

VALIDATION D'UN MODELE DE TERRAIN POUR CARACTERISER L'UNITE TERROIR DE BASE EN ANJOU

Résultats obtenus sur un réseau de parcelles expérimentales.

FIRST RESULTS OBTAINED WITH A TERRAIN MODEL TO CHARACTERIZE THE VITICULTURAL « TERROIRS » IN ANJOU (FRANCE)

Fabrice BODIN et René MORLAT.

Unité Vigne et Vin. Centre INRA d'Angers. 42 rue Georges Morel. BP57.

49071 Beaucozuté Cedex. France.

@mail : bodin@angers.inra.fr

Mots clés : modèle de terrain, précocité de cycle, alimentation hydrique, cépage, composition des baies

Key words : terrain model, precocity, water supply regime, grape variety, berry composition.

RESUME

En Anjou, une méthode de caractérisation des terroirs viticoles a été développée. Elle utilise un modèle de terrain basé sur la profondeur de sol et son degré d'argilisation. Il génère trois types de milieu sol : roche, altération, altérite. Les hypothèses testées concernent l'effet des trois types de milieu sur l'alimentation en eau, la précocité de cycle de la vigne, le potentiel de vigueur et de rendement ainsi que sur la composition des baies.

Pour cela, un réseau de parcelles expérimentales de Chenin et Cabernet franc, comportant 3 répétitions par unité de terroir, a été mis en place. Il permet d'étudier les deux principaux systèmes géologiques de l'Anjou (Briovérien et Ordovicien-Dévonien)

Les résultats de 2000 et 2001 (années pluvieuses) montrent pour le cépage Chenin que le débourrement est significativement plus précoce en milieu roche qu'en milieu altérite. Le milieu altération ne se différencie pas significativement des deux autres. En 2000, des différences significatives d'alimentation hydrique entre terroirs sont apparues à partir du mois de septembre pour le cépage Chenin, et à un degré moindre pour le Cabernet franc. Ainsi, le milieu roche entraîne un abaissement significatif du potentiel hydrique foliaire de base, malgré l'année pluvieuse. Le milieu altération ne se différencie pas du milieu roche. Sur spilite de l'Ordovicien-Dévonien, le milieu roche induit une contrainte hydrique plus forte que sur métagrauwacke du Briovérien. Les résultats d'analyses de $\delta^{13}\text{C}$ des baies sont très significatifs et confirment ceux du potentiel hydrique foliaire. Ces deux types de mesures montrent que la contrainte hydrique pour la vigne est significativement plus forte en milieu roche qu'en milieu altérite. Les baies du cépage Chenin, en milieux roche et altération, sont significativement plus riches en sucres qu'en milieu altérite. Les milieux roche sur schiste gréseux et métagrauwacke ont des teneurs inférieures à celles de la spilite. Avec le Cabernet franc, les baies semblent plus riches en sucres sur milieu roche que sur altérite. Le milieu roche induit des teneurs en anthocyanes et polyphénols significativement supérieures à celles de l'altérite ; et cela aussi bien dans les baies que dans les vins. Ces premiers résultats, encore fragmentaires, semblent confirmer la plupart des hypothèses de travail avancées.

SESSION II – Intervention n°24 – F. BODIN

Aspects relatifs à la Plante

Page 1 sur 12

ABSTRACT

In Anjou vineyard, the viticultural "terroirs" are studied with a method based on the concept of the "Basic Terroir Unit" (BTU). To identify and cartography the BTU, a terrain model based on the depth and the clay content of soil was elaborated. It generates three kinds of soil environments which are designated by the French terms of: "roche, alteration and altérite". The hypothesis tested concern the effect of each type of environment on water supply regime, earliness and vigour of vine which are the main factors of the "terroir" effect, and also on berries composition.

A multisite network of 21 plots with Chenin and Cabernet franc varieties, was established in 2000. It samples the two main geologic systems of Anjou (Brioverian and Ordovician-Devonian), with three replicates for each BTU.

The first results (2000 & 2001), show for the variety Chenin that bud break is earlier in the "roche" environment than in the "altérite" environment. The "alteration" is not different from the two others. In 2000, significant differences of water supply regime between Terroir units were detected in September; for the Chenin variety and, at a less degree, for the Cabernet franc. So the "roche" environment involves a significant lowering of the predawn leaf water potential, despite a rainy season. There are no significant differences between the "alteration" and the "roche" environment. The "roche" environment on spilite from Ordovician-Devonian involves significantly more water constraint than on metagrauwacke from Brioverian. The results of $\delta^{13}\text{C}$ measurements in berries are highly significant and confirm the ones of the predawn leaf water potential. These two kinds of measures show that the water availability is greater in the "altérite" environment than in the "roche" environment. The must sugar content on "roche" and "alteration" environments was significantly higher than on "altérite". The rock environment on sandstone schist and metagrauwacke have a lesser sugar content than on spilite. With the Cabernet franc variety, the "roche" environment involves significantly greater anthocyanins and polyphenolic amounts than the "altérite"; both in berries and in wines. These first results seem to confirm most of the hypotheses.

INTRODUCTION

La notion de terroir, basée sur la spécificité des facteurs naturels, les cépages traditionnels et le savoir-faire des vigneron, peut devenir une alternative intéressante pour imprimer au vin une typicité et une authenticité difficilement imitables par les concurrents. Une meilleure connaissance de ce système complexe, sur le plan scientifique, est un enjeu important pour envisager une utilisation concrète de l'effet terroir en viticulture. En effet, le développement économique des vins de terroir, implique d'élaborer une méthode d'étude pertinente et opérationnelle. C'est dans cet esprit que le programme « Terroirs d'Anjou » a été initié (MORLAT, 1997) dès 1994. Il utilise le concept d'Unité Terroir de Base (U.T.B.) dans le cadre duquel un modèle de terrain a été mis au point (MORLAT, 1989, 2001 ; RIOU et MORLAT, 1995), afin d'améliorer et généraliser la caractérisation de la composante sol du terroir.

Dans l'approche proposée par MORLAT (1989), une région viticole est considérée comme un ensemble de petits milieux naturels, chacun défini par trois composantes majeures : une composante géologique, une composante agro-pédologique et une composante paysagère. Leur association représente l'Unité Terroir de Base (U.T.B.), définie comme le plus petit territoire dans lequel la vigne présente un fonctionnement écophysologique suffisamment homogène pour être valorisable par le vigneron (SALETTE, 1997).

La composante géologique est retenue comme première clé d'identification et de cartographie de l'UTB, à travers le type de roche-mère et l'étage géologique.

La seconde clé concerne le sol dont la grande variabilité est le principal problème à résoudre dans l'identification de l'U.T.B. Pour cela, un modèle de terrain simple et opérationnel (MORLAT *et al*, 1998), basé sur la profondeur de sol et sa teneur moyenne en argile le plus souvent liées au degré d'altération de la roche-mère, a été élaboré. On considère que pour chaque type de roche appartenant à un étage géologique donné, il existe potentiellement une série de sols à des stades d'évolution différents. Par rapport à cette série de sols, le modèle de terrain permet de distinguer trois sortes de milieux qui sont dénommés roche, altération et altérite, avec en général une profondeur et une teneur en argile du profil qui augmentent dans le sens roche < altération < altérite. Le modèle de terrain proposé est adapté aux sols qui dérivent directement de l'altération d'une roche-mère, ce qui est le cas de 65% des surfaces viticoles de l'Anjou.

Les divers travaux sur les terroirs viticoles ont montré que trois variables importantes de fonctionnement de la vigne étaient influencées par les facteurs naturels. Il s'agit de l'alimentation hydrique (LEBON *et al*, 2001 ; KOUNDOURAS *et al*, 1999 ; JONES et DAVIS, 2000 ; OJEDA *et al*, 2001 ; CREASY et LOMBARD, 1993 ; TESIC *et al*, 2001), la vigueur de la vigne (BRANAS, 1974 ; POUGET et DELAS, 1989) et la précocité de cycle (BARBEAU *et al*, 1998 ; TESIC *et al*, 2001). Toutefois, l'effet de ces facteurs est modulé chaque année par le climat du millésime.

L'impact du milieu sur la composition et la qualité de la vendange a été mis en évidence par BOSELLI *et al* (1996) et HOPMANN et SCHALLER (1996). De même en Alsace, LEBON *et al* (1996) ont montré l'effet des terroirs sur la variation du taux de sucres et d'acidité totale des baies, avec le cépage Gewurztraminer.

Comme l'ont montré MORLAT (1998) et SCHWARTZ (1997), les propriétés physiques des sols sont majoritairement à la base de l'effet terroir. La profondeur du sol et son degré d'argilisation, associés au climat, vont conditionner l'alimentation hydrique de la plante. La disponibilité en eau et la fertilité du sol, vont influencer la vigueur. Le pédoclimat thermique, responsable avec la vigueur de la précocité de cycle, est lié directement à la structure et à la réserve en eau du sol. La combinaison de ces différentes variables va influencer la composition des baies (MORLAT *et al*, 2001 ; TOMASI *et al*, 1999 ; CHONE *et al*, 2001). On peut donc formuler l'hypothèse que le fonctionnement de la vigne variera entre les milieux roche, altération et altérite. D'une première approche réalisée par enquête parcellaire auprès des vigneron angevins (THELIER- HUCHE et MORLAT, 2000), il est ressorti qu'en milieu roche, la vigne était plus précoce au débourrement qu'en milieu altérite, mais aussi que la contrainte hydrique y était nettement plus forte et la vigueur plus faible. Par ailleurs, l'aptitude à la surmaturation du milieu roche est nettement apparue par rapport aux autres milieux.

Dans cette communication, des résultats obtenus sur parcelles expérimentales sont présentés. Ils permettent de mesurer le degré de pertinence de l'hypothèse formulée et de la validité de l'approche par enquête. Ainsi, dans chaque milieu, la réponse de la vigne a été étudiée à travers diverses variables de fonctionnement (précocité de cycle, alimentation hydrique, vigueur, rendement), et à travers la composition des baies.

MATERIEL ET METHODES

L'étude a été réalisée en Anjou, vignoble d'Appellation d'Origine Contrôlée, situé en zone géographique septentrionale, dans un même contexte climatique régional. Sur le plan géologique, les terrains anciens du Massif Armoricaïn (formations éruptives, métamorphiques et sédimentaires) y prédominent.

Pour évaluer la réponse de la vigne au terroir, un réseau de parcelles expérimentales, plantées en Chenin et Cabernet franc, et comportant 3 répétitions par milieu et par cépage a été mis en place. De plus, dans le cas du Chenin planté en milieu roche, différents types de roches-mères (Métagrauwacke du Briovérien, Spilite et Schistes de l'Ordovicien-Dévonien) sont comparés, afin d'en déterminer l'influence, en particulier sur le plan des effets chimiques. Le réseau concerne les 5 unités terroir de base (UTB) les plus fréquentes de l'Anjou (tab. 1). Sur les sols, les principales déterminations physico-chimiques ont été réalisées par le laboratoire d'analyses INRA d'Arras. Les parcelles de ce réseau sont conduites de la même manière (désherbage, taille Guyot, porte-greffe SO4, rangs orientés Nord-Sud). Différentes variables ont été mesurées (phénologie, comportements hydriques, poids de bois de taille et de récolte). Les mesures sont faites sur trente souches par parcelle, réparties sur deux rangs non contigus.

Les principaux paramètres climatiques (température, hygrométrie, pluviométrie, vitesse du vent, rayonnement global) sont mesurés en certains points du réseau.

Trois stades clés du développement de la vigne ont été suivis par estimation visuelle : le débourrement, la floraison et la véraison (sauf cépage Chenin pour la véraison). La mesure de $\delta^{13}\text{C}$ permet d'évaluer la contrainte hydrique subie par le végétal (GUEHL *et al.*, 1995 ; GAUDILLERE et VAN LEEUWEN, 1999). Ainsi, on a mesuré le rapport $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ des sucres du raisin qui peut renseigner sur l'alimentation hydrique de la vigne durant la maturation. Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ sont d'autant plus négatives que la contrainte hydrique est moins forte. Elles varient entre -20 et -30 ‰ avec une plus petite différence significative de 0.2‰ (GAUDILLERE et VAN LEEUWEN, 1999). Des mesures du potentiel hydrique foliaire de base ont été également faites sur les 21 parcelles du réseau.

L'influence des terroirs sur la composition du raisin a été étudiée grâce à diverses analyses (teneurs en sucres réducteurs, acidité totale, pH, teneurs en acides malique et tartrique, teneur en anthocyanes et Indice de Polyphénols Totaux (IPT), composition minérale) faites sur un échantillon de baies prélevées en fin de maturation.

Une analyse statistique, comprenant une analyse de variance et un test de Newman-Keuls au seuil de risque 5 %, a été réalisée sur les données.

RESULTATS

1 – Composition physico-chimique des sols :

Dans le cadre du système géologique de la métagrauwacke du Briovérien, une augmentation de la teneur en argile du sol est bien observable entre le milieu roche (UTB 45) et le milieu altérite (UTB 52) (tab. 1). La réserve en eau calculée passe de 43 mm dans l'UTB 45 à 150 mm dans l'UTB 52, en raison de l'augmentation du taux de terre fine, d'argile et de la profondeur du sol.

Les teneurs en matière organique et en azote total du sol sont relativement comparables entre terroirs, sauf pour l'UTB 35 qui apparaît nettement plus riche.

Généralement, la réaction (pH) des divers horizons du sol est neutre à moyennement acide. Par ailleurs, les taux de phosphore assimilable, potasse et magnésie échangeables sont suffisants pour assurer une alimentation minérale correcte à la vigne. Il faut souligner que les UTB 35 et 41 sont les plus riches en ces éléments.

2 – Précocité de la vigne en fonction des différents milieux :

Pour l'année 2000, le Chenin est plus précoce au débourrement en milieu roche qu'en milieu altérite, mais les différences s'estompent à la floraison (tab. 2). Il n'y a pas de différences significatives entre les divers types de roche. Avec le Cabernet franc, aucune différence de précocité n'est observée au débourrement ni à la floraison, mais par contre, à la véraison, ce cépage est significativement plus précoce en milieu roche qu'en milieu altérite. En 2001, le Chenin apparaît plus précoce sur roche que sur altérite, aussi bien dans le cas du débourrement que de la floraison. Nous observons le même comportement qu'en 2000 dans le cas du Cabernet franc.

Les vignes plantées sur schistes ou spilite de l'Ordovicien-Dévonien sont plus précoces au débourrement que les vignes sur métagrauwacke. De plus, quel que soit le millésime, au débourrement, le Chenin est plus précoce que le Cabernet franc, mais son comportement s'inverse aux autres stades.

La comparaison multiple des moyennes, réalisée sur les dates de mi-débourrement du cépage Chenin, montre 3 groupes de précocité : roche>altération>altérite, et ceci quelle que soit l'année (tableau 2). Pour la mi-floraison, en 2001, le milieu altérite retarde significativement ce stade par rapport aux autres milieux ; mais pas en 2000. Avec le Cabernet franc, le milieu roche se différencie du milieu altérite uniquement à la véraison.

3 – Contrainte hydrique en fonction des différents milieux :

Sur le plan climatique, les millésimes 2000 et 2001 ont été particulièrement pluvieux pendant le cycle végétatif de la vigne. Les autres paramètres climatiques étaient comparables à ceux des dix dernières années. La pluviométrie, le rayonnement global, le vent, la température et l'hygrométrie n'étaient pas significativement différents entre parcelles.

Quel que soit le millésime et le cépage, la contrainte hydrique, mesurée par la méthode du $\delta^{13}\text{C}$ des baies, est toujours significativement plus forte en milieu roche qu'en milieu altérite (tab. 2). Il existe aussi un effet cépage qui semblerait montrer que le Cabernet franc est moins sensible aux variations d'alimentation hydrique que le Chenin. Les vignes en milieu roche sur spilite subissent plus de contraintes hydriques que les celles en milieu roche sur métagrauwacke ou schistes de l'Ordovicien-Dévonien, quel que soit le millésime.

La comparaison multiple des moyennes montre que les milieux roches ne constituent pas un groupe complètement homogène. Les schistes de l'Ordovicien-Dévonien sont tantôt proches de la spilite (millésime 2000), tantôt de la métagrauwacke (millésime 2001), ces dernières étant toujours significativement différentes entre elles. Le milieu altération est proche de l'altérite.

4 – Composition des baies en fonction des différents milieux :

Les baies prélevées en fin de maturation, issues de vignes plantées sur roche, ont une teneur en sucres réducteurs significativement plus élevée que celles cultivées sur altérite (tab. 2). Quel que soit le cépage, les baies étaient plus riches en sucres dans le cas du millésime 2001, grâce à une période de maturation globalement moins pluvieuse (94 mm) qu'en 2000 (102 mm). En milieu roche, le Chenin présente des teneurs en sucres différentes selon la nature de la roche-mère. Ainsi, sur schistes de l'Ordovicien-Dévonien pour les deux millésimes étudiés, la teneur en sucres est significativement plus faible que sur métagrauwacke ou spilite. C'est sur cette dernière roche-mère que la teneur en sucres est la plus élevée. Quel que soit le cépage, les teneurs en acide malique sont significativement plus fortes en milieu altérite qu'en milieu roche, ce qui confirme des résultats antérieurs obtenus par BARBEAU *et al* (1998) et MORLAT *et al* (1997). Les baies de Cabernet franc provenant du milieu roche ont des IPT significativement plus élevés et sont plus riches en anthocyanes que celles sur altérite ; ceci pouvant être dû, pour partie, à la plus forte disponibilité en eau dans ce dernier milieu (DELOIRE *et al*, 2001).

DISCUSSION

Les résultats concernant la précocité de la vigne peuvent s'expliquer par divers phénomènes. L'année 2001 a été plus sèche que 2000, surtout durant l'hiver (240 mm en 2001, 300 mm en 2000) et toute la période débourrement-floraison (108 mm en 2001, 176.5 mm en 2000), et l'on constate que la vigne a été plus précoce en 2001 qu'en 2000. La précocité dépend, pour partie, du pédoclimat thermique (MORLAT, 1989 ; DE KOCHKO et CURMI, 1985) très lié à la teneur en eau du sol., ce qui pourrait expliquer la différence entre les deux millésimes. De même, en milieu roche, la réserve en eau est nettement plus faible qu'en milieu altérite (tab. 1), en raison d'un sol plus mince, beaucoup moins argileux et plus caillouteux, ce qui peut expliquer la plus forte précocité de la vigne toujours observée sur ce type de milieu. Ainsi, l'hypothèse de travail concernant la précocité, comme les réponses des vigneron à l'enquête, semblent confirmées, surtout avec le cépage Chenin.

La contrainte hydrique mesurée par le $\delta^{13}\text{C}$ des baies, a été plus importante en 2000 qu'en 2001, malgré une pluviométrie plus forte (102mm contre 94) sur la période véraison-vendange. Pour élucider cette apparente contradiction, on peut noter que la phase floraison-véraison a été plus pluvieuse de 61 mm en 2001. Les réserves en eau du sol disponibles pour la vigne étaient donc plus importantes en début de maturation, en 2001. Les résultats des mesures de $\delta^{13}\text{C}$ ont été mises en relation en 2000 avec les valeurs du potentiel hydrique foliaire de base. Une bonne corrélation entre les 2 mesures a été obtenue ($r^2 = 0.81$).

L'hypothèse selon laquelle, pour les vignes sur milieu roche, la disponibilité hydrique serait plus faible qu'en milieu altérite, semble bien confirmée par les mesures de $\delta^{13}\text{C}$. La réserve en eau plus élevée, liée à une teneur en argile et une profondeur du sol plus fortes dans le cas des milieux altérite (tab. 1) peut expliquer cette différence. En fonction du type de roche, il semble que l'alimentation hydrique de la vigne puisse varier. Ainsi, sur spilite la contrainte hydrique est plus sévère que sur métagrauwacke. En 2000, elle est proche de celle sur schistes de l'Ordovicien. Ces différences peuvent s'expliquer par la réserve en eau liée à la teneur en argile et la profondeur du sol (tab.1).

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) utilisant diverses variables : notations phénologiques, $\delta^{13}\text{C}$ des baies, poids de bois de taille, rendement et composition des baies, a été réalisée pour chaque cépage et chaque millésime. A titre d'exemple, nous commenterons les résultats obtenus avec le Chenin pour le millésime 2000 (fig. 1). L'axe 1 est défini par une opposition entre, d'une part la teneur en acide malique et l'acidité totale des moûts et, d'autre part, la précocité au débourrement et la contrainte hydrique, associées à la teneur en sucres des baies. Cet axe représente 42.18% de la variation totale. L'axe 2 rend compte de l'opposition entre le poids de bois de taille associé à la teneur en acide tartrique et le volume des baies associé au pH du moût. Il représente 27.42% de la variation totale. Sur l'axe 1, une plus forte contrainte hydrique, une précocité plus forte et une teneur en sucres plus élevée apparaissent liées, et s'opposent à de plus fortes acidité totale et teneur en acide malique. Ces mêmes relations existent avec le Cabernet franc qui traduit aussi qu'une plus forte contrainte hydrique est associée à une véraison plus précoce, une teneur en anthocyanes et un IPT plus élevés. Cette analyse montre bien la corrélation qui existe entre les variables de fonctionnement étudiées et la composition physico-chimique des baies, sur laquelle se base la méthode de caractérisation de l'UTB (MORLAT, 2001). Les UTB, quant à elles, se répartissent sur l'axe 1 en respectant les hypothèses de fonctionnement de la vigne dans les différents milieux. Les roches sont associées à une contrainte hydrique et une précocité plus fortes que l'altération, tandis que l'altérite présente le comportement opposé. La spilite est la roche qui induit le plus de contrainte hydrique et la plus forte teneur en sucres.

CONCLUSION

Les résultats obtenus en 2000 et 2001, semblent confirmer les hypothèses de départ concernant le comportement de la vigne dans les différents milieux du modèle de terrain étudié. Ils montrent qu'en milieu roche, l'alimentation hydrique est la plus limitante, en raison d'un drainage important et d'une réserve en eau faible. La précocité, liée pour partie à la température du sol, est plus forte dans un milieu roche. En milieu altérite, le comportement est opposé (pas de contrainte hydrique et plus faible précocité de la vigne) en raison d'une réserve en eau nettement plus élevée et d'une température du sol plus limitante. Sur altération, la vigne a un comportement intermédiaire.

Le Cabernet franc serait moins sensible aux différences de disponibilité hydrique que le Chenin, avec de plus faibles variations de la composition de la vendange entre les milieux roche et altérite.

Enfin, en milieu roche, le type de roche-mère ne semble pas jouer un rôle significatif sur la précocité, mais intervient sur la disponibilité en eau pour la vigne, avec des conséquences sur la composition biochimique des baies.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBEAU G., ASSELIN C. et MORLAT R. (1998). Estimation du potentiel viticole des terroirs en Val de Loire selon un indice de précocité du cycle de la vigne. *Bulletin de l'OIV.*, 805-806 : 248-262.
- BOSELLI M., COLETTA C., MOIO L., MONACO A. et SCAGLIONE G. (1996). Etude préliminaire des influences pédoclimatiques sur les caractéristiques quali-quantitatives du cépage Aglianico dans une zone de la province de Benevento – Italie. *Actes du 1er Colloque International sur les Terroirs Viticoles – Angers – 17 au 18 juillet 1996.*, 403-407.
- BRANAS J. (1974). *Viticulture*. Imprimerie Déhan-Montpellier., 354 p.
- CHONE X., VAN LEEUWEN C., CHERY P. et RIBEREAU-GAYON P. (2001). Terroir influence on water status and nitrogen status of non-irrigated Cabernet sauvignon (*Vitis vinifera*). Vegetative development, must and wine composition (example of a Médoc top estate vineyard, Saint Julien area, Bordeaux, 1997). *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 22 (1), 8-15.
- CREASY G.L., et LOMBARD P.B. (1993). Vine water stress and peduncle girdling effects on pre and post-veraison grape berry growth and deformability. *Am. J. Enol. Vitic.*, 44 (2), 193-197.
- DE KOCHKO P. et CURMI P. (1985). Porosité et comportement thermique des sols d'un vignoble d'Anjou. *Science du Sol.*, 3, 169-174.
- DELOIRE A., CARBONNEAU A., OJEDA H., SILVA P., KRAEVA E., JACQUET O. et ANDARY C. (2001). Relations entre l'état hydrique de la vigne et les composés phénoliques de la baie de raisin des cépages Syrah et Grenache Noir. Proposition de principes de gestion de la végétation. *12^{èmes} journées GESCO, Montpellier, 3-7 juillet 2001.*, 1, 253-258.
- GAUDILLERE J.P. et VAN LEEUWEN C., (1999). Mieux évaluer la contrainte hydrique. *Viti.*, 249, 4-5.
- GUEHL J.M., GIAUFFRET C., BUSSIERE F. et FOUERE A. (1995). Détermination de l'efficacité de l'utilisation de l'eau à l'aide de la discrimination isotopique du carbone. *Actes de l'école chercheurs INRA en bioclimatologie, Tome 1; Le Croisic, 3-7 Avril 1995.*, 231-244.
- HOPMANN D. et SCHALLER K. (1996). Characterization of vineyard sites for quality wine production using meteorological, soil chemical and physical data. *Actes du 1er Colloque International sur les Terroirs Viticoles – Angers – 17 au 18 juillet 1996.*, 264-269.
- JONES G.V. et DAVIS .E. (2000). Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *Am. J. Enol. Vitic.*, 51 (3), 249-261.
- KOUNDOURAS S., VAN LEEUWEN C., SEGUIN G. et GLORIES Y. (1999). Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de la vigne, la maturation des raisins et les caractéristiques des vins en zone méditerranéenne (exemple de Némée, Grèce, cépage saint George, 1997). *J. Int. Sci. Vigne Vin.*, 33 (4), 149-160.
- LEBON E., DUMAS V. et MORLAT R. (1996). Influences des facteurs naturels du terroir sur la maturation du raisin en Alsace. *Actes du 1er Colloque International sur les Terroirs Viticoles – Angers – 17 au 18 juillet 1996.*, 359-366.

LEBON E., PELLEGRINO A., LECOEUR J. et TARDIEU F. (2001). Réponses architecturales du rameau induites par un déficit hydrique contrôlé du sol chez la vigne (*Vitis vinifera* L. cv. Grenache noir). *12^{èmes} journées GESCO, Montpellier, 3-7 juillet 2001.*, 1, 229-235.

MORLAT R. (1989). *Le terroir viticole : contribution à l'étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins. Application aux vignobles rouges de la moyenne vallée de la Loire.* Thèse Doc. Etat, Bordeaux II.

MORLAT R. (1997). Les facteurs naturels des terroirs viticoles. Méthodologie de leur caractérisation. *O.I.V., XXII^{ème} Congrès de la Vigne et du Vin, Buenos Aires, Argentine.*

MORLAT R., JACQUET A. et ASSELIN C. (1997). Variabilité de la précocité de la vigne en Val de Loire : rôle du terroir et du millésime, conséquences sur la composition de la baie. *Revue Française d'Oenologie.*, 165, 11-22.

MORLAT R., GUILBAUD P., THELIER-HUCHE L. et RIOUX D. (1998). Etude intégrée et allégée des terroirs viticoles en Anjou : caractérisation et zonage de l'Unité Terroir de Base, en relation avec une enquête parcellaire. *Symposium International « Territoire et vin », Sienne (Italie), 19-24 mai 1998.*

MORLAT R. (2001) Terroirs viticoles : étude et valorisation. Editions Oenoplurimédia. 118 p.

MORLAT R., BARBEAU G., ASSELIN C. et BESNARD E. (2001). Un raisin de qualité, de la vigne à la cuve. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin.* N° Hors-série., 21-33.

OJEDA H., DELOIRE A. et CARBONNEAU A. (2001). Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis.*, 40 (3), 141-145.

POUGET R. et DELAS J. (1989). Le choix des porte-greffes de la vigne pour une production de qualité. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin.* Hors série.

RIOUX C. et MORLAT R. (1995). Premiers résultats concernant les effets de l'enherbement permanent contrôlé du sol sur la vigne et le vin, en interaction avec la diversité des terroirs du vignoble saumurois. *16^{ème} Conférence du COLUMA, 6-8 décembre 1995, Reims.*, pp 1137-1144.

SALETTE J. (1997). La typicité : une notion nouvelle au service du produit, de ceux qui l'élaborent, et de ceux qui le consomment en l'appréciant. *Revue des œnologues.*, 85, 11-13.

SCHWARTZ R. (1997). Predicting wine quality from terrain characteristics by regression trees. *Cybergeo.*, 35 : 1-9.

THELIER-HUCHE L., MORLAT R., 2000. Perception et valorisation des facteurs naturels du terroir par les vigneronns d'Anjou *J. Int. Sci. Vigne Vin.*, 34, 1-13.

TOMASI D., CALO A., BISCARO S., VETTORELLO G., PANERO L., et DI STEFANO R. (1999). Influences des caractéristiques physiques du sol, sur le développement de la vigne, dans la composition polyphénolique et anthocyanique des raisins et la qualité du vin de Cabernet sauvignon. *Bulletin de l'OIV.*, 72 (819.820), 321-337.

TESIC D., WOOLEY D.J., HEWETT E.W. et MARTIN D.J. (2001). Environmental effects on cv Cabernet sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in Hawke's bay, New Zealand. 1- Phenology and characterisation of viticultural environment. *Australian Journal of Grape and Wine Research.*, 8,15-26.

Tableau 1 : Caractéristiques des UTB et analyses de sol.

Système géologique	Type de roche	Milieu du modèle	UTB n°	Topographie	Altitude (m)	Réserve en eau calculée (mm)	Profondeur (cm)	% terre fine	% argile	% limon	% sable	Matière organique (g/kg)	Azote total (g/kg)	pH	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)	MgO (g/kg)
<i>Ordovicien-Dévonien</i>	Schiste gréseux à phtanites	Roche	35	Pente 5%	85	49	0-30	59,4	27,4	29,6	43,0	21,50	1,44	6,87	0,46	0,25	0,27
							30-50	66,0	35,1	29,2	35,7	---	---	6,63	---	0,20	0,27
<i>Ordovicien-Dévonien</i>	Spilite	Roche	41	Plateau	72	36	0-30	57,0	17,0	37,3	45,7	16,00	0,80	6,47	0,57	0,19	0,51
							30-50	74,0	17,1	38,9	44,0	---	---	6,20	---	0,15	0,62
<i>Briovérien</i>	Métagrauwacke	Roche	45	Plateau	60	43	0-30	62,9	13,4	40,1	46,5	13,60	0,73	6,78	0,20	0,12	0,20
							30-50	71,4	13,3	40,4	46,4	---	---	6,63	---	0,08	0,15
<i>Briovérien</i>	Altération de métagrauwacke	Altération	5	Pente 2%	44	100	0-30	73,8	16,5	39,7	43,8	16,33	0,78	5,97	0,15	0,15	0,15
							30-50	72,7	25,8	37,8	36,4	---	---	5,63	---	0,14	0,29
							50 et +	86,3	30,0	41,1	29,0	---	---	4,63	---	0,12	0,36
<i>Briovérien</i>	Altérite de métagrauwacke	Altérite	52	Plateau	60	150	0-30	75,3	18,4	45,1	36,5	14,00	0,75	7,05	0,37	0,19	0,23
							30-50	72,3	20,8	44,3	34,9	---	---	6,70	---	0,13	0,21
							50 et +	67,3	31,4	40,7	27,9	---	---	5,93	---	0,12	0,40

436

Tableau 2 : Notations phénologiques (en jours calendaires), mesures de contrainte hydrique ($\delta^{13}\text{C}$) et analyses physico-chimiques des baies ;

Cépage	Milieu du modèle	UTB	Millésime	date de mi-débourement	date de mi-floraison	date de mi-véraison	$\delta^{13}\text{C}$	sucres (g/l)	acidité totale (g/l H_2SO_4)	pH	acide tartrique (g/l ac tartr)	acide malique (g/l ac mal)	IPT	anthocyanes totales (mg/kg baies)
<i>Cabernet franc</i>	Roche	45	2000	107,03 a	167,40 a	240,60 a	-26,09 a	194,57 a	5,18 a	3,22 a	5,38 a	2,81 a	95,77 a	2049,07 a
	Altérite	52	2000	107,02 a	168,17 a	241,77 b	-26,55 b	188,90 b	5,25 b	3,27 b	4,92 b	3,11 b	85,37 b	1758,60 b
	Roche	45	2001	100,50 a	167,87 a	240,02 a	-27,02 a	210,20 a	5,10 a	3,33 a	4,77 a	3,18 a	86,67 a	2037,00 a
	Altérite	52	2001	101,13 a	168,65 a	241,69 b	-27,25 b	199,67 b	5,27 b	3,33 a	4,76 a	3,60 b	78,67 b	1732,00 b
<i>Chenin</i>	Roche	35	2000	95,93 a	169,19 a	---	-24,91 a	194,23 a	6,04 a	3,23 a	4,93 a	4,42 a	---	---
	Roche	41	2000	96,33 a	169,37 a	---	-24,12 a	206,83 b	5,87 a	3,29 b	4,47 b	3,90 b	---	---
	Roche	45	2000	96,13 a	169,88 a	---	-25,77 b	195,40 a	6,56 b	3,22 a	4,61 a	4,67 a	---	---
	Altération	5	2000	100,50 b	169,51 a	---	-27,13 c	187,27 c	6,50 b	3,29 b	4,57 a	4,92 a	---	---
	Altérite	52	2000	104,70 c	169,85 a	---	-27,37 c	183,20 d	6,41 b	3,18 a	4,48 b	4,86 a	---	---
	Roche	35	2001	93,83 a	170,63 a	---	-26,58 a	199,33 a	6,00 a	3,37 a	3,89 a	5,40 a	---	---
	Roche	41	2001	93,17 a	170,87 a	---	-24,63 b	211,00 b	6,33 b	3,27 b	4,11 b	5,04 a	---	---
	Roche	45	2001	94,20 a	170,59 a	---	-26,22 a	204,47 a	6,38 b	3,28 b	3,85 a	5,38 a	---	---
	Altération	5	2001	94,33 b	170,42 a	---	-27,11 c	203,67 a	6,73 b	3,20 b	4,17 b	5,41 a	---	---
	Altérite	52	2001	95,67 c	171,66 b	---	-27,63 c	189,00 c	5,97 a	3,30 a	4,33 c	5,61 a	---	---

Test de Newman-Keuls sur les moyennes : a différent de b différent de c au seuil de risque 5 %

Figure 1 :

Analyse en Composantes Principales concernant les résultats obtenus en 2000 avec le cépage Chenin, dans les Unités de Terroir étudiées en Anjou.

