

Etude de la composante climatique du terroir viticole en Val de Loire : relation avec les facteurs physiques du milieu.

A. JACQUET^{1,2} R. MORLAT¹

¹ I.N.R.A., U.R.V.V., Angers, France.

² Adresse actuelle : INRA - L.A.P.B.V., Université de Caen, esplanade de la paix, 14032 Caen cedex. France.

INTRODUCTION

Les recherches conduites par l'U.R.V.V. du centre I.N.R.A. d'Angers ont pour but d'élaborer une méthodologie de caractérisation intégrée des facteurs naturels des terroirs viticoles, représentative des conditions de fonctionnement de la vigne et des différences sensorielles des vins. Dans ce cadre, le concept d'Unité Terroir de Base (U.T.B.) a été développé. L'U.T.B. représente une surface viticole d'extension géographique variable, définie comme l'association en un lieu donné d'une composante géologique, pédologique et paysagère, Morlat (1989), Riou *et al* (1995).

La géopédologie oriente la morphologie et les conditions nutritionnelles du système racinaire, (Morlat et Jacquet, 1993), et influence profondément le fonctionnement de la vigne, (Morlat, 1989). Parallèlement, on ne peut ignorer l'effet du climat sur la qualité du raisin dans une étude globale des terroirs viticoles (Branas, 1946 ; Nigond, 1957 ; Huglin, 1978 ; Riou *et al*, 1994). L'environnement paysager d'un terroir peut engendrer des variations locales du climat régional (mésoclimat), suffisantes pour modifier la réponse de la vigne. Cette hypothèse a été testée avec succès par Nigond (1971) et Lebon (1993) pour des reliefs accentués ou semi-montagneux soumis à des climats tranchés (semi-continentale pour Lebon, méditerranéenne pour Nigond).

La plupart des éléments constitutifs d'un terroir, potentiellement modificateurs du climat, ont été étudiés isolément et le plus souvent en zones accidentées. Les effets des brise-vent ont été largement analysés et décrits par Guyot (1963) et Guyot *et al* (1976). Le rôle de la nature de la surface du sol sur les températures a été abordé (Branas, 1946 ; Verbrugge, 1991). Godard (1949), Guyot *et al* (1976), Varlet Grancher (1975) se sont intéressés aux effets climatiques des versants, des pentes et de l'altitude. Tous ces auteurs sont d'accord sur le fait que les mésoclimats se forment principalement par ciel clair et temps calme.

La transposition de leurs résultats, indispensable pour comprendre les phénomènes climatiques locaux, est insuffisante pour prédire un mésoclimat, car celui qui se forme en un endroit résulte de l'action conjointe (convergente ou opposée) de ces multiples variables. Il est donc important d'inclure à la même échelle, et en lui donnant une dimension spatiale, la composante climatique du terroir viticole, au même titre que la composante édaphique (sol, roche géologique).

Ce travail devrait aider à hiérarchiser les facteurs locaux du climat, en vue de déceler les variables utilisables pour une cartographie climatique applicable aux zones tempérées de faibles altitudes dont le relief est peu accidenté. Ce dernier objectif est fondamental pour la caractérisation intégrée des terroirs et comme outil de gestion agroviticole des vignobles.

I - MATERIELS ET METHODES

A - Le dispositif expérimental

Les parcelles expérimentales utilisées ici (14) font partie d'un réseau de suivi de la vigne présenté par Morlat (1989) qui échantillonne les principales unités de terroirs des vignobles de Saumur-Champigny,

Bourgueil et Chinon situés en moyenne vallée de la Loire, (tableau 1). Cette région est soumise à un climat océanique atténué, se caractérisant par une assez faible pluviométrie (600 mm), des températures moyennes annuelles de l'ordre de 11.5°C, des vents dominants Ouest et Sud-Ouest. Sept millésimes différents répartis entre 1980 et 1990 ont été étudiés avec ce réseau, mais nous présenterons seulement les résultats de l'année 1988, choisie pour ses valeurs climatiques proches des normales.

B - Caractérisation du paysage

Les variables topographiques comme la pente, l'exposition, l'altitude réelle sont relevées pour chaque site. De plus, l'altitude relative de la parcelle par rapport au contexte proche (rayon de 500 m autour du point de mesure) est calculée ainsi qu'un indice de fermeture du paysage. Parallèlement, l'albédo du sol, la texture et la charge en cailloux de l'horizon de surface et la consommation d'eau du système sol-plante sont intégrées à l'analyse.

L'altitude relative globale (ARG) est la différence entre l'altitude de la parcelle et la moyenne des altitudes relevées tous les 45° de l'azimut pour des cercles concentriques distant de 100, 200, 300, 400, 500 m du centre de la parcelle (soit 40 points).

Le paysage viticole est étudié à partir de photographies faites au 50mm au centre de chaque site expérimental. Deux demi-panoramiques horizontaux, respectivement orientées O-N-E et E-S-O restituent le paysage visible du centre de la parcelle. Une cartographie de ces vues distingue les formations arborées (masques verticaux végétaux), le relief nu ou cultivé (masques topographiques) et les constructions (masques anthropiques) selon un code couleur simple (Robinet, 1996). Les différents masques environnants et situés à moins de 500 m de la parcelle sont planimétrés et exprimés en cm². Les valeurs obtenues donnent un indice de fermeture du paysage (I.F.P.), bien corrélé à celui calculé à partir de la méthode des angles solides au théodolite, $r^2 = 0.98$ (Joly, 1988). Les valeurs obtenues, comprises entre 0 et 150, permettent de classer les paysages de très ouverts à très fermés. Cette méthode photographique permet aussi, en précisant la nature des écrans responsables de la fermeture du paysage, de comparer des régions entre elles par rapport aux masques dominants.

C - Données météorologiques

Elles sont collectées dans un poste météo installé à deux mètres de hauteur au centre de la parcelle expérimentale. Le vent, la température et l'hygrométrie sont mesurés à l'échelle horaire et les autres paramètres à l'échelle hebdomadaire (pluviométrie, rayonnement global). Les différents capteurs ont été régulièrement vérifiés et étalonnés. La précision des capteurs est de ± 0.2 °C pour la température et $\pm 3\%$ pour l'hygrométrie et le rayonnement global.

II - RESULTATS - DISCUSSION.

A - Caractérisation des facteurs physiques du paysage

Le modelé du relief de la zone test est doux. La gamme d'altitude rencontrée est faible (de 42 à 108m), les pentes sont faibles à nulles (< à 5%), les chiffres d'altitude relative (déclivité moyenne < à 13 m pour un rayon de 500m) confirment cette observation (tableau 1). La plupart des sites sont ouverts vers le Sud et protégés au Nord. La variabilité de l'indice de fermeture du paysage est importante : 2.8 à 145. L'albédo du sol ne discrimine pas suffisamment les parcelles (21 à 26). En revanche, le pourcentage de sables totaux du premier horizon, bien corrélé aux températures du sol dans cet essai, (Jacquet *et al*, 1996) possède une bonne variabilité (37% à 92%). On peut distinguer quelques groupes de parcelles caractéristiques:

- à paysage très ouvert : 1BEAU, 1TUR, 1FON
- à paysage fermé : 1ROC, 1CHA
- dont le contexte est forestier : 1ROC, 1BOIS, 2ING.

Les résultats obtenus par analyse en composantes principales (A.C.P.), fig 1, montrent que la fermeture du paysage (IFP) a tendance à augmenter avec l'altitude (alti) pour laquelle on observe une augmentation parallèle du taux de cailloux de la surface du sol (élts>2mm). Ce dernier est corrélé avec l'altitude relative (ARG). La nature et l'âge des matériaux géologiques (grès et poudingues) limitant l'érosion, peuvent expliquer une altitude relative importante par une teneur élevée d'éléments grossiers et l'établissement préférentiel de

zones boisées (ces lieux étant plus difficiles à cultiver). A l'inverse les taux de sable de l'horizon de surface et la consommation en eau du système sol-plante (cons-eau) s'opposent aux variables de l'altitude. L'IFP, l'altitude réelle et relative, apparaissent comme les paramètres qui expliquent bien la variabilité de ces paysages. 67% de la variabilité de ces paysages est expliqué par ce plan multifactoriel. La strate végétale contribue pour 75% à la fermeture du paysage. Cette végétation associée est un trait caractéristique de certains terroirs et sa présence est souvent liée à la nature physico-chimique du substrat (Morlat, 1989).

B - La variabilité mésoclimatique

1 - La pluviométrie

La comparaison entre sites pour ce paramètre, doit être prudente, car une fraction des précipitations de l'année d'étude est tombée sous forme d'orages dont la formation reste aléatoire. Toutefois, la tendance observée sur 20 ans entre les postes météo Nord-Loire (Bourgueil : 636 mm/an) et Sud Loire (Saumur : 584 mm/an, Chinon : 615 mm/an) est confirmée. En effet, les parcelles de Saumur et Chinon, groupe c et d du tableau 1 ont reçu le moins de précipitations (total entre 310 et 330 mm), alors que celle de Bourgueil, groupe b, se situent entre 395 et 434 mm sur la période d'étude. Mais 1FON (Nord Loire) et 1TUR (Sud Loire) occupent une position intermédiaire.

Par ailleurs, il est possible que les forêts augmentent le volume des précipitations. Pendant la période d'étude, la parcelle 2ING, située à moins de 100m de la forêt bourgueilloise a reçu 39 mm de plus que 1ING distante d'environ 1km de cette forêt. A Chinon, c'est la parcelle 1ROC, en situation de quasi clairière qui a recueilli 13 mm de plus que 1VAU, située à quelques centaines de mètres de la lisière.

2 - Le rayonnement global

A l'échelle de la période d'étude, les écarts maxima de rayonnement global (Rg) reçu entre parcelles atteignent 280 MJ/m², soit 16 jours d'éclairement moyen, (fig 2). La plus ensoleillée, 1TUR, s'oppose à 1ROC et 1CHA. Les écarts hebdomadaires à la référence atteignent respectivement + 6% et - 8% pour les semaines anticycloniques de l'été. Certaines parcelles, comme 1FON, 3EL, 2ING, présentent des oscillations hebdomadaires autour de la référence. Ces variations de comportement sont peut-être explicables par une hétérogénéité spatiale de la couverture nuageuse pendant les types de temps variables (majoritaires).

On notera que la variabilité de la réception du rayonnement global (Rg) est aussi forte que pour des régions présentant des pentes d'orientations opposées de 20 à 30% (Lebon, 1993, Cellier, 1994). Ces modifications sont en relation directe avec l'I.F.P. comme le montrent les coefficients de corrélations portés sur le tableau 2 (r compris entre -0.63 et -0.78 selon l'orientation des écrans). Les masques Ouest et Est ont le plus d'influence. Le flux direct est amoindri le soir pour 1ROC et 2ING, et le matin pour 1CHA.

3 - La vitesse du vent

C'est le paramètre le plus modifié dans ce réseau expérimental (fig. 3). 1ROC et 1CHA sont les parcelles les moins ventées, à l'opposé, 1TUR et 1BEAU présentent les vitesses maximales. Entre ces extrêmes, on observe une augmentation de vitesse du vent sur 1ING, pour les flux de secteur SO à O et une diminution sur 1BOIS pour les flux N à S-E. Pour des journées type de fort flux O à S-O (30 Mai et 06 Octobre), des écarts à la référence de l'ordre +20% pour 1BEAU, 1TUR, 1ING et de -60% pour 1ROC ont été enregistrés. Pour des flux de N-E (06 Mai), 1BEAU et 2ING présentent les plus fortes augmentations (+40% par rapport à la référence) tandis que l'on note des réductions de 70% sur 1ROC et 35% 1BOIS. Ces différences sont essentiellement liées à l'IFP, puisque les corrélations, (tableau 2), atteignent -0.94 et ne sont jamais inférieures à -0.72, quel que soit le nombre de parcelles pris en compte et la zone de fermeture du paysage considérée. L'augmentation de la vitesse du vent sur 1ING et 1BOIS, situées dans la partie supérieure de pentes douces orientées Sud, pour les flux S, SO, peut s'interpréter entre autre à partir des observations de Guyot (1976) sur l'effet accélérateur des pentes faisant face au vent.

4 - L'humidité de l'air.

Il est assez difficile de relier l'humidité de l'air à des paramètres simples du paysage. En effet, celle-ci dépend d'effets combinés multiples : caractéristiques des masses d'air en déplacement, transpiration de la végétation, évaporation du sol, évolution concomitante de la température de l'air. La figure 4 montre les

principales tendances observées dans le réseau. L'hygrométrie est plus forte pour les parcelles situées en bordure de massifs forestiers, en particulier pendant la phase végétative des arbres (ROC, 2ING, BOIS), elle augmente par rapport à la référence au cours de l'année pour les sites sur craie tuffeau (DAM, POY, BOIS, BEAU) et décroît sur les sites dont le sol est caillouteux (VAU, FON, CHA). On peut émettre l'hypothèse que l'évapotranspiration de la forêt, et/ou le potentiel d'évapotranspiration des sols à fortes réserves hydriques (craie tuffeau dans notre essai) augmenteront l'hygrométrie de l'air des parcelles correspondant à ces situations. Pour 1BOIS et surtout 2ING, où les teneurs en eau de l'air sont équivalentes à des parcelles comme 1DAM ou 1FON, les fortes hygrométries s'expliquent aussi en partie par leurs températures plus basses. Pour les parcelles proches de la forêt, la fermeture du paysage peut aussi jouer un rôle en limitant le brassage de l'air. On peut admettre que si les masses d'air régionales sont homogènes du point de vue de l'humidité de l'air, alors les variations d'hygrométrie dépendent de la production locale de vapeur d'eau (évapotranspiration des systèmes sol-plante présents), de la température de l'air et de la configuration des lieux plus ou moins favorables à la stagnation de l'air (cf. IFP).

5 - La température

A l'échelle de la période de mesure (mars à octobre), la gamme de variation entre les parcelles est faible (0,7°C) pour la température moyenne, (tabl. 3). Elle correspond à l'écart qui existe entre le site le plus froid (2ING avec 13,7°C) et ceux à tendance plus chaude (1FON et 1GAR avec 14,4°C). Les autres parcelles oscillent entre 13,9 et 14,3°C. Les écarts atteignent 1°C pour les maxima et 1,2°C pour les minima. A cette échelle, les relations les plus significatives entre facteurs physiques du paysage et température moyenne de l'air sont données dans le tableau n°2 pour différents groupes de parcelles. Ainsi les corrélations négatives entre altitude réelle et températures moyennes sur la période de végétation sont passées de -0,34 à -0,78 pour la température moyenne et de -0,50 à -0,94 pour la température maximale en ôtant de l'analyse les parcelles du nord-est bourgueillois (+ froid) et 1ROC (altitude forte mais plus chaude en raison de sa situation de clairière). Pour les relations entre teneur en sables du sol et température de l'air, le coefficient de corrélation dépasse 0,7 dès que l'on retire le terroir 2ING très sableux mais situé dans une vallée nord-sud fermée à l'ouest formant localement un couloir froid. Les différences observées correspondent globalement, pour la période végétative de la vigne, à un abaissement des températures moyennes de l'air de 0,5°C pour 60m d'altitude gagné et une augmentation de 0,2 à 0,3°C lorsque l'on passe d'un sol argileux à un sol sableux. Toutefois, il est à noter que l'effet de l'altitude n'est pas totalement indépendant de l'effet "texture du sol" puisque ces deux paramètres sont assez liés dans ce réseau, ($r = -0,60$).

Le type de temps n'a pas une influence notable sur les régimes thermiques de l'air dans cette région. Par contre, à l'échelle horaire, des différences de comportement existent, (Morlat et Jacquet, 1995). La journée du 25/07/88, représentative des temps calmes par ciel clair, en fournit une illustration pour cinq parcelles, (fig. 5). On peut y distinguer des profils d'écarts à la référence croissants, comme 1FON qui de plus fraîche au lever du soleil devient nettement plus chaude le soir ou celui de 1VAU pour des valeurs inférieures de température. La restitution en soirée de l'énergie emmagasinée au cours de la journée par les sols caillouteux de ces deux parcelles explique ces profils. Le profil de la parcelle 1DAM est l'inverse des précédents. 2ING enregistre des températures plus basses du coucher au lever du soleil et indifférenciées pendant la phase diurne, ce profil en cloche est en partie dû à la limitation de la réception du rayonnement direct le soir (masque ouest). 1ROC se caractérise par une température beaucoup plus élevée que la référence le matin et très inférieure le soir. Le matin, l'effet "piège à rayonnement" et brise vent de la clairière domine, tandis que le soir, la forte diminution de l'éclairement direct, abaisse la température de l'air. Ces comportements donnent, en partie, la manière dont les écarts observés à l'échelle du cycle végétatif se forment.

III - CONCLUSION

Ce travail a permis de mettre en évidence l'importance de la fermeture ou ouverture du paysage (I.F.P.) sur les variables climatiques comme la vitesse du vent dont découle en partie l'évapotranspiration potentielle, la réception du rayonnement solaire (très important pour la photosynthèse et l'énergie disponible pour le réchauffement du sol et de l'air) et en moindre mesure l'hygrométrie. Pour la température, en dehors des cas particuliers comme les situations de clairière (1ROC) ou de petites vallées nord-sud, perpendiculaires aux collines du bourgueillois, formant des couloirs froids (2ING), les différences paraissent principalement conditionnées par l'altitude (bien que le relief soit peu accentué) et par la texture de surface du sol qui détermine son réchauffement et le niveau de convection qui en résulte. La variabilité de l'hygrométrie est apparue assez liée aux réserves en eau du sol et à la présence de forêts proches, les 5 à 7 % d'hygrométrie supplémentaire associé à

ces contextes peuvent y jouer un rôle non négligeable sur les aspects phytosanitaires. La plupart de ces facteurs de variations sont liés à la géopédologie locale et justifient a posteriori la démarche de caractérisation intégrée des terroirs.

Pour un zonage climatique en Val de Loire ou en régions analogues, l'IFP, l'altitude, la texture de surface puis l'orientation et la déclivité des versants, la charge en cailloux figurent parmi les paramètres majeurs. La méthodologie de caractérisation intégrée des terroirs viticoles développée à Angers, les associe d'ailleurs simultanément aux couples sol-roche homogènes pour définir l'Unité Terroir de Base. Les éléments généraux d'accompagnement à prendre en compte seraient les vents dominants, les isohyètes obtenus sur de longues périodes, la situation des forêts importantes. Pour généraliser et standardiser l'utilisation d'IFP, il serait préférable d'utiliser la méthode des angles solides déterminés au théodolite plutôt que la photographie difficilement adaptable à une utilisation systématique. L'altitude relative devra être testée pour des reliefs plus accentués, cette variable pourrait être alors utilisée pour définir les zones à risques de gelée.

Dans une perspective de valorisation, il apparaît qu'il vaudrait mieux s'orienter vers des cartographies climatiques thématiques car les différentes variables météorologiques ne sont pas toutes modifiées dans le même sens ni par les mêmes facteurs de l'environnement paysager. D'autre part, si des paramètres comme la température moyenne ou l'insolation peuvent se coupler aisément au potentiel viticole, les températures minimales s'adressent plus aux risques de gel, l'hygrométrie à la gestion phytosanitaire etc. Couplé à la dimension sol du terroir (aspect réserves hydriques par exemple), des approches spatialisées intégrant des variables comme vitesse du vent, ETP peuvent s'avérer déterminantes pour la gestion agronomique des terroirs.

REFERENCES

- BRANAS J., BERNON G., LEVADOUX L., 1946. *Eléments de viticulture générale*, ENSA Montpellier, 400p.
- CELLIER P., 1994. *Caractérisation microclimatique de la vigne dans le vignoble champenois : estimation et paramétrisation de la variabilité*. Rapport d'avancement, non publié, INRA Bioclimatologie Grignon, France.
- GODARD M., 1949. Microclimats et mésoclimats du point de vue agronomique, *Annales Agronomiques*, 1949, p 578 - 604.
- GUYOT G., 1963. Les brise-vent. Modification du microclimat et amélioration de la production agricole. *Ann. Agron.* 14(4), pp 429 - 488.
- GUYOT G., BOUCHET R.J., CHIAPALE J.P., MALET P., SEGUIN B., VERBRUGGHE M., 1976. *Climat et aménagement en pays de bocage*, I.N.R.A., station de bioclimatologie Montfavet, Rapport de fin de contrat d'étude, Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 767 p.
- HUGLIN P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole, *C.R. Académie d'Agriculture, FRANCE*, 1117-1/26.
- JACQUET A, CELLIER P, BAUTRAIS P, MORLAT R, DORMOY L, DELANCHY P, 1996. *Variabilité des régimes thermiques des sols de vignoble, I. Relation avec les caractéristiques pédologiques*. A soumettre pour publication.
- JOLY F., 1988. *Influence du paysage viticole sur l'interception énergétique : essai de quantification*. Mémoire de fin d'étude E.N.S.A. Rennes, U.R.V.V. I.N.R.A. Angers, 35 p.
- LEBON E., 1993. *De l'influence des facteurs pédo et méso-climatiques sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin. Application à l'établissement de critères de zonage des potentialités qualitatives en vignoble septentrional (Alsace)*. Thèse de Doctorat (géologie). Université de Dijon. 165p.
- MORLAT R., 1989. *Le terroir viticole : contribution à l'étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins. Applications aux vignobles rouges de Moyenne Vallée de la Loire*. Thèse d'état. Université Bordeaux II. 289p + annexes.
- MORLAT R. et JACQUET A., 1993. The soils effects on the grapevine root system in several vineyards of the Loire Valley (France). *Vitis* n°32, pp. 35 - 42.
- MORLAT R. et JACQUET A., 1995. *Une approche des mésoclimats associés aux terroirs viticoles de la moyenne vallée de la Loire*. Document non publié, U.R.V.V - I.N.R.A. Angers, 23 pages + graphiques et annexes.

- NIGOND J., 1957. *Action de la température sur le développement et la croissance de la vigne à Montpellier.* Station Bioclim. Agr Montpellier (ronéo). 20p.
- NIGOND J., 1971. *Le rôle du climat et du microclimat en viticulture.* Dactylographié, 55p. In CARBONNEAU A. et al, 1992. *Agrométéorologie de la vigne en France*, EUR 13911. Luxembourg : Office des Publications des communautés Européennes, 168 p
- RIOU. C. et al, 1994. *Le déterminisme climatique de la maturation du raisin. Application au zonage de la teneur en sucre dans l'Union Européenne.* EUR 15863 - FR/EN, Office des Publications Officielles de l'Union Européenne. Luxembourg, 322p + cartes.
- RIOU C., MORLAT R., ASSELIN C., 1995. *Une approche intégrée des terroirs viticoles. Discussions sur les critères de caractérisations accessibles.* *Bulletin de l'O.I.V.*, Vol. 68, 767-768, Janvier-Février 1995, pp. 94 - 106.
- ROBINET J., 1996. *Une méthode d'étude synthétique du paysage. Poster et actes du colloque. Les terroirs viticoles : colloque international, 17-18 juillet 1996, Angers, France*
- VARLET GRANCHER C., 1975. *Variation et estimation de l'énergie d'origine solaire reçue sur des plans d'inclinaison et d'azimut variables.* *Ann. Agron.*, 1975, 26 (3), pp 245 - 264.

Tableau 1 - Caractéristiques géologiques, géomorphologiques et principales caractéristiques de l'environnement paysager des terroirs étudiés. a = St Nicolas de Bourgueuil, b = Bourgueuil, c = Saumur-Champigny, d = Chinon ; a et b = Nord Loire, c et d = Sud Loire ; ARG = altitude relative globale ; IFP = indice de fermeture du paysage pour 180° nord, 180° sud et 360°. * : présence d'une forêt importante à proximité

parcelles	géologie	relief	altitude en m	ARG en m	I.F.P. 180° N	I.F.P. 180°S	I.F.P. 360°	% sable	élts grossiers > à 2 mm(%)	cons eau du 01 06 au 10 10 88
1FON (a)	graviers fluviatiles	replat de terrasse	42	6.3	8.4	15.4	11.9	88	31	264
1GAR (a)	colluvions sénoniennes	partie inférieure de pente faible	57	-2.7	57	13	34.8	68.3	5	375
1BOIS*(b)	craie tuffeau - Turonien moyen	pente faible	83	4.9	56	25.2	40.6	79.5	2	423
1ING (b)	sable du Sénonien	partie inf de pente moyenne	66	1.3	74.6	11	42.8	91.6	3.7	385
2ING*(b)	colluvions sénoniennes	flanc de vallée	63	-3.3	42.6	17	29.8	91	0	392
1CHA (c)	grès et poudingues Eocène continental	sommet de colline	74	13	71.2	34.6	52.9	76.4	25	236
3EL (c)	colluvions sénoniennes	pente sud moyenne	67	1.4	26.2	16	21.1	87.4	1	332
4EL (c)	argiles du Sénonien	plateau	75	4.4	14.6	17.6	16.1	76.6	2.5	386
1DAM (c)	craie tuffeau - Turonien moyen	pente faible	52	0.9	13.4	4	8.7	62.6	7	376
1POY (c)	craie tuffeau - Turonien moyen	partie inférieure de pente faible	46	-0.3	40	12	26	71.7	5	312
1TUR (c)	limons éoliens	plateau	83	4.6	3.4	11	7.2	39.4	11	339
1BEAU (c)	craie tuffeau - Turonien moyen	sommet de petite colline	58	10.5	1.2	4.4	2.8	70	6	370
1VAU (c)	limons à silex du Sénonien	plateau	103	8.9	41.8	27.8	34.8	37.8	63.5	257
1ROC*(c)	argiles caillouteuses du tertiaire	plateau	108	8.4	169.2	120.2	144.7	50.2	21.9	274

Tableau 2 - Principales corrélations entre facteurs physiques du paysage et paramètres climatiques dans le réseau Terroir du Val de Loire. 14 parcelles = toutes parcelles étudiées, 11 parcelles = les mêmes sans celles du Nord-Est du Bourgueillois (2ING, 1ING, 1BOIS), 10 parcelles = les 11 dernières moins 1ROC (parcelle de clairière). ⁽¹⁾ : % sable = % de sable de 50 à 2000 μ entre 0 et 30 cm.

	Alt réelle x Tmoy	Alt réelle x Tmax	% sable ⁽¹⁾ x Tmoy	IFPN x Vent	IFPN x Rg	IFPS x Vent	IFPS x RG
14 parcelles	-0.34 ns	-0.50 ns	0.08 ns	-0.88 ***	-0.76 **	-0.94 ***	-0.71 **
11 parcelles	-0.60 *	-0.52 ns	0.73 **	-0.94 ***	-0.78 **	-0.94 ***	-0.72 **
10 parcelles	-0.78 **	-0.94 ***	0.79 **	-0.74 *	-0.70 *	-0.72 *	-0.63 *

Tableau 3 - Principales caractéristiques de la température de l'air pour les différents terroirs exprimées en valeurs moyennes⁽¹⁾ et en % de jours où la température moyenne journalière est supérieure de 0.5°C à la référence⁽²⁾, du 22 02 au 10 10 1988.

Température	1FON	1GAR	1BOI	1ING	2ING	1CHA	3EL	4EL	1DAM	1POY	1TUR	1BEA	1VAU	1ROC
moyenne ⁽¹⁾	14.34	14.32	13.99	14.18	13.68	14.07	14.26	14.22	14.14	14.19	14.06	14.18	13.93	14.19
minimale ⁽¹⁾	9.71	9.76	9.62	9.76	8.65	9.57	9.69	9.83	9.71	9.39	9.76	9.68	9.55	9.81
maximale ⁽¹⁾	19.22	19.07	19.02	19.01	18.99	18.92	19.05	18.81	19.13	19.37	18.91	19.21	18.60	19.28
Amplitude ⁽¹⁾	9.51	9.31	9.4	9.25	10.34	9.35	9.36	8.98	9.42	9.98	9.15	9.53	9.05	9.47
% jours Tmoy > ⁽²⁾	20	27	4	14	0	5	20	14	5	20	6	12	6	22

Axe n°1 : 45.1%

Axe n°2 : 21.6%

Cons-eau

%sabl

Vent

Rg

2ING

1GAR

1ING

1BOIS

1POY

1DAM

3EL

4EL

1TUR

Albé

1BEAU

1FON

1CHA

1VAU

ARM

IFPN

IFP360

1ROC

IFPS

Alti

EIts>2
ARG

Figure 1 - Analyse en composantes principales des facteurs physiques du mésoclimat dans un vignoble du Val de Loire à partir de quatorze sites représentatifs des terroirs présents. Les variables en italique (vent et rayonnement global) sont des variables expliquées par le plan mais ne participent pas à la construction des axes

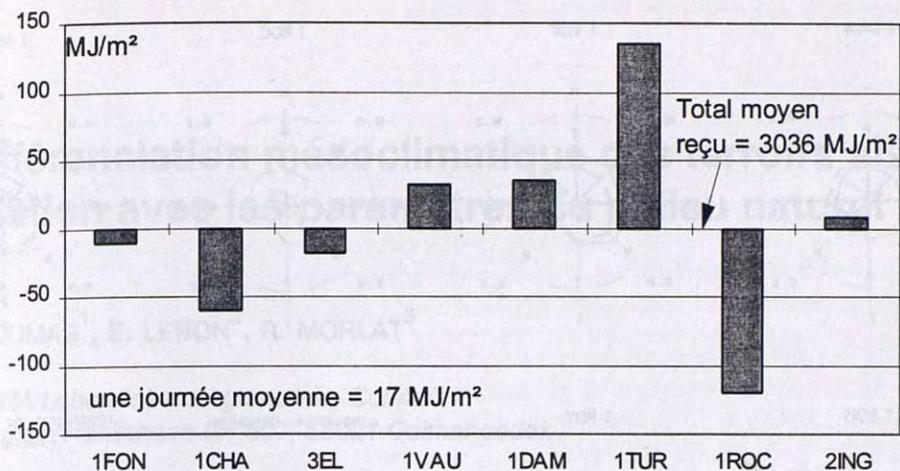


Figure 2. Variabilité du rayonnement global intercepté selon huit sites du réseau terroire entre le 26 04 88 et le 10 10 88.

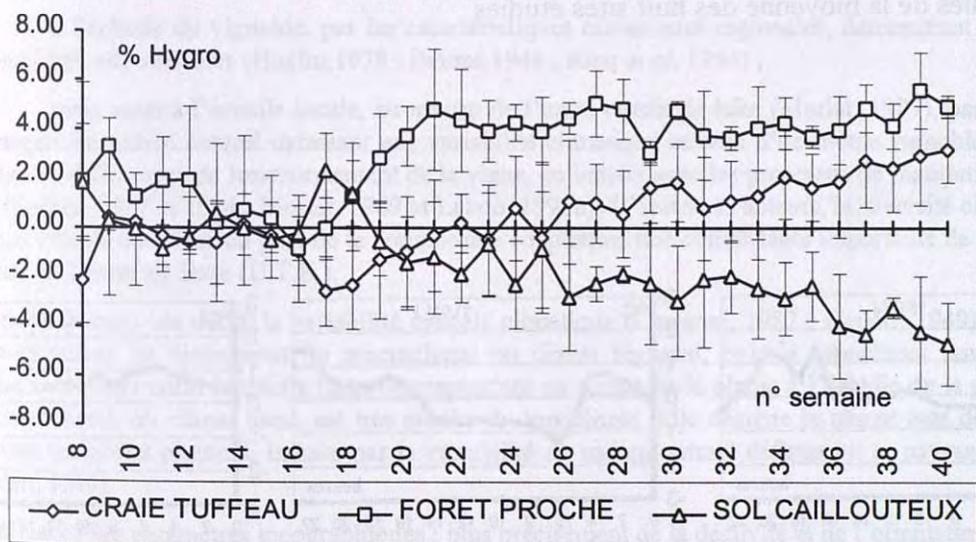


Figure 3. Evolution des écarts hebdomadaires d'hygrométrie moyenne entre trois groupes de parcelles et la référence régionale.

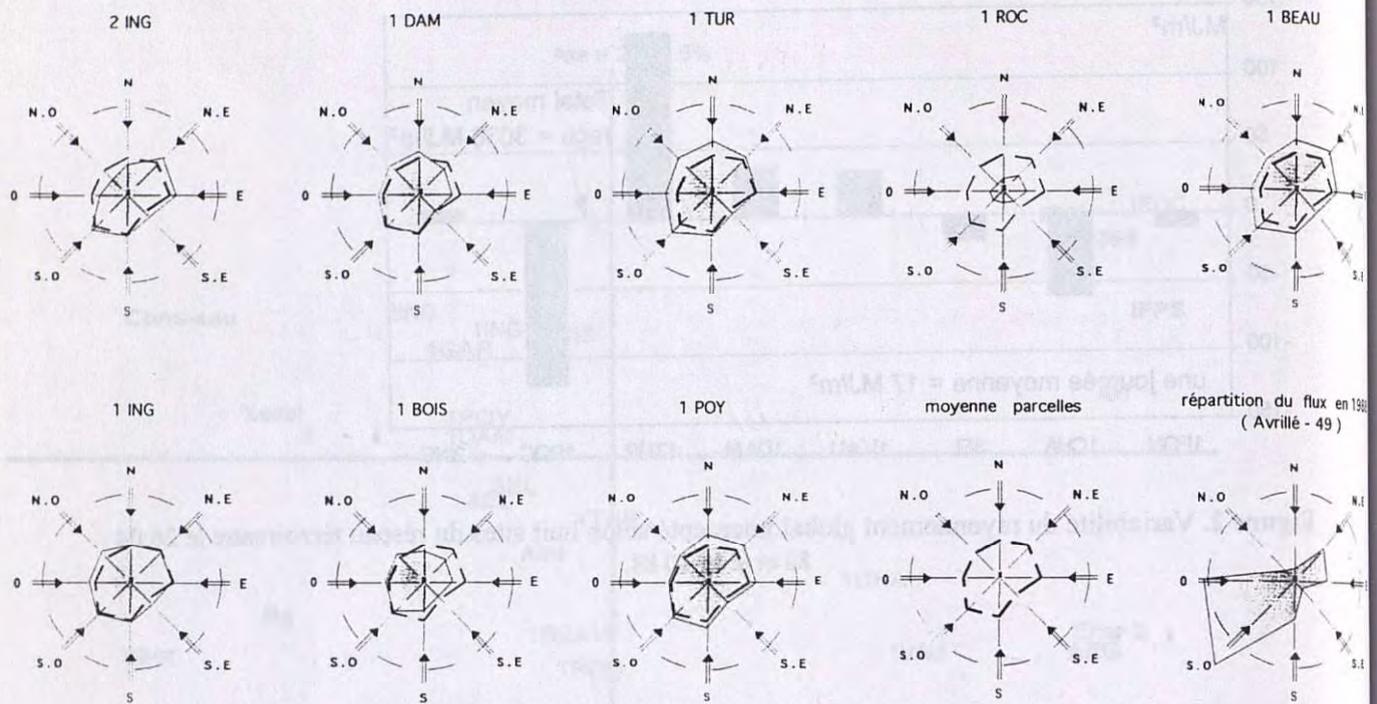


Figure 4 - Modification de la vitesse du vent selon huit orientations. Les longueurs portées sur chacun des axes sont proportionnelles à la vitesse moyenne des vents et peuvent être comparées à celles de la moyenne des huit sites étudiés.

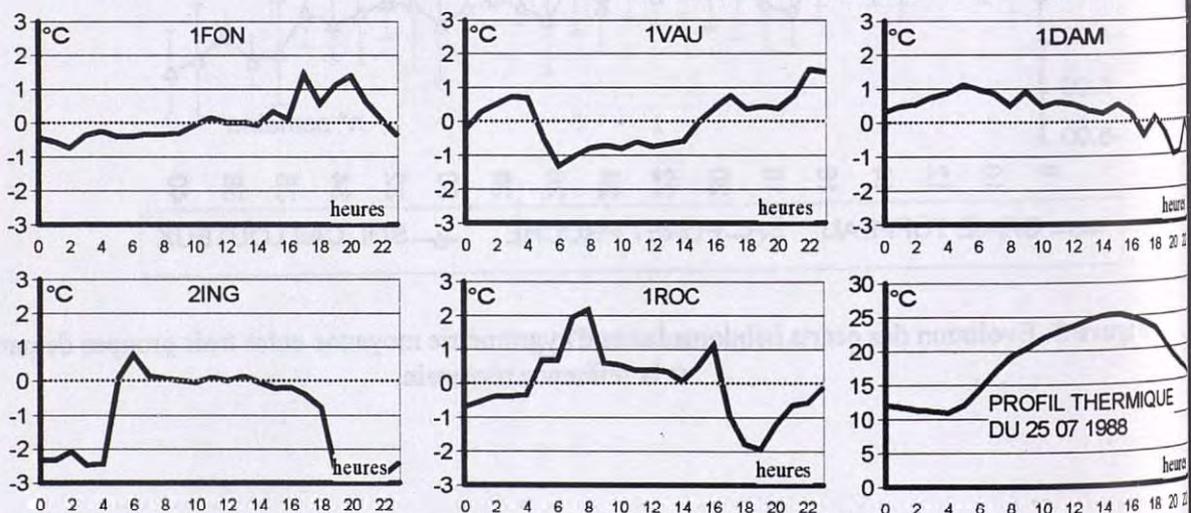


Figure 5 - Profils types d'écart thermique journaliers entre cinq sites représentatifs et la référence régionale pour une journée calme avec ciel clair (25 07 1988)