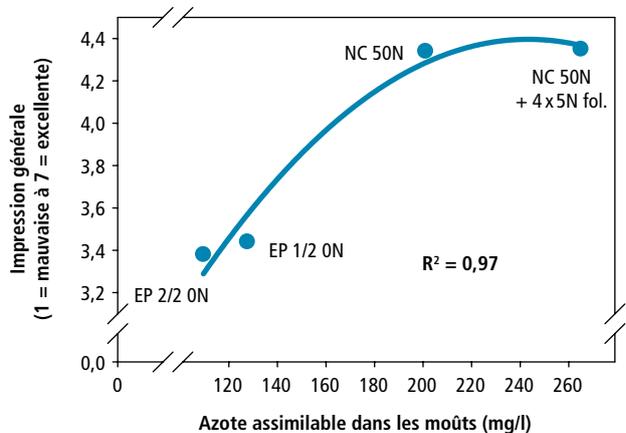
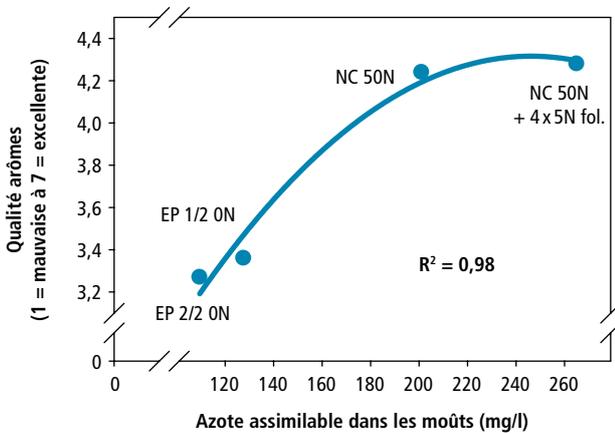


Figure 13 | Essai d'alimentation azotée sur Arvine à Leytron (VS). Analyse sensorielle des vins. Note de qualité des arômes, d'amertume et d'impression générale des vins sur une échelle de 1 (faible, mauvaise) à 7 (élevée, excellente). Moyennes 2007–2011.

Conclusions

- Un essai conduit par Agroscope à Leytron (VS) sur le cépage Arvine montre que le comportement agronomique et la typicité des vins sont fortement influencés par l'alimentation azotée de la plante.
- Une alimentation insuffisante (moins de 180–200 mg/l d'azote assimilable dans les moûts) se traduit par une moindre concentration en précurseurs aromatiques dans les moûts et en arômes dans les vins, qui sont moins typés, plus amers et moins appréciés en dégustation.
- Une sévère carence azotée peut pénaliser l'activité photosynthétique du feuillage. Dans ce cas, les moûts peuvent présenter des teneurs plus élevées en acide tartrique, plus faibles en acide malique et un pH plus bas.
- Une alimentation excessive, dépassant nettement 200 mg/l d'azote assimilable dans les moûts, génère en revanche des risques accrus de pourriture du raisin, de dessèchement de la rafle et de coulure. ■

Remerciements

Nous remercions vivement les collaborateurs des groupes de recherche viticulture, œnologie, analyse des vins qui ont participé à cet essai.

Bibliographie

- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28** (3), 161–165.
- Champagnol F., 1984. *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. Imprimerie Déhan, Montpellier, 351 p.
- Choné X., 2001. Contribution à l'étude des terroirs de Bordeaux: Etude des déficits hydriques modérés, de l'alimentation en azote et de leurs effets sur le potentiel aromatique des raisins de *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. Thèse de doctorat sciences biologiques et médicales, option Œnologie-Ampélogie, Université de Bordeaux II, 188 p.
- Choné X., Lavigne-Cruège V., Tominaga T., Leeuwen C. V., Castagnède 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. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* **40** (1), 1–6.
- Darriet P., Tominaga T., Lavigne V., Boidron J. N. & Dubourdieu D., 1995. Identification of a powerful aromatic component of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon Wines: 4-mercapto-4-methylpentan-2-one. *Flavour Fragrance J.* **10**, 385–392.
- Dufourcq T., Charrier F., Poupault P., Schneider R., Gontier L. & Serrano E., 2009. Foliar spraying of nitrogen and sulfur at veraison: a viticultural technique to improve aromatic composition of white and rosés wines. 16th International GIESCO Symposium, Davis (USA), 379–383.
- Dupraz Ph. & Spring J.-L., 2010. Cépages, principales variétés de vigne cultivées en Suisse. AMTRA, 128 p.
- Fretz C. B., Luisier J.-L., Tominaga T. & Amado R., 2005. 3-Mercaptohexanol: An Aroma Impact Compound of Petite Arvine Wine. *Am. J. Enol. Vitic.* **56** (4), 407–410.
- Fox R., 1997. Nährstoffversorgung: ist die Blattdüngung im Weinbau interessant? *Der Deutsche Weinbau* **15**, 20–23.
- Gaudillière J.-P., Van Leeuwen C., Ollat N., Goutouly J. P. & Champagnol F., 1999. $^{13}C/^{12}C$ discrimination measured in tartrate and sugars in mature grapevine berries. *Acta Hort.* **493**, 63–68.
- Huglin P., 1986. *Biologie et écologie de la vigne*. Ed. Payot, Lausanne, 372 p.
- Koblet W., Candolfi C. & Keller M., 1995. Einfluss verschiedener Faktoren auf die Assimilationsleistung der Rebe. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **13**, 313–315.
- Lacroux F., Tregoaat O., Leeuwen C. V., Pons A., Tominaga T., Lavigne-Cruège V. & Dubourdieu D., 2008. Effect of foliar nitrogen and sulphur application on aromatic expression of *Vitis Vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* **42** (3), 125–132.
- Lorenzini F., 1996. Teneur en azote et fermentescibilité des moûts. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28** (3), 169–174.
- Luisier J.-L., Buettner H., Völker T., Rausis T. & Frey U., 2008. Quantification of cysteine S-conjugate of 3-sulfanylhexan-1-ol in must and wine of Petite Arvine vine by stable isotope dilution analysis. *J. Agric. Food. Chem.* **56** (9), 2883–2887.
- Maigre D., Aerny J. & Murisier F., 1995. Entretien des sols viticoles et qualité des vins de Chasselas: influence de l'enherbement permanent et de la fumure azotée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **27**, 237–251.
- Porro D., Stefanini M., Failla O., Bertamini M. & Stringari G., 1992. Interpretazione fisiologica degli effetti della disponibilità d'azoto sull'acidità del mosto e sulla qualità del vino in tre vitigni del Trentino. C. R. 4^e Symp. Int. Physiol. Vigne, Torino, 231–234.
- Spring J.-L., 1999. Indice chlorophyllien du feuillage et nutrition azotée du cépage Chasselas, premières expériences en Suisse romande. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **31** (3), 141–145.
- Spring J.-L. & Zufferey V., 2000. Intérêt de la détermination de l'indice chlorophyllien du feuillage en viticulture. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **32** (6), 323–328.
- Spring J.-L., 2003. Localisation de la fumure azotée sur l'intercep dans les vignes enherbées. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **35** (2), 113–119.
- Spring J.-L., Ryser J.-P., Schwarz J.-J., Basler P., Bertschinger L. & Häseli A., 2003. Données de base pour la fumure en viticulture. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **35** (4), 24.

Summary

Effect of nitrogen supply on behaviour and wine typicity of Arvine grape variety

An Agroscope trial conducted at Leytron (VS, Switzerland) lead to a high correlation between nitrogen supply, agronomical behaviour and quality of the wine of the grape variety Arvine. When the amount of available nitrogen in the grape juice is under 180–200 mg/l, the concentration of aromas precursors in the must and of aromas in the wine (3-mercaptohexanol) are notably lower. The wines are less typical, taste bitter, astringent and are less appreciated. In the case of severe nitrogen disorder, the photosynthetic activity of the leaves is reduced and must contents showed higher tartaric acid, lower malic acid and pH, and increased concentration in higher alcohols (2- + 3-méthyl-1-butanol et phényl-2-éthanol) in the wines.

Key words: grapevine, nitrogen nutrition, Arvine, wine quality, thiols.

Zusammenfassung

Einfluss der Stickstoffversorgung auf Anbauverhalten und Typizität der Weine der Rebsorte Arvine

Ein Versuch mit der Rebsorte Arvine auf dem Agroscope Versuchsbetrieb in Leytron (VS) hat gezeigt, dass die Stickstoffversorgung einen starken Einfluss auf das agronomische Verhalten und auf die Weinqualität ausübt. Tiefe hefeverwertbare Stickstoffgehalte in den Mosten (< 180–200 mg/l) sind mit einer signifikanten Reduktion der Gehalte an Aromavorstufen in den Mosten und Aromakomponenten (3-Mercapto-Hexanol) in den Weinen verbunden. Diese Weine haben eine geringere Typizität, eine erhöhte Bitterkeit und werden allgemein weniger geschätzt. Bei starkem Stickstoffmangel nahm die Photosynthese Aktivität ab und in den Mosten wurden bei der Weinsäure höhere, bei der Apfelsäure tiefere Gehalte sowie tiefere pH-Werte gemessen. In diesen Weinen wurde eine erhöhte Konzentration an höheren Alkoholen (2- + 3-Methyl-1-Butanol und Phenyl-2-Ethanol) festgestellt.

Riassunto

Effetto dell'alimentazione azotata sul comportamento e la tipicità dei vini di Arvine

Una prova condotta da Agroscope a Leytron (VS) ha permesso di evidenziare le importanti interazioni tra il livello d'alimentazione azotata, il comportamento agronomico e la qualità dei vini del vitigno Arvine. Quando il tenore in azoto assimilabile nei mosti è inferiore a 180–200 mg/l, la concentrazione in precursori aromatici nei mosti e in aromi (3-mercaptohexanol) nei vini diminuisce sensibilmente. Questi vini sono meno caratteristici, più amari e meno apprezzati nelle degustazioni. In caso di importante carenza azotata, l'attività fotosintetica del fogliame è ridotta e i mosti hanno un tenore più elevato in acido tartarico, più debole in acido malico, un pH basso e i vini una concentrazione più elevata in alcool superiore (2- + 3-metile-1-butanol e fenile-2-etanol).

- 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.* **38** (2), 105–113.
- Spring J.-L. & Viret O., 2009. Influence des techniques d'éclaircissage sur le rendement, la morphologie des grappes, la pourriture et la qualité des vins de Pinot noir. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **41** (2), 95–101.
- Thibon C., Dubourdieu D., Darriet Ph. & Tominaga T., 2009. Impact of noble rot on the aroma precursor of 3-sulfanylhexanol content in *Vitis vinifera* L. cv sauvignon blanc and semillon grape juice. *Food Chemistry* **114** (4), 1359–1364.
- Thibon C., Cluzet S., Mérillon J. M., Darriet Ph. & Dubourdieu D., 2011. 3-sulfanylhexanol precursor biogenesis in grapevine cells: the stimulating effect of *Botrytis cinerea*. *J. Agric. Food Chem.* **59** (4), 1344–1351.
- Tominaga T., 1998 a. Recherches sur l'arôme variétal des vins de *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc et sa genèse à partir de précurseurs inodores du raisin. Thèse de doctorat, Université Victor Ségalen Bordeaux 2, 218 p.
- Tominaga T., Murat M.-L. & Dubourdieu J., 1998 b. Development of a method for analysing the volatile thiols involved in the characteristic aroma of wines made from *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. *J. Agric. Food Chem.* **46**, 1044–1048.
- Verdenal T., Zufferey V., Spring J.-L., Jourjon M. & Viret O., 2012. Comportement du cépage Arvine dans le vignoble de Fully (Valais, Suisse). *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **44** (6), 378–384.
- Vouillamoz J. & Moriondo G., 2011. Origine des cépages valaisans et valdôtains. Ed. Presses du Belvédère, 240 p.
- Zufferey V. & Murisier F., 2007. Assessment of plant hydraulics in grapevines in various terroirs of the canton of Vaud. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **41** (2), 95–102.