



**HAL**  
open science

## L'eau : déterminant du terroir et de la typicité des produits

Cecile Coulon Leroy, Etienne Neethling, Yves Cadot, Gérard Barbeau

### ► To cite this version:

Cecile Coulon Leroy, Etienne Neethling, Yves Cadot, Gérard Barbeau. L'eau : déterminant du terroir et de la typicité des produits. Innovations Agronomiques, 2014, 38, pp.117-129. hal-02636116

**HAL Id: hal-02636116**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02636116>**

Submitted on 27 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## L'eau : déterminant du terroir et de la typicité des produits

Coulon-Leroy C.<sup>1,2</sup>, Neethling E.<sup>1,3</sup>, Cadot Y.<sup>1</sup>, Barbeau G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA UE1117, UMT Vinitera, 42 rue Georges Morel, F-49071 Beaucouzé

<sup>2</sup> UPSP GRAPPE, Groupe ESA, UMT Vinitera, SFR QUASAV 4207, 55 rue Rabelais, BP 30748, F-49007 Angers Cedex 01

<sup>3</sup> COSTEL-CNRS, UMR6554 LETG, Université Rennes, 2, Place du Recteur Henri Le Moal, F-35043 Rennes

Correspondance : c.coulon@groupe-esa.com

### Résumé

Compte tenu de l'évolution du contexte réglementaire et climatique, les viticulteurs doivent adapter leurs pratiques culturales et notamment celle qui ont un impact sur la gestion de l'eau, élément déterminant du terroir et de la typicité des produits. Nous avons élaboré le concept 'd'itinéraire de fonctionnement' qui permet de modéliser le fonctionnement de la vigne dans son milieu, en fonction des effets combinés du sol, du sous-sol, de l'environnement paysager et des pratiques culturales. L'application du concept d'itinéraire de fonctionnement de la vigne, sur des parcelles d'étude, montre qu'il est possible de caractériser, de manière simple et opérationnelle, le fonctionnement de la vigne dans son ensemble et de le relier à des types de produit raisin/vin. Dans un premier temps, les variables caractérisant le niveau de développement végétatif et la précocité des parcelles sont prédites en fonction des facteurs du milieu et des pratiques culturales. Dans un second temps, l'impact des conditions d'alimentation hydrique est évalué. Il apparaît que, d'après les décrets d'appellations, les pratiques laissées au libre choix des viticulteurs peuvent avoir un impact fort sur la gestion de l'alimentation hydrique. Ils disposent donc d'une marge de manœuvre pour adapter au mieux leurs pratiques en fonction des facteurs du milieu et du type de vin souhaité, certaines parcelles étant plus sensibles à l'effet du millésime. Une évolution des pratiques peut permettre de s'adapter à court et moyen termes au changement climatique, toutefois à long terme les bons terroirs d'aujourd'hui ne seront peut-être pas ceux de demain, des vignes pourront être plantées sur les parcelles jugées jusqu'alors comme moins qualitatives étant donné de fortes réserves en eau.

**Mots-clés** : alimentation hydrique, pratiques agricoles, modélisation, changement climatique

### Abstract: The water supply: a key element of the "terroir" and typicality of products

Winegrowers must adapt their viticultural practices taking into consideration new environmental regulations and a changing climate. We designed a conceptual representation of the joint effects of soil, subsoil, landscape and cultural practices on vine behavior. The joint effects were connected to 'grape/wine' product types that were previously characterized by winegrowers and advisory agents. Our concept applied to study plots, showed that it was possible to characterize, in a simple and operational way, the global vine functioning/behavior and relate it to 'grape/wine' product types. Firstly, variables evaluating vegetative development and earliness are evaluated according to soil, sub-soil factors and cultural practices. Then, water supply conditions are characterized. According to regulations of designation of origin, it appears that practices opened to the choice of winegrowers may have an impact on water supply. Some plots being more sensitive than others to annual climate variability, growers have a certain flexibility to adapt their practices to environmental factors and expected wine style.

Changes in cultural practices may allow winegrowers to adapt to climate change at short and medium term. However at a long term, the best vineyard plot localizations of today might not be those of

tomorrow. Vines could be planted on plots which until now had been evaluated as less qualitative, because of an excessive water holding capacity.

**Keywords:** water supply, agricultural practices, modelling, climatic change

## 1. L'alimentation hydrique : un facteur clé dans l'élaboration de la qualité du raisin et du vin

De nombreux travaux attestent que la composition du raisin est fortement influencée par la contrainte hydrique que subit la vigne au cours de son cycle végétatif (Cadot *et al.*, 2006 ; Chacon *et al.*, 2009 ; Chapman *et al.*, 2005 ; Koundouras *et al.*, 1999 ; Matthews *et al.*, 1990). Des niveaux de contraintes hydriques différents aboutissent à des niveaux variables en terme de composition des raisins et par conséquent à des types de vins différents (Deloire *et al.*, 2005).

Une alimentation hydrique non limitante tout au long du cycle, entraîne un fort développement végétatif avec une forte vigueur et une croissance végétative prolongée dans le temps. Les rendements sont aussi plus élevés mais les concentrations en sucres, acides organiques et composés phénoliques de la baie sont plus faibles en raison d'une concurrence pour l'utilisation des assimilats entre grappes et jeunes feuilles et du phénomène de dilution dans les baies. Une absence de contrainte hydrique a ainsi une répercussion plutôt négative sur la qualité des vins (Champagnol, 1984 ; Cortell *et al.*, 2005 ; Tesic *et al.*, 2002).

Au contraire, si la contrainte hydrique est trop importante, la vigne va fermer ses stomates pour limiter les pertes d'eau stoppant les échanges gazeux. Une forte contrainte hydrique diminue ainsi la production d'assimilats avec notamment une réduction de l'accumulation des sucres et des anthocyanes dans la baie (Ojeda, 1999). La synthèse de certains polyphénols peut cependant être augmentée chez les cépages rouges (Morlat *et al.*, 1992 ; Cadot *et al.*, 2006 ; Olle *et al.*, 2011). De plus, une contrainte hydrique très forte diminue la taille des baies ce qui, à cause d'une dilution plus faible, peut entraîner une plus forte concentration en certains composés, comme les composés phénoliques de la pellicule (Ojeda *et al.*, 2002). Un accroissement de la teneur en composés phénoliques du raisin peut augmenter l'intensité de la couleur du vin et modifier les perceptions d'astringence (Chacon *et al.*, 2009). Mais certains effets de la contrainte hydrique sur la composition du raisin, comme l'augmentation de la concentration en composés phénoliques de la pellicule, interviennent indépendamment d'une diminution de la taille des baies car la contrainte hydrique a aussi un effet sur la biosynthèse de ces composés (Roby *et al.*, 2004).

L'idéal pour une production de qualité est de pouvoir disposer d'une contrainte hydrique modérée. Dans le cas de cépages rouges, une alimentation hydrique induisant une contrainte hydrique modérée s'avère en effet optimale pour la production d'une vendange de haute qualité (Van Leeuwen *et al.*, 2009 ; Morlat, 2010).

L'influence de la contrainte hydrique sur la vigne dépend aussi du moment de son apparition (Hardie et Considine, 1976 ; Matthews et Anderson, 1988 ; Morlat *et al.*, 1992 ; Ojeda *et al.*, 2002 ; Girona *et al.*, 2009). Une contrainte hydrique installée soit de manière modérée avant la véraison soit de manière forte après la véraison, affecte la composition des baies, alors qu'une contrainte hydrique modérée après la véraison a un effet positif ; par ailleurs, une absence de contrainte hydrique ou une contrainte faible avant la véraison ne va pas limiter le développement du couvert végétal, ce qui va accentuer l'effet de la contrainte hydrique après la véraison étant donné une évaporation plus importante engendrée par la plus grande surface foliaire.

Il faut noter que la contrainte hydrique a un impact sur l'année en cours ou l'année dite « n » mais a aussi un impact sur la fertilité du bourgeon en année « n+1 » (Guilpart *et al.*, 2014). L'alimentation

hydrique est en effet aussi vectrice des éléments minéraux et oligo-éléments pour une mise en réserve pour les années suivantes.

L'alimentation hydrique de la vigne dépend du climat et de la réserve maximale en eau du sol, notamment l'accessibilité de cette réserve en eau par les racines de la vigne, mais aussi des pratiques culturales et du matériel végétal. Les apports d'eau au sol et à la vigne sont liés à la pluviométrie et éventuellement à l'irrigation, tandis que les pertes concernent le ruissellement, l'évaporation directe du sol et la transpiration du couvert végétal.

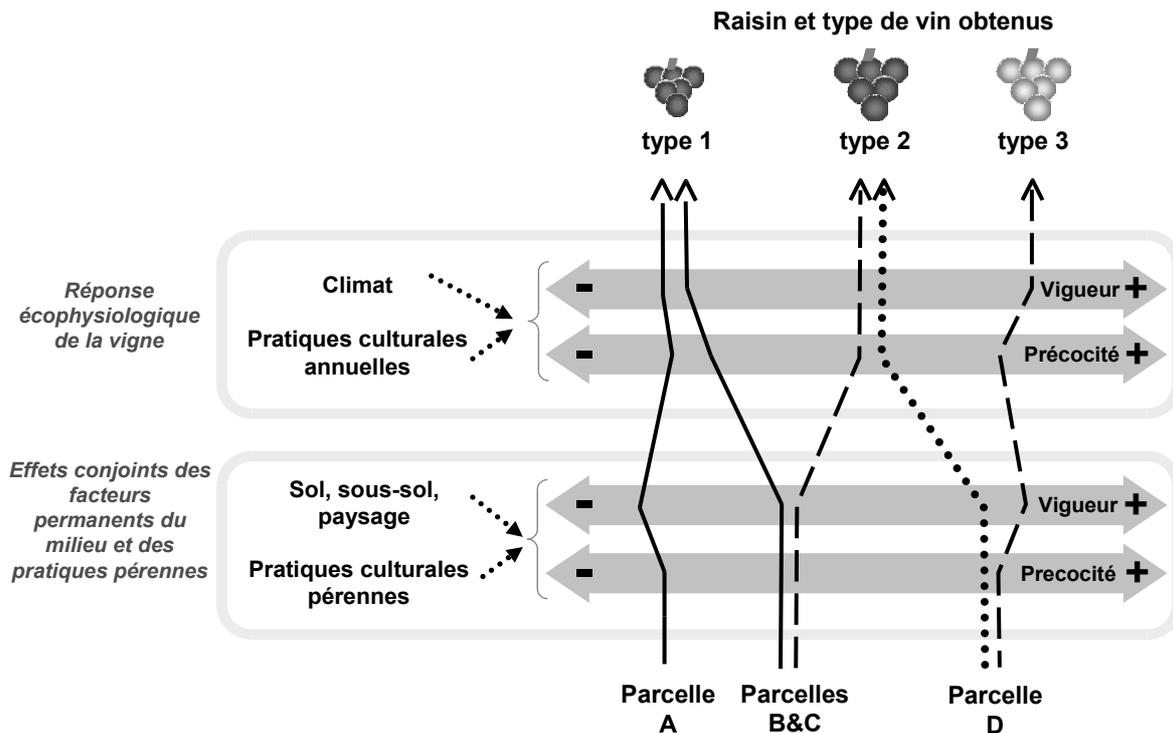
Goulet *et al.* (2004) ont utilisé une méthode de calcul de la réserve en eau utile maximale du sol en fonction de la profondeur du sol, des humidités à la capacité au champ et au point de flétrissement, de la densité apparente et du pourcentage de terre fine basée sur l'équation de Baize (2000).

La réserve en eau utile maximale du sol étant connue, l'alimentation hydrique peut ensuite être abordée grâce à un modèle de bilan hydrique (Riou et Lebon, 2000). Celette *et al.* (2010) ont mis au point récemment un modèle de bilan hydrique intégrant la part d'eau consommée par l'enherbement et celle perdue par ruissellement. Gary *et al.* (2005) indiquent une trajectoire optimale de contrainte hydrique au cours du cycle, pour assurer une vendange de qualité et un rendement satisfaisant. Deloire *et al.* (2005) affinent ce concept en proposant une trajectoire par style de vin.

## **2. Les conditions hydriques entraînent une diversification des itinéraires de fonctionnement de la vigne**

Le modèle conceptuel, que nous appelons 'itinéraire de fonctionnement', est basé, tout d'abord, sur la caractérisation de deux variables dépendantes, la vigueur et la précocité. Cette caractérisation est effectuée en fonction de facteurs permanents du milieu. La vigueur conférée par le milieu est calculée à partir de trois données d'entrée : la réserve utile en eau maximale du sol, le pourcentage de cailloux et la dureté de la roche-mère (Morlat *et al.*, 2001). La précocité est fonction de trois variables composites (Morlat *et al.*, 2001 ; Coulon *et al.*, 2012) : la vigueur conférée par les facteurs du milieu évoquée précédemment, le mésoclimat thermique calculé à partir de l'altitude, l'exposition, l'ouverture du paysage et la topographie et le pédoclimat thermique calculé à partir de l'humidité à la capacité au champ, le drainage et la couleur de la surface du sol. Cette première étape de caractérisation est indépendante des conditions climatiques du millésime. Les conditions d'alimentation hydrique du millésime entraînent ensuite une diversification des itinéraires de fonctionnement.

Il s'agit d'une représentation simplifiée du système mais qui peut permettre de caractériser facilement le fonctionnement de la vigne et qui peut être suffisante pour lier celui-ci à un type de produit raisin/vin. Le concept d'itinéraire de fonctionnement est illustré dans la Figure 1. Suivant les conditions climatiques de l'année, une même parcelle peut présenter plusieurs types d'itinéraires de fonctionnement, conduisant à des types de raisin et vin différents. De même, un même type de raisin peut être obtenu avec divers itinéraires de fonctionnement. Ainsi, pour une parcelle présentant une réserve utile maximale en eau importante, l'utilisation d'un enherbement très concurrentiel peut permettre d'obtenir une alimentation hydrique de la vigne similaire à celle d'une parcelle à plus faible réserve en eau conduite sans enherbement. Ceci souligne l'intérêt de considérer des combinaisons de facteurs. Ainsi, en conditions climatiques identiques, des combinaisons différentes entre facteurs du milieu et pratiques culturales peuvent conférer un même potentiel de vigueur ou de précocité. Des parcelles avec des caractéristiques géo-pédologiques variées peuvent avoir des fonctionnements similaires. Divers itinéraires de fonctionnement peuvent ainsi aboutir à un même type de raisin et de vin. Une gestion fine des itinéraires de fonctionnement permettrait donc de produire des vins plus homogènes avec une meilleure maîtrise de leur qualité.



**Figure 1** : Illustration du concept d'itinéraire de fonctionnement. Suivant les conditions climatiques de l'année, une même parcelle peut avoir des itinéraires de fonctionnement différents. Ces itinéraires de fonctionnement conduiront à des types de raisin différents. Un même type de raisin peut-être obtenu avec différents itinéraires de fonctionnement (Coulon-Leroy, 2012a).

Il faut noter en complément, que bien que le modèle présenté n'intègre pas les bio-agresseurs dans le système, il peut participer à la gestion de la pression parasitaire par une meilleure connaissance de l'environnement constitué des facteurs du milieu physique et des facteurs anthropiques à travers les pratiques culturales, en combinaison avec le type de millésime. La vigueur de la vigne est généralement favorable à certaines maladies. Aussi, une vigne vigoureuse, étant donné notamment des conditions hydriques non limitantes, sera plus sensible au mildiou, le microclimat étant plus favorable au développement du champignon et à une proportion plus importante de jeunes feuilles sensibles sur les ramifications secondaires (Valdes *et al.*, 2005 ; Calonsec *et al.*, 2009). La gestion en amont de la vigueur grâce à la modélisation du fonctionnement de la vigne peut donc contribuer à évoluer vers des pratiques en adéquation avec les recommandations de l'agro-écologie (Dalgaard *et al.*, 2003).

### 3. Les viticulteurs, acteurs de la gestion de l'alimentation hydrique

Les vigneron ont un type de vin comme objectif. Pour eux, le sol serait l'élément le plus influant sur le type de vin (Cadot *et al.*, 2012). Toutefois, le lien entre la représentation conceptuelle de leur produit et la représentation perceptuelle, c'est-à-dire ce qu'ils veulent produire et ce qu'ils produisent, met en évidence le rôle des pratiques et notamment des pratiques œnologiques (sur lesquelles les viticulteurs ont globalement une meilleure maîtrise et peuvent agir plus vite par rapport aux pratiques agro-viticoles) (Cadot, 2010).

Dans le cadre d'une viticulture de terroir et de production de vins à indication géographique, un certain nombre de pratiques sont imposées par les cahiers des charges des Appellations d'Origine Protégée (AOP). En dehors des pratiques fixées par ces AOP, le viticulteur a la possibilité d'adapter un certain nombre d'autres pratiques. Par exemple, nous indiquons dans le Tableau 1 les pratiques pérennes, semi-pérennes et annuelles fixées par un cahier des charges et celles que le viticulteur peut choisir.

Nous nous appuyons sur l'exemple de deux AOP du Val de Loire, « Saumur » et « Cabernet de Saumur ». Les pratiques imposées visent à obtenir une qualité optimale de raisin et sont raisonnées indépendamment des facteurs du milieu. Les pratiques que le viticulteur doit choisir sont à raisonner en fonction des facteurs du milieu et notamment des conditions d'alimentation hydrique des parcelles qui peuvent être très variables sur une même zone d'AOC. Ce sont des pratiques qui ont un fort impact sur le développement de la vigne et la qualité du raisin (Agut *et al.*, 2005 ; Barbeau *et al.*, 2006 ; Tesic *et al.*, 2007).

**Tableau 1** : Pratiques pérennes, semi-pérennes et annuelles imposées par la réglementation et le cahier des charges régissant les deux AOC « Saumur » et « Cabernet de Saumur » (décret n° 2011-1360 du 24 octobre 2011, JORF du 27 octobre 2011) et celles que peut choisir le viticulteur.

	Pratiques fixées par les cahiers des charges des AOC	Pratiques au libre choix du viticulteur
<b>Pratiques pérennes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le cépage</li> <li>- le mode de conduite : densité minimale de plantation, écartement maximal entre les rangs et écartement minimal entre les cepes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le choix de la parcelle</li> <li>- le porte-greffe</li> </ul>
<b>Pratiques semi-pérennes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le type de taille</li> <li>- le couvert végétal des tournières</li> <li>- la charge maximale en raisins et le rendement par hectare</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le mode d'entretien du sol : gestion du couvert herbacé, fertilisation minérale et amendements organiques</li> </ul>
<b>Pratiques annuelles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le nombre de bourgeons maximal laissés à la taille</li> <li>- le rapport minimal entre la hauteur de feuillage et l'écartement entre les rangs, qui conditionne la hauteur minimale du rognage</li> <li>- l'interdiction d'irriguer</li> <li>- la charge maximale en raisin (kg/ha)</li> <li>- la richesse minimale en sucre du raisin qui détermine la date de vendange.</li> <li>- le début possible de la vendange (suivant le ban des vendanges)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la date de taille</li> <li>- l'éclaircissage</li> <li>- l'effeuillage</li> <li>- le rognage</li> <li>- l'ébourgeonnage</li> <li>- la protection phytosanitaire</li> </ul>

L'OIV a récemment proposé une définition du terroir qui mentionne le rôle des interactions entre le milieu physique et les pratiques mises en œuvre par les viticulteurs. Toutefois, peu d'études sur les terroirs intègrent la dimension humaine et collective alors que pourtant ce sont les activités humaines qui révèlent le potentiel du terroir et les spécificités du produit, à travers la mise en œuvre des pratiques culturelles (Bérard et Marchenay, 2006). Les travaux de l'unité Vigne et Vin de l'INRA d'Angers ont confirmé l'intérêt de prendre en compte les pratiques des viticulteurs dans les études des terroirs (Barbeau *et al.*, 2006 ; Thiollet-Scholtus *et al.*, 2009 ; Cadot *et al.*, 2011).

Le viticulteur adapte ses pratiques culturelles en fonction de la perception qu'il a de son milieu et du type de vin qu'il souhaite produire. Des travaux ont mis en évidence un niveau d'adaptation des pratiques au milieu plus ou moins important (Goulet et Morlat, 2011).

Bodin (2003) avait étudié l'adaptation des pratiques culturelles à différentes unités terroir de base. Cet auteur avait montré qu'il n'y a pas d'association significative des pratiques culturelles et des unités terroir de base, les viticulteurs adaptant préférentiellement leurs pratiques en fonction de leur objectif de production.

#### 4. Des types de fonctionnement variés suivant les parcelles

Le suivi du fonctionnement de la vigne et de la qualité des raisins et des vins de Cabernet franc a été conduit de 2002 à 2005 sur des unités pédologiques définies et représentatives de la zone d'étude de Saumur – Bourgueil – Chinon, en moyenne vallée de la Loire. L'accent a été mis sur les conditions d'alimentation en eau de la vigne, étroitement liées à la réserve en eau des sols (réserve utile) et à la pluviométrie estivale durant les millésimes étudiés. Les mesures de suivi de l'alimentation en eau ont montré une contrainte hydrique globale très faible en 2002, faible en 2003, modérée en 2004, très forte en 2005. Les données des années 2002 et 2005 ont été mobilisées dans le cadre des travaux de Coulon-Leroy (2012c), des données issues de l'analyse sensorielle des vins étant disponibles pour ces deux années.

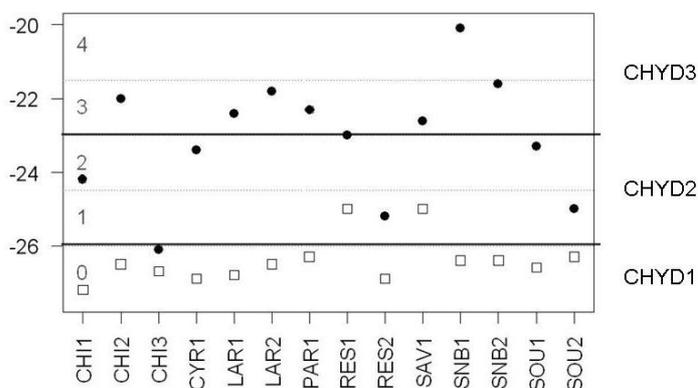
En considérant les rapports isotopiques C13/C12 sur moûts à la vendange (Figure 2), de forts écarts d'alimentation hydrique entre les parcelles et entre les deux millésimes, ainsi que plusieurs cas de figure sont observés :

- Des parcelles ne subissent pas ou peu de contrainte hydrique quel que soit le millésime, elles sont peu sensibles au climat de l'année (CHI3, RES2 et SOU2). Ce sont des parcelles qui sont toujours tardives avec un potentiel qualitatif faible.

- Des parcelles présentent une sensibilité moyenne au climat de l'année (CHI1, CYR1, RES1, SOU1). Ce sont des parcelles très souvent précoces avec un potentiel qualitatif élevé.

- Des parcelles présentent une forte sensibilité au climat de l'année (CHI2, LAR1, LAR2, PAR1, SNB1 et SNB2). La qualité de la vendange peut être très variable d'un millésime à l'autre.

Étant donné les facteurs du milieu, certaines parcelles ont un comportement qui peut varier fortement d'une année à l'autre (Barbeau *et al.*, 1998 ; Bodin 2003). Les parcelles sont plus ou moins réactives en fonction du millésime.



**Figure 2 :** Valeurs des rapports isotopiques C13/C12 pour chacune des quatorze parcelles d'étude et pour les deux millésimes : 2002 (carré blanc) et 2005 (rond noir), CHYD1 : absence de contrainte hydrique, CHYD2 : contrainte hydrique modérée, CHYD3 : contrainte hydrique forte.

Nous avons mis en relation le niveau de stress hydrique au cours de la maturation (période entre la date de mi-véraison et la date de maturité technologique), évalué par la mesure du rapport isotopique C13/C12 avec celui évalué par le calcul des itinéraires hydriques (Van Leeuwen *et al.*, 2001). Un niveau de contrainte faible est simulé pour sept parcelles, suivant le calcul des itinéraires hydriques, alors qu'aucune contrainte hydrique n'est indiquée par la mesure des rapports C13/C12.

Cette mise en relation nous a permis d'identifier que la réserve en eau, permettant d'initialiser le calcul des itinéraires hydriques, doit être évaluée sur toute la profondeur du sol. Une correction peut être apportée pour prendre en compte l'alimentation hydrique due à des racines plongeantes. Les itinéraires

hydriques peuvent être utilisés pour caractériser la contrainte hydrique des parcelles subie au cours de la période de maturation mais une incertitude sur l'évaluation doit toutefois être prise en compte.

Les rapports isotopiques nous fournissent une information très précise indiquant le niveau de stress au cours de la maturation, c'est à dire après la véraison. Le calcul des itinéraires hydriques est moins précis puisqu'il est basé sur des données présentant un certain niveau d'incertitude. Toutefois, il permet d'apprécier le niveau de stress hydrique tout au long du cycle végétatif. Le calcul de l'itinéraire hydrique peut être utilisé pour évaluer la diversification de l'itinéraire de fonctionnement en fonction de l'alimentation hydrique.

## 5. Des itinéraires de fonctionnement liés aux types sensoriels

Des entretiens avec des professionnels ont permis, en 2010, d'identifier six types de produit obtenu à partir du cépage Cabernet Franc. Les types ont été définis par les experts à partir de trois critères : les arômes (de végétal à fruité), la structure (de léger à corsé) et la qualité des tanins (de fondus à secs). Ces critères avaient été analysés sensoriellement par des professionnels en 2002 et 2005. Une étude préalable des caractéristiques climatiques des années passées (Coulon *et al.*, 2011) avait permis de vérifier que 2002 et 2005 étaient des années contrastées, représentatives de millésimes passés et futurs à moyen terme (Cf. ci-après et Figure 3). Les analyses de données ne montrent pas de corrélations entre ces trois critères. Les valeurs des critères ont été combinées en utilisant des opérateurs de la logique floue afin de calculer un pourcentage d'appartenance pour chaque couple 'parcelle-année' à chaque type (la somme des degrés d'appartenance de chaque type est égale à 100%).

Le pourcentage d'appartenance moyen à un type, calculé, est de 17%. Certains couples 'parcelle-année' présentent un type très majoritaire, d'autres n'ont pas un type qui se démarque étant donné que les critères ont été notés dans la moyenne. Une comparaison des pourcentages d'appartenance entre les deux millésimes révèle une sensibilité au millésime, et en particulier à la contrainte hydrique, plus ou moins importante suivant les parcelles : SOU2, parcelle que nous considérons comme peu sensible au millésime, présente des pourcentage d'appartenance qui varient peu entre 2002 et 2005, contrairement à LAR2 par exemple, parcelle que nous considérons comme très sensible au millésime (Tableau 2).

Nous avons mis en évidence que la réactivité au millésime se traduisait au niveau du fonctionnement de la vigne mais aussi au niveau de celui des types de 'produit raisin/vin' obtenus. Les parcelles très réactives au millésime présentent une plus forte variabilité de leurs caractéristiques sensorielles d'une année à l'autre. La caractérisation des itinéraires de fonctionnement doit prendre en compte cette réactivité au millésime et, dans le cadre de travaux de modélisation, nous avons suggéré de retenir des années de référence. Celles-ci peuvent facilement être identifiées sur un vignoble (Coulon *et al.*, 2011). La méthode que nous avons proposée utilise des variables climatiques calculées en fonction des états de développement de la vigne, ce qui permet de caractériser finement les types climatiques dans le cadre des études sur le fonctionnement de la vigne.

La contrainte hydrique peut permettre de produire des vins du type 'Fruité – Corsé – Secs' dans le cas de parcelles tardives, avec un fort développement végétatif et reproducteur qui produiraient plutôt, lors de millésimes avec une contrainte hydrique plus faible, un type 'Végétal – léger'. A l'inverse, des parcelles avec un faible développement végétatif et reproducteur et précoces qui produiraient plutôt un type 'Fruité – Corsé – Secs' pourraient donner un type 'Végétal – Léger' si la contrainte hydrique est forte, en raison d'une forte diminution de la photosynthèse induisant des blocages physiologiques.

La date de vendange est aussi une variable à prendre en compte. Une parcelle peut permettre, suivant la date de vendange, de produire plusieurs types de 'produit raisin/vin', et ce, d'autant plus que les parcelles sont précoces. Il est judicieux d'identifier les parcelles aptes à ne produire qu'un type de vin de celles aptes à produire une gamme de produits. Cette identification permet d'évaluer les marges de

manœuvre dont dispose le viticulteur pour répondre à ses objectifs de production en termes de gamme de types de produit et de volume produit par type.

**Tableau 2 :** Pourcentages d'appartenance de chaque couple 'parcelle-année' à chaque type de 'produit raisin/vin' en 2002 et 2005. FCS : 'Fruité - Corsé - Tanins secs', FCF : 'Fruité - Corsé - Tanins Fondus', FLS : 'Fruité - Léger - Tanins Secs', FLF : 'Fruité - Léger - Tanins Fondus', VC : 'Végétal - Corsé', VL : 'Végétal - Léger. / : données manquantes.

	2002						2005					
	FCS	FCF	FLS	FLF	VC	VL	FCS	FCF	FLS	FLF	VC	VL
CHI1	/	/	/	/	/	/	11	3	13	4	32	37
CHI2	17	3	16	3	32	29	3	34	2	29	17	14
CHI3	18	4	13	3	35	27	11	10	13	11	25	29
CYR1	/	/	/	/	/	/	7	2	5	1	52	33
LAR1	/	/	/	/	/	/	19	16	6	5	41	12
LAR2	31	2	23	1	24	18	20	2	2	0	71	6
PAR1	50	8	12	2	23	5	35	6	11	2	36	11
RES1	17	2	22	2	24	33	3	7	7	15	21	48
RES2	23	8	14	5	31	19	25	21	4	4	39	7
SAV1	17	1	33	2	16	32	11	5	5	2	53	24
SNB1	/	/	/	/	/	/	5	16	6	19	25	29
SNB2	11	1	12	1	36	40	13	20	8	13	28	18
SOU1	26	6	13	3	35	17	42	4	8	1	39	7
SOU2	17	8	8	4	41	21	13	15	8	10	33	21

**Tableau 3 :** Croisement des itinéraires de fonctionnement identifiés et des types de 'produit raisin/vin' FCS (plus 'Fruité - Corsé - Tanins Secs' et moins 'Végétal - Léger') et VL (plus 'Végétal - Léger' et moins 'Fruité - Corsé - Tanins Secs') des quatorze parcelles d'études. Seuls onze itinéraires de fonctionnement peuvent être caractérisés sensoriellement et uniquement dix-sept couples 'parcelle-année' ont une appartenance au type FCS ou VL bien identifiée.

	Contrainte hydrique	Tardive	Précocité moyenne	Précoce
Faible développement végétatif et faible rendement	Faible			LAR202 - <b>FCS</b> SOU102 - <b>FCS</b>
	Moyenne	RES205 - <b>FCS</b>		
	Forte		PAR105 - <b>FCS</b>	SAV105 - <b>VL</b>
Fort développement végétatif et faible rendement	Faible			
	Moyenne		CHI105 - <b>VL</b> RES105 - <b>VL</b> SNB205 - <b>VL</b> SOU105 - <b>FCS</b>	
	Forte		LAR205 - <b>FCS</b> SNB105 - <b>VL</b>	
Fort développement végétatif et fort rendement	Faible	CHI305 - <b>VL</b>	SNB202 - <b>VL</b>	PAR102 - <b>FCS</b>
	Moyenne		CYR105 - <b>VL</b> SOU205 - <b>VL</b>	
	Forte	LAR105 - <b>FCS</b>		

## 6. Un contexte climatique changeant

Depuis maintenant au moins deux décennies, dans le contexte du changement climatique, l'agriculture doit s'adapter (GIEC 2007 ; Trnka *et al.*, 2011). Sadras et Petrie (2011) indiquent qu'une maturité plus précoce des baies due aux températures plus élevées s'explique avant tout par un début plus précoce de la période de maturation et non par une augmentation plus importante de l'accumulation du sucre au cours d'une période de maturation de même durée.

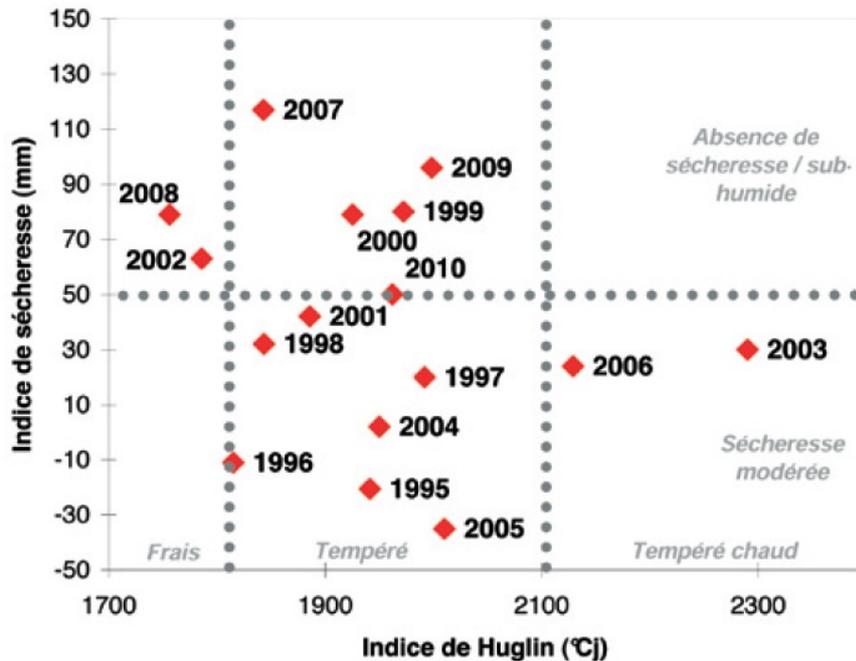
Ces travaux indiquent que la mise en œuvre de pratiques culturales qui peuvent retarder la période de maturité serait très efficace pour s'adapter aux évolutions climatiques. Les réflexions sur la gestion de l'alimentation hydrique doivent s'inscrire dans un environnement dynamique. Les dates de vendanges sont de plus en plus précoces, même si les impacts du changement climatique varient suivant les régions et le type de vin produit. Jones *et al.* (2005) soulignent qu'un des moyens, pour s'adapter à ce changement, consiste à améliorer la modélisation du système viticole en incluant les potentialités du matériel végétal, le développement phénologique et l'adaptation des pratiques culturales.

Les températures minimales, maximales et moyennes ont augmenté significativement dans le Val de Loire au cours des soixante dernières années. Ce réchauffement observé n'a pas été uniforme dans le temps ni dans l'espace. Le comportement de la vigne a été influencé par ces changements climatiques, ce qui s'est traduit, en Val de Loire par des dates de vendange qui peuvent être plus précoces et une modification de la composition des raisins à une même période (Neethling *et al.*, 2011). Les conditions climatiques plus favorables au moment des vendanges ont toutefois permis aux viticulteurs de retarder la date de récolte et ainsi atteindre une meilleure maturité des raisins. Il est aussi probable que le style de vin recherché par les viticulteurs ait changé (Garcia de Cortazar-Atauri *et al.*, 2010). Ceci montre tout l'intérêt des études sur les variables de fonctionnement de la vigne mentionnées précédemment. Des travaux complémentaires sur l'évolution des pratiques doivent donc être entrepris pour essayer de déterminer dans quelle mesure elles ont influencé le fonctionnement de la vigne et le type de 'produit raisin/vin'.

Dans le cadre des travaux de recherche en modélisation du fonctionnement de la vigne en fonction des facteurs du milieu et des pratiques, il est nécessaire d'assurer la représentativité et la variabilité climatique des années. Une classification des années climatiques de 1995 à 2010 a été réalisée à Montreuil-Bellay (49, France) dans la moyenne vallée de la Loire (Coulon *et al.*, 2011). Ce travail a démontré qu'il existe une forte variabilité entre des années en fonction de l'indice de Huglin (IH) et de l'indice de sécheresse (IS) (Figure 3). De plus, les résultats montrent que, par exemple, les années 2002 et 2005, évoquées précédemment, se positionnent dans deux groupes climatiques très contrastés, avec 2002 située dans un climat frais avec une absence de sécheresse et 2005 située dans un climat tempéré avec une sécheresse modérée. Bien que l'année 2003 soit la plus chaude (climat tempéré chaud selon l'IH), elle n'est pas nettement différente que 2002 du point de vue de l'indice de sécheresse.

Dans le contexte de l'évolution du climat au cours du 21<sup>ème</sup> siècle, une caractérisation des années climatiques a été faite à moyen terme pour la période de 2030 à 2050 et à long terme pour la période 2080 à 2100 (pour la station Météo France de Montreuil-Bellay, sur la base des données climatiques issues des sorties du modèle ARPEGE-Climat (Déqué *et al.*, 1994) de Météo-France pour le scénario A1B du GIEC 2007). Dix-sept variables de température et de précipitation, propres à la vigne, ont été calculées pour les années observées et les années simulées (Neethling *et al.*, 2012). Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a permis de caractériser les années observées et simulées en quatre groupes. Selon ces résultats, la majorité des années simulées entre 2030 et 2050 (14 des 21 années) a été identifiée dans un groupe. Les années observées telles que 1989, 1990, 2003 et 2005 sont également situées dans ce groupe. En conséquence, les caractéristiques climatiques d'années observées comme 2005, représentent très probablement le type de climat prévu dans un futur proche (moyen terme), dans la moyenne vallée de la Loire. Cependant, 16 des 21 années simulées pour la période de 2080 à 2100 (un futur lointain) ont, elles, été identifiées dans un groupe différent, avec

aucune année observée à Montreuil-Bellay identifiée dans ce groupe. Ces résultats illustrent donc que, dans un futur lointain, les conditions climatiques pendant la saison de croissance de la vigne seront nettement différentes de ce qui a déjà été observé dans la moyenne vallée de la Loire jusqu'à présent. Dans un futur lointain, la saison de croissance de la vigne devrait donc être encore plus chaude et sèche, sans aucune année observée comparable au type de climat prévu vers la fin du 21<sup>ème</sup> siècle.



**Figure 3 :** Représentation des années climatiques à Montreuil-Bellay (49, France) en fonction de l'indice de Hugel (en abscisse, en degré Celsius-jours) et de l'indice de Sécheresse (en ordonnée, en mm/an). (Source : Coulon *et al.*, 2011)

## 7. Les « bons » terroirs d'aujourd'hui ne seront peut-être pas ceux de demain

Certains milieux considérés aujourd'hui comme moins qualitatifs ou limitants pour la viticulture pourraient, dans le futur, devenir des milieux favorables à un fonctionnement satisfaisant de la vigne. Ce sont, par exemple, des milieux situés sur les versants exposés au nord ou des parcelles caractérisées avec une réserve en eau plus importante, qui, s'ils sont plantés de vignes, servent à élaborer les raisins destinés à produire des vins de base pour les effervescents caractérisés par des niveaux d'acidité plus élevés que les autres types de vins. Le modèle de fonctionnement de la vigne que nous avons présenté ici peut servir de support aux réflexions sur les évolutions des pratiques à mettre en œuvre étant donné l'évolution du climat en testant des scénarios prospectifs. Nous pouvons envisager, à court terme, une adaptation des pratiques annuelles sur les parcelles existantes, notamment celles qui sont liées à une bonne gestion de l'eau et, à plus long terme, une adaptation des pratiques pérennes comme le choix de porte-greffe (plus tolérant à la sécheresse) et de la structure de plantation, voire une relocalisation des parcelles au sein des territoires, ce qui pourrait entraîner des modifications dans l'usage de ces derniers (Neethling *et al.*, 2012).

Concernant la typicité des vins qui pourrait par conséquent évoluer, il faut tout d'abord noter que les limites actuelles entre les caractéristiques sensorielles des vins de chaque AOC ne sont pas clairement définies, un gradient de typicité doit être considéré, c'est à dire qu'une zone 'sensorielle' peut être plus ou moins commune entre deux AOC (Ballester *et al.*, 2005 ; Cadot, 2011). Des travaux de recherche, menés par l'UMT Vinitera, sont en cours pour soit définir la typicité des vins d'une région ou soit, dans un contexte changeant, évaluer l'acceptabilité par les professionnels et les consommateurs d'une

modification des caractéristiques sensorielles des vins étant donné une évolution du climat ou des pratiques de production. Toutefois, naturellement, la typicité n'est pas figée et évolue au cours des années par l'action des vignerons et le changement du contexte, à l'image de « l'air de famille » qui se modifie progressivement de génération en génération.

### Références bibliographiques

- Agut C., Lovelle B.R., Fabre F., 2005. Effect of rootstock on Syrah behaviour. XIV International GESCO Viticulture Congress; Geisenheim (Germany).
- Baize D., 2000. Guide des analyses en pédologie. INRA, 257p. Paris.
- Ballester J., Dacremont C., Le Fur Y., Etiévant P., 2005. The role of olfaction in the elaboration and use of the Chardonnay wine concept. *Food Quality and Preference* 16, 351-359.
- Barbeau G., Goulet E., Ramillon D., Rioux D., Blin A., Marsault J., Panneau J.P., 2006. Effets de l'interaction Porte-Greffe / Enherbement sur la réponse agronomique de la vigne *Vitis vinifera* L cvs. Cabernet Franc et Chenin. *Progrès Agricole et Viticole* 123, 80-86.
- Barbeau G., Asselin C., Morlat R., 1998. Estimate of the viticultural potential of the Loire valley "terroirs" according to a vine's cycle precocity index. *Bulletin de l'OIV* 71(805/806), 247-262.
- Bérard L., Marchenay P., 2006. Local products and geographical indications: taking account of local knowledge and biodiversity. *International Social Science Journal* 58, 109-116.
- Bodin F., Morlat R., 2003. Characterizing a vine terroir by combining a pedological field model and a survey of the vine growers in the Anjou Region (France). *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 37(4).
- Cadot Y., Caillé S., Samson A., Thiollet-Scholtus M., Barbeau G., Casabianca F., Cheynier V., 2011. Sensory typicality related to terroir: from conceptual to perceptive representation. Are winemaking practices decisive? Actes Oeno 2011, 9ème Symposium International d'oenologie de Bordeaux, juin 2011, 1098-1104.
- Cadot Y., Caille S., Samson A., Barbeau G., Cheynier V., 2010. Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assessment. *Analytica Chimica Acta* 660, 53-62.
- Cadot Y., Minana-Castello M.T., Chevalier A., 2006. Flavan-3-ol compositional changes in grape berries (*Vitis vinifera* L. cv Cabernet Franc) before veraison, using two complementary analytical approaches, HPLC reversed phase and histochemistry. *Analytica Chimica Acta* 563, 65-75.
- Celette F., Ripoche A., Gary C., 2010. WaLIS-A simple model to simulate water partitioning in a crop association: The example of an intercropped vineyard. *Agricultural Water Management* 97, 1749-1759.
- Chacon J.L., Garcia E., Martinez J., Romero R., Gomez S., 2009. Impact of the vine water status on the berry and seed phenolic composition of 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) cultivated in a warm climate: consequence for the style of wine. *Vitis* 48, 7-9.
- Champagnol F., 1984. *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale.*, Paris.
- Chapman D.M., Roby G., Ebeler S.E., Guinard J.X., Matthews M.A., 2005. Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different water status. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11, 339-347..
- Cortell J.M., Halbleib M., Gallagher A.V., Righetti T.L., Kennedy J.A., 2005. Influence of vine vigor on grape (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir) and wine proanthocyanidins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53, 5798-5808.
- Coulon-Leroy C., Morlat R., Barbeau G., Gary C., Thiollet-Scholtus M., 2012a. The vine functioning pathway, a new conceptual representation. *Sustainable Agriculture Reviews* 11, 241-264.

- Coulon-Leroy C., Charnomordic B., Rioux D., Thiollet-Scholtus M., Guillaume S., 2012b. Prediction of vine vigor and precocity using data and knowledge-based fuzzy inference systems. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 46(3), 185-205.
- Coulon-Leroy C., 2012c. Méthode de caractérisation systémique du fonctionnement de la vigne, à partir de l'évaluation des effets combinés du milieu et des pratiques culturales, pour prévoir les types de vins. Thèse de doctorat de l'Université d'Angers.
- Coulon C., Ganenco A., Neethling E., Thiollet-Scholtus M., 2011. Méthode de typologie d'années climatiques de référence à l'usage de la modélisation. Application à la moyenne Vallée de la Loire. *Progrès Agricole et Viticole* 17-2011, 347-353.
- Deloire A., Ojeda H., Zebic B., Bernard N., 2005. Influence de l'état hydrique de la vigne sur le style de vin. *Progrès Agricole et Viticole* 21, 455-462.
- Déqué M., Drevet C., Braun A., Cariolle D., 1994. The ARPEGE-IFS atmosphere model: a contribution to the French community climate modelling. *Climate Dynamics* 10, 249-266
- Garcia de Cortazar-Atauri I., Daux V., Garnier E., Yiu P. and others, 2010. Climate reconstructions from grape harvest dates: methodology and uncertainties. *Holocene* 20, 599-608
- Gary C., Payan J.-C., Kansou K., Pellegrino A., Wery J., editors, 2005. Un outil de diagnostic du vécu hydrique de parcelles viticoles, en relation avec des objectifs de rendement et de qualité. XIV International GESCO Viticulture Congress; 2005 23-27 August; Geisenheim (Allemagne).
- Girona J., Marsal J., Mata M., Del Campo J., Basile B., 2009. Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera* L.) to water stress. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 15, 268-277.
- Goulet E., Morlat R., 2010. The use of surveys among wine growers in vineyards of the middle-Loire Valley (France), in relation to terroir studies. *Land Use Policy* 28, 770-782.
- Goulet E., Morlat R., Rioux D., Cesbron S., 2004. A calculation method of available soil water content: application to viticultural terroirs mapping of the Loire valley. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 38, 231-235.
- Guilpart N., Gary C., 2014. Compte-rendu : conférence du millésime 2013 – Languedoc-Rousillon.
- Hardie W.J., Considine J.A., 1976. Response of grapes to water-deficit stress in particular stages of development. *Am J Enol Vitic* 27, 55-61.
- Koundouras S., Leeuwen C.v., Seguin G., Glories Y., 1999. Influence of water availability on vine vegetative growth, berry ripening and wine characteristics in the Mediterranean zone (example of Nemea, Greece, variety Saint-George, 1997). *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 33, 149-160.
- Jones G.V., White M.A., Cooper O.R., Storchmann K., 2005. Climate change and global wine quality. *Climatic Change* 73, 319-343.
- Morlat R., Penavayre M., Jacquet A., Asselin C., Lemaitre C., 1992. The effects of soils on water status and photosynthesis of grapevines during an exceptionally dry year (1990). Effects on grape ripening. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 26, 197-220.
- Matthews M.A., Ishii R., Anderson M.M., O'Mahony M., 1990. Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 51, 321-335.
- Matthews M.A., Anderson M.M., 1988. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deficits. *Am J Enol Vitic* 39, 313-320.
- Morlat R., 2010. *Traité de viticulture de terroir*. Lavoisier Ed., 284 pages
- Morlat R., Barbeau G., Asselin C., Besnard E., 2001. Terroir Viticole : de la recherche à la valorisation par le vigneron. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, Hors-série : Un raisin de qualité : de la vigne à la cuve.
- Morlat R., Penavayre M., Jacquet A., Asselin C., Lemaitre C., 1992. Influence des terroirs sur le fonctionnement hydrique et la photosynthèse de la vigne en millésime exceptionnellement sec (1990) conséquence sur la maturation du raisin. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 26, 197-220.

Neethling E., Coulon C., Barbeau G., Courtin V., Bonnefoy C., Quénot H., 2012. Viticultural strategies to adapt to climate change: Temporal and spatial changes in land use and crop practices. Xth European IFSA Symposium, Aarhus, Denmark. 01-04 juillet 2012.

Neethling E., Barbeau G., Bonnefoy C., Quénot H., 2011. Evolution du climat et de la composition des raisins des principaux cépages cultivés dans le Val de Loire. *Climatologie* 8, 79-93.

Ollat N., Diakou-Verdin P., Carde J.P., Barrieu F., Gaudillere J.P., Moing A., 2002. Grape berry development: a review. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 36, 109-131.

Ojeda H., 1999. Influence de la contrainte hydrique sur la croissance du péricarpe et sur l'évolution des phénols des baies de raisin (*Vitis vinifera* L.) cv. Syrah.: Thèse de doctorat Agro Montpellier.

Olle D., Guiraud J.L., Souquet J.M., Terrier N., Ageorges A., Cheynier V., Verries C., 2011. Effect of pre- and post-veraison water deficit on proanthocyanidin and anthocyanin accumulation during Shiraz berry development. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 17, 90-100.

Riou C., Lebon E., 2000. Application d'un modèle de bilan hydrique et de la mesure de la température de couvert au diagnostic du stress hydrique de la vigne à la parcelle. *Bulletin de l'OIV* 73(837-838), 755-764.

Roby G., Harbertson J.F., Adams D.A., Matthews M.A., 2004. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10, 100-107.

Sadras V.O., Petrie P.R., 2011. Climate shifts in south-eastern Australia: early maturity of Chardonnay, Shiraz and Cabernet Sauvignon is associated with early onset rather than faster ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 17(2), 199-205.

Tesic D., Keller M., Hutton R.J., 2007. Influence of Vineyard Floor Management Practices on Grapevine Vegetative Growth, Yield, and Fruit Composition. *Am J Enol Vitic* 58, 1, 1-11.

Tesic D., Woolley D.J., Hewett E.W., Martin D.J., 2002. Environmental effects on cv Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in Hawke's Bay, New Zealand. 1. Phenology and characterisation of viticultural environments. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 8, 15-26.

Thiollet-Scholtus M., Symoneaux R., Thibault C., Morlat R., 2009. Relation entre les caractéristiques sensorielles et les conditions de production de vins rouges haut de gamme du Val de Loire. *RFO* (233), 6-10.

Van Leeuwen C., Tregoat O., Chone X., Bois B., Pernet D., Gaudillere J.P., 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purpose ? *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 43, 121-134.

Van Leeuwen C., Gaudillère J.P., Tregoat O., 2001. L'évaluation du régime hydrique de la vigne à partir du rapport isotopique  $^{13}C/^{12}C$ . L'intérêt de sa mesure sur les sucres du moût à maturité. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 35(4), 195-205.