

Ajout d'acides aminés aux moûts et qualité des vins

Fabrice LORENZINI et Frédéric VUICHARD, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW
Renseignements: Fabrice Lorenzini, e-mail: fabrice.lorenzini@acw.admin.ch, tél. +41 22 363 43 30, www.agroscope.ch



La composition en acides aminés des raisins a été déterminée par chromatographie liquide à haute pression (HPLC).

Introduction

L'azote assimilable contenu dans les moûts est un élément nutritif essentiel à la croissance et au métabolisme des levures. Sa concentration influence directement la cinétique fermentaire, en agissant sur la quantité de levures produites et également sur leur capacité de survie. Mais l'azote n'est pas seulement nécessaire à la bonne marche d'une fermentation, il est également impliqué dans le processus de formation de différents composés aromatiques. En quantité et en qualité suffisantes, il participe à la formation d'arômes positifs tout en limitant la formation de composés ma-

lodorants, notamment de certains composés soufrés (Jiranek *et al.* 1995). Certains vins de Chasselas, issus de vignes ayant souffert d'une concurrence hydro-azotée marquée, sont également qualifiés de «stressés» pour caractériser leur profil amer et astringent, dont le bouquet dénaturé peut apparaître prématurément évolué (Maigre *et al.* 1995; Spring 2002).

Il est généralement admis, à l'exemple du Chasselas (Lorenzini 1996), qu'une concentration d'au minimum 140 mg d'azote assimilable par litre, idéalement 200 mg N/l, est nécessaire à une fermentation réussie; cette quantité minimale dépend de la quantité de sucre à fermenter (Lonvaud-Funel *et al.* 2010).

Composé d'azote ammoniacal et d'acides aminés libres, l'azote assimilable des moûts peut varier significativement selon le millésime, la maturité et l'état sanitaire de la vendange, le sol, la fertilisation azotée, les techniques culturales ou la nature même du cépage (Fleet 1994). Il peut ainsi arriver, selon la situation, qu'une carence azotée soit détectée dans un moût au moment des vendanges. Pour corriger de tels moûts, des sels d'ammonium ou des nutriments pour levures composés généralement d'azote minéral et d'hydrolysats de levures sont couramment ajoutés. Ces ajouts sont peu spécifiques et, s'ils contribuent significativement à améliorer la fermentation, leur effet sur la qualité gustative des vins n'est pas toujours clairement établi. Pour mieux préciser et comprendre l'incidence de la composition azotée des moûts sur la qualité des vins, nous avons voulu expérimenter des apports azotés plus spécifiques en ajoutant à différents moûts carencés les proportions et concentrations d'acides aminés et d'ammoniaque manquantes comparativement à des moûts

Résumé L'efficacité d'ajouts ciblés d'acides aminés à des moûts carencés en azote assimilable a été testée en 2009 et 2010 sur des vendanges de Chasselas, de Chardonnay et de Sauvignon du domaine expérimental d'ACW à Changins (VD). Compte tenu de la spécificité de la composition azotée des cépages, l'ajout de mélanges d'acides aminés a permis d'améliorer, dans une certaine mesure, la qualité gustative des vins de Chardonnay et de Sauvignon, contrairement à des complémentations azotées sous forme minérale ou à certains nutriments pour levures. L'ajout d'acides aminés n'a en revanche pas eu d'influence positive sur les vins de Chasselas.

Tableau 1 | Variantes expérimentales. Domaine d'Agroscope ACW-Changins

Millésime	Cépage	Complémentation azotée	Dose	Cible des ajouts	Code variante
2009	Chasselas	(NH ₄) ₂ HPO ₄	2 x 20 g/hl ¹	196 mg/l d'azote assimilable (IF* 14)	09-Chas-N1
	Chasselas	nutriments pour levures a	2 x 20 g/hl ¹	dose max proposée par fabricant	09-Chas-N2
	Chasselas	acides aminés	mélange 09-1 ¹	acides aminés d'un Chasselas naturellement équilibré en azote (N_assimilable 156 mg/l)	09-Chas-N3
	Chardonnay	(NH ₄) ₂ HPO ₄	2 x 25 g/hl ¹	210 mg/l d'azote assimilable (IF* 15)	09-Chard-N1
	Chardonnay	nutriments pour levures a	2 x 25 g/hl ¹	dose max proposée par fabricant	09-Chard-N2
	Chardonnay	acides aminés	mélange 09-2 ²	acides aminés d'un Chardonnay naturellement équilibré en azote (N_assimilable 215 mg/l)	09-Chard-N3
	Sauvignon	(NH ₄) ₂ HPO ₄	2 x 25 g/hl ¹	210 mg/l d'azote assimilable (IF* 15)	09-Sauv-N1
	Sauvignon	nutriments pour levures a	2 x 25 g/hl ¹	dose max proposée par fabricant	09-Sauv-N2
	Sauvignon	acides aminés	mélange 09-3 ²	même ajout d'acides aminés que pour le Chardonnay (mélange 09-2)	09-Sauv-N3
2010	Chasselas	(NH ₄) ₂ HPO ₄	1 x 30 g/hl ²	196 mg/l d'azote assimilable (IF* 14)	10-Chas-N1
	Chasselas	nutriments pour levures b	2 x 20 g/hl ¹	dose max proposée par fabricant	10-Chas-N2
	Chasselas	acides aminés	mélange 10-1 ²	acides aminés et ammoniacal d'un Chasselas naturellement équilibré en azote (N_assimilable 184 mg/l)	10-Chas-N3
	Chardonnay	(NH ₄) ₂ HPO ₄	2 x 30 g/hl ¹	259 mg/l d'azote assimilable (IF* 18.5)	10-Chard-N1
	Chardonnay	nutriments pour levures b	2 x 20 g/hl ¹	dose max proposée par fabricant	10-Chard-N2
	Chardonnay	acides aminés	mélange 10-2 ²	acides aminés et ammoniacal d'un Chardonnay naturellement équilibré en azote (N_assimilable 184 mg/l)	10-Chard-N3
	Chardonnay	acides aminés	mélange 10-2++ ²	même variante que ci-dessus mais avec ajout, par erreur, de quatre fois la dose d'ammoniacal (N_assimilable 420 mg/l)	10-Chard-N3++
	Sauvignon	(NH ₄) ₂ HPO ₄	1 x 30 g/hl ²	196 mg/l d'azote assimilable (IF* 14)	10-Sauv-N1
	Sauvignon	nutriments pour levures b	2 x 20 g/hl ¹	dose max proposée par fabricant	10-Sauv-N2
Sauvignon	acides aminés	mélange 10-3 ²	acides aminés et ammoniacal d'un Sauvignon naturellement équilibré en azote (N_assimilable 184 mg/l)	10-Sauv-N3	

¹Avant levurage et au tiers de la fermentation. ²Avant levurage. *Indice de formol.

naturellement riches en ces constituants. Il faut relever ici que ce type d'ajout est clairement expérimental et qu'il n'est ni autorisé ni envisageable dans la pratique (pour des raisons d'éthique et de coûts).

Cet article rend compte des résultats des essais réalisés en 2009 et 2010 sur des vins de Chasselas, de Chardonnay et de Sauvignon du domaine expérimental d'Agroscope Changins-Wädenswil ACW à Changins.

Matériel et méthodes

Les variantes mises en œuvre en 2009 et 2010 sont décrites dans le tableau 1. Les procédés non complétés en azote n'ont volontairement pas été inclus dans le processus expérimental, compte tenu du risque élevé de fermentation inachevée. La composition chimique des moûts est indiquée dans le tableau 2.

Sur le plan de la vinification, après foulage et pressurage des raisins, les différents moûts (70 à 100 litres selon les cépages) ont été sulfités à 50 mg/l et débourbés par voie statique pendant douze heures à 14 °C. Les levurages à 20 g/hl ont été effectués avec la levure Bourgoblanc (LALVIN CY3079) pour le Chasselas et le Chardonnay et la levure Zymaflore VL3 pour le Sauvi-

Tableau 2 | Analyse des moûts utilisés pour l'expérimentation

		Chasselas de Changins		Chardonnay de Changins		Sauvignon de Changins	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010
Sucres	(°Brix)	20,3	20,6	22,6	23,4	22,4	23,0
Sucres	(°Oe)	84,3	85,7	94,7	98,1	93,8	96,3
d20/20		1,0856	1,0880	1,0964	1,1011	1,0952	1,0988
pH		3,45	3,51	3,40	3,37	3,31	3,18
Acidité totale ¹	(g/l)	4,7	5,9	6,7	7,0	7,6	7,9
Acide tartrique	(g/l)	4,7	5,3	5,2	4,9	6,1	6,4
Acide malique	(g/l)	2,1	3,0	3,0	3,5	3,2	3,2
Indice de formol		8,0	10,5	6,7	9,5	7,5	9,9
NH ₃	(mg/l)	14	21	5	10	17	27
		Chasselas de Changins		Chardonnay de Changins		Sauvignon de Changins	
Acides aminés	(mg/l N ass.)	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Acide aspartique	(mg/l N ass.)	3,4	9,1	4,8	3,4	6,3	5,0
Acide glutamique	(mg/l N ass.)	10,7	10,4	8,2	10,3	11,8	14,8
Sérine	(mg/l N ass.)	5,9	10,6	7,9	9,8	4,4	8,6
Histidine	(mg/l N ass.)	2,2	3,0	1,2	1,2	0,8	1,6
Thréonine	(mg/l N ass.)	9,4	12,6	5,2	6,3	5,3	7,5
Arginine	(mg/l N ass.)	32,8	49,5	4,4	4,1	10,7	23,6
Alanine	(mg/l N ass.)	11,4	12,4	9,8	12,1	8,6	13,9
Tyrosine	(mg/l N ass.)	1,3	1,8	0,5	0,9	0,3	0,8
Valine	(mg/l N ass.)	2,7	12,7	1,7	4,8	1,2	4,2
Méthionine	(mg/l N ass.)	3,3	0,8	2,6	2,9	3,0	3,5
Phénylalanine	(mg/l N ass.)	1,8	3,5	1,4	3,8	1,3	4,3
Isoleucine	(mg/l N ass.)	2,4	4,2	0,9	3,9	0,7	3,7
Leucine	(mg/l N ass.)	2,5	4,5	0,9	4,6	0,8	4,7
Asparagine	(mg/l N ass.)	0,5	0,6	0,4	1,0	0,2	0,5
Glutamine	(mg/l N ass.)	3,0	3,0	4,2	11,1	4,0	10,8
Tryptophane	(mg/l N ass.)	1,5	2,3	0,8	1,6	0,2	1,2
Acide γ-aminobutyrique	(mg/l N ass.)	7,9	9,1	5,0	8,5	5,1	7,0
Total azote aminé	(mg/l N ass.)	102,8	150,2	60,0	90,3	64,8	115,6

¹Exprimée en acide tartrique.

gnon. Les fermentations ont été conduites à température contrôlée de 20°C. Des bactéries sélectionnées ont été utilisées pour réaliser la fermentation malolactique à 18°C (Viniflora® CH35 en 2009 et Vitolactic F en 2010). Après stabilisations chimique et physique, les vins ont été filtrés, puis mis en bouteille.

Les analyses courantes des moûts et des vins ont été effectuées par spectrométrie infrarouge (FOSS WineScan™). L'indice de formol, qui permet d'évaluer l'azote assimilable par les levures (dix unités d'indice de formol correspondent à 140 mg/l d'azote assimilable), a été déterminé selon la méthode proposée par Aerny (1996). Le dosage des dix-sept principaux acides aminés libres a été réalisé par HPLC (dérivatisation OPA, méthode ©Agilent Technologies) et la teneur en alcools supérieurs (2- et 3-méthyl-1-butanol, phényl-2-éthanol) analysée par chromatographie en phase gazeuse.

L'analyse sensorielle a été effectuée après quelques semaines de bouteille par un collège interne d'ACW composé de dix à douze juges. L'appréciation organoleptique des différents critères s'est effectuée selon une échelle de notation allant de 1 (mauvais, faible) à 7 (excellent, élevé). La saisie et l'interprétation statistique des données ont été réalisées avec le programme informatique FIZZ de Biosystèmes (F-21560 Couternon).

Résultats et discussion

Profils azotés des moûts

Parmi les facteurs pouvant avoir une influence sur la teneur en composés azotés des moûts, la nature même du cépage peut y contribuer de manière significative (Fleet 1994). La tendance étant la même pour les deux millésimes, les valeurs moyennes pour 2009 et 2010 de la composition en acides aminés et en azote ammoniacal des différents moûts examinés ont été représentées sur la figure 1. Ils sont issus d'une même parcelle de vigne, soumise aux mêmes pratiques et traitements viticoles. Chaque élément azoté est ici exprimé en % par rapport à la somme d'azote assimilable. Les profils ainsi obtenus apparaissent singulièrement différents les uns des autres. Le Chasselas par exemple contient, en proportion, plus d'arginine et d'azote ammoniacal que le Chardonnay et moins d'acide aspartique, d'acide glutamique, de sérine, d'alanine et de glutamine. Le Sauvignon présente également, mais dans une moindre mesure, une teneur en arginine proportionnellement plus faible que le Chasselas. Des différences sont également observables pour l'acide aspartique et glutamique alors que la teneur en azote ammoniacal apparaît proportionnellement proche de celle du Chasselas. >

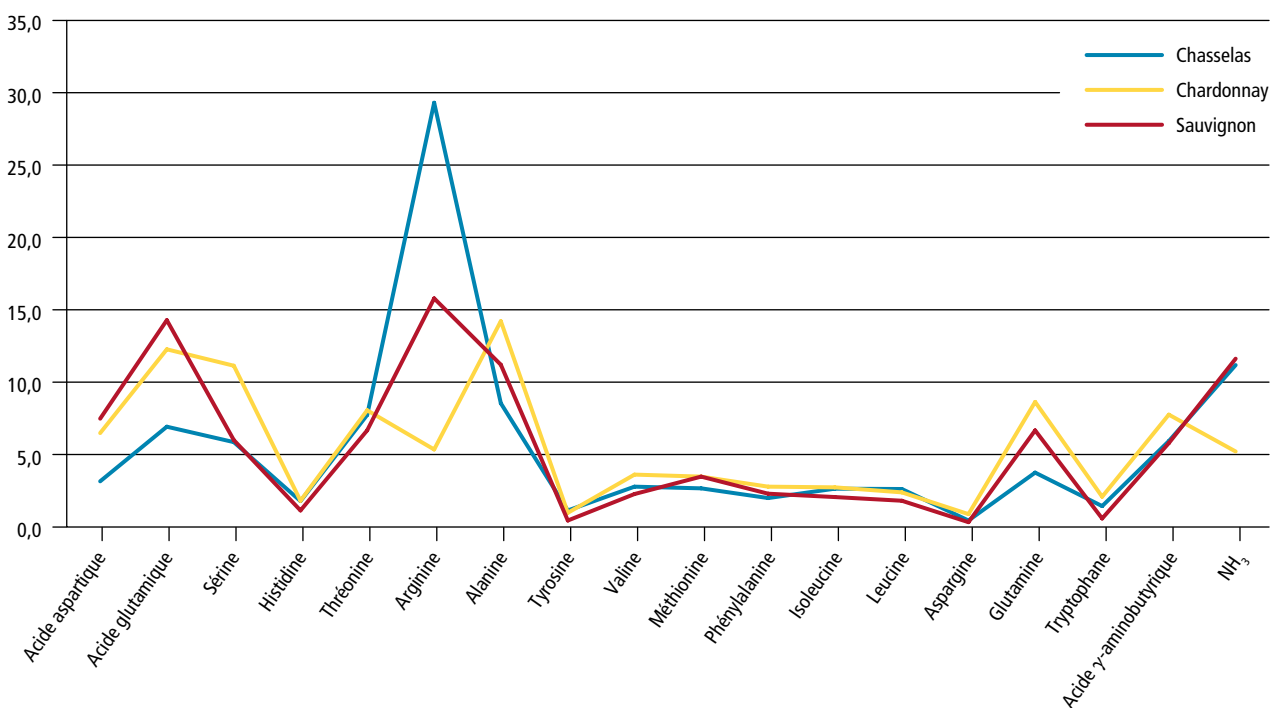


Figure 1 | Profils azotés des moûts du domaine de Changins utilisés pour l'expérimentation (acides aminés et azote ammoniacal représentés en % d'azote assimilable total, moyenne 2009–2010).

Ces observations ont alors logiquement déterminé, pour nos ajouts ciblés d'azote, la composition de mélanges d'acides aminés différents selon le cépage cible. A titre d'exemple, les mélanges d'acides aminés rajoutés aux moûts de Chasselas contenaient, en proportion, significativement plus d'arginine que ceux destinés au Chardonnay ou au Sauvignon.

Déroulement des fermentations alcoolique et malolactique

La figure 2 illustre le comportement fermentaire des différentes variantes expérimentales. Tous les vins ont achevé complètement leur fermentation alcoolique, à l'exception en 2010 du Chardonnay (sucres résiduels de 10 g/l) et du Sauvignon (sucres résiduels de 5 g/l), tous deux issus de moûts complémentés en nutriments pour

levures (variantes N2). Dans ces deux cas, ce type d'apport n'a donc pas été suffisamment efficace, contrairement aux ajouts d'azote sous forme minérale (phosphate d'ammonium) ou organique (mélanges d'acides aminés) qui ont permis à tous les cépages d'achever complètement leur fermentation alcoolique. On observe également que l'apport d'acides aminés (variantes N3) a été plus efficace en 2009 sur Chasselas et en 2010 sur Chardonnay et Sauvignon.

La fermentation malolactique a été réalisée sur les cépages des deux millésimes, à l'exception voulue en 2010 des variantes avec Sauvignon. Les délais d'achèvement de cette deuxième fermentation sont plus courts (dix à vingt-huit jours) dans les variantes avec moûts complémentés en acides aminés. Les résidus azotés en fin de fermentation alcoolique étant très

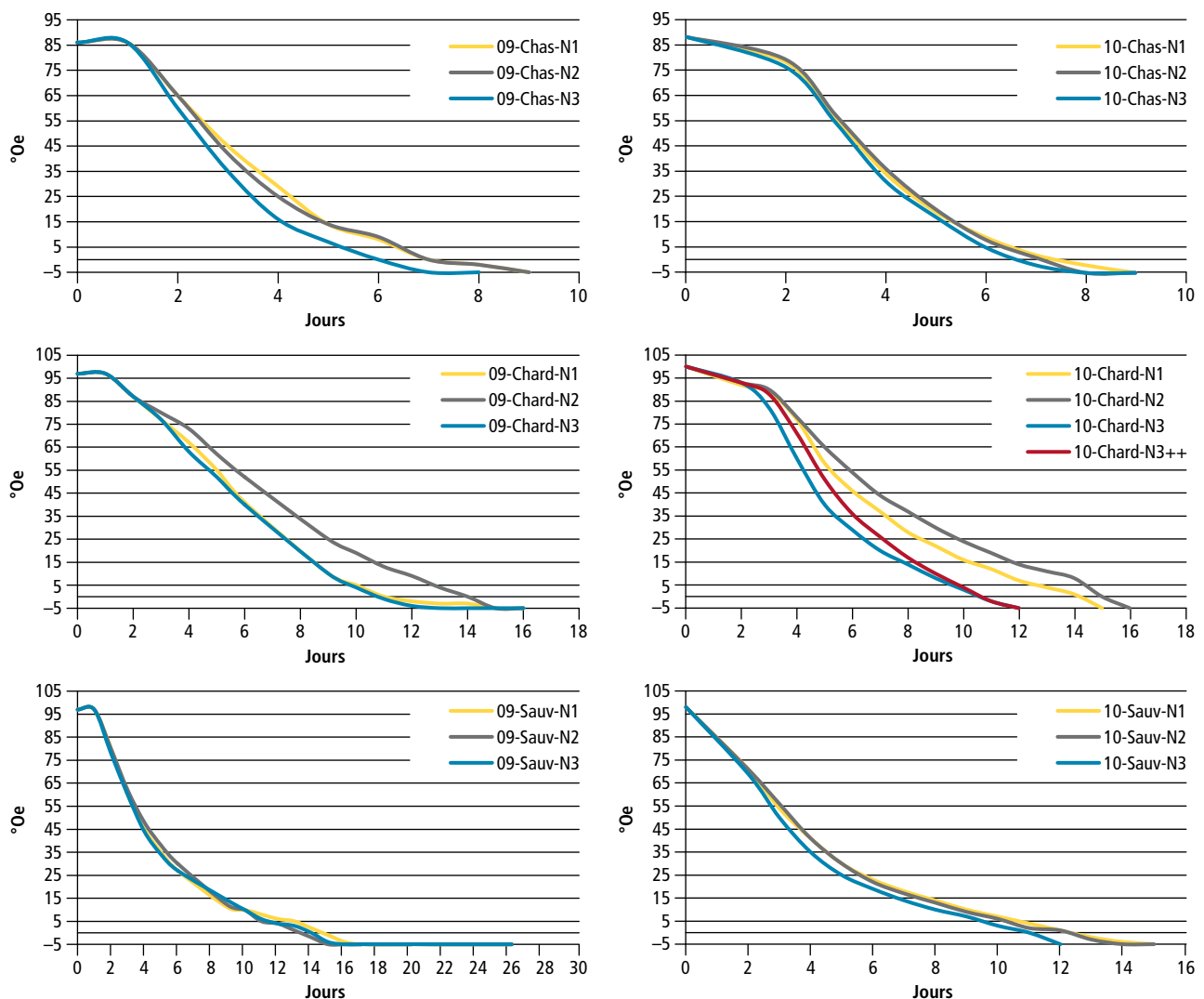


Figure 2 | Cinétiques fermentaires des différentes variantes expérimentales (N1 = phosphate d'ammonium, N2 = nutriments pour levures, N3 = acides aminés).

proches pour chacune des variantes expérimentales (34 à 38 mg/IN_{assimilable}), cet élément nutritif également nécessaire à la croissance bactérienne ne permet pas d'expliquer les différences observées.

Analyses des vins

La composition chimique des vins est indiquée dans le tableau 3. Pour un même groupe d'essais (cépage, millésime), les différentes formes de complémentation azotée n'ont pas eu de réelle influence sur la composition chimique des vins, en considérant les valeurs d'alcool, d'acidité volatile, d'acides tartrique et lactique et de glycérol. Une valeur d'alcool anormalement basse est cependant constatée dans la variante avec ajout de nutriment pour levures conduit en 2009 sur Chardonnay (09-Chard-N2). Après avoir pu écarter tout problème analytique, ce cas n'a pas pu être expliqué. La variante 10-Chard-N2 présente également des valeurs plus importantes en extrait et plus faibles en glycérol, liées à la fermentation incomplète des sucres de cet essai (sucres résiduels). On relève par contre, et de manière plus significative, des valeurs de pH plus élevées et des acidités totales plus faibles dans les variantes complémentées en acides aminés. Ces résultats corroborent ceux de Torrea *et al.* (2011).

Concernant les alcools supérieurs, l'ajout d'acides aminés fait plutôt diminuer la teneur du vin en 2+3 mé-

thyl-1-butanol. La variante suralimentée en azote assimilable, en particulier ammoniacal (10-Chard-N3++), présente des niveaux de 2+3 méthyl-1-butanol et de phényl-2-éthanol nettement plus faibles. Concernant ces constituants, la qualité sensorielle des vins, en particulier de Chasselas, est souvent appréciée de manière inversement proportionnelle à leur concentration, surtout en phényl-2-éthanol, comme l'ont montré Maigre *et al.* (1995) et Spring (2002).

Qualité gustative des vins

La figure 3 présente le profil sensoriel des vins dégustés après deux mois de mise en bouteille. Pour le Chasselas, aucune différence significative ou réelle tendance n'a pu être dégagée entre les variantes. Quel que soit le type d'apport azoté, les vins sont restés qualitativement faibles, amers et déficients en arôme. Pour les vins de Chardonnay, la complémentation azotée du moût sous forme de mélange d'acides aminés a été plutôt bénéfique en 2009 mais sans effet améliorateur en 2010. Il est par contre remarquable de constater que l'apport excessif d'azote minéral combiné à l'apport d'acides aminés (10-Chard-L1-N3++) a eu un effet significativement positif sur la qualité des arômes et a contribué à diminuer de manière marquée l'amer-tume du vin. Cette observation devrait orienter la mise en place de nouvelles approches expérimentales. ➤

Tableau 3 | Analyses des vins en bouteilles

Code	Chasselas de Changins						Chardonnay de Changins							Sauvignon de Changins					
	2009			2010			2009			2010				2009			2010		
	09-Chas-N1	09-Chas-N2	09-Chas-N3	10-Chas-N1	10-Chas-N2	10-Chas-N3	09-Chard-N1	09-Chard-N2	09-Chard-N3	10-Chard-N1	10-Chard-N2	10-Chard-N3	10-Chard-N3++	09-Sauv-N1	09-Sauv-N2	09-Sauv-N3	10-Sauv-N1	10-Sauv-N2	10-Sauv-N3
Ethanol (vol. %)	12,3	12,3	12,3	12,4	12,4	12,4	12,8	11,0	12,8	14,4	14,0	14,0	14,2	13,7	13,6	13,7	14,5	14,3	14,4
Extrait (g/l)	14,5	14,3	14,1	15,2	15,0	14,9	18,3	19,0	17,7	20,1	27,9	18,4	20,2	18,3	17,6	16,7	19,0	23,5	17,8
Sucres (g/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	10	<1	<1	2	<1	1,3	<1	5	<1
pH	3,68	3,65	3,77	3,65	3,60	3,69	3,48	3,45	3,55	3,45	3,46	3,50	3,50	3,37	3,35	3,47	3,14	3,08	3,17
Acidité volatile (g/l)	0,38	0,40	0,45	0,54	0,55	0,59	0,55	0,64	0,68	0,50	0,63	0,53	0,55	0,61	0,61	0,71	0,63	0,56	0,60
Acidité totale* (g/l)	3,0	3,0	2,6	3,4	3,4	3,3	5,2	5,3	5,0	5,3	5,0	4,8	4,9	4,9	5,0	4,5	6,8	6,9	6,5
Acide malique (g/l)	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	2,6	2,5	2,3
Acide tartrique (g/l)	1,2	1,1	1,1	1,5	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,7	1,5	1,6	1,6	1,9	1,8	1,7	2,4	2,3	2,4
Acide lactique (g/l)	1,3	1,5	1,2	1,6	1,8	1,6	1,6	1,6	1,3	1,5	2,1	1,8	1,8	1,6	1,9	1,5	0,2	0,6	0,3
Glycérol (g/l)	5,7	5,6	5,7	5,8	5,7	5,9	8,3	8,3	8,3	8,0	7,6	8,1	8,5	6,6	6,8	6,3	5,6	5,6	5,7
2- et 3-méthyl-1-butanol (mg/l)	178	189	160	166	176	181	266	208	263	187	205	232	170	190	226	178	151	175	143
Phényl-2-éthanol (mg/l)	26	36	20	20	21	20	61	59	50	35	47	39	16	25	34	34	19	27	23

*Exprimée en acide tartrique.

Sur Sauvignon, l'apport ciblé d'azote a eu systématiquement plus d'effet sur la qualité des vins. Pour les deux millésimes, en effet, les vins sont notés comme plus fruités, avec un caractère de «stress» et une amertume moins marqués.

Les vins issus de moûts complémentés en azote minéral (N1) ou en nutriments pour levures (N2) sont jugés de manière équivalente. Ces apports n'ont pas per-

mis de réduire significativement les caractères liés à une déficience en azote assimilable des moûts. Ce type d'ajout a toutefois eu un effet bénéfique en 2010 sur Chardonnay. Finalement, même si un apport azoté en cave a pu améliorer certains vins, ceux qui provenaient de vignes naturellement équilibrées en azote, ou encore fertilisées par un apport foliaire (Spring et Lorenzini 2006), ont toujours été mieux appréciés.

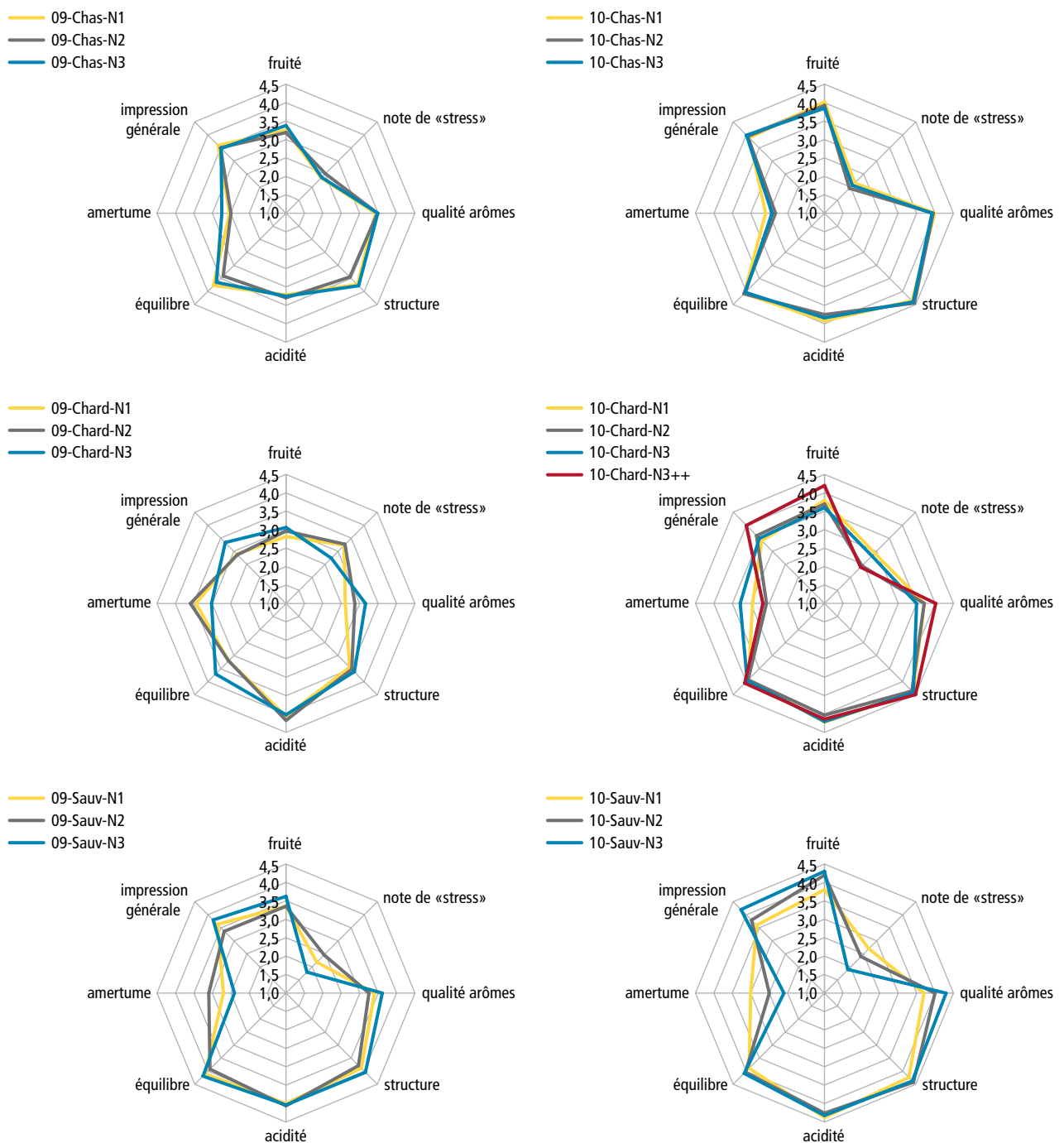


Figure 3 | Profils organoleptiques des vins: résultats des dégustations des vins après deux mois de bouteille (note 1 = le moins intense, le moins bon, note 7 = le plus intense, le meilleur).

Summary ■ **Addition of amino acids to musts and quality of wines**
The efficiency of addition of amino acids to musts poor in nitrogen was tested in 2009 and 2010 on Chasselas, Chardonnay and Sauvignon from experimental vineyards of Agroscope Changins-Wädenswil in Changins (VD).

By considering the specificity of the nitrogen composition of the vines, the addition of amino acids allowed to improve slightly the gustative quality of Chardonnay and Sauvignon wines contrary to additions of mineral nitrogen or certain nutrients for yeasts. On the other hand, this source of nitrogen was ineffective for Chasselas wines quality.

Key words: nitrogen composition, amino acids, stress, wine quality.

Zusammenfassung ■ **Auswirkungen auf die Weinqualität einer Aminosäurebeigabe im Moststadium**
Die Wirksamkeit einer gezielten Beigabe an Aminosäuren in stickstoffarme Moste wurde 2009 und 2010 mit Chasselas, Chardonnay und Sauvignon aus dem Versuchsbetrieb von Agroscope Changins-Wädenswil in Changins (VD) getestet. Unter Berücksichtigung der spezifischen Stickstoffzusammensetzung der Rebsorten, hat die Beigabe von Aminosäuremischungen zu einem gewissen Grad bessere Chardonnay und Sauvignon Weine erzeugt im Gegensatz zur Beigabe von Stickstoff in mineralischer Form oder mittels gewisser Hefenährstoffe. Dagegen hatte diese Art von Beigabe keinen Einfluss auf die Qualität von Chasselas Weinen.

Riassunto ■ **Aggiunta di aminoacidi ai mosti e qualità dei vini**
Negli anni 2009 e 2010, la Stazione di ricerca Agroscope Changins-Wädenswil ACW ha testato l'efficacia di aggiunte di aminoacidi specifici ai mosti carenti in azoto assimilabile su vendemmie Chasselas, Chardonnay e Sauvignon in Changins (VD). Contrariamente all'aggiunta di complementi in azoto sotto forma minerale o quella di alcuni preparati nutritivi per il lievito, l'aggiunta di miscele di aminoacidi, considerata la specificità della composizione azotata dei vitigni, ha contribuito in una misura riscontrabile a migliorare la qualità gustativa dei vini Chardonnay e Sauvignon. Nessun effetto positivo ha potuto essere rilevato sui vini Chasselas.

Conclusions

- Les résultats de cet essai confirment l'implication décisive d'une carence azotée des moûts dans l'apparition de faux goûts dans les vins, en particulier le caractère de stress hydro-azoté.
- Une correction azotée mieux ciblée des moûts devrait prendre en considération la composition azotée propre au cépage.
- L'ajout de mélanges d'acides aminés aux moûts a diminué l'acidité et plutôt amélioré la qualité sensorielle des vins de Chardonnay et de Sauvignon. Ce type d'apport a par contre été sans effet sur les vins de Chasselas.
- Les pratiques viticoles préventives visant à assurer à la vigne une alimentation azotée équilibrée donnent de meilleurs résultats que la correction d'une éventuelle carence azotée des moûts, avec les moyens actuellement disponibles en cave. ■

Remerciements

Nous remercions tous les collaborateurs d'Agroscope Changins-Wädenswil ACW qui ont participé à cette expérimentation à la vigne, à la cave et au laboratoire.

Bibliographie

- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28**, 161–165.
- Fleet G. H., 1994. Wine microbiology and biotechnology. Harwood academic publishers, Switzerland, 510 p.
- Jiranek V., Langridge P. & Henschke P. A., 1995. Regulation of hydrogen sulfide liberation in wine-producing *Saccharomyces cerevisiae* strains by assimilable nitrogen. *Appl. Environ. Microbiol.* **61**, 461–467.
- Lonvaud-Funel A., Renouf V. & Strehaiano P., 2010. Microbiologie du vin. Bases fondamentales et applications. Editions TEC & DOC, Lavoisier, 366 p.
- Lorenzini F., 1996. Teneur en azote et fermentescibilité des moûts de Chasselas. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28** (3), 169–174.
- 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.
- Spring J.-L., 2002. Influence du type d'enherbement sur le comportement de la vigne et la qualité des vins. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. 2. Résultats œnologiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34**, 111–116.
- 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.
- Torrea D., Varela C., Ugliano M., Ancin-Azpilicueta C., Francis I. L. & Henschke P. A., 2011. Comparison of inorganic and organic nitrogen supplementation of grape juice. Effect on volatile composition and aroma profile of a Chardonnay wine. *Food Chemistry* **127**, 1072–1083.