

INFLUENCE DES FACTEURS NATURELS DES TERROIRS SUR LA VENDANGE ET LE VIN : EXEMPLES DU CABERNET FRANC ET DU CHENIN EN VAL DE LOIRE

Gérard BARBEAU

Unité expérimentale Vigne et Vin, Centre INRA d'Angers¹
42, rue Georges Morel, 49071 BEAUCOUZE CEDEX
phone : (33) 2 41 22 56 72, Fax : (33) 2 41 22 56 65, e-mail : barbeau@angers.inra.fr

Introduction

Les aires d'appellations viticoles résultent historiquement d'une sélection empirique qui a consacré une adéquation entre facteurs naturels, cépages et pratiques œnologiques. La notion de terroir est présentée comme la base de l'A.O.C. en vignoble français.

Les pratiques agroviticoles évoluent, se standardisent et se mondialisent, les facteurs naturels du terroir, eux, demeurent. Ils constituent un patrimoine non reproductible, qui peut devenir un élément important de la typicité du produit et le garant de son authenticité.

La tentative d'établissement d'une relation du produit à son lieu d'origine prend de plus en plus d'importance dans le contexte actuel de forte concurrence internationale, pour une meilleure information du consommateur et dans un souci de traçabilité.

Sur une A.O.C. on trouve généralement plusieurs unités de terroir, et donc une grande variabilité au niveau parcellaire. Cette variabilité pose des problèmes aux viticulteurs en ce qui concerne l'adaptation des itinéraires techniques. Par ailleurs, l'approfondissement et l'affinement des délimitations A.O.C. obligent à recourir à de nouveaux concepts et de nouveaux outils qui doivent déboucher sur l'utilisation de critères de zonage objectifs et plus performants.

C'est dans ce contexte que se situent les travaux conduits par l'Unité Vigne et Vin du Centre INRA d'Angers.

1. La notion de terroir

Le terroir se veut une notion globalisante. Le sous-groupe « zonage-terroir » de l'OIV² a proposé la définition suivante: « Ensemble dénommé et délimité de terres dont la nature, la configuration géographique et le climat permettent aux hommes qui l'exploitent l'élaboration de produits spécifiques »

A un terroir est associée une plante. C'est ce que signifie M. Paillotin, ex-Président de l'INRA quand il dit³ : « Un territoire seul (...) ne constitue pas un terroir. Il faut au moins lui adjoindre une plante. Il faut que cette plante veuille bien exprimer le terroir, c'est à dire qu'elle veuille bien traduire les différences qui peuvent exister entre deux terroirs. Nous rencontrons ici un problème de différenciation : le terroir est le témoin d'une différence qu'une plante veuille bien révéler. »

¹ Ce document est le résultat d'un travail d'équipe dont les principaux acteurs sont : C. Asselin, G. Barbeau, E. Besnard, E. Goulet, P. Guilbault, R. Morlat, D. Rioux et J. Salette.

² Groupe d'experts « Physiologie de la vigne »; sous-groupe « Zonage-terroir » de l'O.I.V. Angers, 16/0796

³ Colloque international « Les terroirs viticoles ». Angers, 17-19 juillet 1996

M. Papin, viticulteur en zone d'appellation Coteaux du Layon, quant à lui⁴, parle de «...l'harmonie existant entre une plante, un terrain, un climat, voire une culture. » Une matière première spécifique est donc valorisée par un savoir-faire particulier.

La notion de terroir conjugue donc les effets des facteurs naturels du milieu et ceux d'un certain nombre de pratiques viticoles (facteurs humains), lesquels ensemble impriment à la vigne un mode de fonctionnement particulier. L'ensemble de ces facteurs contribue à amplifier ou à atténuer les caractéristiques des vins issus d'un cépage donné.

2. Méthodologie de caractérisation des facteurs naturels des terroirs en Val de Loire.

La qualité et la typicité d'un vin en vignoble A.O.C. résulte d'une chaîne d'influences qui vont depuis le sol support de la plante jusqu'aux méthodes œnologiques employées pour la vinification.

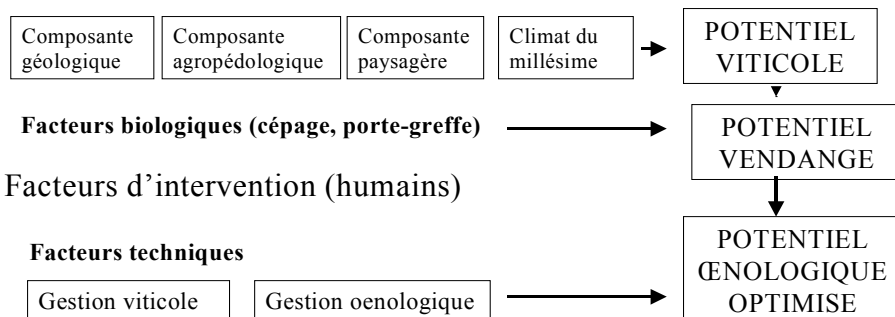
Aux niveaux du sol et du sous-sol se rencontrent un certain nombre de variables d'état initiales (type de roche-mère, niveau d'altération, texture et structure des différents horizons), lesquelles déterminent les propriétés physiques du profil exploitable par le système racinaire en termes de profondeur, porosité, perméabilité, capacité de réchauffement. Il en dérive des variables d'état composites : réserve hydrique, température du sol, localisation des pics racinaires, ... Au niveau de la plante s'y superposent des variables de fonctionnement (précocité du cycle, régime d'alimentation hydrique, potentiel de vigueur et de rendement) induites par des paramètres climatiques et les disponibilités en eau et en minéraux. On arrive à la notion de **potentiel viticole d'un terrain ou d'un territoire** (Fig. 1).

Fig. 1. Approche intégrée de la notion de terroir

Un terroir viticole est une chaîne d'influences allant des facteurs naturels jusqu'au vin

1. Facteurs de situation

Facteurs naturels du milieu



2. Facteurs d'intervention (humains)

Facteurs techniques

Sur ce territoire se trouve un cépage déterminé, greffé sur un porte-greffe. Ce matériel végétal a une durée de vie moyenne de 50 ans, soit presque deux générations de viticulteurs. Il constitue donc une composante importante du système territoire-vigne-vin et le viticulteur en attend une certaine qualité des baies à maturité, en termes de teneur en sucres, acidité titrable et composition polyphénolique. En effet, à terrain égal, une combinaison cépage/porte-greffe différente donnera lieu à des moûts de composition différente. La conjugaison des variables de fonctionnement avec ce facteur biologique qu'est

⁴ Colloque international « Les terroirs viticoles ». Angers, 17-19 juillet 1996

le matériel végétal conduit à la notion de **potentiel vendange (Fig. 1)**. Bien entendu, le vigneron au travers de ses interventions (mode de conduite, techniques culturales) peut chercher à optimiser la qualité de la matière première en adaptant un itinéraire technique approprié à chacune de ses unités culturales.

La qualité de la matière première obtenue (le raisin), à partir d'une même combinaison cépage/porte-greffe, va déterminer le type de vin qu'il est possible et raisonnable d'élaborer. Certaines situations favorisent des teneurs en anthocyanes élevées, on peut alors envisager de faire des vins rouges. Au contraire d'autres ne le permettent pas ; il vaut peut-être mieux s'orienter vers des rosés. La qualité de la matière première obtenue détermine un certain potentiel œnologique ; le viticulteur va chercher à exprimer au mieux les qualités de sa vendange dans le vin qu'il a choisi de faire, en mettant en œuvre une gestion œnologique appropriée. Cela nous conduit à la notion de **potentiel œnologique optimisé (Fig. 1)**

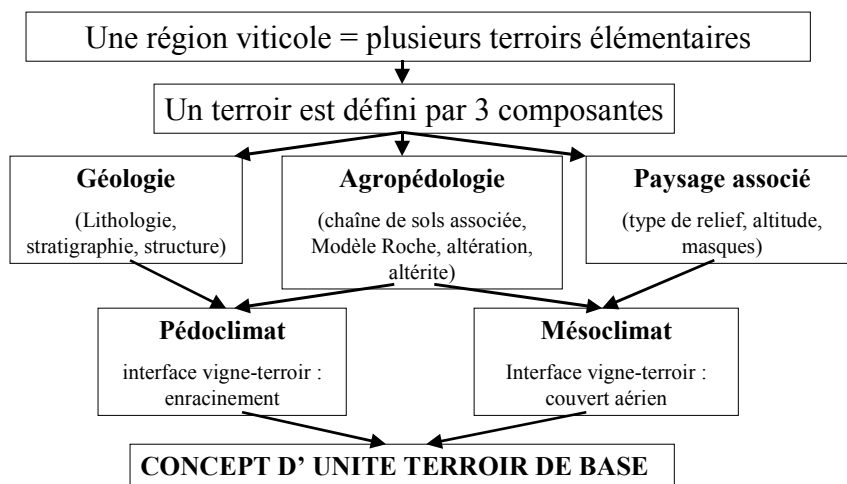
En d'autres mots, un vin de terroir est la résultante de l'interaction des facteurs naturels du milieu, des facteurs biologiques qui y sont implantés et des facteurs d'intervention humains. L'étude se révèle donc assez complexe.

La méthodologie de caractérisation intégrée développée par l'Unité de Recherches Vigne et Vin de l'INRA d'Angers est constituée de deux parties : la caractérisation des facteurs naturels des terroirs, l'étude de l'effet terroir sur le vin et son déterminisme.

La caractérisation des facteurs naturels du terroir

Une région viticole est constituée de plusieurs terroirs élémentaires. Le terroir peut être défini à partir de 3 composantes du milieu naturel : la géologie, l'agropédologie et le paysage. La composante géologique se réfère à l'étage et à la nature de la roche-mère. L'agropédologie décrit la chaîne de sols qui y est associée. La composante paysagère fournit des informations supplémentaires quant au type de relief, la fourchette d'altitude ou la présence de masques. La géologie et l'agropédologie déterminent le pédoclimat, c'est à dire les conditions de fonctionnement du système racinaire. L'agropédologie et le paysage associé définissent le mésoclimat de la parcelle, c'est à dire les conditions de fonctionnement du système aérien de la vigne. C'est la superposition des variables de fonctionnement du système racinaire et de celles du couvert aérien qui va donner naissance à la notion d'Unité Terroir de Base (Figure 2).

Fig. 2. Bases d'une méthodologie de caractérisation intégrée des terroirs viticoles



L'Unité Terroir de Base (U.T.B.) est une **unité spatiale de fonctionnement homogène de la vigne, valorisable par la viticulture**. Cela revient à dire qu'en tout point de l'aire d'une U.T.B. tous les céps résultant d'une même combinaison cépage/porte-greffe auront un comportement identique. De la même manière, le viticulteur pourra mettre en œuvre les mêmes techniques culturales sur toute la superficie de l'U.T.B., et sur toutes les U.T.B. similaires.

L'identification et la cartographie des unités de terroirs est donc basée sur :

- 2 clés majeures géologiques : étage et nature de la roche-mère,
- 1 clé majeure sol. Un modèle de terrain a été développé pour simplifier cette clé ; il est basé sur la profondeur de sol et son degré d'argilisation. On distingue 3 milieux :
 - o roche : roche-mère à 0,60 m de profondeur
 - o altération : matériau partiellement dégradé à 0,60 m, roche-mère à 1,20 m
 - o altérite : matériau complètement dégradé jusqu'à plus de 1,20 m.
 En dehors de ces 3 milieux, des zones colluviales peuvent être identifiées.
- 1 clé orientation de la pente si celle-ci est supérieure à 10%.
- Le climat local lié au paysage associé.

Le travail de terrain consiste à :

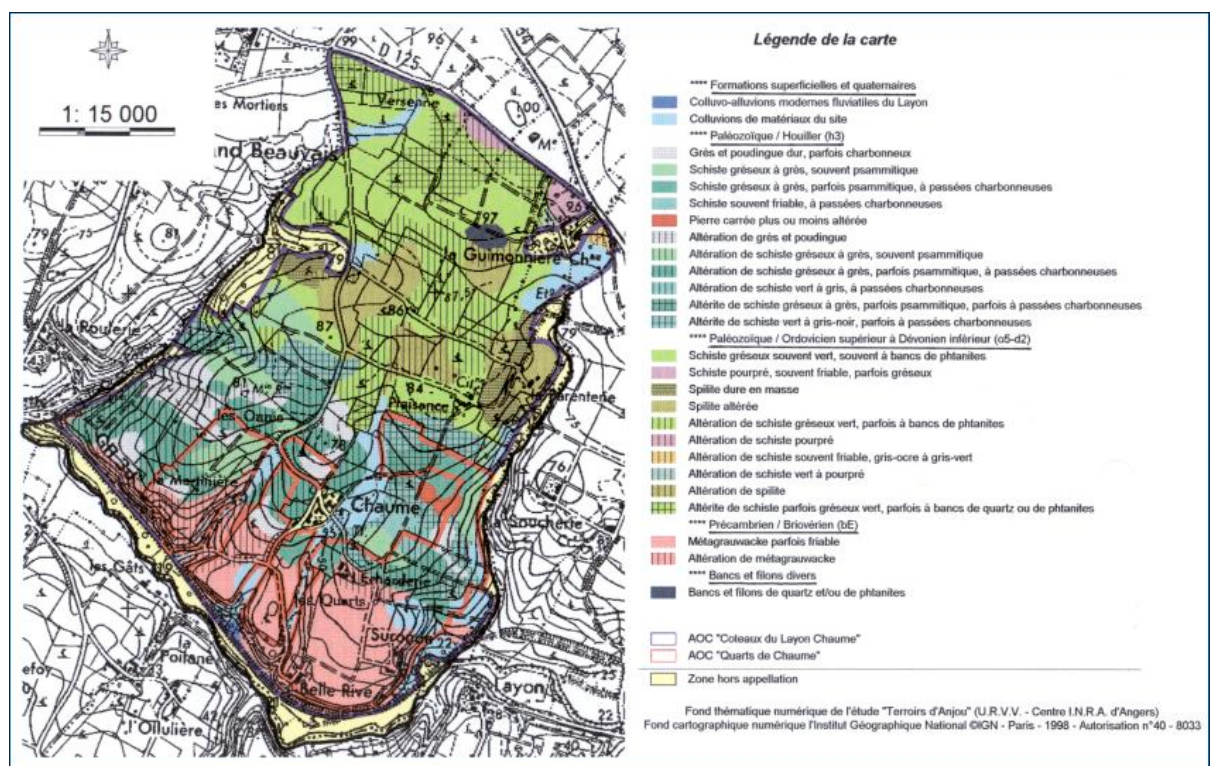
- effectuer des sondages à la tarière jusqu'à 1,20 m de profondeur, sur la base de 1 à 2 sondages par hectare, selon la complexité du milieu. La confrontation avec les cartes géologiques au 1/50.000^{ème} et des photos aériennes permet de déterminer l'étage géologique, la nature de la roche-mère et la variante du modèle roche-altération-altérite sur laquelle l'on se trouve.
- effectuer des études de profil de fosses pédologiques en sols plantés en vignes de façon à caractériser la distribution du système racinaire, sur la base d'une fosse tous les 40 hectares,
- déterminer l'orientation et la pente,
- évaluer la distance et la hauteur de masques éventuels (haies brise-vent, bosquets, édifices, ...).

L'approche intégrée de la connaissance des facteurs naturels (géologie, pédologie, paysage, mésoclimat et pédoclimat) permet une hiérarchisation des variables de fonctionnement de la

vigne en relation avec la typicité du vin⁵. Trois groupes de variables indépendantes ou liées - précocité, alimentation hydrique, vigueur -, qui agissent sur la qualité des vendanges ont été mises en évidence. A partir des données récoltées sur le terrain et d'enquêtes effectuées auprès des viticulteurs, des algorithmes experts ont été mis au point pour une estimation chiffrée du potentiel de précocité, de la réserve en eau utilisable et du potentiel de vigueur des U.T.B.

La caractérisation des facteurs naturels du terroir permet donc d'identifier et de décrire des Unités Terroirs de Base, lesquelles sont ensuite cartographiées à l'échelle 1/12.500 à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) spatialisé (Fig. 3). Sont également cartographiées les variables issues des algorithmes experts et des cartes conseils pour le choix des cépages, des porte-greffe et des techniques culturales. L'ensemble est présenté sous forme d'atlas au format A3.

Fig. 3. Carte des UTB de la zone de « Chaume », Rochefort sur Loire (Anjou)



Evolution et adaptation de la méthodologie

La méthodologie de caractérisation des facteurs naturels des terroirs a été développée en Anjou, région qui fait partie du massif armoricain où la roche-mère constituée de roches éruptives et métamorphiques est presque toujours présente. Dans ce milieu, le modèle de terrain « roche-altération-altérite » s'applique relativement facilement. Il n'en va pas de même dans d'autres vignobles, par exemple ceux situés dans des bassins sédimentaires ou des zones alluvionnaires. Là, le modèle de terrain ne s'applique plus et les algorithmes de calcul de certaines variables doivent être adaptés. L'une des variables de fonctionnement qui pose le plus problème est la réserve utile en eau des sols. De nouveaux outils permettant de mieux approcher cette variable sont en cours de développement.

⁵ Il convient cependant de noter que la hiérarchisation des facteurs naturels, de même que celle des variables de fonctionnement de la vigne, n'est pas la même d'une région viticole à une autre.

3. Influence des facteurs naturels des terroirs sur la composition des baies et la qualité des vins.

L'étude de l'effet terroir sur la vigne et le vin est abordé au travers du choix de parcelles expérimentales qui doivent être représentatives de la variabilité des terroirs et des grands types de vins présents sur un territoire. C'est ainsi qu'en Val de Loire, l'INRA a mis en place de longue date deux réseaux de parcelles de Cabernet franc, l'un en A.O.C. Anjou, l'autre en A.O.C. Saumur, Bourgueil et Chinon, et un réseau de Chenin en A.O.C. Coteaux du Layon. Toutes les parcelles d'un même réseau sont conduites de façon identique, les seules causes de variation étant imputables aux facteurs naturels du terroir.

La réponse de la vigne et du vin y est étudiée sur de nombreuses années pour tenir compte de l'effet millésime. On s'intéresse particulièrement à la précocité, à l'expression végétative et à la vigueur, à la composition de la vendange et à l'analyse sensorielle des vins.

Cas du cabernet franc

Depuis le début des années 80, les suivis phénologiques, les suivis de maturation et l'analyse des baies à maturité dans les vignobles rouges de la moyenne vallée de la Loire (A.O.C. Bourgueil, Chinon et Saumur), dans une large gamme de sols, ont permis de mettre en évidence une influence importante du terroir sur le comportement de la vigne et la composition de la vendange comme le montre le tableau 1. Les différences obtenues en 1997 étaient déjà bien présentes en 1982 alors que la vigne n'en était qu'à sa 5^{ème} année de production.

Tableau 1. Exemple de composition chimique des vendanges provenant de plusieurs terroirs et plusieurs millésimes, en Val de Loire (cépage cabernet franc / SO4, planté en 1973)

Parcelles	1DAM	1CHA	2ING	1TUR
Type de terroir	Sables argilo-calcaires sur craie tuffeau	Sables caillouteux sur grès et poudingues	Sables épais sur argiles profondes	Limons argileux d'apport, sur argiles
Année	1980 (millésime défavorable, vendange le 29 octobre)			
Sucres (g/L moût)	155	147	131	137
Acide malique (meq/L)	100	82	149	119
Anthocyanes (mg/Kg baies)	1180	1180	900	960
Rendement (HL/ha)	68	69	61	39
Année	1982 (millésime favorable, vendange le 03 octobre)			
Sucres (g/L moût)	184	175	151	159
Acide malique (meq/L)	63	73	78	75
Anthocyanes (mg/Kg baies)	1510	1320	890	1510
Rendement (HL/ha)	122	139	116	93

Année	1984 (maturation pluvieuse, vendange le 15 octobre)			
Sucres (g/L moût)	171	173	120	155
Acide malique (meq/L)	109	84	130	124
Anthocyanes (mg/Kg baies)	1110	1170	540	1170
Rendement (HL/ha)	74	64	96	36
Année	1990 (année très sèche, vendange le 1^{er} octobre)			
Sucres (g/L moût)	220	191	205	201
Acide malique (meq/L)	30	19	53	34
Anthocyanes (mg/Kg baies)	1520	1430	1350	1870
Rendement (HL/ha)	112	72	108	90
Année	1997 (millésime favorable, vendange le 06 octobre)			
Sucres (g/L moût)	233	216	197	193
Acide malique (meq/L)	26	18	44	49
Anthocyanes (mg/Kg baies)	1470	1800	1120	1370
Rendement (HL/ha)	113	82	100	62

L'étude d'un réseau de parcelles terroirs pendant un certain nombre d'années permet de mettre en évidence l'interaction entre terroir et millésime. Certains terroirs induisent un comportement de la vigne identique quelque soit le millésime ; sur d'autres terroirs la réponse de la vigne varie de façon importante selon le climat de l'année. On parle réciproquement de terroirs à faible interaction avec le millésime et de terroirs à forte interaction avec le millésime. Par ailleurs, l'analyse multidimensionnelle des variables de comportement de la vigne montre que les différences entre terroirs pour un même millésime sont du même ordre de grandeur que les différences que l'on constate pour un même terroir d'un millésime à l'autre.

L'analyse sensorielle des vins de ce réseau, interprétée grâce à l'analyse factorielle multiple, a permis de constituer trois grands groupes de vins, principalement selon un axe de « puissance et d'harmonie ». Les vins bien notés pour les critères de coloration, d'olfaction et de gustation, avec un bon équilibre et une forte harmonie quelque soit le millésime proviennent de terroirs divers, comme les sables épais du Sénonien, des argiles épaisses de l'Eocène ou de la craie sablo-glaucouneuse du Turonien (parcelle 1DAM). On peut relier ces types de vins aux vendanges les plus riches en composés nobles de la baie. Les vins les moins bien notés pour les critères sensoriels, souvent acides et manquant d'équilibre, sont aussi issus de terroirs variés comme les limons à silex du Sénonien, des limons d'apport éolien (1TUR) ou des colluvions sableuses épaisses sur argiles (2ING). Ces vins proviennent en général des vendanges les moins riches. Enfin, certains vins ont des caractéristiques sensorielles qui varient fortement selon le millésime et sont issus de sols sablo-caillouteux sur grès et poudingues de l'Eocène (parcelle 1CHA), des sols sablo-graveleux des basses terrasses de la Loire ou bien de sables argileux sur argiles sableuses du Sénonien.

Il convient de remarquer que les notions de potentiel qualitatif de la vendange et d'interaction du terroir avec le millésime mentionnés plus haut se retrouvent dans l'appréciation des vins par les jurys de dégustateurs.

En 1995, un autre réseau a été mis en place sur l'A.O.C. Anjou. Là, se trouvaient des terroirs à sol mince sur schistes ou sur faluns, donc très sensibles au stress hydrique. L'analyse sensorielle de ces vins, comparés à ceux du premier réseau, a fait apparaître une composante « structure tannique » qui n'était pas apparue auparavant.

Les analyses multidimensionnelles menées sur des séries de données indépendantes - variables de fonctionnement et qualité de la vendange d'une part, analyse sensorielle des vins d'autre part – sont cohérentes. Dans la première série de données, les variables sont distribuées selon deux axes principaux : un axe de précocité et qualité et un axe de vigueur et productivité. Dans l'autre série de données, l'analyse fait apparaître deux axes correspondants : un axe de puissance et d'harmonie des vins et un axe qualité des tanins.

Le réseau multilocal de parcelles expérimentales de cabernet franc a permis d'associer le concept de potentiel viticole d'un terroir au potentiel qualitatif de la vendange et à l'appréciation sensorielle des vins. La caractérisation analytique des vendanges et la caractérisation analytique et sensorielle des vins font actuellement l'objet de recherches plus approfondies de façon à mieux identifier les composants du « pool » polyphénolique, support de la couleur, de la structure et des arômes des vins, lequel est supposé être fortement influencé par le terroir. L'objectif final est d'associer une typicité bien définie à un terroir particulier.

Cas du chenin

Un réseau de parcelles « terroirs » à base de chenin a été mis en place au début des années 90. Il comporte 5 parcelles qui diffèrent nettement de par leurs niveaux de précocité et par leur régime d'alimentation hydrique et peuvent être classées en fonction des variantes du modèle de terrain en parcelles sur milieu « roche », « altération » ou « altérite ». Ces parcelles se situent dans l'A.O.C. Coteaux du Layon et produisent des vins blancs liquoreux à partir de raisins en surmaturation, par passerillage, botrytisation ou une combinaison des deux.

Ces parcelles ont fait l'objet d'un suivi intensif entre 1996 et 2000 en ce qui concerne le comportement de la vigne (stades phénologiques, vigueur, suivis de maturation), l'étude des cinétiques de développement du champignon *Botrytis cinerea* et la qualité des baies à maturité. En particulier, les différents faciès d'évolution de *B. cinerea* vers la pourriture grise ou la pourriture noble ont été notés de manière hebdomadaire pendant la maturation et la surmaturation du raisin. Cette étude a permis de relier les caractéristiques physico-chimiques des baies à l'intensité et aux caractéristiques de la botrytisation induite par le terroir. Les milieux « roche » et « altérite » ont été bien discriminés.

Les terroirs type « roche » induisent une grande précocité, une faible vigueur, un développement tardif et peu important de *B. cinerea* lequel évolue de façon préférentielle vers la pourriture noble ; le passerillage des baies peut atteindre une proportion importante. Les baies sont riches en sucres et peu acides ; en particulier la teneur en acide malique est faible. Au contraire, les terroirs type « altérite » sont plus tardifs, ils induisent une forte vigueur, un développement précoce et rapide de *B. cinerea* lequel évolue souvent vers une proportion importante de pourriture grise ; le passerillage est généralement absent. Les baies sont en général moins riches en sucres que sur les terroirs du milieu « roche » mais leur acidité est toujours plus élevée.

L'étude a également permis de mettre en évidence l'influence de la climatologie de l'année. Globalement, la hiérarchie des terroirs n'est pas remise en question mais des situations climatiques extrêmes (stress hydrique important) font qu'il faut relativiser l'aptitude de certains terroirs à produire ou non une vendange de qualité.

L'opposition entre milieu « roche » et « altérite » se retrouve souvent au niveau de l'analyse sensorielle des vins, quoique l'analyse statistique des résultats ne permette pas toujours de mettre en évidence des différences significatives.

On constate donc des différences très importantes entre les vendanges et les vins issus de divers terroirs. Quelles sont donc les variables qui permettraient le mieux d'expliquer l'effet terroir?

4. Recherche de facteurs explicatifs.

Les études menées à ce jour ont permis de mettre en évidence le rôle de 2 variables interdépendantes : la précocité du cycle de la vigne et l'alimentation hydrique.

La précocité du cycle de la vigne est fonction du pédoclimat thermique au niveau des pics racinaires dans la première partie du cycle (débourrement – floraison), puis de l'expression végétative et du potentiel de vigueur au cours de la seconde partie du cycle (nouaison – maturité). La précocité joue un rôle important sur la qualité de la vendange, en particulier sur les teneurs en sucres et en acide malique et sur les anthocyanes des raisins rouges, du moins en vignoble septentrional.

La notion de précocité peut être comprise comme une avance du cycle végétatif (précocité de mise en place de la surface foliaire) qui fait coïncider celui-ci avec une période de l'année plus favorable, où la durée du rayonnement utile à la photosynthèse est plus longue et ce même rayonnement plus performant. Précocité signifie aussi que la maturation du raisin aura lieu à une période de l'année moins propice à la pourriture. Il est donc raisonnable de penser qu'une plus grande précocité contribue à une meilleure accumulation des sucres et des composés phénoliques dans les baies et permet de vendanger dans des conditions plus favorables, d'où une qualité des moûts améliorée.

Une approche de la caractérisation de la précocité du cycle de la vigne consiste à utiliser les dates de mi-floraison et mi-véraison pour définir une série d'indices de précocité, dont un indice de précocité de cycle. Ces indices de précocité permettent de comparer entre eux des cépages, des terroirs et des millésimes. Dans le cas de notre étude ils contribuent à mettre en évidence des terroirs à faible interaction avec le millésime, lesquels sont soit toujours précoces soit toujours tardifs, et des terroirs à forte interaction avec le millésime dont la précocité fluctue selon le degré de réchauffement du sol au cours de la première partie du cycle - avant floraison - et l'alimentation hydrique au cours de la seconde partie du cycle - après nouaison. Une précocité de cycle élevée est toujours corrélée à une bonne qualité du moût.

Un certain nombre de relations globales entre la précocité du cycle de la vigne et la qualité de la vendange ont pu être mises en évidence :

- Un débourrement tardif se traduit par une acidité titrable élevée et une faible teneur en sucres.
- Une floraison précoce se traduit par une teneur en sucres élevée à la vendange et un faible taux d'acide malique.

- Il existe également une relation négative (à un niveau non significatif) entre date de véraison, date de récolte et teneur en anthocyanes qui indiquerait que plus la maturité est précoce plus on a de chances d'avoir un niveau d'anthocyanes élevé.

L'alimentation hydrique. L'effet de l'alimentation en eau sur le fonctionnement de la vigne et la qualité du raisin a fait l'objet de nombreuses études. Au vignoble, il a été montré dans les grands crus du Bordelais, qu'une alimentation hydrique régulière de la vigne, en relation avec un abaissement progressif du potentiel matriciel de la zone racinaire active dans le sol, durant la période floraison – vendanges, contribue à une maturation optimale du raisin. Il est également démontré qu'une alimentation en eau de la vigne trop déficitaire est néfaste à la qualité, car l'activité photosynthétique est diminuée en raison de la réduction des échanges gazeux de la feuille, consécutive à une fermeture plus ou moins importante des stomates.

Selon le type de terroir, l'alimentation hydrique va varier considérablement au cours des différentes phases végétatives. En Val de Loire, certains terroirs pouvant induire des contraintes hydriques fortes pour la vigne (sols gravelo-sableux des terrasses alluviales, sols sablo-caillouteux sur grès et poudingues) produisent des vins rouges dont l'expression sensorielle varie fortement selon les conditions hydriques des millésimes. En années sèches, comme en 1990, l'effet du stress hydrique se fait sentir sur la cinétique d'accumulation des sucres et des anthocyanes qui est significativement ralentie, tandis que la combustion de l'acide malique dans les tissus végétaux est exacerbée, de même que la synthèse des polyphénols, d'où des vins considérés comme moins harmonieux et moins aptes au vieillissement. Ces stress hydriques sont à relier à des réserves en eau du sol trop faibles, parfois non reconstituées pendant l'hiver et trop vite épuisées par un enracinement limité en profondeur par une roche compacte ou des bancs de cailloux.

S'il y a hydromorphie au printemps, les sols se réchauffent moins vite et le début du cycle végétatif est retardé. Si l'alimentation en eau est abondante durant tout le cycle, mais en particulier de la nouaison aux vendanges, les vins seront peu colorés, acides et sans structure. La meilleure qualité de vendange est obtenue avec une alimentation hydrique modérée et régulière. Un léger stress hydrique durant la seconde partie du cycle est favorable à la qualité.

Terroirs et itinéraires physiologiques de la maturation du raisin

Cabernet franc.

La prise en compte des variables de fonctionnement précocité et alimentation hydrique sur de nombreux terroirs de la moyenne vallée de la Loire entre 1980 et 2000 a permis de dégager quatre types d'itinéraires physiologiques de maturation du raisin de cabernet franc. Deux d'entre eux, l'un sur terroirs précoces et l'autre sur terroirs tardifs, montrent une faible interaction avec le millésime et induisent des qualités de vendange relativement faciles à prévoir d'une année sur l'autre. Les deux autres sont fortement influencés par la pluviométrie estivale et dépendent donc largement du millésime. Ils correspondent d'une part, à des terroirs précoces mais dans lesquels des stress hydriques sévères peuvent se manifester certaines années et d'autre part, à des terroirs généralement plus tardifs dans lesquels le système racinaire de profondeur exploite des argiles à forte réserve facilement utilisable. Avec ce modèle, il est possible à partir de la mesure précise de deux stades phénologiques (mi-floraison et mi-véraison) d'estimer la date et la qualité de vendange avec une bonne probabilité.

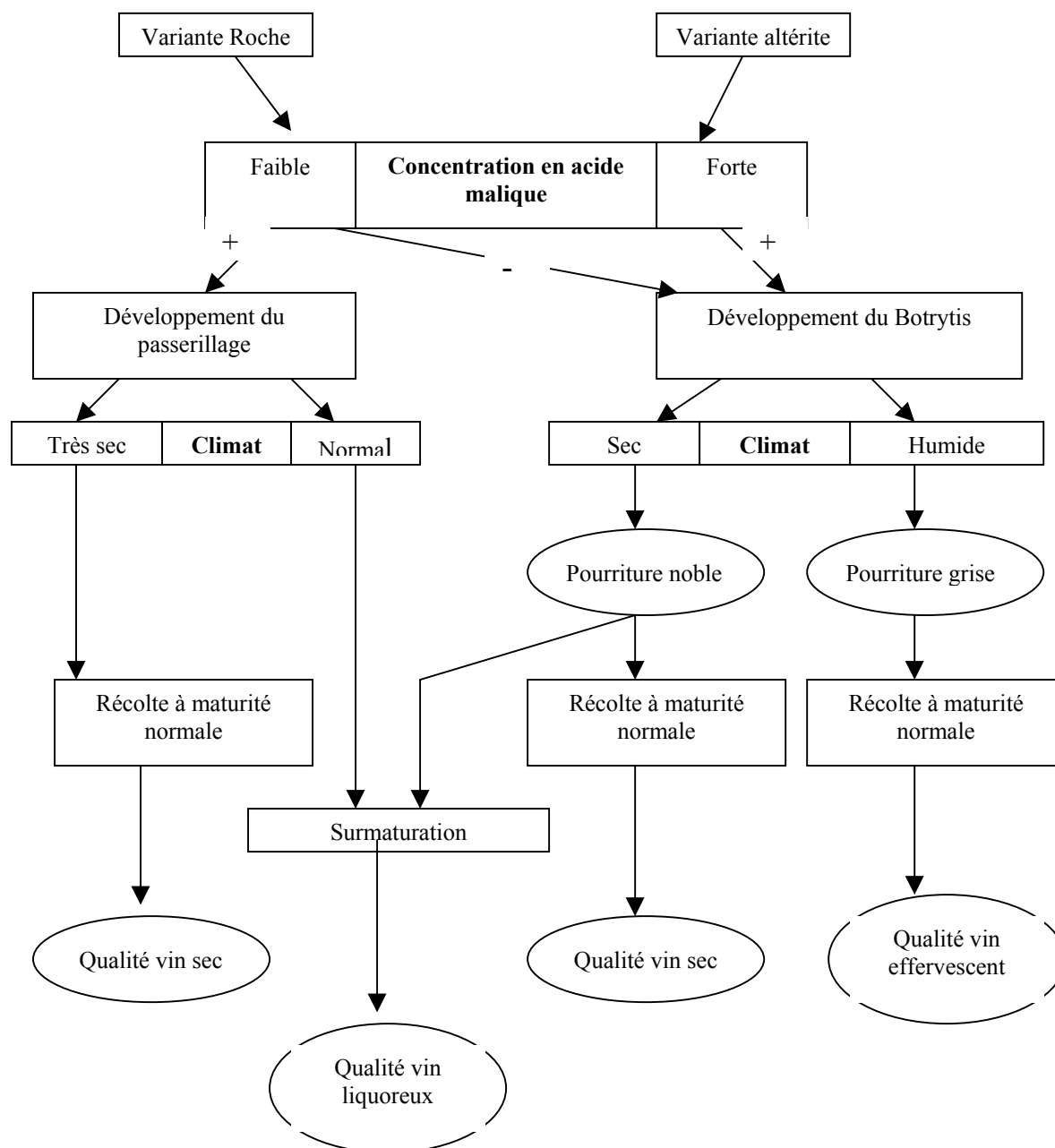
Les terroirs toujours précoces et toujours tardifs, donc à faible interaction avec le millésime, ont une forte probabilité de donner des vendanges respectivement de bonne qualité et de moins bonne qualité. Les terroirs à forte interaction avec le millésime sont ceux dont le

comportement est le moins prévisible ; selon le climat de l'année, ils peuvent soit se retrouver dans le groupe des terroirs les plus qualitatifs, soit dans celui des moins qualitatifs.

Chenin.

Dans l'aire A.O.C. des Coteaux du Layon, le chenin est un cépage cultivé à la fois pour l'élaboration de vins blancs secs, effervescents et liquoreux. Les résultats obtenus entre 1996 et 2000 montrent un effet important dû au terroir (combinaison des propriétés physiques du sol et du mésoclimat) sur la composition des moûts, la date de début d'infection par *B. cinerea* et la cinétique de développement de ce champignon, agent de la pourriture grise et de la pourriture noble. Ils ont permis de proposer un modèle d'évolution de la maturation et de la surmaturation du chenin (Fig. 4).

Fig. 4. Proposition d'un modèle de maturation et de surmaturation du chenin en fonction de la variante « sol ».



A maturité, les sols minces sur pentes schisteuses orientées Sud-Ouest (variante Roche du modèle de terrain) produisent les moûts les plus riches ; les sols sablo-argileux profonds en situation de plateau (variante Altérite) induisent une apparition précoce du champignon et des niveaux d'infestation élevés. La production de vins liquoreux nécessite une période de surmaturation au cours de laquelle s'opèrent une importante concentration des sucres et le développement de nouveaux arômes, grâce à la présence de pourriture noble et/ou de passerillage. La pourriture noble se développe tôt et atteint des niveaux élevés sur les terroirs de la variante Altérite, mais la proportion de pourriture grise est toujours importante. Sur les terroirs de la variante Roche, la pourriture noble se développe plus tardivement et de manière plus limitée, avec peu de pourriture grise ; elle est souvent accompagnée de passerillage. Les conditions climatiques durant la période de surmaturation peuvent accentuer ou au contraire atténuer ces évolutions. Sur les terroirs de la variante roche, il est possible de produire des vins liquoreux de qualité, après surmaturation des raisins, quelque soit le millésime. Les vignobles situés sur des terroirs de la variante Altérite ne peuvent produire naturellement de bons liquoreux que lors des millésimes précoces et secs ; dans le cas contraire, ils doivent être vendangés à maturité pour produire des vins blancs secs ou effervescents. La mise en œuvre de pratiques culturales adaptées peut résoudre en partie les problèmes inhérents aux terroirs de la variante altérite, mais cela contribue à augmenter les coûts de production.

5. Valorisation des études sur les terroirs viticoles.

La méthodologie de caractérisation des terroirs produit des atlas cartographiques utilisables à l'échelle de la parcelle.

Ces atlas constituent un référentiel permanent pour les expérimentations dans le vignoble dans l'optique d'une véritable gestion optimisée de celui-ci. Il est maintenant possible de localiser objectivement les parcelles viticoles devant supporter des expérimentations.

Le viticulteur a la possibilité de mieux prendre en compte les caractéristiques de ses terroirs et donc les potentiels qu'il engendre à des différents niveaux : viticole, vendange et œnologique.

Cela revient à dire qu'il peut adapter les itinéraires techniques au vignoble et les méthodes œnologiques au chai.

Une valorisation œnologique spécifique en fonction du terroir est possible non seulement au niveau d'une exploitation individuelle, mais aussi au niveau d'une cave coopérative.

Quelques exemples concrets nous permettent d'ores et déjà de mesurer l'intérêt de la méthodologie :

- élaboration de cartes conseils pour le choix du cépage,
- élaboration de cartes conseils pour le choix du porte-greffe,
- élaboration de cartes conseils pour la conduite du vignoble.
- effet de feed-back sur les méthodes de sélection clonale. En effet la précocité peut constituer un critère important de sélection, du moins en vignoble septentrional, car on a pu constater qu'elle joue un rôle important sur la qualité. D'autre part il devrait être possible à l'avenir de sélectionner le matériel végétal en fonction de son adaptation à un terroir particulier.
- Gestion des apports en caves coopératives,
- Vinifications par lieux-dits en caves coopératives.

Conclusions.

La méthodologie de caractérisation des facteurs naturels des terroirs montre qu'à un terroir donné correspond un mode de fonctionnement de la vigne qui engendre un potentiel vendange, donc une certaine richesse en sucres, polyphénols et précurseurs d'arômes. Nous avons donc là une méthodologie qui permet de relier la qualité et la typologie d'un vin à la prise en compte des facteurs naturels du milieu, et ce, de façon objective. Le fait que les unités de terroir soient cartographiées à grande échelle - chaque parcelle de viticulteur est identifiable sur la carte - constitue un outil pertinent pour les agents chargés du zonage viticole.

Les connaissances de base sur les terroirs et leurs effets sur la qualité et la typicité des vins doivent permettre l'élaboration de vins dont l'originalité reposera surtout sur le terroir de production, créneau commercial porteur sur le plan de l'authenticité et de la traçabilité du produit.

Pour en savoir plus :

ASSELIN C., MORLAT R., SALETTE J., 1996. Déterminisme de l'effet Terroir et gestion œnologique en Val de Loire . Application aux vins rouges de Cabernet franc et aux vins blancs moelleux de Chenin. *Revue Française d'Oenologie, Janv.-Fév. 1996, n° 156, p.14-20.*

ASSELIN C., COULON J.B., BARBEAU G., MORLAT R., BUCHIN S., PRADEL P., BRUNSCHIG G., VERDIER I., VIALON C., 1999. Etude du lien entre terroir et produit dans le cas des fromages et des vins. *Actes de colloque SFER. Signes officiels de qualité et développement agricole.* 14-15 avril 1999, p. 65-90. Edition TEC & DOC.

ASSELIN C., FALCETTI M., 1996. Relation terroir-vendange. Les effets du terroir ou l'expression des potentiels à valoriser. Dip. Produzione-Istituto Agrario San Michele all' Adige (Trento) Italie ; INRA-URVV-IPV, Angers. *1er Colloque International "les Terroirs Viticoles" Centre des Congrès d'Angers les 17 et 18 juillet 1996.*

ASTRUC H., JACQUINET J.C., HERITIER J., 1984. Une application originale de la recherche fondamentale en écologie : la naissance d'un cru. *Le courrier du CNRS*, 58, 44-47.

BARBEAU G., MORLAT R., ASSELIN C., 1998. Relations entre précocité du cycle de la vigne et composition des baies de divers cépages du Val de Loire. *Progrès Agricole et Viticole, 1998, 115 N° 5 pp 106-112 et N°6 pp 127-130*

BARBEAU G., MORLAT R., ASSELIN C., JACQUET A., PINARD C., 1998. Comportement du cépage Cabernet franc dans différents terroirs du Val de Loire. Incidence de la précocité sur la composition de la vendange en année climatique normale (exemple de 1988). *J. Int. Sci. Vigne Vin, 1998, 32, n°2, 69-81*

BARBEAU G., ASSELIN C., 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, (1998, 805-806) pp 247-262*

BARBEAU G., ASSELIN C., BOUVET Marie Hélène, MEGE Anne, 1999. La botrytisation en Coteaux du Layon : mise en évidence de son influence sur les caractéristiques des vendanges de Chenin issues de divers terroirs, de 1996 à 1998. *Revue Française d'œnologie, 176, 18-25.* 39^e congrès des œnologues, 19-22 mai 1999 Colmar

BOHRMICH R., 1996. Terroir: Competing perspectives on the roles of soil, climate and people. *Journal of wine research, Vol 7, n° 1, 33-46.*

BRANAS J., 1980. Des appellations d'origine des vins, éléments historiques et agronomiques d'une méthode d'étude. *Revue française d'œnologie*, n°78, 13-61.

BROSSAUD F., RIGAUD J., CHEYNIER Véronique, ASSELIN C., MOUTOUNET M., 1996. Influence du terroir sur la composition en flavonoïdes de la baie de raisin de Cabernet franc en Moyenne Vallée de la Loire. *1er Colloque International "les Terroirs Viticoles", Centre des Congrès d'Angers les 17 et 18 juillet 1996.*

BROSSAUD F., CHEYNIER Véronique, ASSELIN C., MOUTOUNET M., 1998. Influence du terroir sur la composition en flavonoïdes des baies et des vins de Cabernet franc en Val de Loire. Incidence sur la typologie sensorielle des vins. *Bulletin de l'OIV*, septembre - octobre, (vol.71), **811/812**, 758-771, 14 p.

BROSSAUD F., 1999. Composition en flavonoïdes des baies et des vins de *Vitis vinifera* var. Cabernet franc. Etude des descripteurs analytiques et sensoriels en relation avec l'effet terroir en Moyenne Vallée de la Loire. *Thèse de Doctorat, Université de Rennes.*

CARBONNEAU A., 1996. Le Terroir situé entre le macroclimat et le microclimat. 13èmes Rencontres Oenologiques, Montpellier, le 25 novembre 1995 - *Revue française d'Oenologie, janv/fév 1996- n°156.*

CAREY V., 2001. Spatial characterisation of natural terroir units for viticulture in the Bottelaryberg-Simonsberg-Helderberg winegrowing area. *Thèse de MSc, Université de Stellenbosch (Afrique du Sud)*

DIRNINGER Nicole, DUC D., ASSELIN C., SCHAFFER A, 1996. Terroir et composition aromatique des vins : Incidence des facteurs naturels du milieu. *1er Colloque International "les Terroirs Viticoles", Centre des Congrès d'Angers les 17 et 18 juillet 1996*

DOLEDEC A.F., 1995. Recherche des composantes principales des terroirs viticoles afin d'élaborer un outil d'aide à la gestion au moyen d'observatoires et de traitements statistiques de données spatialisées. Application au vignoble champenois. *Thèse de Doctorat INA PG*, 160 p + annexes.

GUILBAULT P., MORLAT R., RIOUX D., 1998. Elaboration de cartes conseil pour une gestion du terroir à l'échelle parcellaire. Utilisation d'algorithmes basés sur des paramètres physiques du milieu naturel. *Actes du symposium international Territorio e Vino (Sienne, Italie)*, 741-751.

JOURJON Frédérique, 1990. Influence du sol, du climat et de l'alimentation en eau sur le développement de la vigne, la constitution du raisin et la typicité des vins rouges de qualité dans la Moyenne Vallée de la Loire. *Thèse de doctorat, soutenue à l'université de Bordeaux II, le 29 octobre 1990*

LEBON E., DUMAS V., METTAUER H., MORLAT R., 1993. Caractérisation intégrée du vignoble alsacien : aspects méthodologiques et application à l'étude des composants naturels des principaux terroirs. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, Tome 27, n°4, 235-253*

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 Moyenne Vallée de la Loire. *Thèse d'Etat soutenue à Bordeaux II le 18.12.89. Tome I : textes, 289 p ; tome II : Annexes, 129p..*

MORLAT R., ASSELIN C., 1990. Une approche objective des terroirs et typologie des vins en Val de Loire. *IAA*, 107, 367-372, mai 1990.

MORLAT R., 1992. 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. *Cahier scientifique Revue Française d'Oenologie*, novembre décembre 1992, n°139, 6-13.

MORLAT R., 1998. Les relations entre le terroir, la vigne et le vin. *Compte Rendu Académie d'Agriculture de France*, 2, 19-32.

MORLAT R., 2000. Recherches intégrées sur les terroirs et leur optimisation : application au vignoble angevin, dans la perspective d'améliorer la qualité et la typicité des vins. *Colloque Euroviti 2000*. « Les terroirs viticoles, fondements scientifiques et valorisation économique. » p. 3-21

NOBLE A.C., 1979. Evaluation of Chardonnay wines from sites with different soils compositions. *Am. J. Enol. Vitic.* 30, n°3, 214-217

RIOU C., MORLAT R., ASSELIN C., 1995. Une approche intégrée des terroirs viticoles. Discussions sur les critères de caractérisation accessibles. *Bulletin de l'OIV*, Vol. 68, 767-768, janvier-février 1995, p.94-106.

SALETTE J., 1996. Perceptions individuelles et collectives du terroir. Sur la réalité du lieu entre le terroir et le produit : de l'analyse sémantique à l'approche écologique. *1er Colloque International " les Terroirs Viticoles", Centre des Congrès d'Angers les 17 et 18 juillet 1996*

SALVADOR S., LAGACHERIE P., MORLAT R., 1997. Zonage prédictif des terroirs viticoles à partir de secteurs pris comme référence. *Etude et Gestion des Sols*, 4.3. 1997, pp 175-190, 15 pages

TESIC D., 2002. Environmental effects on Cabernet sauvignon (*Vitis vinifera* L.) when grown in different sub-regions within Hawke's Bay (New Zealand). *Thèse de Doctorat (PhD)*, Massey University, Palmerston North, New Zealand.

VAN LEEUWEN C., SEGUIN G., 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* variété Cabernet franc Saint Emilion 1990). *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 28, n°2, 81-110

WILSON J.E., 1998. Terroir : the role of geology, climate, and culture in the making of French wines. Book, 336 pp. *University of California Press, Berkeley 94720*.