J. Int. Sci. Vigne Vin, 1997, **31**, n°1, 1-9

DIFFÉRENCIATIONS MESOCLIMATIQUES AU SEIN DU VIGNOBLE ALSACIEN

DIFFERENTIATION OF LOCAL CLIMATE IN THE ALSATIAN VINEYARD

V. DUMAS*, E. LEBON** et R. MORLAT***

*Centre INRA - Laboratoire d'Agronomie, 28, rue de Herrlisheim, 68021 Colmar (France)
Courrier électronique (E.mail) : Dumas@colmar.inra.fr
**Institut Supérieur de la Vigne et du Vin, Centre ENSA-M/INRA,
UFR de Viticulture, 2 place P. Viala, 34060 Montpellier cedex1 (France)
Courrier électronique (Email) : Lebon@cypres ensam.inra.fr
***Centre INRA - URVV, 42, rue G. Morel, 49071 Beaucouzé (France)

Résumé : Une étude des processus de différenciation des mésoclimats dans le vignoble alsacien est réalisée. Les données, fournies par 6 stations expérimentales représentatives d'Unités Terroir de Base différentes, sont mises en relation avec des descripteurs paysagers. Les résultats traités sur la période végétative de la vigne (avril à septembre) montrent (i) que la différenciation thermique à l'échelle saisonnière reste faible malgré la forte variabilité paysagère incluse dans le dispositif (ii) à l'échelle de la journée et suivant le type de temps, l'influence des paramètres paysagers sur la température de l'air est prépondérante. Par temps couvert, les écarts de température de l'air répondent aux différences d'altitude entre les sites ; par temps ensoleillé, les températures nocturnes résultent des phénomènes d'inversion thermique principalement déterminés par l'altitude et la déclivité des versants, les températures diurnes sont en outre influencées par l'orientation des versants, l'ouverture du paysage et les caractéristiques de surface du sol.

Abstract : Climatic and soil characteristics are the main factors affecting the qualitive potential of a vineyard. At the scale of a « terroir », it is important to know the variability of the local climate (mesoclimate). Therefore, we studied landscape parameters (altitude, slope, etc.) affecting the local climate of vineyards in Alsace (NE FRANCE), at six sites each representative of a « terroir » type during 1991,1992 and 1993. Climatic variables were measured hourly and daily throughout the growing season (April - September).
Wind speed was the climatic variable which was most affected by the landscape. The angle of opening of the landscape, its altitude and its orientation are the main factors differentiating the terroirs which were compared.
The variabiliy of global solar radiation depends on the slope, the orientation and the height of and distance to topographics elements. This variability depends on solar angle and is smallest in June.
We observed small differences for average seasonal temperature between sites. On the other hand, more detailed studies considering different daily weather conditions (cloudy versus clear weather) and measures per hour and day contributed to a better differentiation between sites. In cloudy weather conditions, temperatures depended on altitude only (thermic gradient -0,6°C/100 m). In clear weather conditions, night temperatures depended on the altitude and the slope of the site ; day temperatures were also influenced by the orientation, and the angle of opening of the landscape and the characteristics of the soil surface.

Mots clés : *Vitis vinifera*, Alsace, climat, mésoclimat, variables climatiques, température du sol

Key words : *Vitis vinifera*, Alsace, climate, climatic variables, soil temperature

INTRODUCTION

Les caractéristiques du climat jouent un rôle déterminant sur les potentialités qualitatives d'une zone viticole, que ce soit :

- à l'échelle régionale (HUGLIN,1978 ; BRANAS, 1946 ; RIOU, 1994) ;
- mais, aussi, à l'échelle de l'Unité Terroir de Base (U.T.B.) définie par MORLAT, 1996 ; SELTZER, 1934 ; BECKER, 1977 et MORLAT, 1989). D'après ces auteurs, la diversité climatique d'une région viticole, liée à l'environnement paysager du terroir, constitue, au même titre que la géopédologie, une composante importante des terroirs viticoles.

Plusieurs auteurs ont décrit la variabilité spatiale

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU I

Caractéristiques géomorphologiques et paysagères des sites

Table I — Soil and landscape characteristics of the different sites

Parcelle	1WIN (référence)	1NEU	2BRA	3BRA	1THI	2MAM
Séquence	Limons éoliens	Alluvions caillouteuses	Granite à deux micas		Marnes du Lias	Calcaire marneux Oligocène
Référence RPF 90[1]	CALCOSOL	NEOLUVISOL fluvique	RANKER d'érosion		CALCOSOL	
Position géomorphologique	Plaine	Vallée	Montagnes vosgiennes		Collines sous-vosgiennes	
Altitude (m)	225	240	330	310	295	245
Déclivité (en degré)	Horizontal	Horizontal	17,5	9,3	8,1	17,2
Orientation	—	—	S	NNE	SSW	S
I.O.P.	9	7	7	8	5	5
Type de paysage	Paysage très ouvert	Paysage ouvert, masque Ouest	Paysage ouvert, masque Nord	Paysage ouvert, masque Ouest	Paysage moyennement fermé, masque Nord	

(1)Référentiel Pédologique Français

climatique. Suivant l'échelle d'investigation, ils distinguent : le macroclimat ou climat régional, le topoclimat issu de la variabilité topographique (CHOISNEL, 1987 ; GODARD, 1949) et le microclimat correspondant au climat du couvert végétal (CHOISNEL, 1987 ; CARBONNEAU, 1980). La notion de mésoclimat, ou climat local, désigne le climat issu d'une différenciation spatiale du climat régional, induite par la variabilité du milieu naturel (SCAETTA, 1935 et GODARD, 1949).

Au sein d'une région, l'influence de la déclivité, de l'orientation du versant et de l'altitude sur le rayonnement solaire et la répartition des températures de l'air ont fait l'objet de certains travaux (SELTZER, 1934 ; GODARD, 1949 ; NIGOND *et al.*, 1968). Plus récemment, la prise en compte du type de temps s'est avérée intéressante pour analyser les processus de différenciation thermique nocturne (GEIGER, 1980 ; ENDLICHER, 1980 ; PAUL, 1980). Sur ce principe, ERPICUM (1980) propose un schéma descriptif de la variabilité de la température nocturne dans deux milieux distincts (vallée et plateau) en Haute Belgique. A cette même échelle, la ventilation dépend fortement de la hauteur et de l'orientation par rapport au flux des obstacles s'opposant à l'écoulement de l'air (GUYOT, 1989). Des descripteurs paysagers simples, tels que l'Indice d'Ouverture du Paysage (I.O.P.) (LEBON *et al.*, 1993b), permettent d'analyser des différences mésoclimatiques.

L'objectif de l'étude présentée est d'analyser, à partir de plusieurs situations situées dans des U.T.B. représentatives, les processus de différenciation mésoclimatique conduisant à proposer une hiérarchisation des paramètres paysagers.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I — CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU MILIEU

Le vignoble alsacien est établi entre 200 et 400 m d'altitude sur la bordure du versant Est des Vosges. La topographie y est fortement contrastée. Le climat régional de type tempéré humide (REKLIP, 1995) présente des nuances continentales (forte amplitude thermique annuelle, régime pluviométrique à maximum hivernal). La température moyenne annuelle est voisine de 10°C et la pluviométrie varie entre 600 et 800 mm/an selon un gradient croissant Est-Ouest.

II — RÉSEAU EXPÉRIMENTAL

Six sites expérimentaux ont été implantés à partir de 1990. Chacun d'entre eux est représentatif d'une

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

U.T.B. caractérisée préalablement grâce à la méthode d'étude intégrée des terroirs définie par MORLAT (1989), sur une zone test du vignoble alsacien représentant 1700 ha (LEBON, 1993a). Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le tableau I.

III — PARAMÈTRES PAYSAGERS (ALTITUDE, DÉCLIVITÉ, EXPOSITION ET OUVERTURE DES PAYSAGES)

La pente et l'orientation de chaque site sont définies suite au nivellement topographique de chaque parcelle. L'altitude est lue sur la carte topographique I.G.N. au 1/25000. Le degré d'ouverture du paysage est défini suivant une méthode proposée par LEBON (1993a). Deux paramètres principaux définissent le type de paysage :

- l'Indice d'Ouverture du Paysage (I.O.P.), calculé à partir de la mesure de la hauteur angulaire de l'horizon dans 8 directions espacée de 45° suivant la formulation simple suivante :

θ est la hauteur de l'horizon en grade suivant les 8 directions (N, NE, E, SE, S, SW, W et NW)

$I.O.P. = (100 - \Sigma\theta) / 10$

si $\Sigma\theta \geq 100$ alors I.O.P. = 1

- et le Secteur Angulaire Fermé (S.A.F.) déterminé directement à l'aide d'une boussole (tableau II).

Un troisième paramètre complémentaire indique le gisement des masques principaux.

IV — MESURES CLIMATOLOGIQUES

Les données climatologiques sont fournies sur chaque site par une station météorologique automatique (Pulsonic, type PLS400). Les paramètres horaires et journaliers enregistrés sont : la température, l'hygrométrie, la pluviométrie, le rayonnement global et la vitesse du vent.

V — ANALYSE DES DONNÉES

Elles sont analysées aux pas de temps saisonnier, mensuel et journalier. Dans ce dernier cas, une typologie des types de temps permet un regroupement des journées analogues et une analyse des processus de différenciation mésoclimatique. Les types de temps régionaux sont définis à partir du croisement de deux paramètres : le rapport R (rayonnement global mesuré/ rayonnement théorique) et la direction du vent synoptique. Ces données sont fournies par le poste météorologique Météo France de Colmar. Pour une plus grande clarté des résultats et de leur interprétation, on a utilisé une technique basée sur la comparaison de chaque site à une référence unique, cette dernière correspond au terroir de plaine 1WIN.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I — VITESSE DU VENT

La vitesse du vent est le paramètre climatique qui a la variabilité spatiale la plus importante. Le tableau III présente le niveau relatif de la vitesse du vent par rap-

TABLEAU II
Typologie des paysages
Table II — Types of landscape

<table>
<tr><th>S.A.F. (1)
I.O.P. (2)</th><th>Secteur < 180°</th><th>Secteur 180° - 270°</th><th>Secteur > 270°</th></tr>
<tr><td>10
9</td><td colspan="3">Paysage très ouvert</td></tr>
<tr><td>8
7</td><td colspan="3">Paysage ouvert
(avec indication de l'orientation du masque principal)</td></tr>
<tr><td>6
5</td><td colspan="3">Paysage moyennement fermé
(avec indication de l'orientation du masque principal)</td></tr>
<tr><td>4
3</td><td colspan="2">Paysage fermé avec un masque principal</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>2
1</td><td>(avec indication de l'orientation du masque principal)</td><td>Paysage très fermé</td></tr>
</table>

(1)Secteur Angulaire Fermé ; (2)Indice d'Ouverture du Paysage

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU III

Vitesse du vent, moyenne journalière d'avril à septembre (en m/s)

Table III — Average daily wind speed (April - September)

	1WIN	1NEU	2BRA	3BRA	1THI	2MAM
1991	1,65	—	1,81	1,63	1,03	1,04
1992	1,74	1,57	1,46	1,86	1,06	1,21
1993	1.33	1.60	2.14	1.76	1.06	1.25
Moyenne de 91 à 93 en % de 1WIN	100	100*	115	111	89	74

(*) moyenne de 1992 à 1993

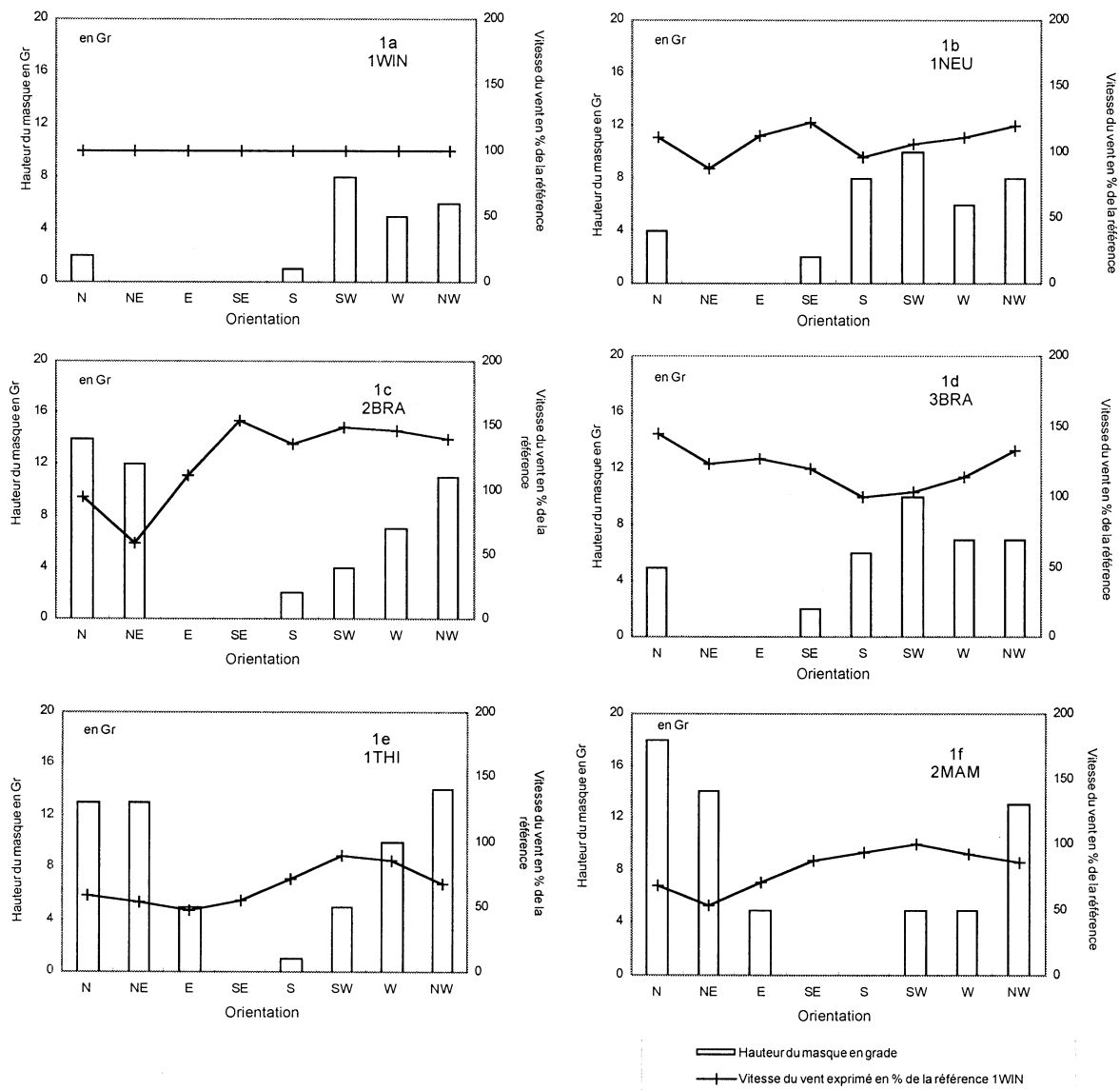


Fig. 1a, b, c, d, e et f — Profils de la hauteur angulaire des masques et de la vitesse moyenne du vent de chaque site exprimée par rapport au site de référence 1WIN

Moyenne de la période d'avril à septembre, de 1991 à 1993, suivant leur orientation

Fig. 1a, b, c, d, e and f — Evolution of wind speed relative to the angular height of horizon in different orientation for every site

Average of measures from April to September of the years 1991 to 1993

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

port au site de référence, pour la période de 1991 à 1993. Par ordre de ventilation décroissante, on distingue les sites 2BRA et 3BRA (+15 p. cent et +11 p. cent de la référence 1WIN), le site 1NEU (identique à la référence) et les sites 1THI et 2MAM (-11 p. cent et -26 p. cent de la référence). La figure 1a-f illustre les écarts de vitesse de vent relatifs pour les différentes orientations de vents dominants combinés avec une représentation de la hauteur angulaire des masques suivant les mêmes orientations. On note une atténuation du vent dans les secteurs où la hauteur du masque est importante (2BRA dans les secteurs N à NE, 3BRA dans les secteurs S à W). Dans les secteurs angulaires dépourvus d'obstacle, une altitude plus élevée contribue à accroître la vitesse du vent (cas de 2BRA, 330 m par rapport à 1WIN, 225 m dans les secteurs S et SW). La hauteur du masque explique ainsi en partie les écarts de ventilation selon l'orientation du vent pour un site donné. La présence de masques importants coïncide avec une réduction de la vitesse du vent. Enfin, les faibles niveaux de ventilation relevés sur les sites 2MAM et 1THI montrent que dans les cas de paysages moyennement à très fermés (LEBON *et al.*, 1993b), la ventilation est réduite quelle que soit l'orientation des vents et l'altitude. L'ouverture du paysage apparaît donc comme le principal paramètre à prendre en compte pour définir la ventilation d'un site. D'une façon qualitative, les relations entre le niveau de ventilation et les paramètres paysagers définis précédemment peuvent être décrites comme suit :

1- pour des paysages très ouverts (I.O.P.= 9-10), le niveau de ventilation est élevé, il augmente avec l'altitude,

2- pour des paysages ouverts (I.O.P.= 7-8), le niveau de ventilation est très variable, il dépend de l'orientation des masques et de l'altitude,

3- pour des paysages moyennement fermés et très fermés (I.O.P. ≤ 6), le niveau de ventilation est faible, il est conditionné par l'I.O.P.

II — RAYONNEMENT GLOBAL

Le rayonnement global moyen journalier entre avril et septembre mesuré sur chacun des sites est reporté dans le tableau IV. Les sites orientés vers le Sud (2BRA, 2MAM) reçoivent en moyenne et durant les trois années 12 p. cent de rayonnement de plus que le site orienté vers le Nord (3BRA). L'évolution au cours de la saison du phénomène est présentée sur la figure 2.

TABLEAU IV

Rayonnement global moyen journalier d'avril à septembre

Table IV — Average daily global radiation (April - September)

	1WIN (référence)		1NEU		2BRA		3BRA		1THI		2MAM	
	en J.cm^{-2}	en %	en J.cm^{-2}	en %	en J.cm^{-2}	en %	en J.cm^{-2}	en %	en J.cm^{-2}	en %	en J.cm^{-2}	en %
1990	1921	100	-	-	2029	106	1849	96	-	-	-	
1991	1927	100	1890	98	2057	107	1818	94	1936	101	2036	106
1992	1844	100	1791	97	1984	108	1785	97	1922	104	1988	108
1993	1707	100	1727	101	1881	110	1699	100	1802	106	1898	111

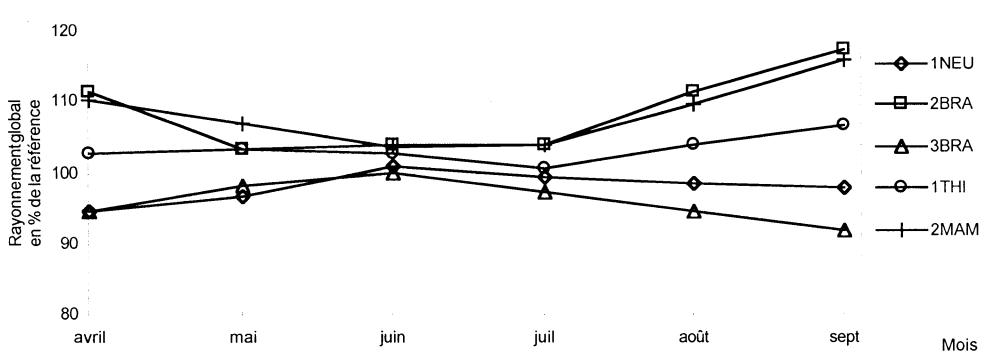


Fig. 2 — Évolution mensuelle du rayonnement global reçu sur les différents sites exprimée par rapport au site de référence 1WIN

Moyenne de la période d'avril à septembre de 1991 à 1993

Fig. 2 — Monthly evolution of global radiation, relative to the reference site (1WIN)

Average of measures from April to September of the years 1991 to 1993

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

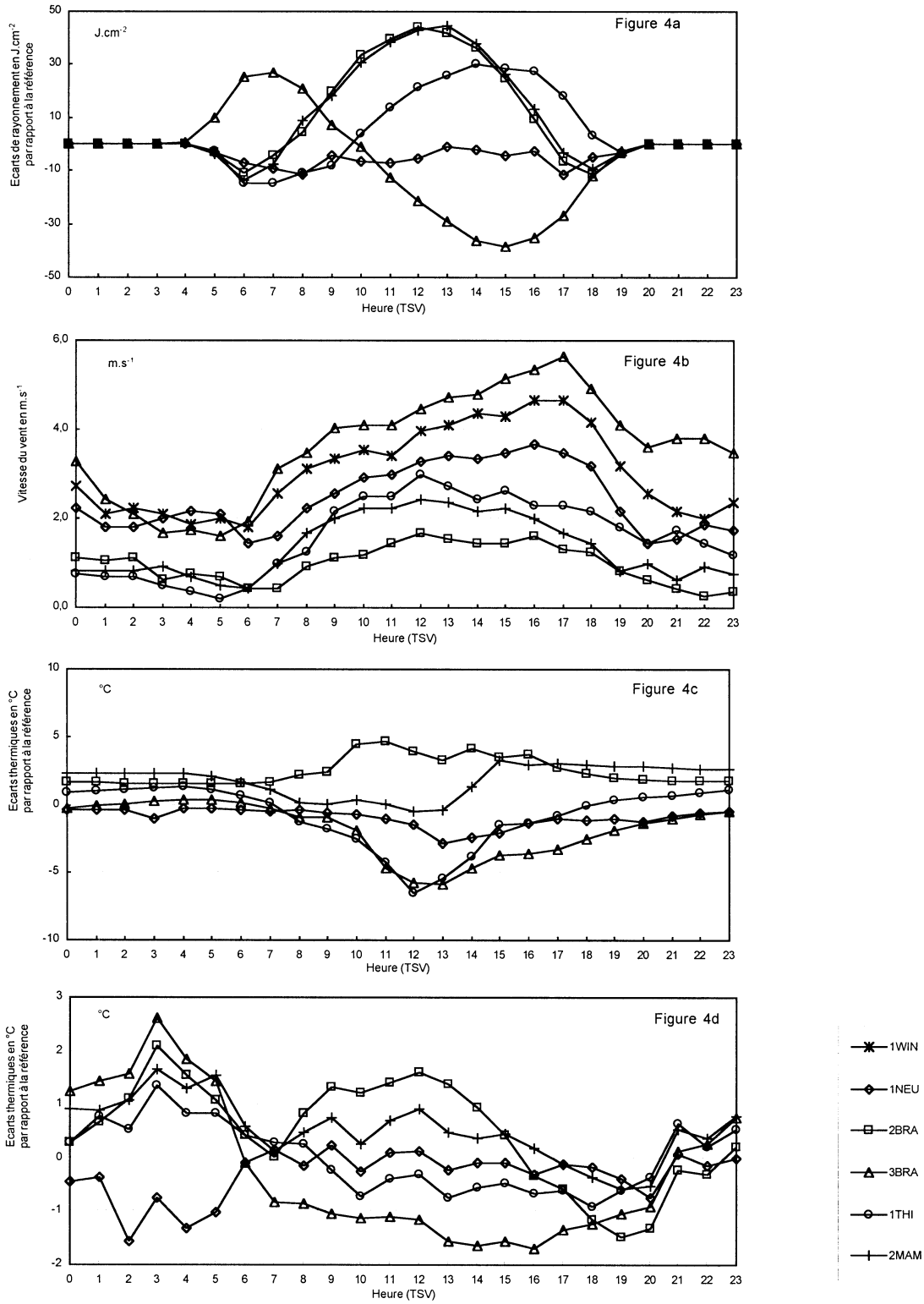


Fig. 4a, b, c et d — Evolution horaire (moyenne du 16 au 19/05/1992)
4a des écarts de rayonnement global reçu entre les sites et la référence 1WIN
4b de la vitesse du vent sur les différents sites
4c des écarts de température du sol (-5 cm) entre les sites et la référence 1WIN
4d des écarts de température de l'air entre les sites et la référence 1WIN

Fig. 4a, b, c and d — Evolution per hour (average from May 16th to 19th, 1992)
4a Differences of global radiation between each site and the reference site (1WIN)
4b Wind speed of each site
4c Differences of soil temperature (-5cm) between each site and the reference site (1WIN)
4d Differences of air temperature between each site and the reference site (1WIN)

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

On constate logiquement une accentuation des différences relatives en début et surtout en fin de saison : les écarts entre 2BRA et 3BRA évoluent de 6 p. cent à 26 p. cent entre juin et septembre. L'analyse par type de temps reportée sur la figure 3 montre qu'en l'absence de rayonnement direct (R<25 p. cent) les sites de versants (2BRA, 3BRA, 1THI et 2MAM) reçoivent plus de rayonnement que le site de plaine. Pour les autres situations d'insolation, les écarts entre sites s'accroissent avec l'augmentation de la composante directe du rayonnement. L'évolution horaire du pourcentage de rayonnement global reçu par rapport à la référence (1WIN) au cours d'une période ensoleillée sur les 5 sites présentée sur la figure 4a illustre l'influence de l'orientation sur la dynamique journalière du rayonnement. Le site 3BRA bénéficie d'une insolation en début de matinée supérieure aux autres sites en raison de son orientation vers le NNE ; le phénomène inverse s'observe sur le site 1THI orienté vers le SSW.

L'ensemble des résultats présentés confirme et complète les études antérieures (GODARD, 1949 ; NIGOND, 1971, 1972 ; CHOISNEL, 1987). Ils illustrent la variabilité importante du rayonnement reçu dans un milieu viticole à topographie contrastée. L'orientation, la déclivité des versants et la hauteur des masques sont les principaux paramètres qui expliquent les écarts de rayonnement global reçu. Par type de temps couvert, l'altitude pourrait expliquer une légère augmentation du rayonnement pour les sites de versant.

III — TEMPÉRATURE DE L'AIR

Les écarts de températures entre les sites à l'échelle saisonnière restent faibles (inférieurs à 1°C). Une analyse sur des pas de temps plus courts en fonction du type de temps permet d'appréhender les mécanismes à l'origine de différences thermiques plus importantes à l'échelle de la journée ou de l'heure. En régime permanent, la température de l'air à une cote donnée résulte d'une part, d'un équilibre entre différents flux énergétiques (rayonnement net, flux de chaleur latente, sensible et dans le sol) et d'autre part, de la ventilation générale et des résistances aérodynamiques du couvert. Ainsi, en fonction des spécificités d'une U.T.B. et pour une situation climatologique donnée, les termes du bilan d'énergie et les conditions aérodynamiques locales peuvent induire des différences thermiques.

Par temps couvert (R<25 p. cent) : En l'absence de rayonnement direct, les variations spatiales de la température de l'air sont essentiellement liées à l'altitude (figure 5) et répondent à un gradient de -0,6°C/100 m ; ceci quelle que soit la direction du vent. Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par ERPICUM (1980).

Par temps variable (25 p. cent<R<75 p. cent) : Les résultats sont intermédiaires à ceux observés pour les situations couvertes et radiatives. Dans ces conditions, il est difficile de généraliser les variations thermiques locales en raison de la forte variabilité spatio-temporelle des paramètres climatiques.

Par temps ensoleillé (R>75 p. cent) : La variabilité spatiale des températures est plus importante. La figure 4a-d illustre l'évolution horaire moyenne d'une séquence de 4 journées radiatives de mai 1992. Sur la journée deux phases se distinguent :

- La phase nocturne, durant laquelle le refroidissement des premières couches de l'atmosphère par rayonnement terrestre provoque un glissement gravitaire de l'air froid et son accumulation dans les zones d'altitude les plus basses. Ainsi, les sites 2BRA, 2MAM, 1THI et 3BRA ont des températures supérieures au site de référence de 1°C alors que les températures des sites de vallée 1NEU sont inférieures de 1°C. Ce type de phénomène a été fréquemment observé notamment dans le vignoble alsacien (SELTZER, 1934), dans celui du Palatinat (Allemagne) (GEIGER, 1980) mais éga-

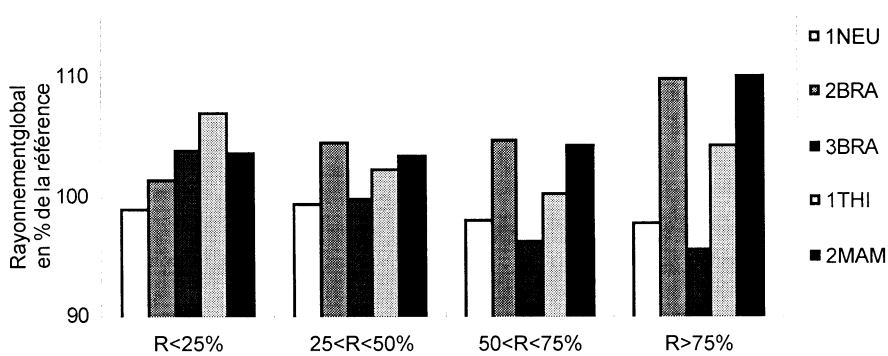


Fig. 3 — Rayonnement global reçu sur les différents sites exprimé par rapport à la référence 1WIN
Moyenne de la période d'avril à septembre de 1991 à 1993

Fig. 3 — Global radiation for the sites, relative to the reference site (1WIN)
Average of measures from April to September of the years 1991 to 1993

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

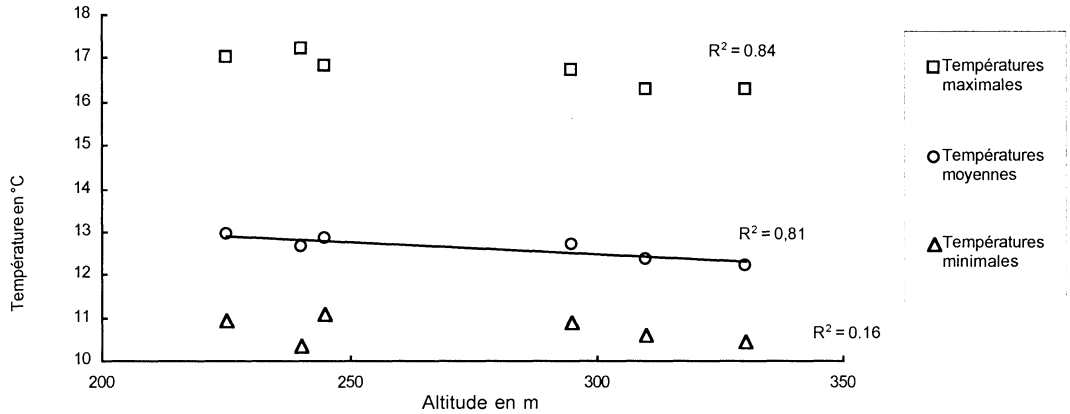


Fig. 5 — Évolution des températures journalières des différents sites par type de temps couvert (R< 25 %) en fonction de l'altitude

Fig. 5 — Evolution of air temperature in cloudy weather conditions according to the altitude of the sites

lement en zone non vinicole (ERPICUM, 1980 ; PAUL, 1980). Ce phénomène de refroidissement explique l'occurrence de gel en plaine ainsi que dans les vallées très propices aux accumulations nocturnes d'air froid.

- La phase diurne, au cours de laquelle, l'apparition du soleil rompt le régime d'inversion et rétablit un gradient thermique altitudinal négatif proche de celui obtenu au cours des situations nuageuses. Ce gradient est rapidement modifié : 2BRA présente les températures diurnes les plus élevées ; 2MAM, 1NEU et 1THI présentent des températures intermédiaires alors que 3BRA a les températures les plus faibles. Les écarts entre rayonnements reçus expliquent en partie ces différences ; néanmoins, il semble que le niveau de ventilation et la température de surface des sols, en particulier pour les sols granitiques, participent aussi à expliquer la variabilité spatiale des températures en milieu de journée. En fin de journée, se rétablit le gradient thermique altitudinal négatif puis progressivement le régime nocturne d'inversion thermique. Ces résultats montrent que l'effet de l'altitude peut, dans les conditions du vignoble, être compensé par une augmentation du rayonnement reçu, un échauffement superficiel accentué par une pierrosité de surface importante et une faible ventilation ; ces conditions sont réunies sur les versants Sud des terroirs granitiques. Pour des conditions voisines d'irradiation, de ventilation et pour une altitude plus faible, les sites caractérisés par des sols dont l'aptitude au réchauffement superficiel est faible (sols peu caillouteux en surface, à texture fine argileuse) présentent des températures diurnes plus basses (2MAM, 1THI). Le site 3BRA cumule les effets négatifs de l'altitude, d'une ventilation élevée, d'un niveau de rayonnement plus faible ; le tout conduisant à une température de surface du sol particulièrement basse (-5°C par rapport à 1WIN).

CONCLUSION

L'étude montre que la hiérarchisation des paramètres du milieu influant sur le climat local nécessite une analyse par type de temps, à des pas de temps courts, journaliers et horaires. De faibles écarts thermiques de l'air à l'échelle du cycle végétatif peuvent masquer des différences beaucoup plus importantes au cours des journées ensoleillées, qui sont alors susceptibles d'affecter le fonctionnement de la vigne. La variabilité spatiale de la vitesse du vent et du rayonnement global observée sur le cycle végétatif devient particulièrement nette à l'échelle de la journée. L'altitude, l'orientation et la déclivité des versants constituent les principaux facteurs expliquant la variabilité mésoclimatique. En outre, on montre que les caractéristiques paysagères d'ouverture du paysage qui affectent la ventilation d'une part, les propriétés thermiques de surface des sols d'autre part jouent également un rôle important sur la température de l'air durant les journées ensoleillées.

Dans ce type de milieu contrasté, la caractérisation mésoclimatique est réalisable et s'inscrit bien dans l'approche globale de caractérisation écogéopédologique définie par MORLAT (1989), fondée sur une cartographie des paramètres paysagers de l'environnement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BECKER N.J., 1977. Recherches expérimentales sur l'influence du microclimat sur la composition des baies et la qualité de la récolte. *O.I.V., Symp. int. sur la Qualité de la Vendange.* Le Cap, Afrique du Sud, 181-188.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

BRANAS J., 1946. *Eléments de viticulture générale*, ENSA Montpellier, 400 p.

CARBONNEAU A., 1980. Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne : essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire écomiquement du raisin de qualité. *Thèse de Docteur-Ingénieur en Œnologie - Ampélologie*, Bordeaux II, 235 p.

CHOISNEL E., 1987. *Aspects topoclimatiques : une méthodologie d'étude en région de moyenne montagne. Topoclimatologie en moyenne montagne*, 177-195.

ENDLICHER W., 1980. L'utilisation de mesures itinérantes et de thermographies comme moyens d'étude du mésoclimat. L'exemple du vignoble du Kaiserstuhl. *Rev. Geol. Sci. connexes (R.G.S.)*, **13/14**, 127-133.

ERPICUM M., 1980. Les contrastes thermiques nocturnes entre vallée et plateau : Esquisse de leur modélisation à partir des facteurs climatiques locaux et régionaux mesurés en Haute-Belgique. *Rev. Geol. Sci. connexes (R.G.S.)* **13/14**, 107-113.

GEIGER G., 1980. Recherches topoclimatiques au Palatinat. *Rev. Geol. Sci. connexes (R.G.S.),* **13/14**, 95-102.

GODARD M., 1949. Microclimats et mésoclimats du point de vue agronomique. *Ann. agron.*, 578-604.

GUYOT G., 1989. Les effets microclimatiques des brises-vent et des aménagements régionaux. *Techniques Agricoles*, **1170**, 1-27.

HUGLIN P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques du milieu viticole. *C.R. Acad. Agri.*, 1117-1126.

LEBON E., 1993a. De l'influence des facteurs pédo-et mésoclimatiques sur le comportement de la vigne et les caractéristiques du raisin. Application à l'établissement de critères de zonage des potentialités qualitatives en vignoble à climat semi-continental (Alsace). *Thèse*, Dijon, 165 p.

LEBON E., DUMAS V., METTAUER H. et MORLAT R., 1993b. Caractérisation intégrée du vignoble alsacien : aspects méthodologiques et application à l'étude des composantes naturelles des principaux terroirs. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **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 la Moyenne Vallée de la Loire. *Thèse Doct. Etat*, Bordeaux II, 289 p.

MORLAT R., 1996. Eléments importants d'une méthodologie de caractérisation des facteurs naturels du terroir, en relation avec la réponse de la vigne à travers le vin. *Communication au 1er Colloque int. sur les Terroirs viticoles*. Angers.

NIGOND J., DURAND R. et TABARD P., 1968. Quelques aspects de l'action du microclimat sur la vigne et les arbres fruitiers. *Phytoma*, **194**, 20-28 et **195**, 26-30.

NIGOND J., 1971. Le rôle du climat en viticulture. Première partie. *Connaissance Vigne Vin*, **5**, n°6, 461-487.

NIGOND J., 1972. Le rôle du climat en viticulture. 2e partie. *Connaissance Vigne Vin*, **6**, n°1, 17-55.

PAUL P., 1980. Topoclimats thermiques dans le vallon du Ringelbach. *Rev. Geol. Sci. connexes (R.G.S.)*, **13-14**, 77-84.

REKLIP, 1995. *Atlas climatique du Fossé rhénan méridional. Projet Climatologique régional*. Ed. Coprur, 212 p.

RIOU C., 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, 322 p.

SCAETTA H., 1935. *La météorologie*, 342 p.

SELTZER P., 1934. Etude micrométéorologique en Alsace. *Annu. Inst. Phys. du Globe*, 1934, Paris Météorologie, 93-150.

Manuscrit reçu le 19 décembre 1996 ;
accepté pour publication le 26 mars 1997

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)