

Dynamique annuelle de la nutrition de la vigne et ses conséquences œnologiques : cas de l'Azote et du Potassium

Matthieu Dubernet^{1*}, Marie Toussaint¹, Pierre-Marie Camper¹, Tatiana Paricaud¹, Marion Coste¹, Damien Kalanquin¹, Stéphanie Prabonnaud², Gwenaël Thomas², Jérôme Fil², Jean-Dominique Fourment², Olivier Tregoat²

¹Laboratoires Dubernet – SRDV, 35 rue de la combe du Meunier, 11100 Montredon-Corbières

²SRDV, 35 rue de la combe du Meunier, 11100 Montredon-Corbières

*Auteur de correspondance : M. Dubernet, +33(0)4 68 90 92 00, Fax : +33(0)4 68 32 03 37, Email : contact@srdv.fr

1 Introduction

Comme l'écrivait Jules Guyot en 1860 : « *Le Génie du Vin est dans le Cep* ». Pourtant, les disciplines de la viticulture et de l'œnologie évoluent encore de nos jours de façon distincte et n'interagissent que trop peu, conduisant épisodiquement à des divergences entre les orientations viticoles et les attendus œnologiques.

L'affirmation du concept d'« agro-œnologie » (Laboratoires Dubernet - SRDV, 2013), a ainsi pour objectif de déterminer à court, moyen et long terme, la valeur œnologique des gestes viticoles, et de conduire ainsi à un pilotage mieux raisonné et personnalisé du vignoble. La nutrition de la vigne, à la fois dépendante des effets cultureux et climatiques, constitue, avec le régime hydrique, un sujet majeur (Champagnol, 1984 ; Etchebarne et al., 2009, Oustric J. et al., 2000 ; Treeby 2005, N'Dayegamiye et al., 2007).

Afin d'évaluer précisément, et en temps réel, les comportements d'assimilation et les flux minéraux dans la plante, il est nécessaire de réaliser des mesures quantitatives, objectives et dynamiques. L'objet de ces travaux a pour but de mettre en évidence certains éléments de compréhension des déterminismes viticoles, et en particulier climatiques, sur les équilibres des moûts, en se focalisant sur deux variables importantes pour le vinificateur : l'azote et le potassium.

2 Matériels et méthodes

L'analyse pétiolaire se révèle être un outil extrêmement pertinent pour le suivi en temps réel de la dynamique d'assimilation de la vigne, depuis les stades précoces de « boutons floraux séparés », jusqu'à la chute des feuilles. Longtemps sous-employée, et limitée à des diagnostics à véraison ou de carence, l'analyse pétiolaire dispose d'un potentiel technique extrêmement vaste et peu exploré à ce jour. Les techniques d'analyses plus modernes permettent dorénavant de disposer de résultats analytiques dans des délais courts, de l'ordre de quelques jours. L'analyse dynamique des flux minéraux, au cours des différents stades phénologiques devient ainsi possible. Le pétiole n'étant pas un organe de stockage, les effets mesurés sont reliés aux flux à cet endroit de la plante, à un moment donné.

L'étude a été réalisée dans le Languedoc-Roussillon sur un réseau de 10 parcelles de références aux différents cépages, porte-greffes, sols, et modalités culturales. Ce réseau a été suivi par analyses pétiolaires, aux stades phénologiques suivants : 1/ Boutons floraux séparés (BFS), 2/ Floraison (FLO), 3/ Nouaison (NOU), 4/ Taille de Pois (TP), 5/ Fermeture de la grappe (FG), 6/ Véraison (VER), 7/ Maturité (MAT), 8/ Post-maturité, après récolte (PM). Ce suivi a été réalisé de façon identique au cours des années 2011 (uniquement pour K), 2012, 2013, et 2014.

Des LUV (limites usuelles de variations) ont été établies à partir de 200 parcelles environ, analysées à chaque stade en 2010 et 2011. La LUV- (limite basse) correspond au premier décile de l'ensemble des résultats, la LUV+ (limite haute) au neuvième décile. Ces valeurs ont ensuite été ajustées en fonction des données bibliographiques (Champagnol, 1984) et des conditions particulières de ces millésimes. Ces LUV servent à faciliter l'interprétation d'un résultat en le confrontant systématiquement aux autres résultats de la base de données.

Le protocole de prélèvement est le suivant : quatre-vingt pétioles sont prélevés sur les mêmes rangées de vignes à chaque stade phénologique de la vigne. Il s'agit des pétioles de la feuille située en face de la première inflorescence / grappe, sur le premier sarment ayant poussé, en partant du tronc. Les pétioles sont séchés à l'étuve, puis broyés finement. L'azote total est analysé par méthode DUMAS (FLASH 2000, Thermo). Les paramètres suivants : P, K, Ca, Mg, Mn, Na, Fe, B, Zn, Cu, sont analysés par ICP AES (iCAP 6000, Thermo), après minéralisation par voie humide (méthode d'analyse accréditée ISO 17025).

Les données météorologiques sont issues de stations automatiques. La principale station météorologique utilisée est une station DAVIS Vantage Pro 2, située sur le site des Laboratoires Dubernet à Montredon des Corbières (données non montrées).

Les analyses statistiques (ANOVA et test de comparaison multiple de Newman-Keuls) ont été réalisées sous R (R.app GUI 1.65).

Les données sur moûts présentées ici concernent 7966 échantillons analysés au laboratoire Dubernet pour la campagne 2011, 7726 pour la campagne 2012, 9738 pour 2013 et 8964 pour 2014. Pour les analyses de moûts, les raisins sont prélevés en grappes entières, puis pressés selon un protocole fixe. Les analyses d'azote ammoniacal (NH₄⁺), d'azote α-aminé (NOPA) et de potassium sont réalisées par IRTF (WineScan Foss).

3 Résultats et discussion

3.1 Dynamique de l'azote

L'azote total mesuré sur les pétioles en zone fruitière (ZF) est la résultante : 1/ de l'azote structurel présent dans cet organe, notamment au sein des protéines (au premier rang desquelles se trouve très majoritairement la Rubisco, enzyme de la photosynthèse) 2/ du flux d'azote assimilé par la plante, 3/ du flux des éventuels effets de déprotéinisation (libération de réserves) (Morot-Gaudry J.F., 1997).

A chaque stade phénologique, la moyenne des valeurs des mesures des parcelles du réseau est réalisée. (Figure 1). Ces données montrent que l'intensité du flux d'azote pétiolaire est à son maximum aux stades printaniers, pendant une période relativement courte (de l'ordre de quelques semaines). Des tels niveaux de flux d'azote ne sont plus retrouvés dans la vigne aux autres stades, y compris sur les pétioles prélevés sur les zones en croissance, où les flux d'azote sont les plus élevés. L'hypothèse la plus vraisemblable qui explique cette observation est que la conjonction des paramètres humidité et température dans le sol, autorisant le fonctionnement biologique du sol et la minéralisation de l'humus, se retrouve en période printanière. L'assimilation de l'azote par la vigne est alors à son apogée. En été, la chaleur, et le dessèchement des sols, au moins dans les zones de surface où se situent les horizons humiques, rendent le fonctionnement des sols beaucoup plus limité et soumis aux aléas d'orages, ou de périodes humides et fraîches. Une autre hypothèse pouvant être invoquée, est que ces niveaux de flux d'azote puissent être liés à la mobilisation des réserves au printemps, toutefois, ils sont nettement corrélés, sur cette période printanière, aux conditions météorologiques et donc au fonctionnement des sols.

Ainsi, la comparaison des années 2012 à 2014 (Figure 1) montre des disparités importantes des teneurs en azote des pétioles ZF, en particulier lors de la période printanière (2012 : Ntot moyen = 2,16 %MS (BFS) et 1,48 %MS (FLO); 2013 : Ntot moyen = 1,77 %MS (BFS) et 1,00 %MS (FLO); 2014 : Ntot moyen = 1,86 %MS (BFS) et 1,21 %MS (FLO)). On relie aisément ces différences annuelles avec les conditions météorologiques des printemps. Un printemps froid et/ou sec limite le fonctionnement du sol, et/ou la demande évaporative : les teneurs en azote pétiolaire sont alors plus faibles, la croissance de la vigne est ralentie (Figure 2 et Figure 2bis).

Il en résulte de ces observations que la fenêtre d'assimilation printanière de l'azote par la vigne est déterminante. Elle conditionne le développement du système foliaire et de la photosynthèse, assurant le basculement vers une situation d'autotrophie. Elle conditionne aussi la croissance racinaire annuelle, dont dépendront les assimilations des autres éléments minéraux, et l'absorption hydrique. Les situations printanières d'une année à l'autre se révèlent très diverses, et influencent les équilibres d'un millésime d'un point de vue œnologique. Les grands millésimes se préparent au printemps. L'analyse pétiolaire précoce permet de mesurer ces assimilations de la vigne et d'intervenir, le cas échéant, pour les compléter par des apports foliaires le plus précocement possible.

La teneur en azote assimilable du moût varie avec l'alimentation en azote de la vigne, mais elle est également influencée par le rendement et le régime hydrique (Van Leeuwen C. et al, 2000). On remarque, sur la Figure 4, que les plus fortes teneurs en azote assimilable des moûts ont été obtenues les années de bonnes assimilations azotées au printemps. Cette corrélation ne sera cependant pas toujours vérifiée, notamment dans les situations d'assimilation active en été, qui se retrouveront dans les vignobles septentrionaux, où lors de conditions météorologiques estivales fraîches et humides, comme cela a été le cas par exemple sur la région bordelaise en 2014.

Il est acquis que l'obtention de raisins à fort potentiel œnologique dans une optique de production d'un vin rouge de garde nécessite l'existence d'un facteur limitant (faible alimentation en eau ou faible nutrition azotée de la vigne) (Tregoat O. et al., 2002). Si les assimilations printanières d'azote sont favorables, car elles permettent l'implantation de la vigne et le basculement rapide à l'autotrophie, les fortes assimilations azotées pouvant avoir lieu en période estivale (conditions fraîches et humides) ne sont pas communément considérées comme un facteur qualitatif pour les cépages rouges, car l'accumulation des polyphénols dans les baies est alors défavorisée (Goutouly, J.P., 2011) et la voie métabolique des anthocyanes affectée (Hilbert G. et al. 2003). En revanche, il s'agit d'un facteur positif pour la bonne fermentation des moûts de blanc et de rosé et leur potentiel aromatique.

3.2 Dynamique du potassium

Le potassium est le cation le plus présent dans les tissus végétaux, il est très mobile et assure de multiples rôles physiologiques : considéré comme un activateur d'enzyme, il assure également le transport transmembranaire, le maintien du potentiel membranaire et la régulation de la pression osmotique (MPelasoka B.S. et al. 2003). Il participe activement à l'accumulation des sucres dans les baies lors de la maturation. En œnologie, le potassium, dès qu'il est en excès, est à l'origine de nombreux désordres. Il est la première cause de l'augmentation de pH des vins, avec toutes les conséquences technologiques et gustatives qui en découlent.

A la suite de l'azote, le potassium connaît une variabilité saisonnière de son flux dans les pétioles ZF. L'intensité du flux est la plus élevée à la période BFS, puis diminue, en même temps que la feuille passe au stade adulte. Aux stades estivaux, on retrouve les teneurs en potassium les plus élevées sur les zones apicales en croissance des sarments, celles-ci restent cependant plus faibles que les teneurs printanières. Néanmoins, les assimilations estivales semblent tout à fait possibles, et le décalage d'assimilation entre le printemps et l'été observé sur l'azote l'est beaucoup moins pour le potassium. En effet, la disponibilité du potassium dans les sols n'est pas dépendante du fonctionnement biologique des horizons humiques, et moins sensible aux conditions de température et d'humidité estivales.

Dès les premiers stades de développement de la vigne, la variabilité interannuelle est très marquée (Figure 3), et permet de distinguer des millésimes à assimilation potassique élevée. Les teneurs printanières moyennes des pétioles en potassium sont clairement corrélées aux teneurs azotées. On peut ainsi faire un lien assez évident entre une bonne assimilation azotée

induisant une croissance végétale, et notamment racinaire, et l'assimilation des autres minéraux, dont le potassium. Les variations interannuelles des teneurs retrouvées dans les moûts (Figure 5) se relient aisément avec les dynamiques annuelles d'assimilation, les teneurs les plus élevées en K ont été observées en 2011 (K = 1540 mg/L).

Il est très intéressant d'observer, et notamment sur la courbe de 2011 (Figure 3) une chute de 30% du potassium entre la véraison et la maturité. Ce phénomène appelé « décharge potassique » correspond à une forte translocation du potassium de la plante vers le raisin au moment de l'accumulation des sucres dans les baies. Il convient de bien noter qu'à ce stade du développement du fruit, son alimentation n'est plus réalisée que par le voie du phloème (la voie du xylème s'arrête en même temps que l'activité photosynthétique des baies, après véraison), et que les transferts de potassium sont bien supérieurs à la capacité d'assimilation de la vigne à ce moment précis. Ainsi, le phénomène de décharge potassique concerne les stocks de potassium accumulés par la vigne au cours de toute la saison. Ce phénomène est d'intensité très variable : on ne l'observe pas sur les moyennes de 2012, 2013 et 2014, même si des lectures du phénomène ont pu être réalisées sur certaines parcelles ces années-là. L'intensité du phénomène semble liée à la dynamique annuelle d'assimilation du potassium, mais est également induite par des conditions de température élevée, au moment de l'approche de la maturité. D'évidence, la décharge potassique se sur-exprime pour les cépages délocalisés au Sud de leur limite climatique de culture et se sous-exprime pour ceux délocalisés au Nord de leur limite (ces considérations s'entendent pour l'hémisphère Nord, bien entendu). Dans le premier cas, la maturité est trop rapide, elle s'accompagne du flétrissement des baies et les moûts issus de ces raisins ont des pH élevés. Dans le deuxième cas, on observe un phénomène de blocage physiologique des maturités (Figure 6). Le phénomène de décharge potassique mérite d'être pris en considération de près par les techniciens et les œnologues, car il est relié à de nombreux facteurs de qualité de la vendange et de dynamique de maturation.

Ainsi, le critère d'adéquation entre le cépage et le climat prend une place centrale dans le raisonnement de la nutrition potassique d'une vigne. Les données climatiques pouvant varier assez nettement d'une année sur l'autre, le suivi des dynamiques potassiques, par analyse pétiolaire, s'inscrit de façon évidente comme un outil de pilotage des éventuels apports.

4 Conclusion

Au cœur des liens entre la viticulture et l'œnologie, l'étude des dynamiques nutritionnelles des minéraux, et notamment de l'azote et du potassium, apportent de nouveaux éclairages sur des questions œnologiques importantes. Les teneurs rencontrées dans les moûts et les teneurs dans les pétioles ne sont évidemment pas directement corrélées. Mais les dynamiques de fonctionnement de la nutrition de la vigne permettent de mieux comprendre l'évolution des teneurs en azote et potassium, leur impact sur l'équilibre des moûts, et apportent des éclairages sur le fonctionnement de la maturation. La nutrition de la vigne s'inscrit comme le premier des gestes œnologiques.

Il est intéressant d'observer que les déterminants de ces teneurs, liés au fonctionnement des sols, à la météorologie, en somme au terroir d'une façon générale, se mettent en place très tôt dès le débournement de la vigne. Ainsi, les conditions printanières peuvent même avoir un impact majeur sur le profil du millésime. Lorsque ces conditions sont défavorables, des possibilités sont ouvertes pour corriger certains manques : par voie foliaire, par irrigation fertilisante, ou dans certains cas par le sol.

Ces observations créent également beaucoup de questions, et un champ d'investigation large qui reste à explorer. Un des sujets consiste dans le lien entre le régime hydrique et la dynamique nutritionnelle. Un autre sujet à explorer est celui de l'influence de la texture des sols. Enfin, même s'ils ne sont pas abordés dans ce texte, la dynamique des autres éléments minéraux est au centre des travaux actuels.

Bibliographie

CHAMPAGNOL F., 1984. *Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. 351p.

CHAMPAGNOL F., 1986. *Progrès agricole et viticole*, 103 p361

CRESPIY A., 2000. Nutrition de la vigne et amélioration de la qualité des moûts et des vins. Journées techniques viticulture biologique, Angers, 13-20.

ETCHEBARNE F., OJEDA H., DELOIRE A., 2009. Influence of water status on mineral composition of berries in 'Grenache Noir' (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* 48(2), 63-68.

GOUTOULY J.P., 2011. Influence de l'azote du sol sur la voie de synthèse des polyphénols. *La Revue des Œnologues*, n°141 23-25.

GUYOT J., 1860. *Culture de la vigne et vinification*. 462p. Librairie agricole de la maison rustique, Paris.

HILBERT G., SOYER J.P., MOLOT C., GIRAUDON J., MILIN S., GAUDILLERE J.P., 2003. Effects of nitrogen supply on must quality and anthocyanin accumulation in berries of cv. Merlot. *Vitis*, 42(2), 69-76.

MOROT-GAUDRY J.F., 1997. *Assimilation de l'azote chez les plantes : aspects physiologiques, biochimique et moléculaire*. 422p. INRA Editions, Paris.

MPELASOKA B.S., SCHACHTMAN D.P., TREEBY M.T., THOMAS M.R., 2003. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 9, 154-168.

N'DAYEGAMIYE A., GIROUX M., GASSER M.O., 2007. La contribution en azote du sol reliée à la minéralisation de la MO : facteur climatique et régions agricoles influençant les taux de minéralisation d'azote. Colloque sur l'azote, Université Laval, Québec, 1-11.

OUSTRIC J., RODRIGUEZ-LOVELLE B., ORMIERES J.F., 2000. Quelques applications du diagnostic foliaire. Guide de la vinification rhodanienne, 21-22.

TREGOAT O., VAN LEEUWEN C., CHONE X., GAUDILLERE J., 2002. The assessment of vine water and nitrogen uptake by means of physiological indicators. Influence on vine development and berry potential. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 36, n°3, 133-142.

TREBY M., 2005. Manipulating grapevine annual growth, yield, and composition of grapes using fertigation. CSIRO Plant Industry, Horticulture Unit, Victoria, Australia, 89-120.

VAN LEEUWEN C., FRIANT P., SOYER J.P., MOLOT C., CHONE X., DUBOURDIEU D., 2000. L'intérêt du dosage de l'azote total et de l'azote assimilable dans le moût comme indicateur de la nutrition azotée de la vigne. *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 34(2), 75-82.

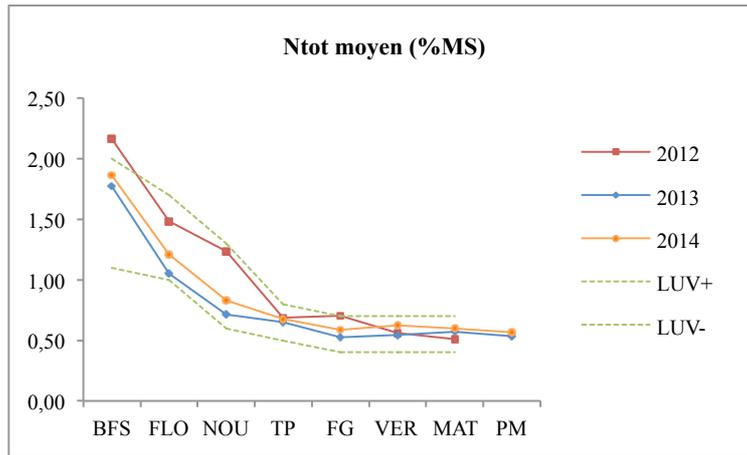


Figure 1 : Azote total moyen (%MS) calculé sur les 10 parcelles de référence SRDV à chaque stade phénologique (BFS: boutons floraux séparés, FLO: floraison, NOU: nouaison, TP: taille pois, FG: fermeture de grappe, VER: véraison, MAT: maturité, PM: post-maturité). LUV+ et LUV- sont les limites statistiques de variations haute et basse.

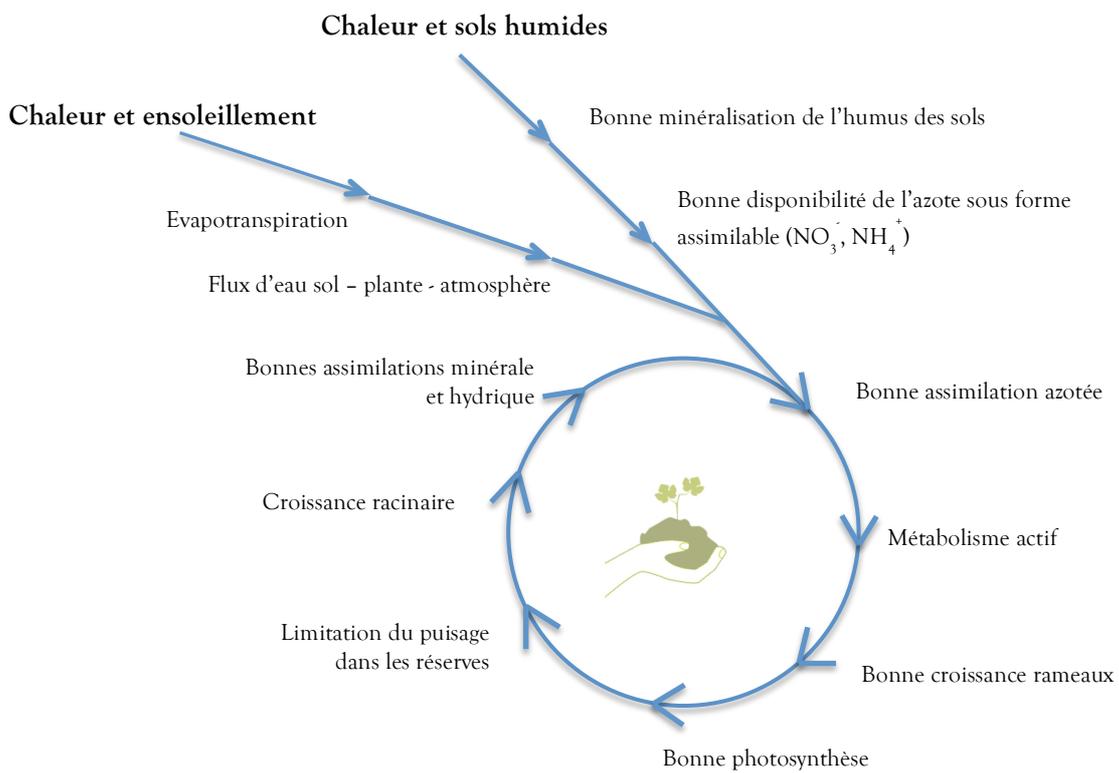


Figure 2 : Schéma explicatif du lien entre l'assimilation de l'azote et les conditions météorologiques : situation à printemps favorable.

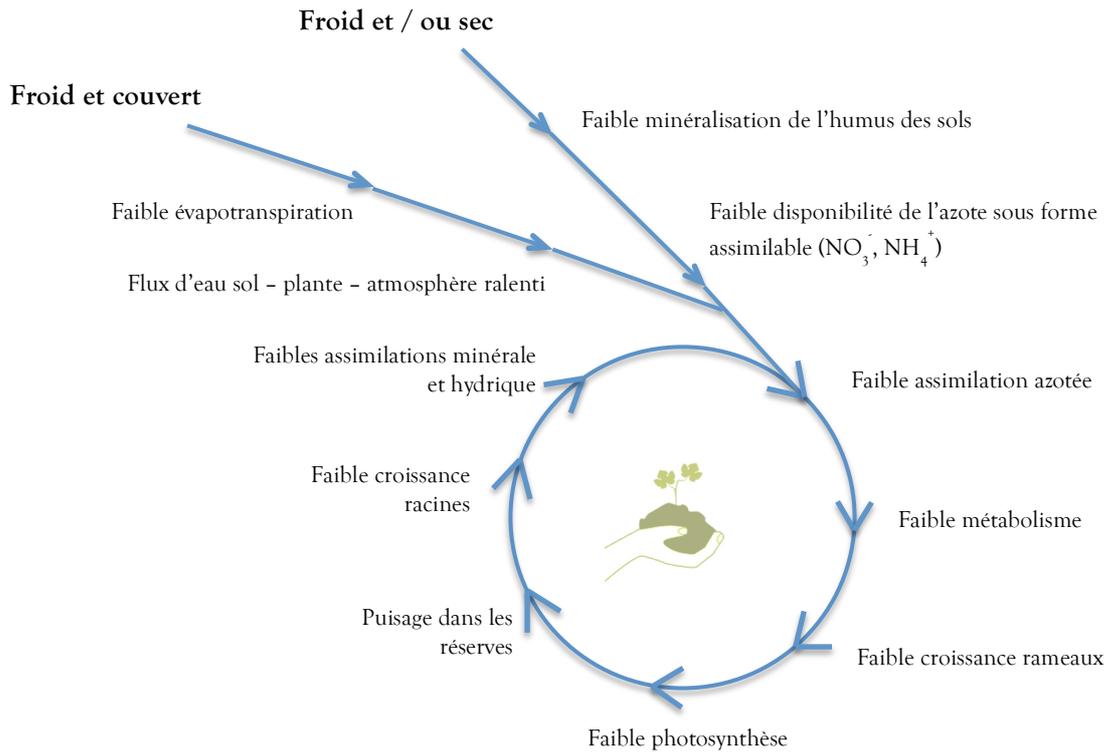


Figure 2 bis : Schéma explicatif du lien entre l'assimilation de l'azote et les conditions météorologiques : situation à printemps défavorable.

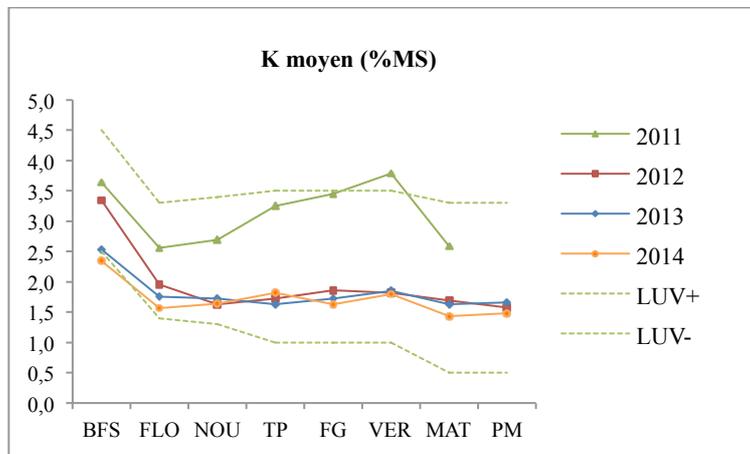


Figure 3 : Potassium moyen (%MS) calculé sur les 10 parcelles de référence SRDV à chaque stade phénologique. (BFS: boutons floraux séparés, FLO: floraison, NOU: nouaison, TP: taille pois, FG: fermeture de grappe, VER: véraison, MAT: maturité, PM: post-maturité). LUV+ et LUV- sont les limites statistiques de variations haute et basse.

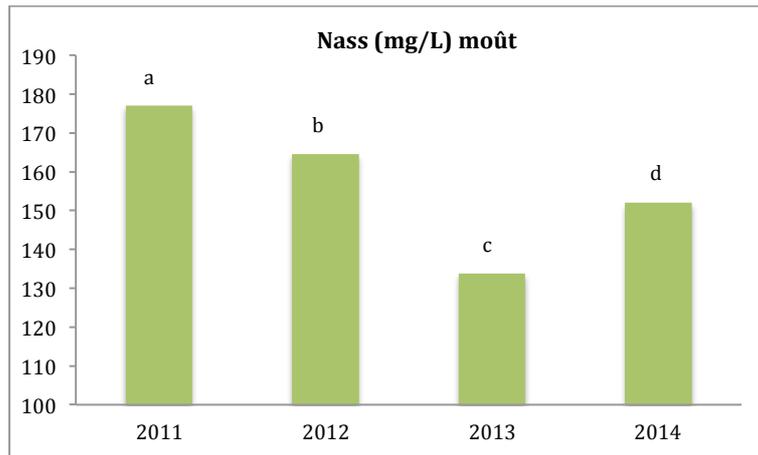


Figure 4 : Moyenne de l'azote assimilable sur moût (mg/L) pour les quatre derniers millésimes sur l'ensemble des échantillons de moûts réalisés au laboratoire Dubernet. (plus de 7700 échantillons pour chaque millésime). L'ANOVA montre une différence significative au seuil de 5%. Les moyennes significativement différentes (test de Newman-Keuls au seuil de 5%) sont indiquées par des lettres différentes.

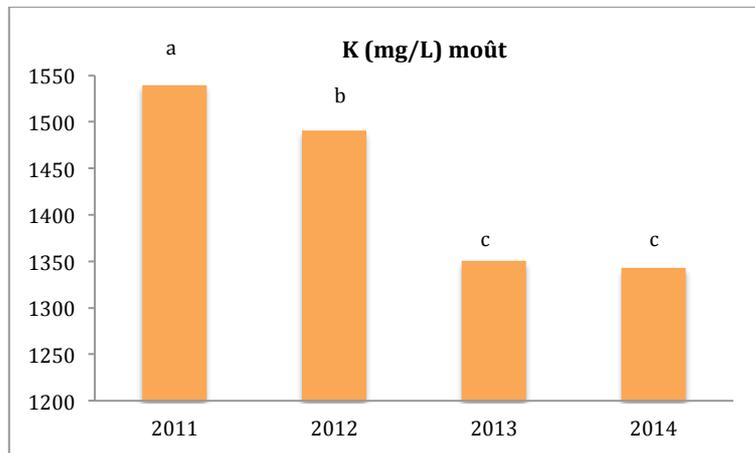


Figure 5 : Moyenne du potassium (mg/L) sur moût pour les quatre derniers millésimes sur l'ensemble des échantillons de moûts réalisés au laboratoire Dubernet. (plus de 7700 échantillons pour chaque millésime) L'ANOVA montre une différence significative au seuil de 5%. Les moyennes significativement différentes (test de Newman-Keuls au seuil de 5%) sont indiquées par des lettres différentes.

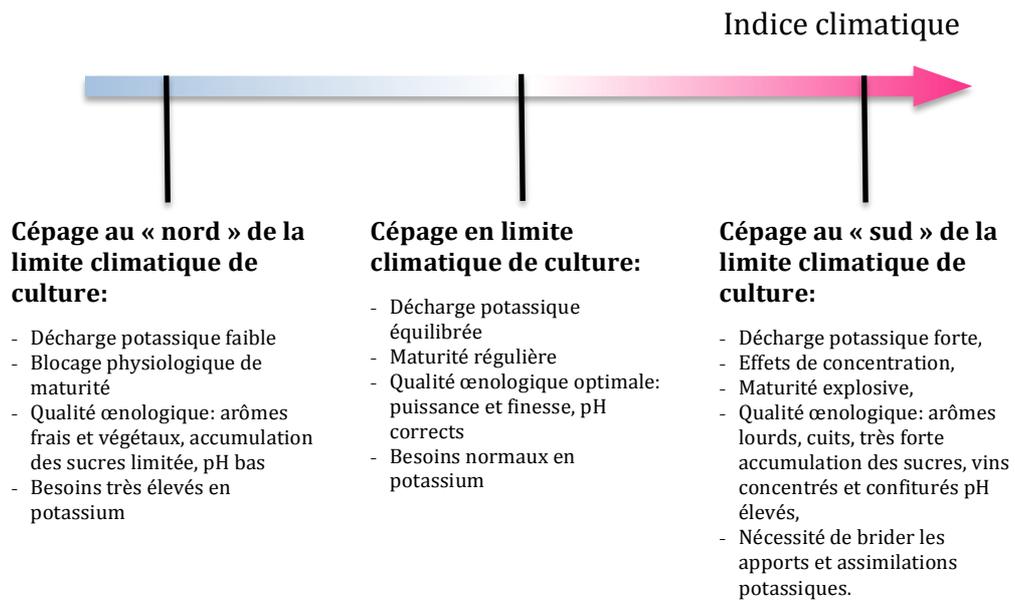


Figure 6 : Schéma de synthèse du niveau d'expression de la décharge potassique, en fonction de l'adéquation cépage / climat.