

Nutrition azotée de la vigne: mesures et interprétations

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

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

<https://doi.org/10.34776/afs14-167> Date de publication: 2 août 2023



Figure 1 | Symptômes de carence azotée au stade floraison. Chasselas, Nyon.
Les rameaux sont chétifs; les feuilles jaunissent y compris les nervures.
Photo: Thibaut Verdenal, Agroscope

Résumé

La compréhension et la gestion fine de la nutrition azotée de la vigne sont essentielles pour garantir la production de vins de qualité. Avant toute décision de fertilisation, il est indispensable d'observer la vigne, car plusieurs symptômes visuels donnent déjà une bonne indication du statut de nutrition azotée de la vigne. Il existe plusieurs outils et méthodes complémentaires pour affiner le diagnostic, tels que la mesure de l'indice chlorophyllien ou l'analyse de la composition minérale des feuilles. L'azote total dans le sol n'est pas un bon indicateur de la nutrition azotée de la vigne, car une grande partie de l'azote est fixé

dans la matière organique et doit d'abord être minéralisé afin d'être assimilable par la plante. Par contre, l'analyse de moût à la vendange est un indicateur pertinent à prendre en compte ; il permet d'anticiper les conditions de vinification du raisin, ainsi que les besoins de fertilisation de la vigne l'année suivante. Cet article rappelle les avantages et inconvénients de chaque méthode et propose des seuils d'interprétation pour une gestion durable du vignoble.

Key words: Nitrate, ammonium, azote assimilable, acides aminés, viticulture

Introduction

La nutrition azotée de la vigne et du raisin est un paramètre déterminant pour atteindre les objectifs de production en termes de rendement et de qualité du vin. En Suisse, dans un contexte où les vignobles sont de plus en plus enherbés et les engrais de plus en plus chers, les situations de carence azotée deviennent courantes. Plusieurs années sont souvent nécessaires pour rétablir un équilibre nutritionnel. De la vigne au chai, comment bien évaluer l'état de nutrition azotée de la vigne, afin d'affiner la gestion des pratiques culturales et de la fertilisation? Cet article décrit les méthodes existantes pour connaître le statut de nutrition azotée d'un vignoble et rappelle les seuils d'interprétation et les concepts pour sa gestion durable.

Mieux vaut observer la vigne que mesurer l'azote dans le sol

Prendre le temps d'observer la vigne

Voilà probablement la chose la plus simple et la moins coûteuse à faire. Avant toute décision de fertilisation, il est indispensable d'observer la vigne. Plusieurs symptômes visuels donnent une bonne indication du statut de nutrition azotée de la vigne (tabl. 1, fig. 1). Les symptômes de carence azotée peuvent apparaître peu avant la floraison et sont généralement étendus à la parcelle avec des zones plus ou moins prononcées. Les symptômes les plus visibles sont le manque de vigueur et l'aspect jaune du feuillage.

Analyse de sol: Intérêts et limites en viticulture

L'azote total dans le sol (organique et minéral) n'est pas un bon indicateur du statut de nutrition azotée de la vigne. La matière organique doit être d'abord minéralisée par la microflore du sol avant d'être assimilable par les plantes, principalement sous forme de nitrate (NO_3^-) et d'ammonium (NH_4^+). L'analyse de sol permet en revanche de contrôler d'autres facteurs influençant la dynamique de minéralisation de l'azote au cours de la saison, tels que la teneur en matière organique (MO), le rapport C/N, le pH et le taux de calcaire (fig. 2). La MO contribue largement au développement des plantes par son effet sur la structure et la réserve utile en eau du sol, ainsi que par la libération de nutriments. La teneur en MO adéquate pour un sol viticole est variable selon le taux d'argile du sol (tabl. 2).

Les analyses de végétaux

Le diagnostic foliaire, utile en complément d'autres observations

Les analyses de feuille et/ou pétioles permettent de suivre l'état nutritionnel des plantes au cours de la saison (Delas 2010). Les résultats sont principalement utilisés en complément d'autres observations, à des fins de recherche pour observer l'impact d'une pratique particulière sur la nutrition de la plante ou pour confirmer un symptôme de carence/excès de minéraux. Ces analyses sont coûteuses et leur interprétation doit être effectuée avec précaution; la connaissance du cépage, du stade

Tableau 1 | Critères d'observation pour une estimation du statut de nutrition azotée de la vigne.

Observations		Statut de nutrition azotée		
		Excès	Equilibre	Faible
Vigueur	Grosesse des bois et des feuilles Longueur des entre-cœurs Fertilité des bourgeons	Élevée	Normale	Faible
Coloration du feuillage		Vert foncé		Jaune – vert clair
Sensibilité	Coulure Dessèchement de la rafle Pourriture grise	Élevée Élevé Élevée	– – –	Élevée – –

Tableau 2 | Seuils d'interprétation du taux de matière organique en viticulture.

Taux d'argile du sol	Matière organique (% matière sèche du sol)		
	Très faible	Normal	Très élevé
< 10% (léger)	< 0,8	1,2–1,5	> 2,0
10–30%	< 1,2	1,8–2,3	> 3,0
> 30% (lourd)	< 2,0	2,5–3,0	> 3,5

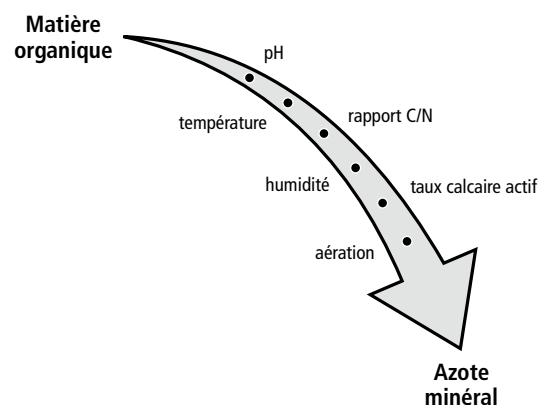


Figure 2 | Facteurs de minéralisation de l'azote organique.

phénologique et de la méthode d'échantillonnage est essentielle pour une interprétation correcte. Des seuils d'interprétation ont été proposés pour des échantillons de feuilles prélevés à la véraison (tabl. 3).

L'indice chlorophyllien, une mesure rapide et non-destructive

L'intensité de la couleur verte du feuillage est bien corrélée aux concentrations de chlorophylle et d'azote dans les feuilles. Par conséquent, la teneur en chlorophylle peut être utilisée pour diagnostiquer le statut de nutrition azotée des plantes. Les chlorophylle-mètres, tels que le N-Tester (Yara, Oslo, Norvège) et le SPAD 502 (Konica Minolta, Nieuwegein, Pays-Bas) sont basés sur des mesures simples et non destructives. Des seuils d'interprétation ont été proposés pour trois cépages à la véraison (tabl. 4).

Les analyses de moût

L'analyse de moût à la vendange, l'indicateur le plus précis

La teneur en azote assimilable par les levures du raisin à la récolte est un paramètre fondamental tant en viticulture qu'en œnologie. D'une part, l'azote assimilable est un indicateur du statut de nutrition azotée de la plante; d'autre part, il est source de précurseurs aromatiques dans le vin et est essentiel au bon déroulement de la fermentation alcoolique. Connaître sa teneur aide à anticiper les conditions de vinification, ainsi que la fertilisation de l'année suivante. L'azote assimilable est composé de l'ammonium (NH₄⁺) et des acides aminés avec une fonction amine primaire (ce qui exclut la proline et l'hydroxyproline) (fig. 3). La teneur en azote des raisins est sensible aux conditions environnementales et aux pratiques agricoles subies par la plante pendant toute la période de végétation et de maturation. Van Leeuwen *et al.* (2000) ont établi un seuil à 180 mg/l d'azote assimilable par les levures, au-delà duquel les besoins en azote

Tableau 3 | Seuils d'interprétation de la teneur en azote des feuilles par rapport au statut de nutrition azotée de la vigne (en % de la matière sèche). Mesures effectuées à la véraison sur des feuilles proches des grappes sur des rameaux principaux (limbe + pétiole ou pétiole seul) (Champagnol, 1984; Spring et Verdenal, 2017)

Concentration azote (% matière sèche)	Très faible	Normal	Très élevé
Limbe + pétiole	< 1,8	2,0–2,3	> 2,5
Pétiole seul	< 0,4	0,4–0,6	> 0,6

de la vigne sont satisfaits. Compte tenu du rôle majeur de l'azote assimilable sur la fermentescibilité du moût et sur le développement des arômes du vin, il est surprenant qu'il ne soit pas systématiquement inclus dans les analyses de moût, au même titre que le taux de sucres ou l'acidité titrable.

Pour la vinification, la concentration en azote assimilable par les levures du moût est souvent sous-optimale, ce qui limite le développement des levures et la vitesse de fermentation alcoolique, ainsi que le développement des arômes. En dessous de 200 mg/l d'azote assimilable, la durée de fermentation est négativement corrélée à la concentration en azote assimilable, pour un moût clarifié avec une concentration moyenne en sucre. En des-

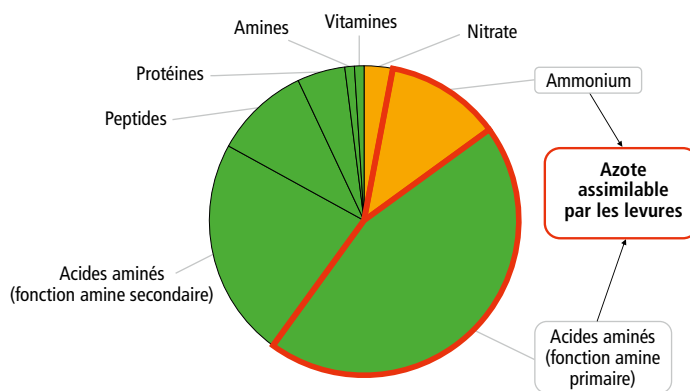


Figure 3 | Composés azotés dans le moût à la vendange.

Tableau 4 | Seuils pour l'interprétation de l'indice chlorophyllien (N-tester et SPAD) du feuillage mesuré dans la zone des grappes sur des rameaux principaux au moment de la véraison (Spring et Jelmini, 2002; Verdenal *et al.* 2023).

Appréciation du niveau d'alimentation azotée	N-tester			SPAD		
	Chasselas	Pinot noir	Gamay	Chasselas	Pinot noir	Gamay
très faible	< 420	< 460	< 380	< 31	< 34	< 29
faible	420–460	460–500	380–430	31–34	34–36	29–32
normal	460–540	500–580	430–530	34–38	36–41	32–38
élevé	540–570	580–620	530–580	38–40	41–43	38–41
très élevé	> 570	> 620	> 580	> 40	> 43	> 41

Tableau 5 | Niveau de risque d'arrêt de fermentation en fonction de la concentration en azote assimilable du moût à la vendange pour les vinifications en blanc. Les seuils pour les vinifications en rouge sont considérés plus bas.

Azote assimilable dans le moût (mg/l)	Risque d'arrêt de fermentation sur moût clarifié
> 200	Aucun
140 < ... < 200	Moyen
< 140	Élevé

sous de 140 mg d'azote assimilable, il existe un risque important d'arrêt de fermentation alcoolique (tabl. 5) (Bell et Henschke, 2005). Ce seuil est plus bas dans le cas de vinification de vin rouge; l'extraction de l'azote du raisin est en effet plus élevée en raison d'un contact prolongé avec le marc. L'Australian Wine Research Institute propose un seuil minimum de 100 mg/l d'azote assimilable pour les vinifications en rouge (AWRI, 2020).

L'analyse du moût à la véraison, un moyen de prédire les conditions de vendanges

La détermination précoce de la teneur en azote du moût de raisins prélevés à la véraison permet d'estimer la teneur en azote du moût à la vendange. Cela peut être utile en vue d'une fertilisation foliaire au début de la maturation du raisin, afin de corriger la teneur en azote

Tableau 6 | Teneurs en azote assimilable des moûts de Chasselas, Pinot et Gamay à la véraison et à la vendange. Moyennes sur 24 ans (1997–2020). *** p-value < 0,001; ns, non significatif.

Vignoble	Cépage	Azote assimilable (mg/l)		Variation entre les deux dates	p-value
		Véraison	Vendange		
Nyon	Chasselas	149	107	-28 %	***
	Pinot noir	146	151	4 %	ns
	Gamay	168	159	-5 %	ns
Pully	Chasselas	189	161	-15 %	***
	Pinot noir	163	190	17 %	***
	Gamay	177	186	5 %	ns
Leytron	Chasselas	207	165	-20 %	***
	Pinot noir	204	215	5 %	ns
	Gamay	239	235	-2 %	ns
Moyenne trois vignobles	Chasselas	181	144	-20 %	***
	Pinot noir	171	186	9 %	ns
	Gamay	195	194	-1 %	ns

assimilable du moût à la vendange. A la véraison, les raisins sont déjà riches en azote, principalement sous forme de NH_4^+ . La concentration en azote assimilable diminue généralement pendant la maturation du raisin en raison de la diminution de NH_4^+ , tandis que la concentration en acides aminés reste relativement stable (Nisbet

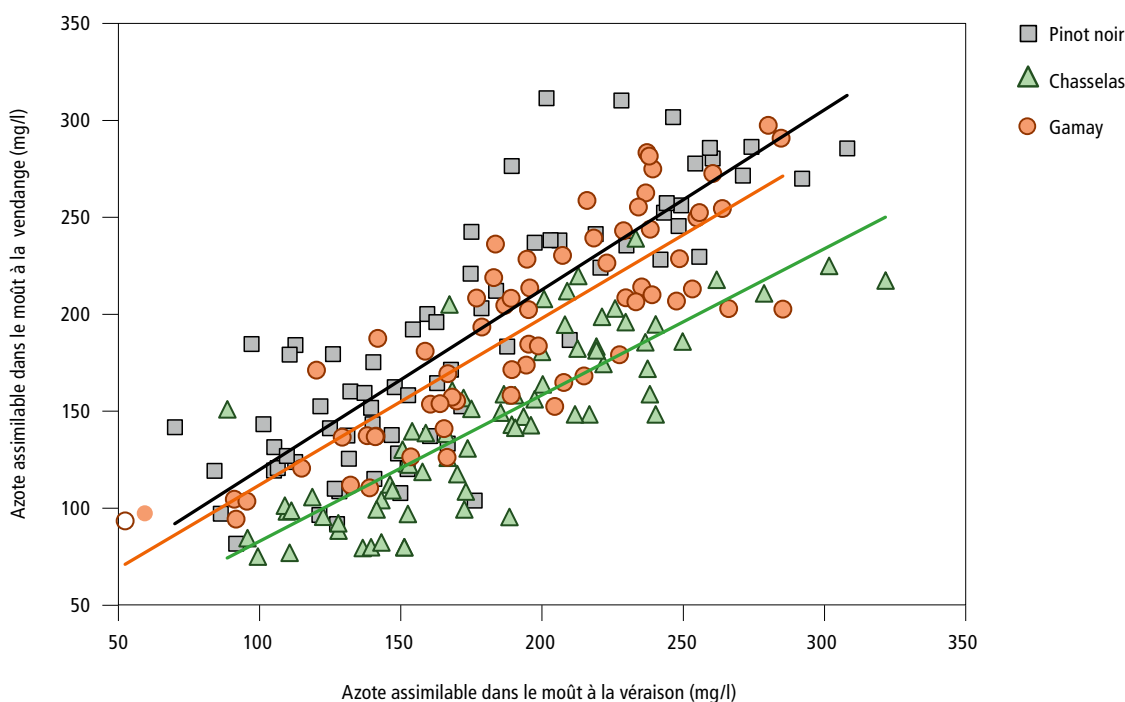


Figure 4 | Corrélation entre les concentrations en azote assimilable de raisins de trois cépages prélevés à la véraison et à la vendange (1997-2020). Chasselas ($n = 72$; $r = 0,82$; $p < 0,0001$), Gamay ($n = 66$; $r = 0,84$; $p < 0,0001$) et Pinot noir ($n = 72$; $r = 0,84$; $p < 0,0001$).

et al., 2014). Agroscope a produit une importante base de données dans le cadre d'un suivi de maturation sur une période de 24 ans (1997–2020) dans trois vignobles de référence en Suisse (Nyon, Pully et Leytron): l'institut confirme la corrélation entre les concentrations en azote des raisins à la véraison et à la récolte pour les cépages Chasselas, Gamay et Pinot noir (fig. 4). Les conditions environnementales (climat et sol) ont eu un impact dominant; un fort effet du cépage a également été observé. En moyenne sur 24 ans, les moûts de Pinot noir et Gamay ont montré des concentrations en azote généralement comparables entre la véraison et la vendange ($p=0,142$ et $0,894$, respectivement); la concentration d'azote a même augmenté pour le Pinot noir dans le vignoble de Pully ($p < 0,001$) (tabl. 6). Les moûts de Chasselas, quant à eux, ont eu une concentration d'azote plus basse à la vendange plus de neuf fois sur dix; une forte carence en azote assimilable (< 140 mg/l) a été détectée dès la véraison dans 13 cas, principalement dans le vignoble de Nyon, et a été confirmée à la vendange dans plus 90 % des cas. En tenant compte du cépage, la détermination précoce de la concentration d'azote du moût de raisins prélevés à la véraison est donc un bon indicateur de la future concentration à la vendange.

Conclusions

Vers une gestion durable de la nutrition azotée de la vigne

Les observations et mesures décrites précédemment présentent chacune des avantages et des inconvénients. Elles sont complémentaires et permettent ensemble une meilleure compréhension de la dynamique azotée de la vigne. Cela dit, lorsqu'une carence azotée est avérée, la fertilisation n'est pas forcément de mise. Le statut de nutrition azotée de la vigne est largement influencé par les conditions environnementales de la parcelle, mais également par le choix des techniques culturales (Verdenal et al., 2021). Avant même d'envisager de fertiliser, il convient donc de veiller à la cohérence des choix techniques suivants:

- matériel végétal (cultivar et porte-greffe),
- entretien du sol,
- équilibre feuille-fruit,
- alimentation hydrique.

La nutrition azotée de la vigne se raisonne sur le long terme. Les arrière-effets de l'année précédente et l'anticipation sur l'année suivante sont à prendre en compte. A titre d'exemple, la mise en place d'un enherbement peut, selon les conditions environnementales, engendrer une forte concurrence hydro-azotée pour la vigne; une carence en azote peut ainsi apparaître en deux à cinq ans, avec des répercussions sur le rendement et la qualité des vins. Le rétablissement d'une nutrition équilibrée peut durer à son tour plusieurs années. ■

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>
- Champagnol, F. (1984). *Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. Montpellier. 351 pp.
- Delas J. (2010). *La fertilisation de la vigne: contribution à une viticulture durable*. 2^e édition. Eds Feret, 165 pp.
- Nisbet, M. A., Martinson, T. E., & Mansfield, A. K. (2014). Accumulation and Prediction of Yeast Assimilable Nitrogen in New York Winegrape Cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture*, **65**, 325-332. <https://doi.org/10.5344/ajev.2014.13130>
- Spring J.-L., & Jelmini G. (2002). Nutrition azotée de la vigne : intérêt de la détermination de l'indice chlorophyllien pour les cépages Chasselas, Pinot noir et Gamay. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **34**, 27-29.
- Spring, J. L., & Verdenal, T. (2017). Fertilisation en viticulture : Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse (PRIF). *Recherche Agronomique Suisse*, **8**, chapter 12.
- Van Leeuwen C., Friant P., Soyer J.-P., Molot C., Choné X., & Dubourdieu D. (2000). L'intérêt du dosage de l'azote assimilable dans le moût comme indicateur de la nutrition azotée de la vigne. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **34**, 75-82
- 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**, 1-43. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.1.3866>