

Complémentation foliaire azotée du cépage *Vitis vinifera* Gamaret dans le canton de Vaud

Thibaut VERDENAL¹, Vivian ZUFFEREY¹, Jean-Laurent SPRING¹, Johannes RÖSTI¹, Ágnes DIENES-NAGY², Fabrice LORENZINI², Jean-Luc WOLFENDER³, Jorge SPANGENBERG⁴, Stéphane BURGOS⁵, Katia GINDRO¹ et Olivier VIRET¹

¹Agroscope, Institut des sciences en production végétale (IPV)

²Agroscope, Institut des sciences en denrées alimentaires (IDA)

³Université de Genève, Faculté des sciences

⁴Université de Lausanne, Institut des dynamiques de la surface terrestre (IDYST)

⁵CHANGINS / Haute école de viticulture et œnologie

Renseignements: Thibaut Verdenal, e-mail: thibaut.verdenal@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 468 65 61, www.agroscope.ch



Application d'urée à la véraison sur Gamaret (photo Agroscope).

Introduction

Lors de la vinification de raisins, il est admis qu'une concentration de 140 mg N/l d'azote assimilable par les levures (YAN) – acides aminés (AA) et ammonium (NH_4^+) – dans le moût est nécessaire au bon déroulement de la

fermentation alcoolique (Hamman *et al.* 2013). Les vins rouges issus de moûts fortement carencés en YAN sont globalement plus austères: ils possèdent moins d'arômes variétaux et présentent des tannins plus secs et astringents (Maigre et Aerny 2000; Maigre 2002). L'alimentation azotée de la vigne et notamment la

teneur en YAN des moûts dépend de nombreux paramètres pédoclimatiques qui définissent le terroir (structure du sol, profondeur d'enracinement, réserve utile en eau, précipitations) (Reynard *et al.* 2011). Un apport d'urée foliaire à la véraison peut significativement augmenter la concentration en YAN (Lacroux *et al.* 2008; Dufourcq *et al.* 2009; Verdenal *et al.* 2015), sans affecter la vigueur de la vigne (Lasa *et al.* 2012).

Agroscope a observé un réseau de parcelles de Gamaret prédisposées à la carence en YAN, réparties entre Villeneuve et Nyon (canton de Vaud), afin de suivre la variabilité des teneurs en YAN en fonction du millésime et du type de sol et, d'autre part, pour évaluer l'effet d'un apport d'urée foliaire contre les carences en YAN dans les moûts et sur la qualité des vins de Gamaret.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Avec la participation des vigneron·ne·s de la région lémanique, Agroscope a observé un réseau de cinq parcelles de Gamaret (cépage rouge *Vitis vinifera*, Gamay x Reichensteiner) pendant les millésimes 2012, 2013 et 2014 (tabl. 1). Toutes les vignes étaient greffées sur 3309C, plantées en 2003 (sauf Changins en 2007) et conduites en Guyot simple. Les profils pédologiques de chaque parcelle ont été relevés par la Haute école de Changins en hiver 2013. Chaque parcelle a été divisée en deux variantes de 60 ceps chacune: un témoin sans fertilisation azotée et une modalité recevant 5 kgN/ha d'urée foliaire par semaine pendant quatre semaines autour de la véraison pendant trois ans.

Expression végétative

La fertilité a été estimée chaque année sur 20 ceps par variante. L'écart phénologique entre variantes et entre parcelles a été observé en 2012 et 2014 au moment de la floraison sur 50 inflorescences par variante. Les rendements ont été régulés à 1 kg/m². La vigueur de la vigne

Résumé A l'initiative de la Fédération vaudoise des vigneron·ne·s, Agroscope a observé la variabilité des teneurs en azote assimilable par les levures dans le moût (YAN) du cépage Gamaret dans les conditions pédoclimatiques du canton de Vaud. Les cinq sites sélectionnés pour cette étude avaient été identifiés comme limitants en termes d'alimentation azotée. Sur chaque parcelle, une variante témoin sans fertilisation azotée et une variante recevant 20 kg/ha d'azote foliaire au moment de la véraison ont permis d'évaluer l'efficacité de l'apport d'urée foliaire sur la concentration en YAN et la qualité des vins. Les teneurs en YAN ont fortement varié en fonction des sites. L'apport d'urée a augmenté les teneurs en YAN de toutes les parcelles. Certains sites ont régulièrement permis une meilleure valorisation de l'urée sous forme de YAN. Pour 66 % des vins de Gamaret, dont 33 % de façon significative, la note d'impression générale a été meilleure avec l'apport d'urée de la vigne.

a été estimée par la pesée de 50 sarments par variante prélevés pendant l'hiver sur l'avant-dernière position de la branche à fruit. La surface foliaire exposée (SFE) a été déterminée début août deux fois par variante d'après la méthode de Murisier et Zufferey (1997).

Alimentation minérale et hydrique

L'indice chlorophyllien a été mesuré par variante toutes les trois semaines au moyen d'un appareil N-tester (Yara, Paris) sur 2 x 30 feuilles principales et adultes de la zone des grappes. Le laboratoire Sol-Conseil à Gland (VD) a réalisé le diagnostic foliaire des principaux éléments minéraux (N, P, K, Ca, Mg) chaque année sur des

Tableau 1 | Description des parcelles de Gamaret du réseau d'étude

	Altitude (m)	Géologie	Type sol	Profondeur sol (cm)	Réserve utile en eau (mm)	Eléments grossiers (%)	Hydromorphie	Densité plantation (ceps/ha)
Villeneuve	433	Eboulis	Peyrosol	150	75	70	–	7350
Blonay	518	Moraine sur molasse (marne)	Brunisol	160	205	20	–	7350
Pully	469	Moraine graveleuse	Brunisol	180	230	15	–	5000
Begnins	567	Dépôt fluvio-glaciaire	Calcosol	160	195	25	–	5050
Changins	442	Moraine de fond	Calcosol	150	185	5	Rédoxique	5880

échantillons de 25 feuilles adultes de la zone des grappes (limbe + pétiole) prélevées après le quatrième apport d'urée foliaire. L'Université de Lausanne a mesuré la composition isotopique relative du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) dans les sucres des moûts à la vendange, afin d'estimer la contrainte hydrique subie par la vigne pendant la période de maturation du raisin: la contrainte hydrique est considérée comme élevée lorsque le $\delta^{13}\text{C}$ dépasse -23% , modérée entre -23 et $-24,5\%$, et absente en dessous de $-24,5\%$ (van Leeuwen *et al.* 2009).

Analyse des moûts et des vins

Le suivi hebdomadaire de la maturation des raisins a été réalisé par spectrophotométrie (WineScan, FOSS) à partir d'échantillons de 200 baies par variante: poids de baie, sucres solubles, acidité totale (éq. acide tartrique), acides tartrique et malique, pH, acides aminés (AA) et NH_4^+ . La composition des AA primaires dans les moûts à maturité a été déterminée en 2012 et 2013: les AA secondaires (proline et hydroxyproline) ne sont pas compris dans le YAN, car ils ne sont pas assimilables par les levures.

À la vendange, les producteurs ont fourni 50 kg de raisin par variante qui ont été vinifiés séparément à la cave d'Agroscope selon un protocole standard en volume de 30l. Les paramètres suivants ont été analysés dans les vins: alcool, extrait sec, pH, acidité volatile, acidité totale, acides tartrique, malique et lactique, glycérol, SO_2 libre et total, intensité colorante. L'analyse sen-

sorielle des vins a été réalisée par le panel entraîné d'Agroscope: les vins ont été comparés par site en 2012, 2013 et 2014, et par variante en 2013 et 2014. La description statistique des données a été faite avec le programme XLSTAT (Adinsoft, Paris, version 2016.1).

Résultats et discussion

La figure 1 montre l'analyse en composantes principales (ACP) des paramètres mesurés. Le graphique A présente les paramètres mesurés à la vigne et dans les moûts, et le graphique B, les variantes avec ou sans azote pour chaque site et chaque millésime: plus les points sont proches, plus les variantes présentent des résultats similaires. Sur la figure 1B, les variantes témoins (T) ou avec urée (N) peuvent être différenciées en premier lieu selon le millésime, puis en fonction du site. Selon la disposition des variables sur la figure 1A, les millésimes se différencient en fonction du rendement, de la teneur en azote de la plante (diagnostic foliaire) et de l'acidité des moûts (acide tartrique et pH). Pour chaque millésime, les sites sont distribués de manière similaire: Pully et Begnins se situant plus en haut à gauche de la figure, Changins ayant une position centrale, et Villeneuve et Blonay plus en bas vers la droite. Les sites se différencient surtout en fonction de la vigueur (bois de taille), de la surface foliaire, de la teneur en potassium dans les feuilles (diagnostic foliaire) et de la teneur des moûts en azote assimilable et en acide malique.

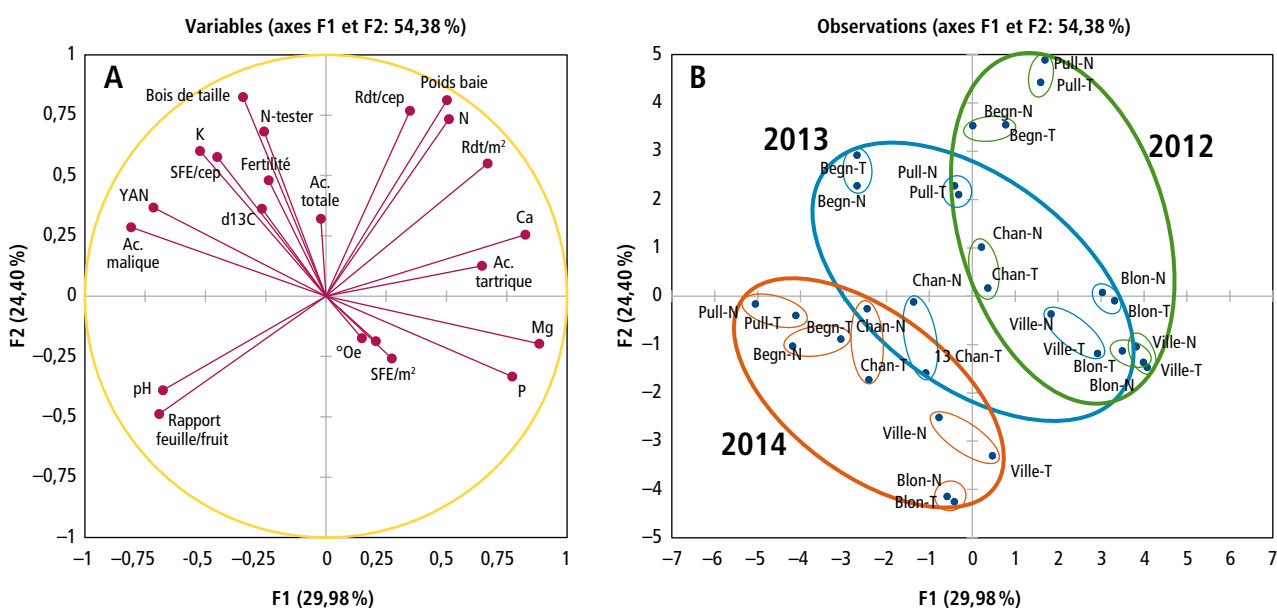


Figure 1 | Résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) sur trois ans pour le Gamaret. Vill-T: Villeneuve témoin; Vill-N: Villeneuve urée; Blon-T: Blonay témoin; Blon-N: Blonay urée; Pull-T: Pully témoin; Pull-N: Pully urée; Begn-T: Begnins témoin; Begn-N: Begnins urée; Chan-T: Changins témoin; Chan-N: Changins urée.

Phénologie

Sur une moyenne de trois ans, la véraison atteignait 24 % à Begnins et 70 % au même moment à Villeneuve et à Pully. Cette différence était probablement liée à l'altitude de chaque site (tabl. 2). Il n'y a pas eu de différence de phénologie entre variantes avec et sans urée.

Vigueur et composantes du rendement

Sur tous les sites, l'année 2014 a présenté les plus grandes surfaces foliaires et 2012 a eu un rendement global plus élevé (1,2 kg/m²). Le rapport feuille-fruit moyen a été plus faible en 2012 (1,1 m²/kg), intermédiaire en 2013 (1,5 m²/kg) et plus élevé en 2014 (1,9 m²/kg). Les poids des grappes étaient significativement plus élevés en 2012 (183 g contre une moyenne de 116 g en 2013 et 2014) et les baies plus grosses (1,6 g contre une moyenne de 1,4 g).

La fertilité a varié de 1,7 (Villeneuve) à 2,3 grappes par bois (Pully) (tabl. 2). Les vignes de Pully étaient plus vigoureuses avec des poids de bois de taille de 54 g/m contre une moyenne de 42 g/m pour le reste du réseau et les parcelles de Villeneuve et Blonay les moins vigoureuses (37 et 35 g/m respectivement). Pully a également eu les plus grosses grappes (181 g), la plus grande surface foliaire par cep (2,5 m²) et le plus haut rendement par cep (2,3 kg) notamment à cause de sa faible densité de plantation. Le rapport feuille-fruit a été suffisant sur tous les sites pour assurer une bonne maturation du raisin.

Alimentation hydrique

La composition isotopique relative du carbone dans les moûts de Gamaret n'a indiqué aucune contrainte hydrique subie par la vigne en cours de maturation pendant les trois millésimes de l'étude: les valeurs du rapport isotopique ¹³C/¹²C ont toujours été inférieures à -25,5‰. Cependant, les sites de Begnins et de Changins ont eu un rapport isotopique plus élevé sur les

trois ans, -26,4‰ en moyenne contre une moyenne de -27,2‰ pour les trois autres sites. L'apport d'urée foliaire n'a pas eu d'impact sur le régime hydrique du Gamaret.

Alimentation minérale

L'apport d'urée n'a pas influencé les teneurs en minéraux des feuilles: l'alimentation minérale du Gamaret a varié en fonction du site et du millésime. Le millésime 2014 a enregistré les plus faibles teneurs en minéraux.

Sur les trois ans, les vignes de Blonay ont eu une faible teneur en potassium. A l'inverse, les vignes de Begnins ont présenté une forte teneur en potassium (1,60 % m.s.). Les vignes de Pully possédaient une faible teneur en phosphore, alors que les vignes de Villeneuve et de Blonay avaient de fortes teneurs en phosphore (0,30 % m.s.) et en magnésium (0,40 % m.s.). La teneur en azote des feuilles, globalement bonne sur l'ensemble du réseau, a été plus élevée à Pully (2,08 % m.s.).

Le suivi de l'indice chlorophyllien a confirmé une bonne alimentation azotée du réseau avec une valeur moyenne de 438 à la mi-août sur trois ans et n'a pas été influencé par l'apport d'urée foliaire. Begnins et Pully ont régulièrement présentés les indices chlorophylliens les plus élevés.

Composition des moûts

Le millésime a eu un impact majeur sur la maturité du raisin. En 2013, les conditions de vendanges ont été plus difficiles et les raisins ont dû être vendangés rapidement, à des teneurs en sucres plus faibles (86 °Oe) et des acidités totales plus élevées (6,9 g/l) (tabl. 3). En moyenne des trois ans, les teneurs en sucres solubles à la vendange ont varié de 87 °Oe (Begnins) à 94 °Oe (Villeneuve), mais les moûts de Villeneuve étaient également plus riches en acide tartrique (6,7 g/l) et leur pH plus faible (3,17). A l'inverse, à Pully, les moûts étaient les moins acides (5,5 g/l d'acide tartrique) et les pH les

Tableau 2 | Moyennes par site (témoin + variante urée) sur trois ans des données physiologiques liées à la vigueur et au rendement du Gamaret

	Véraison (%)	Fertilité (gr. par bois)	SFE par m ² (m ²)	SFE par cep (m ²)	Rendement par m ² (kg)	Rendement par cep (kg)	Rapport feuille/fruit (m ² /kg)	Poids grappe (g)	Poids baie (g)	Bois de taille (g/m)
Villeneuve	71 a	1,7 c	1,34 a	1,83 cd	0,9 abc	1,3 b	1,5 a	123 b	1,4 b	37 c
Blonay	46 c	1,9 bc	1,23 b	1,67 d	1,0 ab	1,3 b	1,3 a	132 b	1,5 ab	35 c
Pully	68 a	2,3 a	1,25 ab	2,51 a	1,1 a	2,3 a	1,4 a	181 a	1,5 a	54 a
Begnins	24 d	1,9 bc	1,04 c	2,06 b	0,8 bc	1,6 b	1,5 a	143 ab	1,5 ab	49 ab
Changins	57 b	2,1 ab	1,14 c	1,89 bc	0,7 c	1,1 b	1,7 a	114 b	1,4 b	47 b

Les valeurs dans la même colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes (seuil de confiance = 0,05).

plus élevés (3,40). L'apport d'urée foliaire a eu pour seul effet significatif d'augmenter la teneur en YAN de 114 à 167 mg/l de moût.

Azote assimilable dans les moûts

La concentration en azote dans le raisin a varié avant tout en fonction du millésime (fig.2). En 2014, les teneurs en azote assimilable sans apport d'urée ont été les plus élevées avec une moyenne de 129 mg N/l contre 102 en 2012 et 112 en 2013. En 2012, l'apport d'urée foliaire a été moins efficace avec un gain limité à 23 mg N/l dans les moûts à la vendange par rapport à une moyenne de 67 mg/l en 2013 et 2014.

Sur les trois années d'étude, à Pully et Begnins, les concentrations en azote assimilable ont été les plus élevées (156 et 165 mg/l respectivement). Sans correction azotée, les moûts de Villeneuve, Blonay et Changins ont présenté des teneurs en azote nettement inférieures au seuil de carence (< 140 mg N/l). Pully est le site qui a le mieux valorisé les apports d'azote lors des trois années d'étude, avec un gain moyen de 76 mg/l

d'azote sur trois ans. La concentration en acides aminés primaires et secondaires au cours de la maturité a été suivie en 2013 sur la parcelle de Villeneuve (fig. 3), mon-

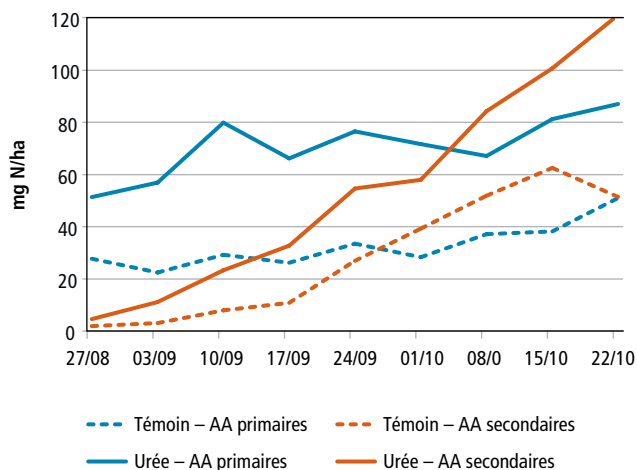


Figure 3 | Suivi de l'accumulation des acides aminés primaires (assimilables) et secondaires (non assimilables) au cours de la maturation du Gamaret à Villeneuve en 2013.

Tableau 3 | Moyennes par site, par traitement et par millésime des résultats d'analyses des moûts de Gamaret à la vendange

		Sucres solubles °Oe	pH	Acidité totale (g/l)	Acidité tartrique (g/l)	Acidité malique (g/l)	Azote assimilable (mg/l)
Sites	Villeneuve	94 a	3,17 c	6,5 b	6,7 a	1,5 c	87 b
	Blonay	90 bc	3,25 b	6,5 b	6,6 ab	1,9 c	110 b
	Pully	92 ab	3,40 a	5,9 b	5,5 c	2,7 b	184 a
	Begnins	87 c	3,22 b	7,5 a	6,2 b	3,5 a	195 a
	Changins	91 ab	3,24 b	6,3 b	6,4 ab	2,0 c	127 b
Traitements	Avec urée	91 a	3,27 a	6,59 a	6,3 a	2,4 a	167 a
	Témoin	91 a	3,24 a	6,48 a	6,2 a	2,2 a	114 b
Millésimes	2012	91 a	3,09 b	6,54 ab	6,6 a	1,8 c	114 b
	2013	86 c	3,10 b	6,92 a	6,8 a	2,3 b	146 a
	2014	92 b	3,58 a	6,13 b	5,4 b	2,8 a	162 a

Les valeurs dans la même colonne (site, traitement ou millésime) suivies de lettres différentes sont significativement différentes (seuil de confiance = 0,05).

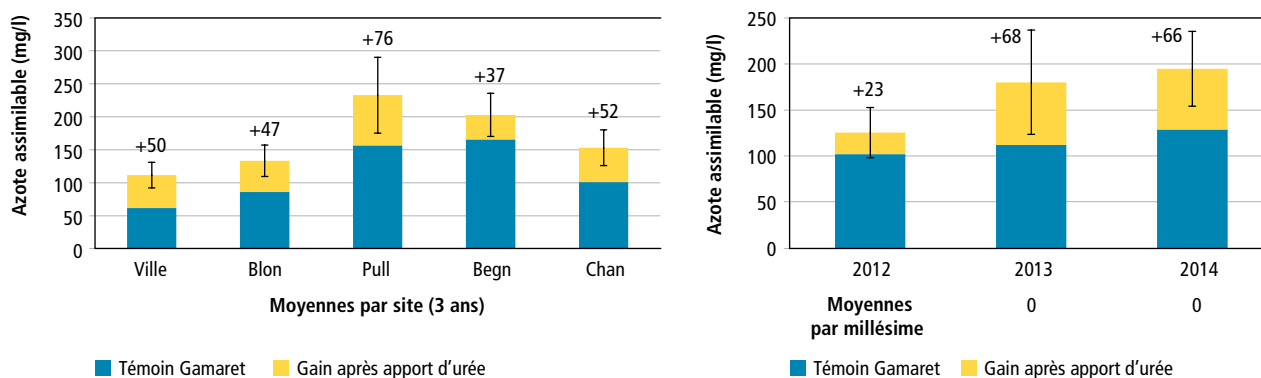


Figure 2 | Teneurs en azote assimilable des moûts, moyennes et écarts-types par site et par millésime, avant et après apport d'urée foliaire sur cépage Gamaret. Vill: Villeneuve; Blon: Blonay; Pull: Pully; Begn: Begnins; Chan: Changins.

trant que les AA primaires (assimilables) étaient déjà présents avant le début de la maturation des raisins et que leur teneur a peu augmenté pour atteindre 90 mg N/l aux vendanges. Après l'apport d'urée, leur teneur a augmenté de 40 mg N/l en moyenne dès le début de la maturation. Les AA secondaires (non assimilables, principalement proline et hydroxyproline), quant à eux, ont commencé à s'accumuler dans les raisins au début de la maturation et ont continuellement augmenté. Leur teneur finale au moment des vendanges, supérieure à celles des AA primaires, était de 121 mg N/l dans la variante avec urée, soit un gain d'environ 50 mg N/l par rapport au témoin.

Analyse chimique des vins

Sur les trois ans d'étude, les vins de Villeneuve ont régulièrement eu des acidités totales plus élevées (AT moyenne = 5,1 g/l contre 4,3 g/l en moyenne pour les autres sites) et des pH plus faibles (pH moyen = 3,46 contre une moyenne de 3,72 pour les autres sites). Les teneurs en acide succinique des vins de Pully et de Begnins ont été plus faibles (0,8 g/l contre une moyenne des autres sites de 1,0). Sur les trois années d'étude, l'apport d'urée foliaire a fait baisser l'acidité totale (-0,3 g/l), la teneur en glycérol (-0,3 g/l) et les teneurs en alcool supérieurs 2(3)-me-butanol (-59 mg/l) et 2-phényléthanol (-18 mg/l). Les autres critères analysés n'ont pas été discriminants.

Analyse sensorielle

L'apport d'urée foliaire a amélioré la qualité des vins de Gamaret (tabl. 4): en moyenne des trois ans, l'impression générale était meilleure (+0,2). Les différences ont été observées uniquement en bouche, avec des tannins plus tendres (+0,2) et moins râches (-0,2) et une amertume moins marquée (-0,2), ce qui confirme les résultats de Maigre et Aerny (2000) sur Gamay. Cela dit,

la corrélation entre la teneur en YAN des moûts et l'appréciation générale des vins était irrégulière en fonction du millésime ($R^2 = 0,46$ en 2012; 0,00 en 2013; 0,30 en 2014).

Parmi les cinq sites étudiés, les vins de Pully ont donné une meilleure impression générale (4,7 contre une moyenne de 4,2 pour les autres sites). Sur trois ans, les vins de Pully et de Changins ont été jugés les plus fruités (4,3) et les plus épicés (3,6). En bouche, les vins de Pully se distinguaient par leur volume (+0,2 par rapport aux autres sites), leur acidité moins marquée (-0,2) et la qualité supérieure de leurs tannins (+0,4). Les autres vins se différençaient plus difficilement. Le tableau 5 donne le classement des vins selon l'impression générale. Les vins de Pully, avec ou sans urée, ont été régulièrement préférés. A l'inverse, les vins témoins de Changins et de Begnins ont été régulièrement dépréciés. Dans l'ensemble, l'apport d'urée a permis d'améliorer

Tableau 5 | Classement des vins de Gamaret en fonction de leur note d'impression générale (critère hédonique). Le classement en groupes est calculé à partir de la moyenne des trois années (seuil de confiance = 0,05)

Parcelle	Modalité	2012	2013	2014	Moyenne classement	Groupe statistique
Pully	T	1	2	1	1	A
Pully	N+	2	1	7	3	AB
Changins	N+	6	4	2	4	AB
Begnins	N+	5	7	3	5	AB
Blonay	N+	8	3	6	6	AB
Villeneuve	N+	3	9	5	6	AB
Blonay	T	4	5	9	6	AB
Villeneuve	T	10	8	4	7	AB
Begnins	T	7	10	8	8	B
Changins	T	9	6	10	8	B

Tableau 4 | Résultats de l'analyse sensorielle du Gamaret, échelle de notes de 1 à 7, moyennes par site et par traitement

	Nez				Bouche						Impression générale
	Fruité	Végétal	Epicé	Finesse bouquet	Volume	Acidité	Qualité des tannins	Tannins tendres	Tannins râches	Amer-tume	
Villeneuve	4,1 b	2,0 b	3,3 b	4,2 a	4,4 b	4,0 a	4,3 b	3,3 b	3,0 a	2,1 a	4,2 b
Blonay	4,1 ab	2,1 ab	3,3 b	4,2 a	4,4 b	4,0 a	4,4 b	3,4 b	3,0 a	2,0 a	4,3 b
Pully	4,3 a	2,0 b	3,5 ab	4,4 a	4,6 a	3,8 b	4,8 a	4,1 a	2,8 a	1,9 a	4,7 a
Begnins	4,2 ab	2,3 a	3,3 b	4,2 a	4,4 b	3,9 ab	4,4 b	3,5 b	2,4 b	2,1 a	4,2 b
Changins	4,3 a	2,2 ab	3,7 a	4,5 a	4,4 b	4,0 a	4,3 b	3,2 b	2,8 a	2,1 a	4,2 b
Avec urée	4,2 a	2,1 a	3,4 a	4,3 a	4,5 a	3,9 a	4,5 a	3,6 a	2,7 b	1,9 b	4,4 a
Témoin	4,2 a	2,1 a	3,4 a	4,3 a	4,4 a	4,0 a	4,4 a	3,4 b	2,9 a	2,1 a	4,2 b

Les valeurs dans la même colonne (site ou traitement) suivies de lettres différentes sont significativement différentes (seuil de confiance = 0,05).

liorer l'appréciation des vins: dix vins sur quinze (66 %) ont obtenu une meilleure appréciation après apport d'urée à la vigne, dont cinq (33 %) de façon significative. En comparaison, avec le cépage Doral qui a fait l'objet d'une étude similaire (Verdenal *et al.* 2016), 90 % des vins ont bénéficié d'une meilleure appréciation, dont 50 % de façon significative.

L'influence de la concentration en YAN sur la qualité des vins rouges semble moins marquée que pour les vins blancs et rosés.

Conclusions

- L'apport d'urée foliaire à la véraison a significativement amélioré la concentration d'azote assimilable dans les moûts sur tous les sites de l'étude, sans influencer la vigueur de la vigne ni la maturation des raisins.

- L'impact du millésime sur la maturité et la teneur en azote des raisins a été déterminant, tout comme le site (sol, microclimat). Ces deux facteurs ont largement influencé l'efficacité de l'apport d'urée foliaire sur la teneur de YAN des moûts.
- Dans des situations de carence marquée en azote, l'apport d'urée foliaire n'a pas suffi à améliorer significativement la qualité des vins.
- 66 % des vins de Gamaret ont bénéficié d'une meilleure appréciation après l'apport d'urée foliaire, dont 33 % de façon significative. Ces vins étaient globalement moins acides et présentaient moins d'alcools supérieurs; leurs tannins étaient plus souples et charpentés et ils avaient moins d'amertume.
- Le seuil inférieur de YAN dans les moûts défini à 140 mg/l pour le Chasselas semble moins pertinent pour la qualité des vins de Gamaret. ■

Remerciements

Les auteurs remercient vivement les vigneron·ne·s qui ont mis à disposition leurs parcelles et fourni le raisin nécessaire aux vinifications. Un grand merci à la Fédération vaudoise des vigneron·ne·s pour avoir lancé ce projet et pour son soutien financier. Merci à nos stagiaires Yoann Hivet (Ecole supérieure d'agriculture, Angers) et Alexandre Moreau (Institut Jules Guyot, Dijon) qui ont réalisé les mesures physiologiques et les vendanges avec soin et rigueur.



Bibliographie

- 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. *In: Proceedings of the 16th International GIESCO Symposium*, Davis (USA), 379–383.
- Hannam K. D., Neilsen G. H., Neilsen D., Midwood A. J., Millard P., Zhang Z., Thornton B. & Steinke D., 2016. Amino Acid Composition of Grape (*Vitis vinifera* L.) Juice in Response to Applications of Urea to the Soil or Foliage. *American Journal of Enology and Viticulture* **67** (1), 47–55.
- Lacroux F., Tregoat O., van Leeuwen C., Pons A., Tominaga T., Lavigne-Cruège V. & Dubourdieu D., 2008. Effect of foliar nitrogen and sulfur application on aromatic expression of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **42** (3), 125–132.
- Lasa B., Menendez S., Sagastizabal K., Cervantes M. E. C., Irigoyen I., Muro J., Aparicio-Tejo P. M. & Ariz I., 2012. Foliar application of urea to "Sauvignon Blanc" and "Merlot" vines: doses and time of application. *Plant Growth Regulation* **67** (1), 73–81.
- Lorenzini F. & Vuichard F., 2012. Ajout d'acides aminés aux moûts et qualité des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **44** (2), 96–103.
- Maigre D. & J. Aerny, 2000. Essai d'enherbement et de fumure azotée sur Gamay dans le bassin lémanique. Résultats analytiques et organoleptiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **32** (5), 279–285.
- Maigre D., 2002. Comportement du Pinot noir en présence d'enherbement permanent et influence de la fumure azotée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34** (2), 239–244.
- Murisier F. & Zufferey V., 1997. Rapport feuille-fruit de la vigne et qualité du raisin. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **29** (6), 355–362.
- Rapp A. & Versini G., 1991. Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wine. *In: International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine*; 18–19 June 1991 (Ed. Rantz J. M.), Seattle, WA, USA, 156–164.
- Reynard J.-S., Zufferey V., Nicol G. C. & Murisier F., 2011. Soil parameters impact the vine-fruit-wine continuum by altering vine nitrogen status. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **45** (4), 211–221.
- 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., Verdenal T., Zufferey V. & Viret O., 2012. Nitrogen dilution in excessive canopy of Chasselas and Pinot noir cvs. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **46** (3), 233–240.
- Van Leeuwen C., Tregoat O., Choné X., Bois B., Pernet D. & Gaudillère J. P., 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin* **43** (3), 121–134.
- Verdenal T., Spangenberg J. E., Zufferey V., Lorenzini F., Spring J. L. & Viret O., 2015. Effect of fertilisation timing on the partitioning of foliar-applied nitrogen in *Vitis vinifera* cv. Chasselas: a ¹⁵N labelling approach. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **21** (1), 110–117.
- Verdenal T., Zufferey V., Spring J. L., Rösti J., Dienes-Nagy A., Lorenzini F., Wolfender J. L., Spangenberg J. E., Burgos S., Gindro K. & Viret O., 2016. Complémentation azotée du cépage *Vitis vinifera* Doral dans le canton de Vaud. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **48**, 238–245.

Summary**Foliar urea supply to the red cv. *Vitis vinifera* Gamaret in the Lemman region, Switzerland**

The yeast assimilable nitrogen (YAN) in the must is a major component of the quality of the wine. Agroscope set up a vineyard network for three years, with the aim of monitoring the variations of YAN in the must of the cv. Gamaret (Gamay x Reichensteiner) in the climatic conditions of the Lemman region (Switzerland). For each of the five plots, a control treatment with no N fertilisation and a treatment with 20 kg N/ha of foliar urea applied around veraison allowed to evaluate the efficiency of foliar-N fertilisation to enhance the YAN concentration and its consequences on wine characteristics. The YAN concentration mainly depended on the vintage weather conditions and on the soil type. Few plots regularly had a better YAN gain. 66 % of the wines gave a better impression after urea supply in the vineyard, among them 33 % were significantly preferred to their associated control wine.

Key words: foliar-N fertilization, yeast assimilable nitrogen, wine quality.

Zusammenfassung**Ergänzende Stickstoffgabe bei der Rebsorte *Vitis vinifera* Gamaret im Kanton Waadt**

Auf Initiative des Waadtländer Weinbauernverbandes hat Agroscope ein Netz von Weinbauparzellen aufgebaut zur Untersuchung der Variabilität der YAN-Gehalte bei der Sorte Gamaret unter den pedoklimatischen Bedingungen des Kantons Waadt. Auf jeder Parzelle wurde eine Referenzvariante ohne Stickstoffdüngung und eine Variante mit einer Stickstoffgabe von 20 kg/ha als Blattdüngung untersucht, um den Einfluss der Harnstoffgabe auf den YAN-Gehalt und auf die Weinqualität zu beurteilen. Obwohl die Gehalte an assimilierbarem Stickstoff je nach Standort sehr unterschiedlich waren, dominierte weitgehend der Einfluss des Jahrgangs. Auf einigen Standorten konnte der Harnstoff in Form von YAN besser verwertet werden. 66 % der Gamaret-Weine erreichten mit der Harnstoffgabe bessere Resultate, die jedoch nur in 33 % der Fälle signifikant waren.

Riassunto**Concimazione fogliare azotata sul vitigno *Vitis vinifera* Gamaret nel Canton Vaud**

Su iniziativa della Fédération Vaudoise des Vignerons, Agroscope ha osservato in una rete di particelle di vigneti la variabilità dei tenori di YAN del vitigno Gamaret nelle condizioni pedoclimatiche del Canton Vaud. Su ogni particella, una variante senza fertilizzazione azotata e una variante con una somministrazione di 20 kg/ha di azoto fogliare al momento dell'invaiaitura hanno permesso di valutare l'effetto dell'apporto di urea fogliare sulla concentrazione di YAN e sulla qualità dei vini. Sebbene i tenori di azoto assimilabile fossero molto variabili a seconda dei siti, l'impatto dell'annata è stato nettamente dominante. Alcuni siti hanno consentito regolarmente una migliore valorizzazione dell'urea sotto forma di YAN. Si è constatato un migliore apprezzamento in seguito all'apporto di urea fogliare per il 66 % dei vini Gamaret, di cui il 33 % soltanto in modo significativo.