

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

## Yearly dynamic of the vine nutrition and its oenological consequences : focus on nitrogen and potassium

Matthieu Dubernet<sup>1\*</sup>, Marie Toussaint<sup>1</sup>, Pierre-Marie Camper<sup>1</sup>, Tatiana Paricaud<sup>1</sup>, Marion Coste<sup>1</sup>, Damien Kalanquin<sup>1</sup>, Stéphanie Prabonnaud<sup>2</sup>, Gwenaël Thomas<sup>2</sup>, Jérôme Fil<sup>2</sup>, Jean-Dominique Fourment<sup>2</sup>, Olivier Tregoa<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>SRDV, 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

### Résumé

Une idée ancienne, partagée par le plus grand nombre, veut que la qualité du vin se prépare à la vigne. Comme le disait Jules Guyot en 1860: « Le Génie du Vin est dans le Cep ». En effet, de nombreux gestes viticoles sont aussi des gestes œnologiques et les liaisons directes ou indirectes entre ces gestes et leurs conséquences œnologiques sont encore pour la plupart à découvrir. La nutrition de la vigne, à la fois dépendante des effets culturels et climatiques, constitue, avec le régime hydrique, un sujet majeur. L'objet des travaux réalisés ici est de mettre en évidence l'influence des conditions climatiques et les pratiques viticoles du millésime sur les équilibres des moûts, en se focalisant notamment sur deux variables clefs: l'azote et le potassium. Un réseau de 10 parcelles a été suivi sur le Languedoc-Roussillon entre 2011 et 2014. Des analyses des pétioles de la zone fruitière ont été effectuées à chaque stade phénologique : boutons floraux séparés, floraison, nouaison, taille pois, fermeture de grappe, véraison, maturité et post-maturité. Les teneurs moyennes en azote des pétioles varient en fonction des années et des stades (entre 0,5 et 2,5 % de matière sèche), variations d'autant plus marquées en début de saison. Ces différences s'expliquent notamment par les différences climatiques entre les millésimes étudiés. Ces teneurs en azote des pétioles de la zone fruitière tendent à converger vers 1%MS dès la post floraison, même si des assimilations estivales peuvent dans certains cas être décelables et expliquer des remontées des teneurs en azote dans les moûts. De même, les teneurs en potassium pétiolaire connaissent de grandes variabilités interannuelles dès les premiers stades phénologiques de la vigne (entre 2,5 et 4,5%MS). Les années de fortes assimilations sont marquées, à maturité, par des chutes notables des teneurs en potassium dans les pétioles (30% en 2011), corrélées au chargement en potassium des moûts (2011: 1540 mg/L ; 2013 et 2014: ≈1350 mg/L), avec pour conséquence possible des augmentations de pH. L'étude a mis en évidence l'impact du climat sur la dynamique nutritionnelle de la vigne dès les premiers stades phénologiques, à des degrés divers selon les types de cépage et leur adaptation agro-climatique.

**Mots clefs :** climat, nutrition minérale, dynamique d'assimilation, agro-œnologie, maturité technologique, analyse pétiolaire.

### Abstract

As Jules Guyot used to say in 1860: «The Genius of the Wine lays in the Vine stock ». The wine draws it's quality from the vineyard ; that is a very old idea, now widely spread. Many viticultural practices are in fact winemaking operations and the direct or indirect links between most viticultural ways and their oenological consequences are still undiscovered. Water supply along with the vine nutrition, which depend on both viticultural practices and weather conditions are major issues. The aim of the present study is to highlight the influence of these two issues on musts and wines' composition and balance, with a focus on two key factors : nitrogen and potassium. A network of ten plots of vines has been followed between 2011 and 2014 in the Languedoc Roussillon area. Analysis of petioles from the fruit zone leaves were performed at each phenological stage : seperate floral buds, flowering, fruit set, pea-sized, bunch closure, veraison, maturity, post-maturity. The average nitrogen content in the petioles shows annual variations (between 0.5 and 2.5% of dry matter content), with a clear difference at the beginning of the growth season. These differences can mainly be explained by the climatic variations among the different millesimes. The nitrogen levels found in the fruit zone petioles tend to converge to 1%DM after flowering, even though some summer accumulations can sometimes be detected, explaining some increases of the nitrogen concentration in musts. As well, right from the first phenological stages of the vine's growth, potassium levels in petioles may vary significantly from year to year (between 2.5 and 4.5%DM). The years knowing strong assimilations are characterized, at maturity, by a considerable decrease of potassium content in petioles (30% in 2011), correlated to the loading of potassium in musts (2011: 1540 mg/L ; 2013 et 2014: ≈1350 mg/L), leading to a pH increase. This study highlights the climate impact on the nutritional dynamic of the vine, as early as the firsts phenological stages and at different levels according to the grape varieties and their agro-climatic adaptation.

**Key words :** climate, mineral nutrition, dynamic of absorption, agro-oenologie, technological maturity, petiole analyses.

# 1 Introduction

Comme le disait 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 distinctes et n'interagissent que très peu, ce qui conduit épisodiquement à des divergences entre les orientations viticoles et les attendus œnologiques. Le nouveau concept d'« agro-œnologie » (Laboratoires Dubernet, 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 culturaux 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. L'azote total mesuré sur les pétioles en zone fruitière (ZF) est la résultante : 1/ de l'azote structural 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). Le potassium quant à lui est le cation le plus présent dans les tissus végétaux, il est très mobile et assure de multiples rôles : 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 et dans la régulation de l'acidité dans les vins (le potassium forme des sels insolubles avec l'acide tartrique, à l'origine des précipitations tartriques) (Champagnol F., 1986). Les carences peuvent avoir des conséquences sur les vignes (blocage de la maturité, défauts d'aoûtement et de mise en réserve) et sur les équilibres des vins (petit degré, forte acidité, vins peu colorés...). A contrario, un excès de K entraîne une forte augmentation du pH des moûts et des vins, et une diminution de l'acide tartrique pouvant conduire à un déséquilibre des vins (MPelasoka B.S. et al. 2003).

# 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. Le pétiole n'étant pas un organe de stockage, les effets mesurés peuvent plus facilement être reliés aux flux à cet endroit de la plante, à un moment donné. Un réseau de 10 parcelles de références, de cépages, porte-greffes, sols, et modalités culturales différentes, dans le Languedoc-Roussillon, 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 la même manière au cours des années 2011 (uniquement pour K), 2012, 2013, et 2014. Les LUV (limites usuelles de variations) sont calculées 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.

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).

Le protocole de prélèvement est le suivant : quatre-vingt pétioles sont prélevés sur des rangées de vignes identiques à chaque stade 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 séchées à l'étuve, puis broyées 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 accréditée ISO 17025). Les données sur moûts présentés 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 ( $\text{NH}_4^+$ ), d'azote  $\alpha$ -aminé (NOPA) et de potassium sont réalisées par IRTF (WineScan Foss).

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

# 3 Résultats et discussion

## • Dynamique de l'azote

Dans les zones méditerranéennes, les mesures montrent que l'intensité de l'assimilation de l'azote est à son maximum aux stades printaniers (Figure 1), pendant une période relativement courte (de l'ordre de quelques semaines), en raison des paramètres humidité / température optimum dans le sol, favorisant le fonctionnement du sol et la minéralisation de l'humus. La teneur en nitrate disponible et directement assimilable est plus élevée: en effet, l'azote total moyen des pétioles ZF représente entre 1,77 et 2,16%MS au stade BFS contre moins de 1%MS à partir du stade TP. Le flux d'eau sol – plante – atmosphère fonctionne mieux dans ces conditions grâce à une évapotranspiration activée par des bonnes conditions météorologiques.

Cependant, 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. Il en résulte que la qualité de la fenêtre d'assimilation printanière de l'azote par la vigne est déterminante et permet un basculement précoce vers une situation d'autotrophie favorable (les quantités de nitrate et d'ammonium absorbés doivent être suffisantes pour couvrir les besoins de la vigne et lui permettre une bonne croissance). L'analyse pétiolaire précoce permet de vérifier les assimilations de la vigne et d'intervenir si nécessaire pour les améliorer par des apports foliaires de préférence avant floraison.

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 3, que les plus fortes teneurs en azote assimilable des moûts ont été obtenues les années de bonnes assimilations azotées au printemps. 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) (Tregouat O. et al., 2002). Si les assimilations printanières d'azote sont favorables, les fortes assimilations azotées pouvant avoir lieu en période estivale (conditions fraîche et humide) ne sont pas communément considérées comme un facteur qualitatif, en particulier sur 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 et al. 2003).

### ○ Dynamique du potassium

De même que pour 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). Dès les premiers stades de développement de la vigne, la variabilité interannuelle est très marquée, 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 teneurs en potassium se discriminent très nettement d'une année à l'autre (Figure 2), les tendances établies dès le printemps se confirment sur les données étudiées. Les années 2013 et 2014 sont relativement semblables avec des assimilations faibles dès le début de saison (K moyen  $\approx$  2,5%MS), puis le potassium reste stable entre la véraison et la maturité (K moyen entre 1,80%MS et 1,63%MS pour 2013). En 2011, une bonne assimilation printanière (K moyen = 3,64%MS) a été suivie par une bonne assimilation estivale (K moyen entre 3,25 et 3,79%MS entre TP et VER). Au niveau des moûts analysés ces années-là (Figure 4), les teneurs les plus élevées en K ont été observées en 2011 (K = 1540 mg/L) où on observe une chute de 30% du potassium entre la véraison et la maturité. Ce phénomène appelé « décharge potassique » correspond à une forte migration du potassium vers le raisin et à l'accumulation des sucres dans les baies. D'intensité variable, elle est fonction de la dynamique annuelle d'assimilation et des conditions de T°C à l'approche de la maturité (les T°C élevées l'accélèrent). Elle se sur exprime pour les cépages délocalisés au Sud de leur limite de culture et se sous exprime pour ceux délocalisés au Nord de leur limite. 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 des maturités. Les apports correctifs en K à la vigne sont donc à raisonner en fonction des conditions climatiques du millésime mais également en fonction du cépage (Crespy A., 2010). Pour 2013 et 2014, de faibles assimilations en K se sont traduites par des concentrations plus faibles dans les moûts (2013 : K = 1350 mg/L ; 2014 : K = 1343 mg/L). En revanche, en 2012, la teneur en K des moûts est relativement élevée (K = 1491 mg/L) par rapport à celle dans la pétiole à véraison (K moyen = 1,80 %MS) et s'explique par une meilleure assimilation printanière comparée à 2013 et 2014 (2012 : K moyen = 3,35 %MS à BFS).

## 4 Conclusion

Les conditions printanières (T°C, disponibilité en eau dans le sol) déterminent ainsi les équilibres de la vigne, avec des conséquences qui se répercuteront tout au long de la saison, puis dans les moûts. Les niveaux d'assimilation printaniers en azote et en potassium sont des déterminants primordiaux des teneurs dans les moûts. L'analyse pétiolaire dès le stade « Boutons floraux séparés » permet de contrôler en temps réel la dynamique d'assimilation de la vigne pour ces deux éléments parmi d'autres et de corriger si nécessaire par des apports foliaires, des carences dommageables pour le reste du cycle de la vigne. Ces apports doivent se raisonner en fonction du cépage et du profil du vin souhaité. Les corrélations ne sont cependant pas simples et directes, en outre les assimilations estivales, éventuelles et épisodiques, bien que limitées en zones méditerranéennes, peuvent interférer de façon plus ou moins notable.

Ainsi, un développement rapide de la vigne au printemps, avec une assimilation azotée efficace est sans doute l'une des clés qui conditionnent un bon potentiel œnologique, en particulier en zone méditerranéenne. A ces fins, des actions culturales pourront être menées afin de favoriser la minéralisation de l'humus du sol (travail et aération du sol, apports d'engrais au sol, irrigation précoce si besoin, etc...) et d'aider la croissance en cas de situation défavorable, notamment par des apports foliaires, susceptibles d'initier et d'étayer le démarrage de la croissance et/ou de favoriser la maturité.

## Bibliographie

- CHAMPAGNOL F.**, 1984. *Eléments 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 régies 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.
- TREEBY 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.

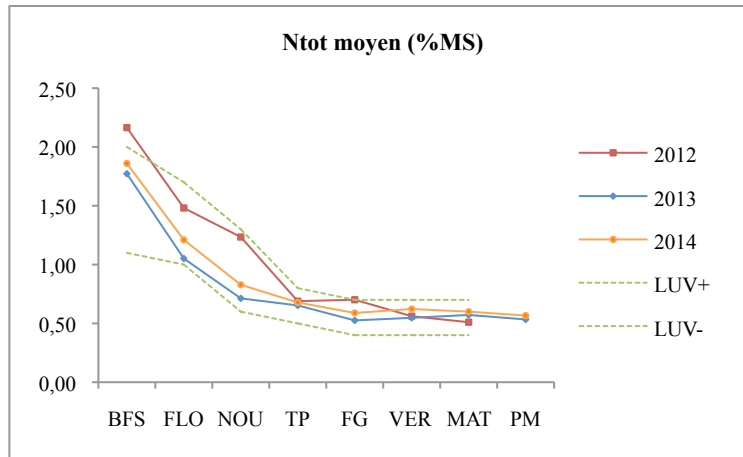


Figure 1 : Azote total moyen (%MS) calculé sur les 10 parcelles de référence SRDV à chaque stade phénologique (BFS: boutons floraux séparés, FLO: floraison, NOU: nouaison, TP: taille pois, FG: fermeture de grappe, VER: véraison, MAT: maturité, PM: post-maturité). LUV+ et LUV- sont les limites statistiques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

Figure 1 : Average of total azote content calculated from the 10 SRDV reference parcels at each phenological stage (BFS: separate floral buds, FLO: flowering, NOU: fruit set, TP: pea-sized, FG: bunch closure, VER: veraison, MAT: maturity, PM: post-maturity). LUV+ and LUV- are statistical limits variations.

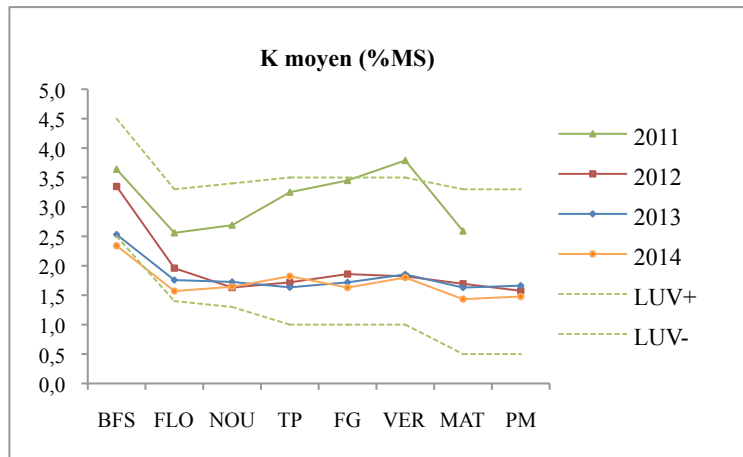


Figure 2 : Potassium moyen (%MS) calculé sur les 10 parcelles de référence SRDV à chaque stade phénologique. (BFS: boutons floraux séparés, FLO: floraison, NOU: nouaison, TP: taille pois, FG: fermeture de grappe, VER: véraison, MAT: maturité, PM: post-maturité). LUV+ et LUV- sont les limites statistiques de variations haute et basse.

Figure 2 : Average of potassium content calculated from the 10 SRDV reference parcels at each phenological stage, stage (BFS: separate floral buds, FLO: flowering, NOU: fruit set, TP: pea-sized, FG: bunch closure, VER: veraison, MAT: maturity, PM: post-maturity). LUV+ and LUV- are statistical limits variations.

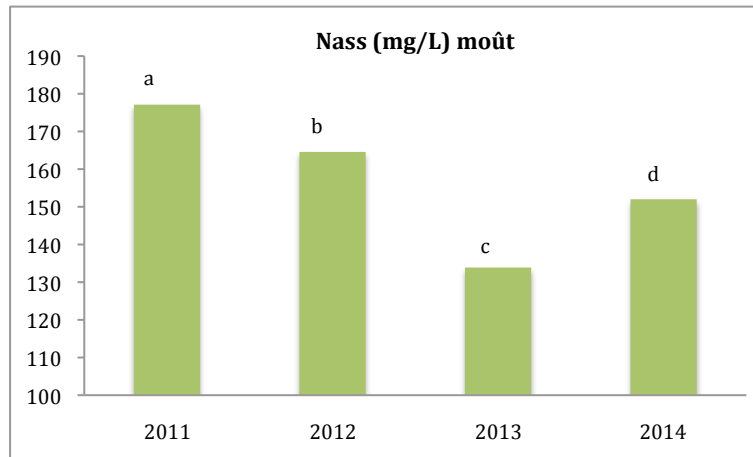


Figure 3 : Moyenne de l'azote assimilable sur moût (mg/L) pour les quatre derniers millésimes sur l'ensemble des échantillons de moût réalisés au laboratoire Dubernet. (plus de 7700 échantillons pour chaque millésime). L'ANOVA montre une différence significative au seuil de 5%. Les moyennes significativement différentes (test de Newman-Keuls au seuil de 5%) sont indiquées par des lettres différentes.

Figure3 : Average of available nitrogen in must calculated from the whole samples analyzed in Laboratoires Dubernet for the last four vintages (more than 7700 samples per vintage). The ANOVA revealed a statistically significant difference at the 5% level. The different letters indicate different averages (Newman-Keuls multiple comparison test ( $\alpha = 0.05$ )).

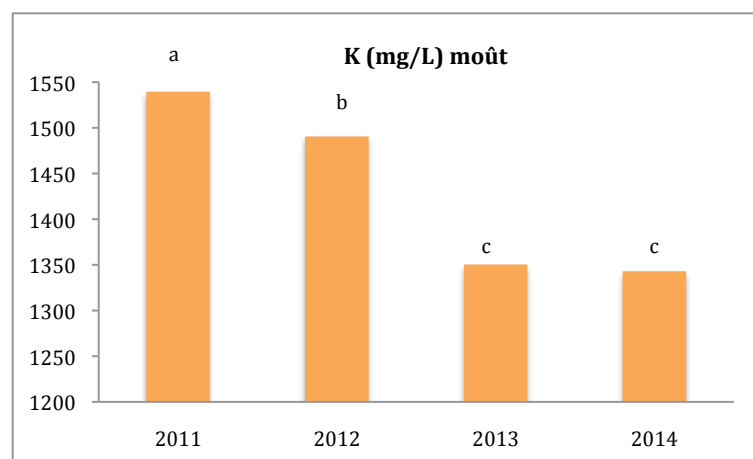


Figure 4 : Moyenne du potassium (mg/L) sur moût pour les quatre derniers millésimes sur l'ensemble des échantillons de moûts réalisés au laboratoire Dubernet. (plus de 7700 échantillons pour chaque millésime) L'ANOVA montre une différence significative au seuil de 5%. Les moyennes significativement différentes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

Figure 4 : Average of available potassium in must calculated from the whole samples analysed in Laboratoires Dubernet for the last four vintages (more than 7700 samples per vintage). The ANOVA revealed a statistically significant difference at the 5% level. The different letters indicate different averages (Newman-Keuls multiple comparison test ( $\alpha = 0.05$ )).