



# Gestão racional do azoto na viticultura: da observação à análise do mosto

Thibaut Verdental<sup>✉1</sup>, Ágnes Dienes-Nagy<sup>1</sup>, Sandrine Belcher<sup>1</sup>, Jean-Sébastien Reynard<sup>1</sup>, Vivian Zufferey<sup>1</sup>

Agroscope, 1009 Pully, Switzerland

Compreender e gerir a nutrição azotada da videira é crucial para produzir vinhos de qualidade. A observação visual é o primeiro passo, complementado por ferramentas como o índice de clorofila e a análise foliar. O azoto total do solo é pouco relevante, pois não é diretamente assimilável. Por outro lado, a análise do azoto assimilável no mosto na vindima é um bom indicador para ajustar a fertilização.



Síntomas de carência de azoto na fase de floração. Chasselas, Nyon, Suíça. Os ramos estão enfraquecidos; as folhas amarelam, incluindo as nervuras.

## Reserve tempo para observar a videira

Antes de qualquer fertilização, é essencial observar a videira para avaliar o seu estado em azoto. Os sinais visuais de carência de azoto incluem falta de vigor, folhagem amarelada e baixa fertilidade. Outros métodos permitem refinar este diagnóstico:

- ➔ Observação visual – simples e gratuita.
- ➔ Análises vegetais – mais caras, confirmam as carências ou excessos, mas requerem uma interpretação especializada de acordo com a casta e o estágio de crescimento<sup>1</sup>.
- ➔ Índice de clorofila – rápido e não destrutivo, utiliza ferramentas como o SPAD 502 (Konica Minolta, Nieuwegein, Países Baixos) ou o N-Tester (Yara, Oslo, Noruega) para estimar o teor de azoto através da cor das folhas<sup>2</sup>.

**Observação:** O azoto total no solo (mineral e orgânico) não é um bom indicador da nutrição azotada da videira. A matéria orgânica deve ser mineralizada antes de ser assimilada pela videira. A análise do solo permite, no entanto, controlar fatores como a matéria orgânica, a relação C/N, o pH e o calcário, que influenciam a mineralização do azoto. A matéria orgânica melhora a estrutura do solo e a reserva de água.

## A análise do mosto na vindima, o indicador mais preciso

O azoto assimilável pelas leveduras, presente nas uvas na colheita, é crucial na viticultura e enologia. Reflete a nutrição azotada da videira, influencia a fermentação alcoólica e participa na formação dos aromas do vinho. É composto principalmente por amónio e aminoácidos (exceto prolina e hidroxiprolina). A sua concentração depende das condições ambientais e das práticas agrícolas. Apesar da sua importância, a sua análise infelizmente ainda não está enraizada nas análises correntes, ao mesmo nível que os açúcares ou a acidez.

Para a vinificação, a concentração de azoto assimilável pelas leveduras do mosto é frequentemente subótima, o que limita o desenvolvimento das leveduras e a velocidade da fermentação alcoólica, bem como o desenvolvimento dos aromas. Abaixo de 200 mg N/l de azoto assimilável, a duração da fermentação está negativamente correlacionada com a concentração de azoto assimilável, para um mosto clarificado com uma concentração média de açúcar. Abaixo de 140 mg N/l de azoto assimilável, existe um risco significativo de paragem da fermentação alcoólica<sup>3</sup> (Tabela 1). Este limiar é mais baixo no caso da vinificação de vinho tinto; a extração de azoto da uva é, de facto, mais elevada devido ao

**TABELA 1.** Nível de risco de paragem da fermentação em função da concentração de azoto assimilável do mosto na vindima para vinificações em branco. Os limiares para vinificações em tinto são considerados mais baixos.

Azoto assimilável no mosto (mg/l)	Risco de paragem da fermentação em mosto clarificado
>200	Nenhum
140<...<200	Médio
<140	Elevado

contacto prolongado com o bagaço. O Australian Wine Research Institute propõe um limiar mínimo de 100 mg/l de azoto assimilável para a vinificação em tinto.

## Os principais métodos de fertilização azotada

Existem dois métodos de fertilização azotada na viticultura. Estes métodos são complementares e têm objetivos diferentes:

➔ A fertilização do solo visa manter o vigor da videira e a fertilidade dos gomos, a fim de atingir as quotas de produção a longo prazo. É geralmente realizada no inverno ou na primavera, dependendo do tipo de fertilizante utilizado (orgânico ou mineral), de modo que o azoto esteja disponível no momento do pico de crescimento vegetativo da videira.

➔ A fertilização foliar, por sua vez, tem um objetivo a curto prazo. O seu objetivo é estimular a acumulação de azoto nas uvas, a fim de obter uma concentração mais elevada de azoto assimilável pelas leveduras no mosto no momento da vindima do mesmo ano. É realizada no momento da maturação, no início da maturação das uvas, e geralmente não tem efeito na nutrição da videira no ano seguinte. Em caso de carência comprovada de azoto, uma aplicação foliar de ureia (10 a 20 kg N/ha), aplicada em várias vezes para favorecer a sua assimilação, pode revelar-se muito eficaz, dependendo das condições ambientais e da casta<sup>4</sup>.

Para determinar a necessidade de fertilização foliar, seria particularmente útil estimar, logo na maturação, a concentração de azoto assimilável do mosto na vindima seguinte.

## A análise do mosto na maturação, um meio de prever as condições da vindima

A determinação precoce do teor de azoto do mosto na maturação permite estimar o teor do mosto na vindima. Isso pode ser útil para

a fertilização foliar no início da maturação da uva, a fim de corrigir o teor de azoto assimilável do mosto na vindima. Na maturação, as uvas já são ricas em azoto, principalmente na forma de  $\text{NH}_4^+$ . A concentração de azoto assimilável diminui geralmente durante a maturação da uva devido à diminuição de  $\text{NH}_4^+$ , enquanto a concentração de aminoácidos permanece relativamente estável<sup>5</sup>. A Agroscope produziu uma importante base de dados no âmbito de um acompanhamento da maturação ao longo de um período de 24 anos (1997-2020) em três vinhas de referência na Suíça (Nyon, Pully e Leytron): o instituto confirma a correlação entre as concentrações de azoto nas uvas na maturação e na colheita para as castas Chasselas, Gamay e Pinot noir (Figura 1). As condições ambientais (clima e solo) tiveram um impacto dominante; também foi observado um forte efeito da casta. Em média, ao longo de 24 anos, os mostos de Pinot noir e Gamay apresentaram concentrações de azoto geralmente comparáveis entre a maturação e a vindima ( $p = 0,142$  e  $0,894$ , respetivamente); a concentração de azoto aumentou mesmo para o Pinot noir na vinha de Pully ( $p < 0,001$ ) (Tabela 2). Os mostos de Chasselas, por sua vez, apresentaram uma concentração de azoto mais baixa na vindima em mais de nove em cada dez casos; uma forte carência de azoto assimilável ( $< 140 \text{ mg N/L}$ ) foi detetada logo na maturação em 13 casos, principalmente na vinha de Nyon, e foi confirmada na vindima em mais de 90 % dos casos. Tendo em conta

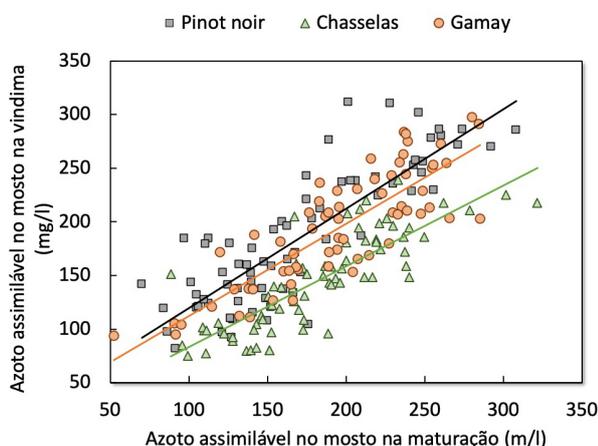
a casta, a determinação precoce da concentração de azoto do mosto de uvas colhidas na maturação é, portanto, um bom indicador da concentração futura na vindima.

## Rumo a uma gestão sustentável da nutrição azotada da videira

As observações e medidas descritas anteriormente apresentam vantagens e desvantagens. São complementares e, em conjunto, permitem uma melhor compreensão da dinâmica do azoto na videira. No entanto, quando se verifica uma carência de azoto, a fertilização não é necessariamente indicada. O estado nutricional do azoto da videira é amplamente influenciado pelas condições ambientais da parcela, mas também pela escolha das técnicas de cultivo<sup>6</sup>. Antes mesmo de considerar a fertilização, é necessário garantir a coerência das seguintes escolhas técnicas:

- ➔ material vegetal (casta e porta-enxerto),
- ➔ manutenção do solo,
- ➔ equilíbrio folha-fruto,
- ➔ abastecimento hídrico.

A nutrição azotada da videira é pensada a longo prazo. Os efeitos do ano anterior e as previsões para o ano seguinte devem ser tidos em conta. Por exemplo, a implantação de uma cobertura vegetal pode, dependendo das condições ambientais, gerar uma forte concorrência hídrico-azotada para a videira. Uma deficiência de azoto pode assim surgir em dois a cinco anos, com repercussões no rendimento e na qualidade dos vinhos. O restabelecimento de uma nutrição equilibrada pode, por sua vez, demorar vários anos. ■



**FIGURA 1.** Correlação entre as concentrações de azoto assimilável em uvas de três castas colhidas na maturação e na vindima (1997-2020). Chasselas ( $n = 72$ ;  $r = 0,82$ ;  $p < 0,0001$ ), Gamay ( $n = 66$ ;  $r = 0,84$ ;  $p < 0,0001$ ) e Pinot noir ( $n = 72$ ;  $r = 0,84$ ;  $p < 0,0001$ ).

**TABELA 2.** Teores de azoto assimilável dos mostos de Chasselas, Pinot e Gamay na maturação e na vindima. Médias de 24 anos (1997-2020). \*\*\*valor- $p < 0,001$ ; ns, não significativo.

Vinha	Castas	Azoto assimilável (mg/l)		Variação entre as duas datas	valor- $p$
		Véraison	Vindima		
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
Média três vinhas	Chasselas	181	144	-20 %	***
	Pinot Noir	171	186	9 %	ns
	Gamay	195	194	-1 %	ns

Extraído do artigo de investigação "Nutrition azotée de la vigne: mesures et interprétations" (Recherche Agronomique Suisse, 2023). <https://doi.org/10.34776/afs14-167>

**1** Spring, J. L., & Verdenal, T. (2017). Fertilisation en viticulture : Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse (PRIF). *Recherche Agronomique Suisse*, 8, chapter 12. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/fr/2017/06/12-fertilisation-en-viticulture-prif-2017/>

**2** Verdenal, T., Zufferey, V., Reynard, J. S., & Spring, J. L. (2023). Nitrogen nutrition status of the vine: correlation between N-tester and SPAD chlorophyll indices. *IVES Technical Reviews*. <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2023.7649>

**3** 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>

**4** 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>

**5** 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>

**6** 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>