

Fertilisation foliaire en viticulture: efficacité limitée des formes organiques sur l'azote assimilable des moûts

Thibaut Verdenal¹, Agathe Dubois^{1,2}, Ágnes Dienes-Nagy¹, Sandrine Belcher¹,
Jean-Sébastien Reynard¹ et Vivian Zufferey¹

¹Agroscope, 1009 Pully, Suisse

²AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 91120 Palaiseau, France

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

<https://doi.org/10.34776/afs17-214> Date de publication: 3 septembre 2026



Symptômes de toxicité dû à un excès de fertilisation foliaire sur vignes de Chasselas. Pully, Suisse, juillet 2025.

Résumé

Un essai mené dans le vignoble suisse sur trois ans montre que, dans un contexte de carence azotée marquée des moûts, la fertilisation foliaire appliquée seule à la véraison ne suffit pas à rétablir une concentration en azote assimilable par les levures dans les raisins (N_{ass}) supérieure au seuil œnologique de 140 mg N/L, quelle que soit la forme d'engrais. Safe N 300 (azote minéral) reste la référence, avec la plus forte augmentation moyenne de N_{ass} (+96 % par rapport au témoin), suivi par Lalstim Osmo (+71 %) et Aminofert (+41 %), tandis que Trainer (+16 %) et Nutribio N (0 %) n'ont montré aucun effet significatif. Lalstim Osmo, appliqué dans les conditions de l'essai, a induit une phytotoxicité nette sur les feuilles et les raisins, avec baisse du poids des baies et du rendement, augmentation de l'acidité titrable et de la proportion de NH_4^+ dans le N_{ass} , suggérant un retard de maturation. Safe N 300 a, au contraire, surtout augmenté les acides aminés, plus favorables au potentiel aromatique des vins. Les conditions de millésime ont fortement modulé la vigueur, le rendement et la composition des moûts, les années plus humides améliorant l'efficacité des apports foliaires. Globalement, les résultats indiquent que les engrais organiques testés, aux doses et au calendrier choisis, sont nettement moins efficaces et plus coûteux que l'azote minéral pour corriger la carence en N_{ass} , et que l'intérêt agronomique d'un apport foliaire organique unique à la véraison reste faible. Les perspectives portent plutôt sur un fractionnement des applications organiques entre floraison et véraison, avec l'objectif de favoriser leur assimilation et de stimuler la vigueur de la plante plus que de corriger directement le N_{ass} .

Key words: Chasselas, organic viticulture, foliar fertilization, assimilable nitrogen, organic fertilizers.

Introduction

Une gestion raisonnée de l'azote est essentielle au vignoble pour assurer une production durable de raisins, tant en quantité qu'en qualité. L'azote est également essentiel à la cave, car sa forme assimilable par les levures [ammonium (NH_4^+) + acides aminés (AA)] garantit le bon déroulement des fermentations et prévient les déviations organoleptiques du vin (Bell & Henschke, 2005).

La vigne absorbe principalement l'azote sous forme minérale [nitrates (NO_3^-) et NH_4^+], présente dans le sol. Les conditions environnementales du vignoble, déterminées par le climat et le sol, influencent largement la nutrition de la vigne et la composition des moûts (Van Leeuwen *et al.*, 2018). Côté climat, lors des années chaudes et sèches, la minéralisation et la mobilité de l'azote dans le sol sont réduites, ce qui se traduit généralement par une concentration en azote plus faible des moûts à la vendange. Côté sol, les moraines argilo-calcaires et compactes, typiques de certains vignobles suisses, favorisent un enracinement superficiel de la vigne, souvent corrélié avec des concentrations d'azote plus faibles dans les moûts (Reynard *et al.*, 2011). La gestion intégrée de la nutrition azotée de la vigne inclut le choix du matériel végétal, la maîtrise de l'enherbement, un rapport feuille-fruit adapté, la disponibilité en eau et, en dernier lieu, une fertilisation raisonnée (Verdenal *et al.* 2021). La fertilisation foliaire est largement répandue en agriculture, car elle permet une absorption rapide des nutriments tout en limitant les pertes vers l'environnement. Contrairement à l'absorption racinaire, l'absorption foliaire est un processus passif et non sélectif. La plante absorbe NO_3^- et NH_4^+ via la cuticule et les stomates des

feuilles en fonction du gradient de concentration à leur surface (Eichert, 2013). NO_3^- et NH_4^+ sont ensuite rapidement assimilés sous forme d'AA (Verdenal *et al.*, 2021). En viticulture, un apport d'urée au moment de la véraison (début de maturation des raisins) est recommandé en complément d'une fertilisation de printemps au sol. Cela favorise l'accumulation de l'azote dans la vigne sans accroître la vigueur ni la sensibilité au *Botrytis cinerea* (Spring & Lorenzini, 2006; Lacroux *et al.*, 2008).

En viticulture biologique, l'interdiction des formes minérales rapidement assimilables, telles que l'urée, incite à rechercher des alternatives organiques efficaces et économiquement viables. Cela soulève la question de la capacité de la plante à assimiler l'azote organique par les feuilles. Le présent essai évalue l'efficacité de quatre formes azotées organiques différentes (vinasse, glycine bétaine, bactéries diazotrophes *Azotobacter salinestris*, protéines végétales) appliquées par voie foliaire au stade de la véraison par rapport à un engrais minéral (Safe N 300) et un témoin non fertilisé.

Matériel et méthodes

L'étude s'est déroulée sur trois ans (2023 à 2025), 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 entre 2023 et 2025 variant de 3,8°C en janvier à 22,1°C en juillet et des précipitations annuelles moyennes de 1206 mm (MétéoSuisse) (Figure 1). Le sol présente une texture moyennement

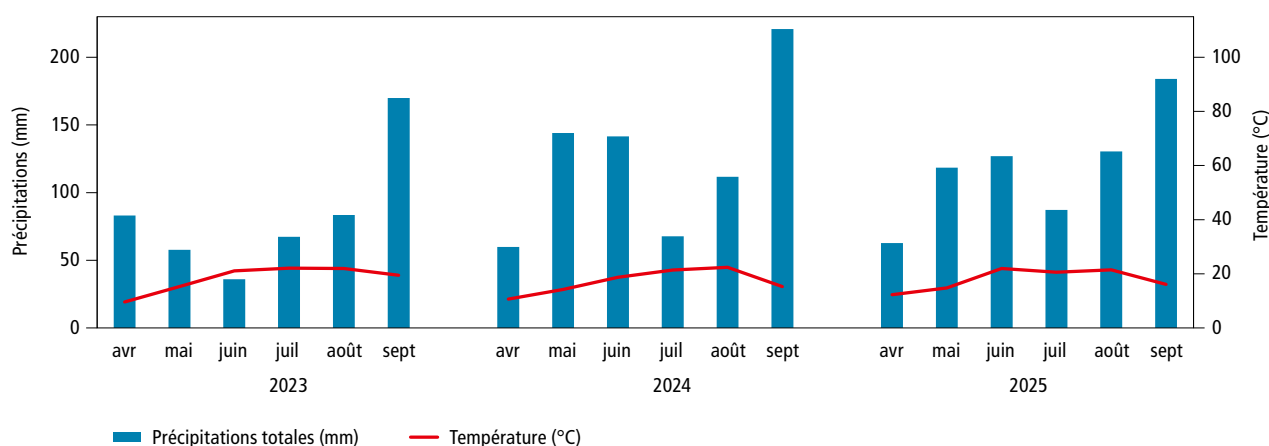


Figure 1 | Précipitations totales et températures moyennes mensuelles durant la période végétative de la vigne (avril–septembre) en 2023, 2024, et 2025. Données MétéoSuisse, Pully, Suisse.

graveleuse, avec une composition de 16 % d'argile, 36 % de limon, 48 % de sable, 1,3 % de matière organique, et 17 % de calcaire total. Son pH est de 8,2. Une parcelle homogène de Chasselas (*Vitis vinifera*, clone RAC 6 greffé sur *Riparia Gloire*) a été plantée en 2005 avec une densité de 5880 ceps/ha (2 m × 0,8 m). La vigne a été conduite en guyot simple avec sept rameaux par cep et 120 cm de hauteur de canopée. Un éclaircissage des grappes a été effectué annuellement avant la fermeture de la grappe. L'essai a été vendangé chaque année en une fois aux dates suivantes: 20.09.2023, 10.10.2024 et 15.09.2025.

Six variantes (Tableau 1) ont fait l'objet d'un test comparatif suivant un dispositif expérimental en trois blocs homogènes aléatoires. Chaque variante comprenait cinq ceps, séparés par des ceps tampons pour empêcher les contaminations lors de l'application foliaire. Dans le cadre de cet essai, les engrais organiques (Aminofert, Lalstim Osmo, Nutribio N, Trainer) ont été appliqués dans des concentrations plus élevées et des périodes différentes de celles préconisées par les fournisseurs. L'objectif était de comparer leur efficacité à celles de l'urée foliaire (Safe N 300) et du témoin non fertilisé. Les engrais ont été dilués dans de l'eau à raison de 340 L/ha par application, puis appliqués en deux fois autour de la véraison sur l'ensemble du feuillage (2 × 7,5 kg N/ha) à l'aide de pulvérisateurs à main (Spray-Matic 1,25 P, Birchmeier, Suisse) aux dates suivantes: les 22.07 et 05.08.2023, les 30.07 et 07.08.2024, et les 26.07 et 08.08.2025.

Des mesures physiologiques et des analyses de moûts ont été effectuées chaque année par répétition. La vigueur de la vigne a été estimée par la pesée de cinq sarments. Le nombre de grappes par bois a été compté pour estimer la fertilité des bourgeons. L'indice chlorophyllien a été mesuré à l'aide d'un chlorophylle-mètre (SPAD 502-Plus, Konica Minolta, Paris). Avant la vendange, 50 baies par répétition ont été pesées. Lors de la récolte, la vendange a été pesée par répétition et le poids moyen des grappes calculé à partir du nombre total de grappes. La surface foliaire exposée (SFE) a été estimée selon la méthode de Murisier et Zufferey (1997) et exprimée en m² de feuilles exposées par m² de sol. Les paramètres caractérisant le moût tels que le pH, les concentrations en sucres (Brix, °Oe), l'acidité titrable ou encore les concentrations en acides tartrique et malique ont été quantifiés par spectroscopie infrarouge (WineScan, FOSS, Danemark) à partir d'un échantillon prélevé lors du foulage. Les concentrations en éléments minéraux (Ca, K, Mg) ont été mesurées à l'aide d'un analyseur MP-AES (Agilent, USA). La concentration en NH₄⁺ a été dosée par technique enzymatique (Methods of Biochemical Analysis and Food Analysis, Boehringer, Mannheim GmbH, 1997), tandis que les acides α-aminés ont été dosés par spectrophotométrie (BioSystems, Barcelone, Espagne). La somme de l'azote sous forme de NH₄⁺ (mg N/L) et d'acides α-aminés constitue l'azote assimilable par les levures (N_{ass}). L'indice de maturité a été estimé par le rapport entre la concentration en sucres (°Oe) et l'acidité titrable multipliée par dix.

Tableau 1 | Variantes de l'essai. Chaque variante contient cinq ceps et a été répétée trois fois dans des blocs homogènes aléatoires. Les engrais ont été appliqués sur l'ensemble du feuillage en deux fois autour de la véraison. Chasselas, Pully, Suisse, 2023–2025.

Variante	Fournisseur	Origine	Concentration d'azote	Forme d'azote	Composition complémentaire	Prix indicatif	Contexte de l'essai	
							Quantité appliquée	Coût traitement (15 U)
Témoin non fertilisé	–	–	–	–	–	–	–	–
Safe N 300	Yara, France	Engrais minéral	312 g N/L 26 N % p/p	4 % NH ₄ ⁺ 4 % NO ₃ ⁻ 12 % urée 6 % urée-formaldéhyde	–	8,9 CHF/L 28 CHF/U	2 × 7,5 kg N/ha 24 L/ha Dilution 12,8 %	420 CHF
Aminofert	Beckmann & Brehm, Allemagne	Vinasse	60 g N/L 4,5 N % p/p	4,5 % NH ₄ ⁺	8 % oxyde de potassium 50 % de MO	2,7 CHF/L 45 CHF/U	2 × 7,5 kg N/ha 125 L/ha Dilution 69,1 %	675 CHF
Lalstim Osmo	Andermatt, Suisse	Betterave sucrière	11,7 N % p/p	Azote organique: Glycine bêtaïne	–	37 CHF/kg 317 CHF/U	2 × 7,5 kg N/ha Dilution 27,3 %	4755 CHF
Nutribio N	Syngenta, Suisse	Bactéries <i>Azotobacter salinestris</i>	–	–	–	930 CHF/kg	2 × 50 g/ha	93 CHF
Trainer	Landor, Suisse	Hydrolysat de protéines végétales	60 g N/L 5 N % p/p	5 % azote organique	31 % AA et peptides végétaux 41 % MO	13 CHF/L 217 CHF/U	2 × 7,5 kg N/ha 125 L/ha Dilution 64,4 %	3255 CHF

U: kg N/ha; NH₄⁺: ammonium; NO₃⁻: nitrate; MO: matière organique, N % p/p: pourcentage en masse d'azote total (masse d'azote/masse totale du produit * 100).

Les données ont été analysées avec une ANOVA à trois facteurs (année + variante + répétition + année × variante), à l'aide du logiciel XLSTAT (Lumivero, France). Les moyennes obtenues ont été comparées grâce à un test post-hoc de Tukey ($p < 0,05$). Les figures ont été réalisées à l'aide des logiciels Excel (Microsoft Corporation, USA) et R Studio (Posit software, PBC, USA).

Résultats et discussion

L'ensemble des données viticoles et des analyses des moûts sont présentées par millésimes et par variantes dans le Tableau 2.

Effets du millésime sur le développement et la nutrition minérale de la vigne

Les conditions climatiques ont fortement différé entre les trois millésimes (Figure 1).

L'année 2023 a été la plus chaude et la moins humide (1175 mm), avec un mois de juin particulièrement déficitaire en précipitations avec seulement 36 mm en 2023 contre 142 mm en 2024 et 127 mm en 2025). À l'inverse, 2024 a été l'année la plus pluvieuse avec en moyenne 1247 mm, tandis que 2025 a présenté des conditions intermédiaires (1196 mm).

Les résultats montrent que la vigueur et les composantes du rendement dépendent avant tout des conditions climatiques des millésimes. Durant l'essai, la SFE a diminué ($1,0 \pm 0,2$ en 2023, $0,6 \pm 0,1$ en 2025) ainsi que l'indice chlorophyllien ($34,7 \pm 2,2$ en 2023, $23,3 \pm 2,0$ en 2025), (Figure 2). Le poids de bois de taille mesuré en 2025 était faible (32 ± 5 g/m). Cette tendance suggère que la fertilisation foliaire n'a pas été suffisante pour maintenir une vigueur constante sur les années et ne rem-

place pas la fertilisation au sol. En 2024, la fertilité était plus élevée ($1,8 \pm 0,2$ grappes/bois) par rapport à 2023 ($1,6 \pm 0,2$ grappes/bois) et 2025 ($1,5 \pm 0,2$ grappes/bois). Le poids des baies a suivi la même tendance ($3,2 \pm 0,6$ g en 2024, contre une moyenne de $2,6 \pm 0,2$ g en 2023 et 2025). Le rendement était de $1,0 \pm 0,3$ kg/m² en 2023 et 2024 et de $1,7 \pm 0,4$ kg/m² en 2025.

Les conditions de maturation et de vendange ont influencé la maturité des raisins. La concentration en sucres était plus élevée en 2023 ($19,9 \pm 0,5$ Brix) par rapport à 2024 et 2025 (moyenne $18,5 \pm 0,9$ Brix). L'indice de maturité a confirmé cette tendance: il a été maximal en 2023 (209 ± 22) et minimal en 2025 (132 ± 7). L'acidité titrable a montré une valeur plus faible en 2023 ($4,0 \pm 0,5$ g ac. tart./L) qu'en 2024 et 2025 ($5,4 \pm 0,4$ g ac. tart./L). Cette différence s'explique par les températures plus élevées et les conditions plus sèches de 2023, qui ont contribué à une plus grande maturité des raisins (sucres plus concentrés, acidité plus faible).

Les composés azotés du raisin ont aussi varié en fonction des années. Les valeurs de N_{ass} très inférieures au seuil recommandé de 140 mg N/L indiquent une carence en azote des moûts à la vendange (39 ± 15 , 94 ± 27 et 68 ± 27 mg N/L en 2023, 2024 et 2025 respectivement) (Tableau 2). Comme le suggèrent Verdenal *et al.* (2025), le millésime 2023, plus chaud et plus sec, a induit une assimilation plus faible de l'azote par la vigne.

Effets des engrais foliaires sur le développement de la vigne

Sur 3 ans, la vigueur de la vigne, représentée par les poids de bois de taille (moyenne 32 ± 5 g/m), la fertilité (moyenne $1,6 \pm 0,2$ grappes/bois) et la SFE (moyenne $0,9 \pm 0,3$ m²/m² de sol), n'a pas été influencée par l'apport d'engrais foliaire.

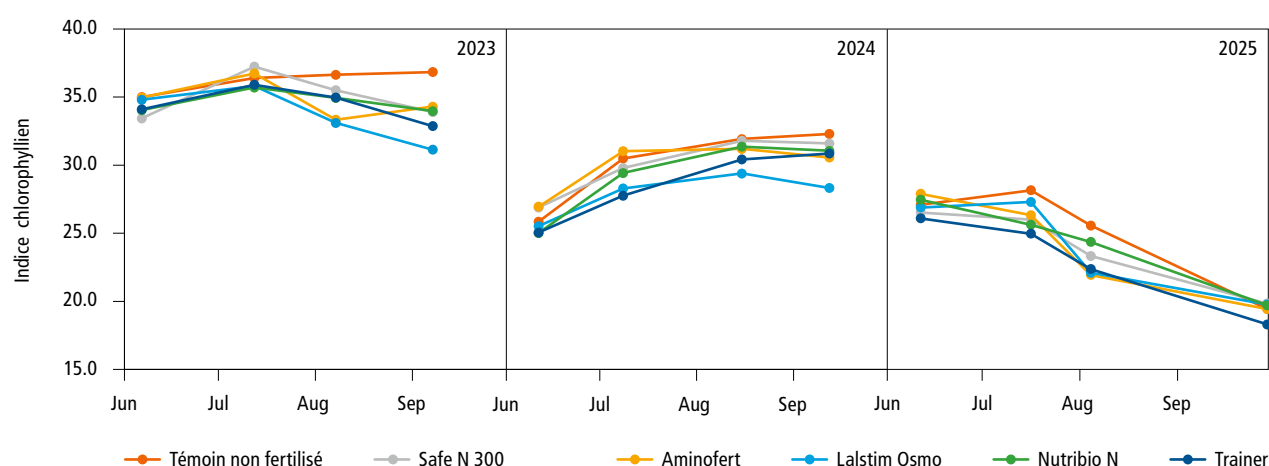


Figure 2 | Evolution de l'indice chlorophyllien par variantes et par année durant l'essai. Chasselas, Pully, Suisse, 2023–2025.

Selon les seuils proposés par Verdenal *et al.* (2023) pour le Chasselas, les indices chlorophylliens correspondent à des statuts qualifiés de «faibles» à «très faibles». En août, Lalstim Osmo et Aminofert ont eu des indices chlorophylliens plus faibles ($28,5 \pm 5,2$) que le témoin non fertilisé ($31,4 \pm 5,1$) (Figure 2). La mesure a été influencée par des symptômes de toxicité particulièrement marqués chez Lalstim Osmo, probablement dûs aux fortes concentrations appliquées en dehors des recommandations des fournisseurs (Photo lead).

En moyenne sur 3 ans, Lalstim Osmo a donné les poids de grappe et de baie les plus faibles (208 ± 155 g; $2,2 \pm 0,3$ g respectivement) en particulier en 2024 (93 ± 26 g; $2,0 \pm 0,2$ g respectivement) (Tableau 2). Bien qu'il n'y ait pas eu de différence sur la moyenne des trois ans, Lalstim Osmo a induit une baisse de rendement excessive en 2024 ($0,3 \pm 0,1$ kg/m²) par rapport au témoin non fertilisé ($1,1 \pm 0,2$ kg/m²). A l'inverse, Safe N 300, Nutribio N, Trainer, et Aminofert n'ont pas eu d'impact sur l'état physiologique de la vigne.

Fertilisation foliaire: bonnes pratiques:

- Températures fraîches, idéalement tôt le matin
- Vent nul à faible.
- Absence de précipitations après l'application.
- Dilution: 200 à 300 L/ha
- Application sur le feuillage entier.

L'effet des engrais foliaires dépend fortement des conditions du millésime et du respect des bonnes pratiques d'application (Verdenal *et al.*, 2017) (voir encadré).

Effets des engrais foliaires sur la composition des moûts

Nutribio N et Trainer n'ont entraîné aucune différence significative par rapport au témoin en termes de composition du moût. La moyenne sur trois ans de la concentration en sucres des moûts était de $18,9 \pm 1,0$ Brix et n'a pas été influencée par les engrais foliaires (Tableau 2).

Tableau 2 | Données viticoles et analyses des moûts, en fonction du millésime (2023 à 2025) et de l'apport d'azote foliaire (0 ou 15 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, $p < 0,05$). Chasselas, Pully, Suisse, 2023–2025.

	Variables observées	Année				Fertilisation foliaire							Interaction année × fertilisation
		2023	2024	2025	p-value	Témoin non fertilisé	Safe N 300	Amino- fert	Lalstim Osmo	Nutribio N	Trainer	p-value	
Données viticoles	Fertilité (grappes/bois)	1,6 b	1,8 a	1,5 b	**	1,8	1,7	1,7	1,5	1,6	1,6	n.s.	n.s.
	SFE (m²/m²)	1,0 b	1,1 a	0,6 c	***	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	n.s.	n.s.
	Indice chlorophyllien (juin)	34,4 a	25,9 b	27,0 b	***	29,3	29,0	29,9	29,1	28,8	28,4	n.s.	n.s.
	Indice chlorophyllien (juillet)	36,3 a	29,5 b	26,4 c	***	31,7 a	31,0 ab	31,4 a	30,5 ab	30,3 ab	29,5 b	•	n.s.
	Indice chlorophyllien (août)	34,7 a	31,0 b	23,3 c	***	31,4 a	30,2 ab	28,8 b	28,2 b	30,2 ab	29,3 ab	**	n.s.
	Indice chlorophyllien (septembre)	33,8 a	30,8 b	19,4 c	***	29,5 a	28,4 ab	28,1 ab	26,4 b	28,2 ab	27,3 ab	•	n.s.
	Dégrippage (grappes coupées/cep)	5,4 a	4,7 a	1,3 b	***	3,4	3,2	2,9	2,3	3,4	2,6	n.s.	n.s.
	Poids de bois (g/m)	—	—	32	—	31	36	30	33	30	35	n.s.	—
	Rendement (kg/m²)	0,9 b	1,0 b	1,7 a	***	1,3	1,2	1,4	0,9	1,2	1,1	n.s.	n.s.
	Poids de baie (g)	2,6 b	3,2 a	2,6 b	**	2,9 a	2,9 a	2,8 a	2,2 b	3,0 a	2,8 a	•	***
Analyses des moûts	Poids de grappe (g)	142 c	250 b	342 a	***	254	240	273	208	257	236	n.s.	**
	Sucres (Brix)	19,9 a	19,2 b	17,7 c	***	18,6	18,9	19,0	19,3	19,0	18,8	n.s.	•
	Sucres (°Oe)	83 a	79 b	73 c	***	77	78	78	80	79	78	n.s.	•
	pH	3,37 a	3,36 a	3,27 b	***	3,31 b	3,33 ab	3,38 a	3,34 ab	3,32 b	3,32 b	*	n.s.
	Acidité titrable (g ac. tart./L)	4,0 b	5,3 a	5,5 a	***	4,6 b	5,0 b	4,9 b	5,7 a	4,7 b	4,8 b	***	n.s.
	Acide tartrique (g/L)	5,6 b	5,1 c	5,9 a	***	5,5	5,6	5,5	5,6	5,5	5,5	n.s.	n.s.
	Acide malique (g/L)	0,7 c	2,2 a	1,8 b	***	1,4 c	1,7 ab	1,7 ab	1,8 a	1,4 c	1,5 bc	*	•
	Indice maturité (°Oe × 10/Ac.tart.)	209 a	150 b	132 c	***	170 a	162 ab	165 a	147 b	170 a	169 a	*	n.s.
	NH ₄ ⁺ (mg NH ₃ /L)	10 b	23 a	24 a	*	11 b	28 a	18 b	35 a	10 b	12 b	*	***
	N _{ass} (mg N/L)	39 c	94 a	68 b	***	49 cd	96 a	69 bc	84 ab	49 d	57 cd	**	*
	Acides α-aminés (mg N/L)	31 c	75 a	49 b	***	40 c	73 a	54 b	56 b	40 c	47 bc	***	n.s.
	NH ₄ ⁺ (% N _{ass})	19,1 b	18,5 b	26,5 a	***	18,4 b	24,7 ab	20,7 b	29,5 a	17,7 b	17,2 b	***	**
	K (% m.s.)	1324 b	1584 a	1603 a	***	1460	1503	1553	1496	1502	1509	n.s.	•
	Ca (% m.s.)	—	68 b	85 a	***	77 b	77 b	77 b	99 a	75 b	73 b	**	n.s.
	Mg (% m.s.)	46 c	63 b	66 a	***	57	58	56	64	57	57	n.s.	**

La concentration moyenne en acide malique des trois variantes Safe N 300, Aminofert et Lalstim Osmo ($1,7 \pm 0,6$ g/L) a augmenté par rapport à celle du témoin non fertilisé, Nutribio N et Trainer ($1,5 \pm 0,6$ g/L). Par rapport aux autres variantes, Lalstim Osmo a donné l'acidité titrable moyenne la plus élevée ($5,7 \pm 1,0$ g ac. tart./L) et l'indice de maturité moyen le plus faible (147 ± 39). La concentration en acide tartrique est restée constante ($5,5 \pm 0,4$ g/L) (Tableau 2). Le pH moyen sur 3 ans a été plus élevé pour Safe N 300 ($3,33 \pm 0,07$), Aminofert ($3,38 \pm 0,06$) et Lalstim Osmo ($3,34 \pm 0,06$) par rapport au témoin non fertilisé ($3,31 \pm 0,06$). Cette hausse du pH est en partie due à la formation d'ions hydroxydes au moment de l'assimilation de NH_4^+ (Verdenal *et al.*, 2021). Les engrais ont montré des efficacités variables en termes d'accumulation d'azote dans le raisin. Sur trois ans, le témoin non fertilisé a eu une moyenne de 49 ± 16 mg N/L de N_{ass} . Safe N 300 a entraîné la plus forte augmentation de N_{ass} (+ 96 %) suivi de Lalstim Osmo (+ 71 %), Aminofert (+ 41 %), Trainer (+ 16 %) et Nutribio N (+ 0 %) (Figure 3). La proportion de NH_4^+ dans N_{ass} est de $18,4 \pm 8,9$ % dans le témoin non fertilisé. Deux groupes de produits se distinguent. Lalstim Osmo et dans une moindre mesure Safe N 300 ont augmenté la proportion de NH_4^+ par rapport à N_{ass} ($29,5 \pm 12,7$ % N_{ass} et $24,7 \pm 6,2$ % N_{ass} respectivement) tandis que les autres variantes ont présenté une moyenne de $18,6 \pm 6,1$ % N_{ass} (Tableau 2). Safe N 300 a davantage augmenté les acides aminés qui contribuent en partie au développement aromatique des vins. A l'inverse, Lalstim Osmo a plutôt favorisé l'accumulation de

NH_4^+ . Cela suggère un retard d'assimilation de NH_4^+ . Ces observations confirment que les engrais foliaires ne se valent pas en termes d'efficacité. Lastim Osmo et Aminofert ont permis une augmentation de la concentration en N_{ass} dans les raisins, sans pour autant atteindre l'efficacité de Safe N 300. Toutefois, cet avantage doit être mis en balance avec les effets phytotoxiques marqués de Lalstim Osmo sur le rendement et le métabolisme du raisin (Verdenal *et al.*, 2025; Schreiner, 2023).

Dans une moindre mesure, Lalstim Osmo a également favorisé l'accumulation de calcium (moyenne 99 ± 10 % m.s.) et de magnésium (64 ± 16 % m.s.) dans les raisins par rapport au témoin non fertilisé (77 ± 13 % m.s., 57 ± 8 % m.s. respectivement).

Limites des engrais foliaires organiques appliqués à la véraison

Les conditions climatiques du millésime ont influencé l'ensemble des variables viticoles et vinicoles. Dans le contexte de cet essai, sans fertilisation au sol, aucun engrais foliaire n'a permis de rétablir une concentration en azote assimilable des moûts supérieure au seuil de 140 mg/L. Les engrais foliaires ont eu des effets contrastés. Malgré les fortes concentrations appliquées (en dehors des recommandations des fournisseurs), Nutribio N et Trainer n'ont eu aucun effet significatif. L'assimilation de l'azote organique par les feuilles semble plus difficile et pourrait expliquer l'absence d'efficacité de Trainer. Selon son fournisseur, l'inefficacité de Nutribio N peut s'expliquer par l'effet inhibiteur du cuivre (présent dans

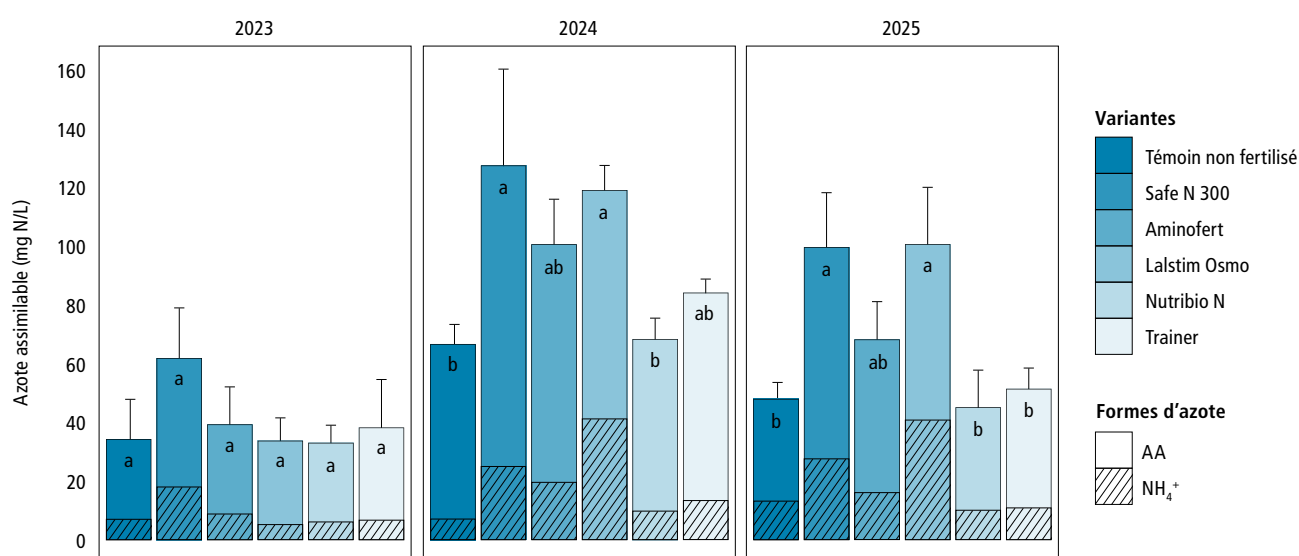


Figure 3 | Azote assimilable (AA + NH_4^+) dans le moût à la vendange, en fonction de l'année et de la variante de fertilisation foliaire. Chasselas, Pully, Suisse. Les barres d'erreur représentent les écart-types; les lettres illustrent la significativité des valeurs selon le test de Tukey ($p < 0,05$).

les traitements antifongiques) sur les bactéries *Azotobacter salinestris* comme le montre des études sur les communautés microbiennes du sol (Peixoto *et al.*, 2021). Safe N 300 reste l'engrais le plus efficace pour favoriser des concentrations plus hautes de N_{ass} . Lalstim Osmo a aussi permis d'augmenter la concentration de N_{ass} , mais accompagné d'effets défavorables (phytotoxicité, augmentation de l'acidité, perte de rendement). Le contexte de cet essai (concentrations fortes et applications tardives différentes de celles recommandées) peut expliquer ces effets indésirés. Aminofert a permis une légère augmentation de la concentration de N_{ass} , notamment grâce à sa teneur en NH_4^+ et avec un coût modéré.

Les résultats de cet essai montrent le faible intérêt d'apporter l'azote organique par voie foliaire à la véraison. Malgré les fortes doses, l'assimilation des engrais organiques a été moindre par rapport à celle de l'engrais minéral. En effet, la vigne assimile principalement l'azote minéral (NO_3^- , NH_4^+), directement disponible pour le métabolisme azoté et dans une moindre mesure de petites molécules organiques (peptides, AA libres) (Tegeder & Rentsch, 2010).

Remerciements

Les auteurs déclarent ne pas avoir reçu de financement externe pour mener cette étude. 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(3), 242–295. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00028.x>
- Eichert, T. (2013). Foliar nutrient uptake of myths and legends. *Acta Horticulturae*, (984), 69–75. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.984.5>
- Lacroux, F., Tregoat, O., Van Leeuwen, C., 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. *Vigne et Vin Publications Internationales*, 42(3), 125–132. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.3.816>
- Murisier, F., & Zufferey, V. (1997). Rapport feuille-fruit de la vigne et qualité du raisin. *Station fédérale de recherches en production végétale de Changins*.
- Peixoto, S., Henriques, I., & Loureiro, S. (2021). Effets à long terme du $\text{Cu}(\text{OH})_2$ Exposition aux nanopesticides sur les communautés microbiennes du sol. *Environmental Pollution*, 269, 116113. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116113>
- Reynard, J.-S., Zufferey, V., Nicol, G.-C., & Murisier, F. (2011). Soil parameters impact the vine-fruit-wine continuum by altering vine nitrogen status. *Journal International Des Sciences de La Vigne et Du Vin*, 45(4), 211–221. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2011.45.4.1502>
- Schreiner, P. (2023, mars 29). Foliar Fertilization of Grapevines: What We Know and Don't Know. *Progressive Crop Consultant*. <https://progressivecrop.com/2023/03/29/foliar-fertilization-of-grapevines-what-we-know-and-dont-know/>
- 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 Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 38(2), 105–113.
- Tegeder, M., & Rentsch, D. (2010). Uptake and partitioning of amino acids and peptides. *Molecular Plant*, 3(6), 997–1011. <https://doi.org/10.1093/mp/ssq047>
- Van Leeuwen, C., Roby, J.-P., & Rességuier, L. de. (2018). Soil-related terroir factors: A review. *OENO One*, 52(2), 173–188. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.2208>
- Verdenal, T., Dienes-Nagy, Á., Belcher, S., Reynard, J.-S., & Zufferey, V. (2025). Fertilisation foliaire en viticulture: Comparaison de deux engrais minéraux. *Recherche Agronomique Suisse*, 16, 90–95. <https://doi.org/10.34776/AFS16-90>
- Verdenal, T., Dienes-Nagy, Á., Spangenberg, J. E., Zufferey, V., Spring, J.-L., Viret, O., Marin-Carbonne, J., & Leeuwen, C. van. (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., Zufferey, V., Dienes-Nagy, Á., Reynard, J.-S., & Spring, J.-L. (2023). Nutrition azotée de la vigne: Mesures et interprétations. *Recherche Agronomique Suisse*, 14, 167–171. <https://doi.org/10.34776/AFS14-167>
- Verdenal, T., Zufferey, V., Spring, J.-L., & Dienes-Nagy, A. (2017). Impact de la zone d'application de l'urée foliaire sur la teneur en azote des raisins. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 49(6), 354–359.

À l'avenir, il serait intéressant de reconduire cet essai en fractionnant l'apport foliaire d'engrais organique entre la floraison et la véraison, conformément aux recommandations des fournisseurs, dans le but de favoriser l'assimilation de l'azote organique. Dans ce cas, le but de la fertilisation serait de stimuler la vigueur et la fertilité de la plante sur le long terme, plutôt que de favoriser l'accumulation de l'azote dans les raisins.

Conclusion

- Les conditions environnementales humides et tempérées favorisent l'efficacité des engrais foliaires.
- Les conditions d'applications de l'essai (fortes concentrations et période d'application à la véraison) ne sont pas favorables à l'assimilation de l'azote organique par les feuilles.
- L'apport d'azote minéral (NO_3^- , NH_4^+) au moment de la véraison est plus efficace et moins coûteux pour augmenter la concentration en N_{ass} du moût à la vendange. ■