



Statut de nutrition azotée de la vigne : corrélation entre les indices chlorophylliens N-tester et SPAD

Thibaut Verdenal, Vivian Zufferey, Jean-Sébastien Reynard, Jean-Laurent Spring

Agroscope, 1009 Pully, Switzerland

La connaissance du statut de nutrition azotée de la vigne est essentielle pour une gestion durable de sa nutrition en vue d'une production de raisins de qualité. La mesure de l'indice chlorophyllien est une méthode rapide, non destructive et relativement peu coûteuse qui permet d'obtenir une bonne approximation du statut de nutrition azotée de la vigne au cours de la saison. Plusieurs chlorophylle-mètres sont disponibles sur le marché, utilisant chacun sa propre unité de mesure. Dans le but de vulgariser l'utilisation des chlorophylle-mètres, les seuils d'interprétation de l'indice SPAD mesuré sur la vigne au stade véraison ont été établis à partir de la corrélation avec l'indice N-tester, dont les seuils sont déjà connus.

Estimation du statut de nutrition azotée de la vigne

Les premiers symptômes visibles de la carence azotée sont le faible développement végétatif de la vigne et la coloration vert pâle-jaune de son feuillage, due à une moindre teneur en chlorophylle (Figure 1). En fonction de la gravité de la carence et de ces arrière-effets, la fertilité des bourgeons et le rendement à la vendange peuvent aussi être fortement réduits. En termes de qualité des raisins, le moût à la vendange peut avoir des teneurs très faibles en azote assimilable (< 140 mg/L), qui affectent à la fois le bon déroulement de la fermentation alcoolique et le développement des arômes du vin. Les vins blancs et rosés sont particulièrement sensibles à la carence azotée. La connaissance du statut de nutrition azotée de la vigne est donc essentielle pour une gestion durable de sa nutrition azotée en vue d'une production de raisins et de vins de qualité¹.



FIGURE 1. Symptômes de carence azotée au vignoble : faible croissance des rameaux et coloration vert pâle-jaune du feuillage. Stade phénologique floraison, chasselas, 2022.

La mesure de l'azote total dans le sol n'est pas un indicateur fiable de la disponibilité de l'azote pour la vigne. L'analyse de sol ne reflète pas la dynamique de minéralisation dans le temps, extrêmement variable en fonction des conditions environnementales. Un sol peut ainsi être riche en azote organique, sans pour autant qu'il soit assimilable par la vigne. En revanche, plusieurs méthodes fiables d'estimation du statut de nutrition azotée de la vigne existent à ce jour.

1/ L'observation visuelle des symptômes de carences reste la méthode la plus simple à mettre en œuvre. Une forte vigueur, un couvert végétal dense et un grand rendement sont généralement des indicateurs d'un statut de nutrition azotée élevé.

2/ L'analyse du pétiole et/ou du limbe des feuilles est relativement coûteuse et peut s'avérer délicate à interpréter². Elle est plus généralement utilisée en confirmation d'une observation visuelle de la plante.

3/ La concentration en azote assimilable du moût à la vendange est la méthode la plus pertinente. Le constat d'une carence azotée dans le moût permet d'anticiper sur la gestion de la nutrition azotée de la vigne l'année suivante. Elle varie fortement en fonction des conditions environnementales et des techniques culturales³.

4/ De nombreux indices ont été mis au point pour estimer de façon plus ou moins directe le statut de nutrition azotée de la plante⁴. L'estimation de la concentration de la chlorophylle dans les feuilles, généralement basée sur des mesures indirectes et non destructives, permet une approximation fiable, rapide et peu coûteuse du statut de nutrition azotée de la vigne au cours de la saison.

La teneur en chlorophylle et l'indice chlorophyllien

La couleur verte du feuillage est très bien corrélée à sa teneur en chlorophylle et aux symptômes de jaunissement du feuillage liés à la carence azotée⁴. La relation entre les teneurs en chlorophylle et azote des feuilles varie considérablement entre les espèces, mais reste stable au sein d'une même espèce⁵, telle que *Vitis vinifera*, rendant ainsi la mesure de l'indice chlorophyllien pertinente pour estimer la nutrition azotée de la vigne. Les chlorophylle-mètres sont largement utilisés à des fins de diagnostic pour guider la gestion de l'azote en surveillant le statut de nutrition azotée du feuillage dans de nombreuses cultures, grâce à des mesures rapides et non destructives. Il existe différents modèles portatifs, tels le N-Tester (Yara, Oslo, Norvège), le SPAD 502 (Konica Minolta, Nieuwegein, Pays-Bas) ou le Dualox (Force A, Orsay, France). La mesure de l'indice chlorophyllien au cours de la saison reflète parfaitement la variation de la teneur en azote du feuillage en fonction du cépage et du stade phénologique (Figure 2).

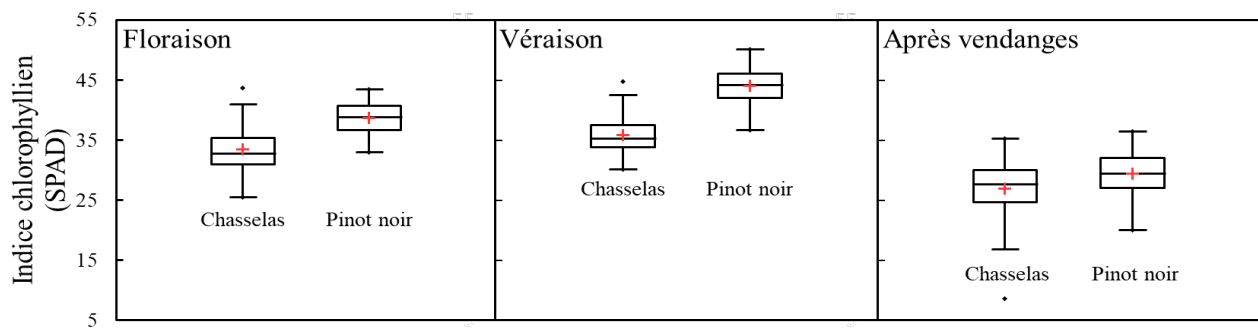


FIGURE 2. Variabilité de l'indice chlorophyllien (SPAD) en fonction du stade phénologique et du cépage. ($n = 500$; source Agroscope, Suisse).

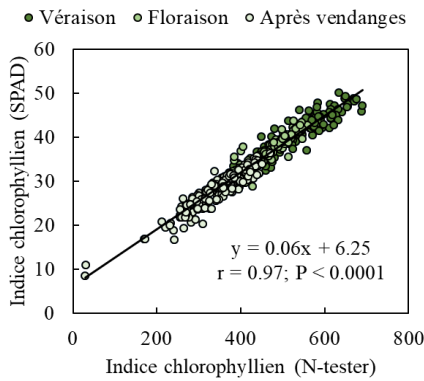


FIGURE 3. Corrélation entre les indices chlorophylliens N-tester et SPAD. Les mesures ont été réalisées à trois stades phénologiques, sur les cépages chasselas et pinot noir ($n = 500$; source Agroscope, Suisse).

de ces appareils, des mesures ont été réalisées à Agroscope en Suisse pour établir la corrélation entre les indices obtenus par le N-tester et le SPAD (Figure 3). En 2022, 500 mesures ont été faites en parallèle sur N-tester et SPAD, à trois stades phénologiques, sur chasselas et pinot noir. Les vignes étaient conduites en taille Guyot. Les mesures ont été faites sur les feuilles principales de la zone médiane du feuillage. Il en ressort une excellente corrélation ($r = 0.97$; $P < 0.0001$) et une régression linéaire qui a permis la conversion des seuils d'interprétations déjà existants pour le N-tester (Tableau 1). ■

La prise en compte de la méthode d'échantillonnage est également essentielle pour une utilisation fiable au vignoble. L'estimation du statut de nutrition azotée de la vigne par mesure de l'indice chlorophyllien est généralement réalisée au moment de la véraison, lorsque la teneur en azote est la plus élevée, à partir d'un échantillonnage de feuilles adultes et saines de la zone des grappes. Il n'est pas recommandé d'effectuer de mesure à d'autres moments dans la saison en raison de la plus grande fluctuation des données : en début de saison à cause du plus jeune âge des feuilles et des éventuels symptômes de chlorose ferrique ; en fin de saison plutôt à cause des éventuels symptômes de carences minérales (magnésium et potassium entre autres), dans le cas d'une forte pression des maladies fongiques (dessèchement des limbes) ou encore dans le cas d'une forte contrainte hydrique pendant l'été (jaunissement des feuilles de la base des rameaux). Des seuils d'interprétation du statut de nutrition azotée de la vigne via l'indice chlorophyllien sont actuellement insuffisants, voire inexistant pour certains chlorophylle-mètres. Ils devraient être idéalement disponibles pour chaque cépage et chaque stade phénologique.

Conversion N-tester/SPAD

Les chlorophylle-mètres présents sur le marché utilisent des indices différents. Des seuils d'interprétation existent pour les mesures effectuées avec le N-Tester à la véraison pour les cépages chasselas, pinot noir et gamay⁶ (Tableau 1). Dans le but de vulgariser l'utilisation

Remerciements : Nous tenons à souligner le travail consciencieux de l'équipe technique d'Agroscope pour l'entretien du vignoble expérimental et l'aide précieuse de nos stagiaires Nicolas Berud, Mathilde Donaty et Mathilde Le Graët pour les mesures sur le terrain.

- 1 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>
- 2 Delas, J. (2010). La fertilisation de la vigne : contribution à une viticulture durable. 2e édition. *Eds Feret*, 165 pp
- 3 Spring, J. L., Verdenal, T., Zufferey, V., & Viret, O. (2012). Nitrogen dilution in excessive canopies of Chasselas and Pinot noir cvs. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 46(3), 233-240. <https://doi.org/10.20870/oenone.2012.46.3.1520>
- 4 Friedel, M., Hendgen, M., Stoll, M., & Löhnertz, O. (2020). Performance of reflectance indices and of a handheld device for estimating in-field the nitrogen status of grapevine leaves. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26(2), 110-120. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12424>
- 5 Xiong, D., Chen, J., Yu, T., Gao, W., Ling, X., Li, Y., Peng, S., & Huang, J. (2015). SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scientific Reports*, 5(1), 13389. <https://doi.org/10.1038/srep13389>
- 6 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.

TABLE 1. Seuils pour l'interprétation de l'indice chlorophyllien (N-tester et SPAD) du feuillage mesuré à la véraison (feuilles principales de la zone des grappes), sur trois cépages.

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

*Les seuils pour le SPAD ont été calculés à partir des seuils pour le N-tester établis par Spring et Jelmini (2002).