

Fumure azotée en viticulture: influence de la période d'application

Jean-Laurent SPRING, Thibaut VERDENAL, Vivian ZUFFEREY et Olivier VIRET, Agroscope, Institut des sciences en production végétale (IPV), 1009 Pully

Renseignements: Jean-Laurent Spring, e-mail: jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 468 65 63, www.agroscope.ch



Les apports d'urée foliaire effectués autour de la véraison sont deux fois plus efficaces pour l'augmentation de l'azote assimilable des moûts que ceux appliqués lors du pic principal d'absorption de l'azote, autour de la floraison.

Introduction

L'azote assimilable par les levures dans le moût (acides aminés libres et ammonium) joue un rôle essentiel dans le déroulement de la fermentation alcoolique et le développement des arômes, en particulier pour les vins blancs et rosés. Sa teneur naturelle dans le moût dépend de la nutrition azotée de la vigne et varie notamment selon les conditions inhérentes au terroir (Zufferey *et al.* 2010; Reynard *et al.* 2011). Certains sols, difficiles à coloniser par les racines de la vigne à cause d'horizons fortement compactés (moraines de fond), sensibilisent effectivement la vigne à ces problèmes d'alimentation azotée. De même, une contrainte hydrique importante survenant au deuxième pic d'absorption de l'azote autour de la véraison (Lönhertz 1988) peut perturber l'accumulation de l'azote assimilable dans les raisins. Les choix techniques du vigneron, comme l'association cépage/porte-greffe, l'entretien du sol, la fertilisation ou le rapport feuille-fruit, jouent également un rôle important (Maigre *et al.* 1995; Porro *et al.* 2006; Garde-Cerdan *et al.* 2009).

Une teneur minimum de 200 mg/l de moût garantit une bonne cinétique de fermentation (Aerny 1996; Bell et Henschke 2005). Pour le Chasselas, en particulier, un seuil critique de 140 mg/l a été défini par Lorenzini (1996), en-dessous duquel le moût est considéré comme fortement carencé. Dans les vignobles sensibles, le choix d'enherbements peu concurrentiels (Spring et Delabays 2006; Delabays *et al.* 2006), la localisation de la fumure azotée sur le cavillon desherbé (Spring 2003) ou encore une gestion adaptée de la haie foliaire (Spring *et al.* 2012) peuvent contribuer à limiter les carences en azote assimilable. Lorsque les carences persistent malgré l'optimisation des choix techniques, la pulvérisation d'urée sur le feuillage à la véraison permet d'améliorer significativement la teneur en azote assimilable des moûts et la qualité des vins (Spring et Lorenzini 2006; Dufourcq *et al.* 2009; Spring *et al.* 2014; Verdenal *et al.* 2015). Dans un essai mis en place en 2004 sur le domaine expérimental d'Agroscope

à Changins (VD), nous avons étudié la valorisation par la plante (variation de l'azote assimilable dans les moûts) d'apports d'azote foliaire sous forme d'urée au premier pic d'absorption d'azote, à la floraison/nouaison (BBCH 61–71), ou au deuxième, à la véraison (BBCH 81–85), en la comparant à un apport au sol classique sous forme de nitrate d'ammonium à mi-mai. Cet article rend compte des principaux résultats de cette expérimentation sur les indicateurs d'alimentation azotée ainsi que sur le comportement agronomique de la vigne.

Matériel et méthodes

Site expérimental, sol et climat, dispositif expérimental

L'essai a été mené sur une parcelle de Chasselas cl. 800 greffé sur 3309C, plantée en 2000 et conduite en Guyot simple (200 x 85 cm). Le domaine de Changins (VD) est situé sur une moraine de fond compacte dont le sol (0–20 cm) est moyen, peu calcaire (0–9 % de CaCO₃) et contient un taux de matière organique satisfaisant. L'analyse chimique montre que ce sol est riche en phosphore et en potassium et normalement pourvu en magnésium. La température moyenne durant la période de végétation (du 15 avril au 15 octobre) s'élève à 14,9 °C et les précipitations annuelles moyennes à 1009 mm.

L'essai à quatre répétitions de 20 ceps chacune a été conduit en blocs randomisés selon le protocole suivant:

- A = témoin sans fumure azotée;
- B = application au sol de 40 kg N/ha à mi-mai (ammonitrates localisés sur le cavaillon désherbé, environ un tiers de la surface);
- C = application foliaire de 40 kg N/ha autour de la période de floraison/nouaison (quatre applications hebdomadaires de dix unités N/ha, une juste avant floraison et trois après floraison avec de l'urée pauvre en biuret Folur®);
- D = application foliaire de 40 kg N/ha autour de la véraison (quatre applications hebdomadaires de dix unités N/ha de début à fin août avec de l'urée pauvre en biuret Folur®);
- E = application foliaire de 40 kg N/ha autour de la floraison/nouaison et autour de la véraison (huit applications hebdomadaires de cinq unités N/ha aux périodes décrites pour les variantes C et D avec de l'urée pauvre en biuret Folur®);
- F = application foliaire de 80 kg N/ha autour de la floraison/nouaison et autour de la véraison (huit applications hebdomadaires de dix unités N/ha au périodes décrites pour les variantes C et D avec de l'urée pauvre en biuret Folur®).

Résumé Une expérimentation conduite par Agroscope à Changins (VD) avec le cépage Chasselas a montré que, à dose équivalente d'azote, l'application d'urée foliaire au deuxième pic d'absorption d'azote (autour de la véraison) augmentait de plus du double l'azote assimilable des moûts par rapport à l'application au stade floraison/nouaison (premier pic d'absorption d'azote). L'azote apporté au sol au printemps (ammonitrates) a mené à une vigueur significativement plus élevée que les modalités de fertilisation foliaire.

Le dispositif a été mis en place en 2004 et les contrôles effectués de 2005 à 2009.

Contrôles

Rendement et vigueur

Fertilité des bourgeons contrôlée sur la base de dix ceps par répétition, poids des baies (contrôle du poids de 50 baies par répétition), poids des grappes (calculé à partir du poids de récolte et du nombre de grappes par cep), rendement total. L'essai a été conduit avec une limitation uniforme de la charge en raisin (maintien systématique d'une grappe par bois). La vigueur a été contrôlée par le pesage des bois de taille de dix ceps par répétition.

Analyse des moûts

Détermination de la teneur en sucre, pH, acidité totale (exprimée en acide tartrique), acide tartrique et acide malique ainsi que de l'azote assimilable (Aerny 1996).

Pourriture et dessèchement de la rafle

L'attaque de *Botrytis cinerea* à la vendange a été évaluée sur 50 grappes selon une échelle représentant la proportion de la grappe affectée (0, 1/10, 1/4, 1/2, 3/4, 9/10, 1/1). L'intensité du dessèchement de la rafle à la vendange a été évaluée selon le même protocole.

Diagnostic foliaire

Les teneurs en N, P, K, Ca, Mg du feuillage ont été mesurées dans des échantillons de 30 feuilles (limbes + pétioles) prélevés à la véraison.

Résultats et discussion

Indicateurs d'alimentation azotée

Les résultats sur la concentration en azote assimilable dans les moûts sont réunis dans la figure 1. L'apport de 40 kg N/ha au sol à mi-mai (variante B) ainsi que les quatre applications foliaires d'urée durant la période du premier pic d'absorption d'azote défini par Lönhertz (1988) autour de la floraison/nouaison (variante C) ont entraîné des concentrations similaires d'azote assimilable dans les moûts à la vendange. Par rapport au témoin sans fumure azotée, le gain moyen sur les cinq années d'expérimentation s'élève à environ 40 mg/l d'azote assimilable, soit près de 1 mg/l d'azote assimilable dans les moûts par kg N/ha apporté. Cette correction n'a toutefois pas amélioré suffisamment la teneur en azote assimilable dans cet essai, puisque ces deux variantes et le témoin sans fumure azotée sont qualifiés de fortement carencés en azote assimilable. La variante D avec apports foliaires de 40 kg N/ha autour de la véraison présente un effet positif nettement plus marqué que les variantes B et C sur la teneur en azote assimilable des moûts, à dose équivalente. Sur les cinq années d'essai, le gain moyen de 90 mg/l d'azote assimilable par rapport au témoin sans fumure azotée représente une augmentation de 2,25 mg/l d'azote assimilable par kg N/ha

apporté et une efficacité dans l'amélioration du taux d'azote assimilable dans les moûts plus que doublée par rapport à l'azote au sol et à l'apport foliaire au premier pic d'absorption. La variante E, avec apport foliaire de 40 kg N/ha réparti sur les deux pics d'absorption d'azote, occupe logiquement une position intermédiaire entre les modalités C et D. La variante F, avec apport d'azote doublé (80 kg N/ha) et réparti sur les deux pics d'absorption, fournit les valeurs les plus élevées en azote assimilable, mais n'offre qu'une faible amélioration par rapport à la variante D, avec 40 kg N/ha autour de la véraison. Seuls ces deux procédés s'approchent de la valeur optimale d'azote assimilable recherchée dans les moûts.

Cette expérimentation confirme l'intérêt d'apports foliaires tardifs (autour de la véraison) pour corriger le taux d'azote assimilable dans les moûts insuffisamment approvisionnés. Les apports foliaires effectués plus tôt dans la saison, durant la période de croissance active de la vigne, ne présentent pas le même intérêt.

Le diagnostic foliaire N effectué à la véraison est très bien corrélé avec les taux d'azote assimilable mesurés dans les moûts (fig.2). L'approvisionnement optimal en azote assimilable des moûts de 200 mg/l correspond à une concentration d'azote dans les feuilles de 2,3 % de la matière sèche.

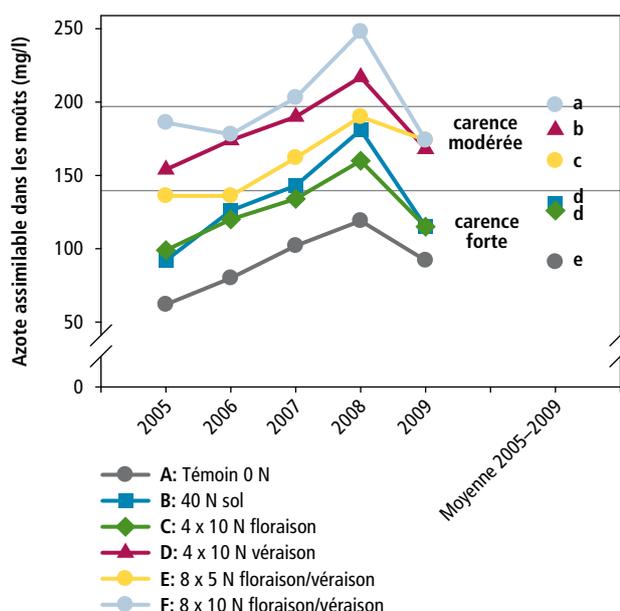


Figure 1 | Essai de fumure azotée à Changins. Azote assimilable dans les moûts, 2005–2009 et moyenne des cinq ans (les variantes portant la même lettre ne sont pas significativement différentes les unes des autres, $p = 0,05$). Le seuil inférieur recommandé pour le Chasselas se situe à 140 mg/l.

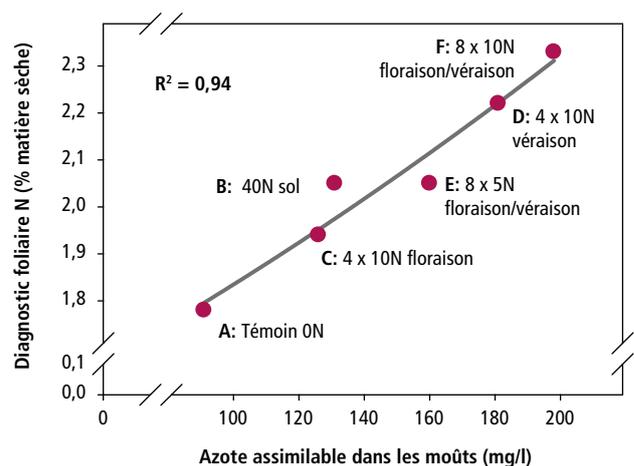


Figure 2 | Essai de fumure azotée à Changins. Corrélation entre le diagnostic foliaire N et la teneur en azote assimilable des moûts. Valeurs moyennes 2005–2009.

Vigueur

La figure 3 réunit les données concernant le poids des bois de taille. La variante sans apport d'azote est logiquement la moins vigoureuse. A l'opposé, la variante avec apport d'azote au sol (variante B) est la plus vigoureuse, tandis que les modalités avec apports foliaires occupent une situation intermédiaire. Il est intéressant de relever que même la variante où l'apport d'azote a été doublé (variante F, 80 kg N/ha) est moins vigoureuse que celle avec apport de 40 kg N/ha d'azote au sol.

Composantes du rendement

Les observations relatives aux composantes du rendement sont réunies dans le tableau 1. Seule la variante

témoin n'ayant pas reçu de fumure azotée se distingue par un poids des grappes et un niveau de rendement inférieur. En revanche, les modalités d'apport d'azote ne se distinguent pas significativement.

Pourriture et dessèchement de la rafle

La pourriture du raisin occasionnée par *Botrytis cinerea* et le dessèchement de la rafle, dont l'occurrence est souvent fortement liée au niveau d'alimentation azotée, ne se sont pas manifestés notablement dans cet essai (tabl.2). Les taux d'attaque tendent à être légèrement plus faibles dans la variante témoin sans fumure azotée, mais les différences ne sont pas significatives.

Tableau 1 | Essai de fumure azotée à Changins. Composantes du rendement, moyennes 2005–2009

Variante	Fertilité des bourgeons (nombre de grappes/bois)	Poids des baies (g)	Poids des grappes (g)	Rendement (kg/m ²)
A (0 N)	1,9 a	3,0 a	378 b	1,2 b
B (40 U N sol)	1,9 a	3,2 a	449 a	1,4 a
C (4 x 10 U N floraison)	1,9 a	3,2 a	441 a	1,4 a
D (4 x 10 U N véraison)	1,9 a	3,2 a	435 a	1,4 a
E (8 x 5 U N floraison-véraison)	1,8 a	3,2 a	436 a	1,4 a
F (8 x 10 U N floraison-véraison)	1,9 a	3,2 a	454 a	1,4 a

Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas significativement ($p = 0,05$).

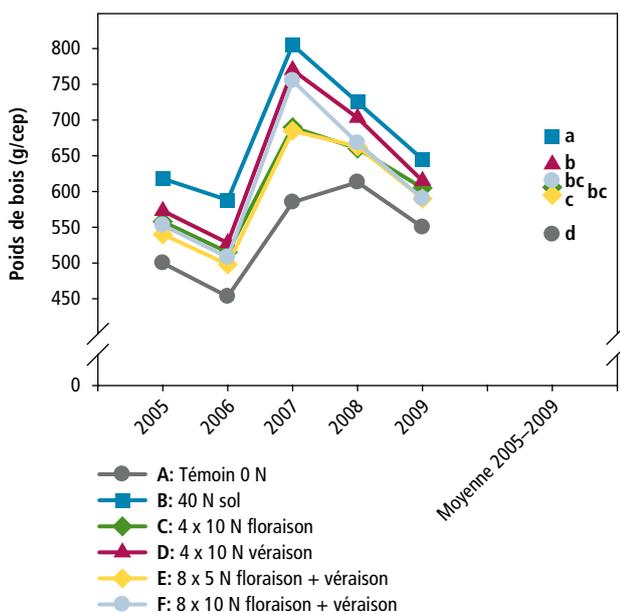


Figure 3 | Essai de fumure azotée à Changins. Poids des bois de taille, 2005–2009 et moyenne des cinq ans (les variantes portant la même lettre ne sont pas significativement différentes les unes des autres, $p = 0,05$).

Tableau 2 | Essai de fumure azotée à Changins. Attaque de *Botrytis cinerea* et incidence du dessèchement de la rafle à la vendange, moyennes 2005–2009

Variante	Botrytis (% attaque)	Dessèchement de la rafle (% attaque)
A (0 N)	6 a	1 a
B (40 U N sol)	9 a	1 a
C (4 x 10 U N floraison)	11 a	1 a
D (4 x 10 U N véraison)	8 a	2 a
E (8 x 5 U N floraison-véraison)	10 a	2 a
F (8 x 10 U N floraison-véraison)	10 a	3 a

Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas significativement ($p = 0,05$).

Qualité des moûts

Les teneurs en sucre et en acidités des moûts sont résumées dans le tableau 3. Les différences sont faibles et touchent essentiellement l'acidité des moûts, notamment l'acide malique, et le pH. Concernant l'acidité des moûts, les valeurs sont plus faibles pour le témoin sans fumure azotée (variante A) et plus élevées pour les variantes avec apports d'azote foliaires tardifs (D, E et F).

Diagnostic foliaire

Les résultats sont présentés dans le tableau 4. Mis à part l'azote, dont les résultats ont été discutés plus haut, on peut signaler une teneur supérieure en phosphore dans la variante témoin sans fumure azotée (variante A), phénomène déjà signalé pour des modalités fortement carencées en azote par Maigre *et al.* (1995). Enfin, la variante avec apport d'azote au sol (variante B) se distingue des autres modalités par un taux de potassium inférieur et de magnésium supérieur.

Conclusions

L'influence de la date de complémentation azotée foliaire au moyen d'urée a été étudiée sur une parcelle de Chasselas du domaine expérimental d'Agroscope à

Changins (VD) et comparée à une variante non fertilisée et à un apport d'azote classique au sol. Les observations effectuées de 2005 à 2009 ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- L'urée foliaire apportée lors du premier pic d'absorption d'azote (floraison/nouaison) s'est révélée deux fois moins efficace pour augmenter la teneur en azote assimilable des moûts que lorsqu'elle est appliquée au deuxième pic, autour de la véraison;
- L'apport d'azote au sol a augmenté l'azote assimilable dans les moûts dans les mêmes proportions que la modalité avec apport foliaire au stade floraison/nouaison;
- La vigueur s'est accrue de manière significativement plus importante avec l'apport d'azote au sol;
- La fumure azotée a contribué à augmenter le potentiel de production de la vigne, sans différence toutefois entre les modalités d'apport;
- Les différentes variantes d'apport d'azote n'ont que peu influencé les autres paramètres étudiés;
- L'intérêt d'apporter de l'urée foliaire tardivement (autour de la véraison) est confirmé lorsque l'objectif est de corriger un taux d'azote assimilable insuffisant dans les moûts. ■

Tableau 3 | Essai de fumure azotée à Changins. Analyses des moûts, moyennes 2005–2009

Variante	Sucres (°Oe)	Acidité totale ¹ (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Acidité malique (g/l)	pH
A (0 N)	80 a	5,4 c	5,5 a	1,7 d	3,23 b
B (40 U N sol)	79 a	5,5 bc	5,4 a	1,9 c	3,24 b
C (4 x 10 U N floraison)	80 a	5,5 bc	5,5 a	2,0 c	3,25 b
D (4 x 10 U N véraison)	79 a	5,7 b	5,4 a	2,2 b	3,29 a
E (8 x 5 U N floraison-véraison)	79 a	5,7 b	5,4 a	2,2 b	3,29 a
F (8 x 10 U N floraison-véraison)	79 a	5,9 a	5,5 a	2,4 a	3,29 a

Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas significativement ($p = 0,05$).

¹Exprimée en acide tartrique.

Tableau 4 | Essai de fumure azotée à Changins. Diagnostic foliaire à la véraison, moyennes 2005–2009

Variante	Diagnostic foliaire (% matière sèche)				
	N	P	K	Ca	Mg
A (0 N)	1,78 c	0,19 a	1,16 a	2,74 a	0,25 bc
B (40 u N sol)	2,05 b	0,15 b	0,98 b	2,89 a	0,30 a
C (4 x 10 u N floraison)	1,94 b	0,17 b	1,15 a	2,76 a	0,27 b
D (4 x 10 u N véraison)	2,22 a	0,17 b	1,06 ab	2,65 a	0,26 bc
E (8 x 5 u N floraison-véraison)	2,05 b	0,17 b	1,20 a	2,70 a	0,24 bc
F (8 x 10 u N floraison-véraison)	2,33 a	0,17 b	1,15 a	2,60 a	0,23 c

Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas significativement ($p = 0,05$).

Summary **Influence of the period of application of nitrogen fertilization in viticulture**
Experiments conducted from 2005 to 2009 at Agroscope Changins (Switzerland) on the cultivar Chasselas demonstrated that yeast assimilable nitrogen concentration in the must is strongly dependent on the timing of foliar urea treatment. When urea application took place at veraison, the assimilable nitrogen concentration measured in the must was twice greater than the equivalent treatment at flowering. The soil nitrogen application in spring (ammonium nitrate) led to significantly greater vigour than that induced by the foliar urea fertilisation.

Key words: grapevine, foliar urea, yeast assimilable nitrogen.

Zusammenfassung **Einfluss des Zeitpunktes der Stickstoffgaben im Weinbau**
Ein auf dem Versuchsbetrieb von Agroscope in Changins (VD) durchgeführter Versuch bei der Rebsorte Chasselas zeigte, dass der Gehalt an verwertbarem Stickstoff im Most stark vom Zeitpunkt der Blattharnstoffbehandlung abhängt. Erfolgt diese bei Reifebeginn, wird bei gleich dosierter Stickstoffgabe doppelt so viel verwertbarer Stickstoff im Most gemessen, als wenn die Behandlung im Stadium Blüte bis Fruchtausatz erfolgt. Die Stickstoffgabe über den Boden im Frühling (Ammoniumnitrat) hat zu einem signifikant höheren Wuchs geführt als die Blattdüngung mit Harnstoff.

Riassunto **Influenza del periodo d'applicazione di complementi azotati in viticoltura**
Una sperimentazione condotta nel vigneto sperimentale di Agroscope a Changins (VD) con vitigno Chasselas ha dimostrato che, a parità di dose di azoto apportato sotto forma di urea fogliare, l'aumento di azoto assimilabile misurato nei mosti risultava essere più del doppio in caso di apporto durante il secondo picco di assorbimento dell'azoto (in prossimità dell'invaiaitura) rispetto alle applicazioni durante la fioritura/allegazione (primo picco di assorbimento dell'azoto). L'apporto di azoto nel suolo in primavera (ammonitrati) ha comportato un aumento della vigoria significativamente più importante rispetto alle modalità fogliare sotto forma di urea.

Remerciements

L'ensemble des collaborateurs des groupes de recherche viticulture, œnologie et d'analyse des vins qui ont participé à cette expérimentation sont vivement remerciés pour leur collaboration.

Bibliographie

- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28** (3), 161–165.
- 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.
- Delabays N., Spring J.-L. & Mermillod G., 2006. Essai d'enherbement de la vigne avec des espèces peu concurrentielles: aspects botaniques et malherbologiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (6), 343–354.
- Dufourcq T., Charrier F., Poupault P., Schneider R., Gontier L. & Serrano E., 2009. Foliar spraying of nitrogen and sulfur at veraison: a viticultural technique to improve aromatic composition of white and rosé wines. 16th International GiESCO Symposium, Davis (USA), 379–383.
- Garde-Cerdan T., Lorenzo C., Lara J. F., Pardo F., Ancin-Azpilicueta C. & Salinas M. R., 2009. Study of the evolution of nitrogen compounds during grape ripening. Application to differentiate grape varieties and cultivated systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57**, 2410–2419.
- Lönhertz O., 1988. Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme bei *Vitis vinifera* (cv Riesling). Dissertation, Universität Giessen, 228 p.
- Lorenzini F., 1996. Teneur en azote et fermentescibilité des moûts. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28** (3), 169–174.
- Maigre D., Aerny J. & Murisier F., 1995. Entretien des sols viticoles et qualité des vins de Chasselas: influence de l'enherbement permanent et de la fumure azotée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **27** (4), 237–251.
- Porro D., Stefanini M., Dorigatti C., Ziller L., Camin F. & Policarpo M., 2006. Ripartizione dell'Azoto in diversi organi aerei della vite in relazione a tempo e modalità di somministrazione fogliare. *Italus Hortus* **13**, 74–79.
- Reynard J.-S., Zufferey V., Nicole G. & 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**, 211–221.
- Spring J.-L., 2003. Localisation de la fumure azotée sur l'intercep dans les vignes enherbées. Résultats d'un essai dans le bassin lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **35** (2), 113–119.
- Spring J.-L. & Delabays N., 2006. Essai d'enherbement avec des espèces peu concurrentielles: aspects agronomiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (6), 355–359.
- 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 Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (2), 105–113.
- 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.
- Spring J.-L., Zufferey V., Dienes-Nagy A., Lorenzini F., Frey U., Thibon C., Darriet P. & Viret O., 2014. Effet de l'alimentation azotée sur le comportement et la typicité des vins de l'Arvine. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **46** (4), 244–253.
- Verdenal T., Spangenberg J. E., Zufferey V., Lorenzini F., Spring J.-L. & Viret O., 2015. Effect of fertilisation timing on the partitioning of foliar-applied nitrogen in *Vitis vinifera* cv. Chasselas: a ¹⁵N labelling approach. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **21**, 110–117.
- Zufferey V., Spring J.-L., Verdenal T. & Viret O., 2010. Comportement du Pinot noir dans les conditions du vignoble vaudois. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **42**, 376–383.