

Fertilisation foliaire en viticulture: comparaison de deux engrais minéraux

Thibaut Verdenal, Ágnes Dienes-Nagy, Sandrine Belcher, Jean-Sébastien Reynard et Vivian Zufferey
Agroscope, 1009 Pully, Suisse

Renseignements: Thibaut Verdenal, e-mail: thibaut.verdenal@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs16-90> Date de publication: 15. Avril 2025



Domaine expérimental d'Agroscope à Pully. (Photo: Agroscope, Carole Parodi)

Résumé

La fertilisation foliaire, couramment utilisée en agriculture, permet une absorption rapide des nutriments par les feuilles. En viticulture, l'application d'urée autour de la véraison augmente la teneur en azote du raisin sans impacter la vigueur de la vigne, évitant ainsi des carences en azote pouvant nuire à la fermentation et à la qualité des vins blancs. Deux engrais minéraux ont été testés sur une parcelle expérimentale de chasselas en Suisse entre 2017 et 2019. L'essai a révélé que les conditions climatiques influencent fortement la teneur en azote des raisins : des périodes sèches comme en 2018 ont limité son accumulation, alors que les conditions humides de 2019 ont favorisé une meilleure assimilation.

Les engrais testés, Safe N 300 et Folur, ont efficacement augmenté la teneur en azote assimilable des moûts sans influencer le rendement ni la maturation des raisins. Safe N 300 a montré une légère supériorité grâce à une diversité de formes d'azote.

Les résultats confirment que la fertilisation foliaire à hauteur de 10 à 20 kg N/ha est bénéfique pour maintenir une teneur correcte en azote des moûts. Toutefois, une approche intégrée incluant le choix du matériel végétal, l'entretien du sol et l'équilibre feuille-fruit de la vigne, reste essentielle pour optimiser le statut azoté des vignes.

Key words: yeast assimilable nitrogen, urea, nitrate, ammonium, deficiency.

Introduction

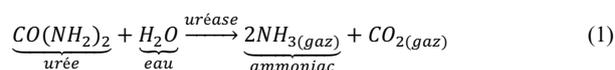
La fertilisation foliaire est aujourd'hui une pratique courante en agriculture, garantissant une assimilation rapide des nutriments et minimisant les pertes dans l'environnement. L'absorption par les feuilles est passive et non sélective, contrairement à l'absorption par les racines : les nutriments pénètrent la cuticule des feuilles et les stomates en fonction du gradient de concentration à la surface des feuilles (Fernández et Eichert, 2009).

En viticulture, l'application foliaire d'azote sous forme d'urée en début de maturation (stade véraison, BBCH 81) augmente efficacement la teneur en azote du raisin sans influencer la vigueur de la plante (Lasa et al., 2012 ; Hannam et al., 2013). Lors de vinifications en blanc, les moûts sont considérés fortement carencés en azote assimilable en-dessous du seuil de 140 mg N/L, ce qui peut entraîner des arrêts de fermentation alcoolique et des déviations organoleptiques préjudiciables à la qualité des vins (Bell et Henschke, 2005). La sensibilité des vins rouges est moindre et leur seuil de carence en azote est estimé plus bas lors de vinifications en rouge, autour de 100 mg N/L, notamment grâce à la macération pelliculaire. En vue de prévenir la carence en azote des raisins, une fertilisation foliaire de 10 à 20 kg/ha d'azote peut être ainsi réalisée sur le feuillage entier autour de la véraison, répartie en plusieurs applications espacées de 5-7 jours, afin de prévenir les symptômes de toxicité dus à des concentrations temporairement élevées de NH_3 et de NH_4^+ (figure 1). En vue d'une production intégrée et durable, la fertilisation foliaire ne peut être envisagée qu'en complément des autres choix techniques visant à optimiser le statut azoté de la plante (matériel végétal adapté, entretien du sol maîtrisé, équilibre entre la surface foliaire et le rendement, fertilisation de printemps au sol) (Verdenal et al., 2021).

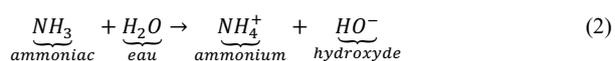


Fig. 1 | Symptômes de toxicité ammoniacale dus à un apport d'urée foliaire excessif.

Plusieurs formes d'azote sont disponibles sur le marché pour une fertilisation foliaire, aussi bien minérales (ammonium, nitrate, urée polymérisée) qu'organique (hydrolysats de protéines, glycine-bétaïne, acides aminés). En agriculture biologique, l'azote organique d'origine animale n'est pas autorisé en application foliaire après la formation des fruits. En viticulture intégrée, l'urée reste la forme la plus utilisée et la plus économique. L'urée est hydrophile et les métabolites de l'azote qui en résultent sont facilement transportés des feuilles vers les organes récepteurs. Après son application, l'urée est rapidement hydrolysée en ammoniac (NH_3) et en dioxyde de carbone (CO_2) (équation 1 ; Krogmeier et al., 1989).



Le NH_3 ne peut pas être directement assimilé par la vigne et se volatilise dans l'atmosphère à moins qu'il ne réagisse avec l'eau pour former de l'ammonium (NH_4^+) (équation 2). La réaction dépend de la température et de l'humidité ambiantes ; des conditions plus humides et plus fraîches sont généralement moins favorables à la volatilisation du NH_3 et augmentent l'efficacité de la fertilisation foliaire. La formation combinée d'hydroxyde (HO^-) augmente localement le pH, ce qui accroît encore la volatilisation du NH_3 .



Certaines formules commerciales proposent des combinaisons de plusieurs formes d'azote promettant une assimilation de l'azote plus étalée dans le temps et ainsi une plus grande efficacité de la fertilisation. L'essai présenté ci-après teste sur trois ans l'efficacité de deux engrais minéraux appliqués sur le feuillage au stade véraison par rapport à un témoin non fertilisé. Folur (Tradecorp, Madrid) contient 20 % d'azote sous forme d'urée exclusivement ; Safe N 300 (Yara, Paris) contient 26 % d'azote sous formes combinées d'ammonium, nitrate, urée et urée formaldéhyde (Tableau 1).

Tab. 1 | Variantes de l'essai. Chaque variante contient 15 ceps et a été répétée quatre fois dans des blocs homogènes randomisés. Les engrais ont été dilués dans l'eau (340 L/ha par application) puis appliqués sur l'ensemble du feuillage en 2 fois autour de la véraison. Chasselas, Pully, 2017-2019.

variante	fournisseur	concentration azote	formes azote	quantité appliquée
témoin 0	–	–	–	–
Folur	Tradecorp, Madrid	20 % p/p 222 g N/L	urée	2×5 kg N/ha 2×22,5 L/ha dilution 6,6 % v/v
Safe N 300	Yara, Paris	26 % p/p 312 g N/L	4% ammonium 4% nitrate 12% urée 6% urée formaldéhyde	2×5 kg N/ha 2×16,0 L/ha dilution 4,7 % v/v

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'étude a eu lieu au vignoble expérimental d'Agroscope à Pully en Suisse (46°30'45.8"N, 6°40'05.7"E). Le climat local est tempéré avec des températures mensuelles variant de 2,9 °C en janvier à 20,6 °C en juillet et des précipitations de 1125 mm réparties régulièrement sur l'année (moyennes 1991-2020, Météo Suisse). Le sol s'est formé sur des moraines ; il est peu caillouteux, composé de 15% d'argile, 38% de limon et 47% de sable, 1,75% de matière organique, 4,25% de calcaire total et a un pH de 7,9. Ce sol favorise un enracinement profond de la vigne ; sa réserve utile en eau est estimée à plus de 200 mm. Une parcelle de chasselas (clone RAC 4 greffé sur 3309C) a été plantée en 2007 de manière uniforme, avec une densité de 5880 ceps par ha (200×85 cm²). Elle a été conduite en guyot simple, avec sept rameaux par cep et 120 cm de hauteur de canopée. Le rendement a été régulé par coupage de grappes chaque année avant la fermeture de grappe.

De 2017 à 2019, trois traitements (décrits dans le tableau 1) ont été testés dans un essai structuré en quatre blocs randomisés. Les répétitions contenaient 15 ceps chacune et étaient séparées par des rangs tampons pour limiter les contaminations lors de la fertilisation foliaire. Les deux engrais liquides ont été dilués dans de l'eau (340 L/ha par application), puis appliqués sur le feuillage entier en deux fois (2×5 kg N/ha) autour de la véraison avec un pulvérisateur à dos motorisé. Il n'y a pas eu d'autre fertilisation pendant la période d'expérimentation.

Toutes les mesures ont été faites par répétition. La vi-

gueur de la vigne a été estimée en pesant dix sarments prélevés pendant l'hiver sur l'avant-dernière position de la branche à fruit. La fertilité des bourgeons, c'est-à-dire le nombre de grappes par sarment, a été estimée sur dix ceps. Le poids de baie a été estimé en pesant un échantillon de 200 baies juste avant vendanges. A la vendange, les rendements ont été pesés. Le poids de grappe a été estimé en fonction du nombre de grappes moyen par cep et du rendement. Un échantillon de moût prélevé au moment du foulage a été analysé par spectroscopie infrarouge (WineScan, FOSS): sucres solubles, acidité totale (en équivalent acide tartrique), acides tartrique et malique et pH. Les concentrations d'ammonium et d'acides alpha-aminés libres ont été évaluées à l'aide d'une méthode enzymatique pour l'ammonium (Methods of Biochemical Analysis and Food Analysis ; Boehringer, Mannheim GmbH, 1997) et d'une méthode spectrophotométrique avec un kit spécifique pour les acides aminés primaires libres (Primary Amino N ; BioSystems, Barcelona, Spain). L'azote assimilable par les levures est la somme de l'azote (mg N/L) sous forme d'ammonium et d'acide aminé primaire libre.

Le traitement statistique des données a été réalisé avec le programme XLSTAT (Lumivero, Paris). La comparaison des variantes de l'essai a été faite avec une ANOVA à trois facteurs avec interactions (année × variante × répétition × année*variante) suivie d'une analyse post-hoc (Tukey, p < 0,05).

Résultats et discussion

Les conditions climatiques du millésime affectent la teneur en azote des raisins

Les conditions climatiques pendant la période de l'essai ont largement influencé le développement physiologique de la plante, notamment la fertilité des bourgeons et le rendement. Le millésime 2018 a été globalement bien plus chaud et sec avec des précipitations totales de seulement 385 ± 5 mm et une température moyenne de $18,6 \pm 4,3^\circ\text{C}$ durant la période végétative (avril-septembre), contre 533 ± 7 mm et $17,1 \pm 5,4^\circ\text{C}$ en moyenne pour 2017 et 2019 (Figure 2). De telles conditions environnementales en 2018 ont favorisé la maturation des fruits avec une meilleure accumulation des sucres ($21,6 \pm 0,4$

Brix en 2018, contre $19,8 \pm 0,4$ en 2017 et $18,1 \pm 0,8$ en 2019), et une dégradation plus importante de l'acidité titrable ($4,5 \pm 0,2$ g/L éq. tartrique en 2018, contre $5,6 \pm 0,1$ en 2017 et $6,2 \pm 0,2$ en 2019). À l'inverse, les conditions chaudes et sèches de 2018 ont limité l'accumulation de l'azote dans les fruits (89 ± 8 mg N/L dans le témoin non fertilisé en 2018, contre 132 ± 11 en moyenne pour 2017 et 2019). La minéralisation et la mobilité de l'azote ont été limitées dans le sol plus sec, réduisant ainsi l'absorption de l'azote par la vigne.

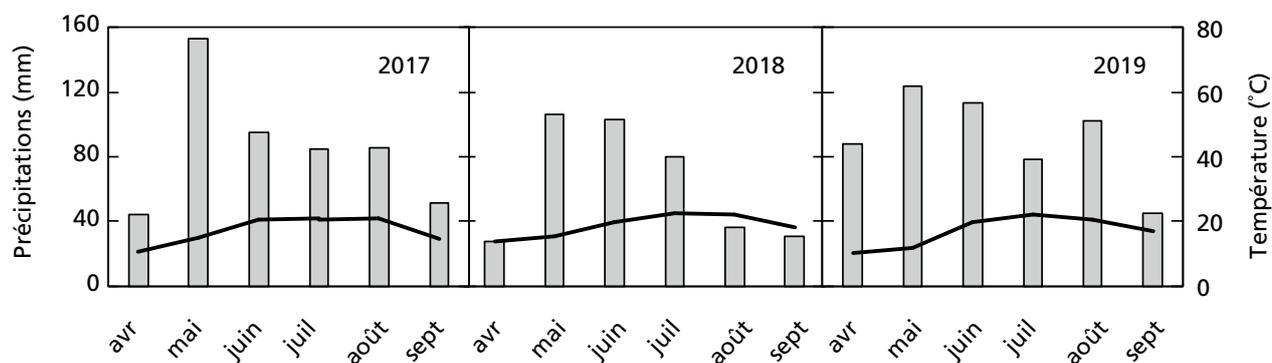


Fig. 2 | Précipitations totales et températures moyennes mensuelles pendant les périodes végétatives de la vigne (avril-septembre) en 2017, 2018 et 2019. Données Météo Suisse, Pully Suisse.

Deux engrais efficaces pour la correction de l'azote assimilable dans les raisins

Les deux engrais testés n'ont eu aucun effet sur le rendement ni sur la maturité des raisins (Tableau 2). Par contre, ils ont tous les deux efficacement augmenté la teneur en azote assimilable des moûts à la vendange et peuvent être recommandés pour une fertilisation foliaire de la vigne au stade véraison à hauteur de 10-20 kg N/ha (Tableau 2). Les teneurs en ammonium et en acides aminés ont varié de façon proportionnelle. Les conditions particulièrement humides d'août 2019 ont contribué à une plus grande efficacité de la fertilisation foliaire avec un gain moyen de 62 mg N/L d'azote assimilable dans les variantes fertilisées (par rapport au témoin 0), contre un gain moyen de seulement 24 mg N/L en 2017 et 2018. En 2018, le témoin non fertilisé avait seulement 89 ± 8 mg N/L dans le moût (carence forte) et la moyenne des variantes fertilisées était de 116 ± 15 mg N/L : la fertilisation n'a donc pas suffi à rétablir une teneur en azote assimilable supérieure à 140 mg N/L.

Dans une telle situation, on peut s'attendre à ne pas observer d'amélioration tangible en termes de qualité des vins, comme cela a pu être montré dans un essai sur sauvignon blanc réalisé à Agroscope à Nyon (Verdenal et al, 2024). À l'inverse, la fertilisation foliaire en 2017 et 2019 a permis de rétablir la teneur en azote assimilable des moûts à un niveau correct supérieur à 140 mg N/L. Une teneur supérieure à 200 mg N/L est généralement suffisante et aucun symptôme de carence en azote n'est observé au-delà de ce seuil.

Quel que soit le millésime, Safe N 300 a montré une efficacité légèrement supérieure à Folur, bien que ces différences ne soient pas significatives en moyenne sur 3 trois ans (Figure 3). La diversité des formes d'azote assimilables plus ou moins rapidement dans les semaines qui suivent sur les feuilles aurait contribué à une meilleure efficacité de la fertilisation.

Tab. 2 | Données viticoles et analyses des moûts, en fonction du millésime (2017 à 2019) et de l'apport d'azote (0 ou 2x5 kg N/ha). « n.s. », non significatif; « · », $p < 0,10$; « * », $p < 0,05$; « ** », $p < 0,01$; « *** », $p < 0,001$. Les données suivies de lettres différentes sont significativement distinctes (test de Tukey, $p < 0,05$).

Mesures	Année				Fertilisation				Interaction année × fertilisation
	2017	2018	2019	p-value	témoin ON	Folur	Safe N 300	p-value	
fertilité (grappes/bois)	–	1,9	2,1	.	1,9	2,0	2,0	n.s.	n.s.
indice chlorophyllien (août)	–	481 b	544 a	**	504	518	517	n.s.	n.s.
poids de baie (g)	3,3	3,3	3,3	n.s.	3,4	3,2	3,3	n.s.	n.s.
rendement	1,3 c	1,7 b	2,0 a	**	1,7	1,6	1,7	n.s.	n.s.
sucres (Brix)	19,8 b	21,6 a	18,1 c	***	19,8	20,0	19,7	n.s.	n.s.
sucres (°Oe)	82 b	90 a	75 c	***	82	83	82	n.s.	n.s.
pH	3,44 b	3,58 a	3,36 c	***	3,45	3,46	3,47	n.s.	n.s.
acidité titrable (g ac. tartrique/L)	5,6 b	4,5 c	6,2 a	***	5,3	5,5	5,6	n.s.	n.s.
acide tartrique (g/L)	5,4 b	5,4 b	6,1 a	***	5,6	5,7	5,7	n.s.	n.s.
acide malique (g/L)	2,5 b	1,5 c	2,9 a	***	2,1	2,3	2,4	n.s.	n.s.
ammonium (mg/L)	34 b	25 c	58 a	**	29 b	42 a	46 a	*	.
N-alpha aminé (mg N/L)	118 a	86 b	125 a	**	93 b	112 a	123 a	*	n.s.
azote assimilable (mg N/L)	146 b	107 c	173 a	**	118 b	147 a	161 a	*	.

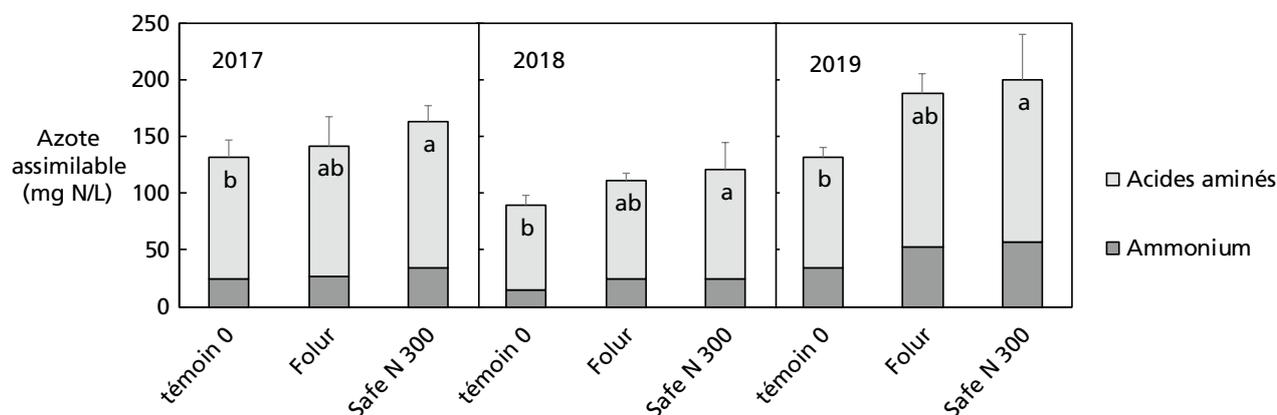


Fig. 3 | Azote assimilable (acide-aminés + ammonium) dans le moût à la vendange, en fonction de l'année et de la fertilisation foliaire. Chas-selas, Pully, Suisse. Les barres d'erreur représentent les écart-types ; les valeurs accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Tukey ($p < 0,05$)

Conclusions

- Les conditions climatiques du millésime jouent un rôle dominant sur la teneur en azote assimilable des raisins.
- L'apport d'azote par voie foliaire au stade véraison est une méthode efficace pour corriger la teneur en azote assimilable des raisins sans affecter la vigueur de la vigne.
- Les engrais Safe N 300 et Folur ont efficacement augmenté la teneur en azote assimilable des moûts à la vendange et peuvent être recommandés pour une fertilisation foliaire de la vigne au stade véraison à hauteur de 10-20 kg N/ha.
- Lorsque la concentration en azote assimilable des raisins est extrêmement faible, la fertilisation foliaire peut ne pas être suffisante pour rétablir une teneur supérieure à 140 mg N/L, seuil de forte carence lors de vinifications en blancs.

Remerciements

Nous tenons à souligner le travail précieux des équipes techniques des groupes de recherche Viticulture et Qualité des Vins à Agroscope pour l'entretien du vignoble expérimental et les analyses chimiques réalisées.

Bibliographie

- Bell, S.-J., & Henschke, P. A. (2005). Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11, 242-295. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00028.x>
- Fernández, V., & Eichert, T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(1-2), 36-68. <https://doi.org/10.1080/07352680902743069>
- Hannam, K. D., Neilsen, G. H., Neilsen, D., Rabie, W. S., Midwood, A. J., & Millard, P. (2013). Late-Season Foliar Urea Applications Can Increase Berry Yeast-Assimilable Nitrogen in Winegrapes (*Vitis vinifera* L.). *American Journal of Enology and Viticulture*, 65(1), 89-95. <https://doi.org/10.5344/ajev.2013.13092>
- Krogmeier, M. J., McCarty, G. W., & Bremner, J. M. (1989). Phytotoxicity of foliar-applied urea. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 86(21), 8189-8191. <https://doi.org/10.1073/pnas.86.21.8189>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9667-5>
- Verdenal, T., Dienes-Nagy, Á., Spangenberg, J. E., Zufferey, V., Spring, J.-L., Viret, O., Marin-Carbonne, J., & van Leeuwen, C. (2021). Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: a review. *Oeno One*, 55(1), 1-43. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.1.3866>
- Verdenal, T., Spring, J.-L., Dienes-Nagy, Á., Bourdin, G., & Zufferey, V. (2024). Impact d'une supplémentation en azote foliaire sur les vins de chardonnay et sauvignon blanc. *Recherche Agronomique Suisse*, 15, 69-76. <https://doi.org/10.34776/afs15-69>