

Différenciation mésoclimatique des terroirs alsaciens et relation avec les paramètres du milieu naturel

V. DUMAS¹, E. LEBON², R. MORLAT³

¹ INRA Laboratoire d'Agronomie, Colmar
28, rue d'Henlisheim BP 507, 68021 Colmar cedex

² INRA/ENSAM, Laboratoire de G.A.P. Viticulture
2, place Viala, 34060 Montpellier cedex

³ INRA, U.R.V.V., Angers
42 rue Georges Morel, 49071 Beaucozé

INTRODUCTION :

L'influence des conditions climatiques sur le développement de la vigne et sur la qualité des vins n'est plus à démontrer que ce soit :

à l'échelle du vignoble, par les caractéristiques climatiques régionales, déterminant à cette échelle les potentialités viti-vinicoles (Huglin, 1978 ; Branas, 1946 ; Riou *et al*, 1994) ;

mais aussi à l'échelle locale, au niveau de l'unité terroir de base (Morlat, 1989), par la différenciation paysagère du milieu naturel induisant une variabilité climatique au sein d'un même vignoble, et expliquant en partie des différences de fonctionnement de la vigne, en liaison avec les processus de maturation et la qualité du vin (Becker, 1977 et 1984 ; Morlat, 1989 et Lebon, 1993a). D'après ces auteurs, la diversité climatique dans une région viticole constitue en plus de la composante édaphique, une composante importante de caractérisation des Unités de Terroir de Base (U.T.B.).

Plusieurs auteurs ont décrit la variabilité spatiale climatique (Choisnel, 1987 ; Godart, 1949). Suivant l'échelle d'investigation ils distinguent, le macroclimat ou climat régional, puis le topoclimat issu de la variabilité topographique et enfin le microclimat correspondant au climat de la plante à l'échelle de la parcelle. La notion de mésoclimat, ou climat local, est très proche du topoclimat. Elle désigne le climat issu de la différenciation spatiale du climat régional, induite par la variabilité du milieu naturel définissant le paysage (Scaeta, 1935 et Godart, 1949).

L'influence des paramètres topographiques ; plus précisément de la déclivité et de l'orientation de la pente sur le rayonnement solaire et sur la répartition des températures de l'air, ont fait l'objet de nombreux travaux (Seltzer, 1935 ; Godart, 1949 ; Nigond, 1968). Plus récemment, la prise en compte du type de temps (radiatif ou couvert) s'est avérée importante pour mieux analyser et comprendre les processus de différenciation thermique nocturne à l'échelle mésoclimatique (Geiger, 1980 ; Endlicher, 1980 ; Paul, 1980). Erpicum en 1980, aboutit ainsi à une schématisation descriptive de la variabilité thermique nocturne dans deux milieux distincts de vallée et de plateau en Haute Belgique, selon les principaux types de temps régionaux.

A cette échelle d'investigation, le terme advectif est un paramètre important à prendre en compte. La ventilation dépend fortement de la quantité et de la hauteur des masques environnants. Ceux-ci peuvent être topographique, végétal ou anthropique (Guyot, 1963). Ainsi, l'analyse du paysage est nécessaire lors de la caractérisation intégrée des terroirs (Morlat, 1989 et Jacquet *et al*, 1995). Ces travaux définissent des descripteurs paysagers simples tels que par exemple l'Indice d'Ouverture du paysage (I.O.P.), permettant de caractériser des différences mésoclimatiques et d'aboutir à une représentation cartographique du paysage (Lebon, 1993b).

A partir de la variabilité spatiale du rayonnement global, de la vitesse du vent et de la température de l'air enregistrée à l'échelle de l'U.T.B. du vignoble alsacien, la communication propose une hiérarchisation des paramètres du milieu paysager générant de telles différences climatiques.

MATERIELS ET METHODES :

Le programme de recherche dans lequel s'inscrivent nos travaux vise à définir les paramètres du milieu naturel expliquant les potentialités viti-vinicoles des terroirs alsaciens. Dans cet objectif, la méthodologie de caractérisation intégrée des facteurs naturels du terroir, initié par Morlat (1989), a été appliquée et adaptée dans le vignoble alsacien. Ces travaux ont permis de définir les principales U.T.B. sur une zone test de 1700 ha proche de Colmar (Lebon, 1993a). Dans ce cadre, une typologie des paysages s'appuyant sur des paramètres tels que l'ouverture du paysage, la répartition et l'orientation des masques a été développée (Lebon, 1993b).

L'Indice d'Ouverture du Paysage (I.O.P.) ainsi que le type de paysage (Lebon, 1993a et b) permettent d'apprécier l'environnement paysager d'une situation géographique en complément des principaux paramètres géomorphologiques que sont l'altitude, le déclinivité et l'orientation des versants ; L'I.O.P. est calculé à partir de 8 mesures de la hauteur angulaire de l'horizon, espacées de 45°. Ceci permet de connaître pour un point donné, la répartition des masques sur 360° (Secteur Angulaire Fermé) et leur orientation. Ainsi, une typologie des paysages est proposée sur la base de ces trois critères et présentée dans le tableau 1.

Les données mésoclimatiques ont été acquises durant quatre années consécutives de 1990 à 1993 à partir d'un réseau de 6 stations météorologiques automatiques de type Pulsonic PLS 400. Les stations sont disposées au centre de chacune des 6 parcelles expérimentales viticoles représentatives des U.T.B. du vignoble alsacien préalablement étudiées (Lebon, 1993a et b).

Tableau 1. Typologie des paysages
(¹) Secteur Angulaire Fermé ; (²) Indice d'Ouverture du Paysage

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

Le tableau 2 présente les principales caractéristiques géomorphologiques et paysagères de sites étudiés.

Tableau 2. Caractéristiques géomorphologiques et paysagères des sites

⁽¹⁾ Référentiel Pédologique Français

PARCELLE	1WIN	1NEU	2BRA	3BRA	1THI	2MAM
SEQUENCE	Limons éoliens	Alluvions caillouteuses	Granite à deux micas		Marnes du Lias	Calcaire marneux Oligocène
REFERENCE RPF 90 ⁽¹⁾	CALCOSOL	NEOLUVISOL fluviatique	RANKER d'érosion		CALCOSOL	
POSITION GEOMORPHOLOGIQUE	Plaine	Vallée	Montagnes vosgiennes		Collines sous-vosgiennes	
ALTITUDE (m)	225	240	330	310	295	245
DECLIVITE en degré	Horizontal	Horizontal	17,5	9,3	8,1	17,2
ORIENTATION	-	-	S	NNE	SSW	S
I.O.P. ⁽²⁾	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	

Les paramètres climatologiques enregistrés ainsi que la configuration des capteurs respectifs sont :

- la température de l'air à 1,5 m au dessus du couvert (sonde platine dans un abris homologué),
- la vitesse du vent à 1,5 m au dessus du couvert (anémomètre type dynamo-tachimétrique),
- la pluviométrie à 0,7 m au dessus du couvert (pluviomètre à augets basculeurs),
- le rayonnement global 1m au dessus du couvert (cellule photovoltaïque de silice).

Les données acquises durant le cycle de la vigne (d'avril à septembre) sont analysées à différentes échelles temporelles : saisonnière, décadaire, journalière et horaire. Pour une meilleure compréhension des mécanismes au pas de temps court, les données sont regroupées suivant le type de temps régional. Le type de temps est défini à partir de la fraction R d'ensoleillement et de la direction du vent synoptique du poste de la Météorologie Nationale de Colmar. La fraction d'ensoleillement journalière correspond au rapport entre le rayonnement global effectif et le rayonnement global théorique calculé (modèle de Y.Arnal, 1992).

RESULTATS

Paramètres influant sur le rayonnement global :

Sur l'ensemble de la saison, les écarts de rayonnement global sont modestes, les sites orientés au Sud (2BRA et 2MAM) reçoivent en moyenne durant les trois années, 11,7% de rayonnement en plus par rapport au site orienté au Nord (3BRA) (tabl. 3).

Tableau 3. Rayonnement global moyen journalier d'avril à septembre :

	1WIN (référence)		1NEU		2BRA		3BRA		1THI		2MAM	
	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

Toutefois, l'influence de la situation paysagère sur le rayonnement global reçu est plus ou moins forte suivant la période de l'année. Les différences s'amplifient en début et en fin de cycle (avril et septembre) alors qu'elles tendent à se réduire en juin lors du solstice d'été, comme l'indique l'évolution mensuelle des écarts de rayonnement exprimés en pourcentage du rayonnement de 1WIN entre les sites (fig. 1). Durant la période comprise entre mai et juillet, les écarts maximaux observés entre 2BRA ou 2MAM et 3BRA, sont inférieurs à 6 % ; alors que ceux-ci s'élèvent à 16 % pour les mois d'avril et d'août et à 26 % pour le mois de septembre. Nous remarquons aussi que les écarts évoluent en fonction du type de temps, et sont plus marqués par ciel clair.

Par type de temps couvert ($R < 25\%$), la différenciation suivant les paramètres paysagers est faible. Le rayonnement reçu est supérieur pour les sites de versant quelque soit leur orientation, +7 % pour 1THI et +4% pour 2MAM, 3BRA et 2BRA. Malgré tout, ces différences sont à relativiser et ne représentent en valeur absolues qu'un écart moyen de 50 J/cm²/jour.

Par type de temps intermédiaire ($25 < R < 75\%$), nous observons une hiérarchisation des écarts entre les sites suivant leur situation paysagère, ainsi :

- le site de vallée 1NEU a un rayonnement moyen proche de la référence de plaine,
- le site de versant Nord 3BRA, tend à devenir déficitaire par rapport à 1WIN (le rayonnement passe de 100 à 96,5 %),
- les sites de versant Sud de forte déclivité, 2MAM et 2BRA ont un rayonnement légèrement supérieur.

Par type de temps radiatif ($R > 75\%$), les écarts relatifs de rayonnement sont plus importants et confirment l'évolution observée ci-dessus. Le déficit de rayonnement est accentué pour 3BRA, site orienté au Nord, (95,7 % de 1WIN) ; alors que le rayonnement moyen des sites orientés au Sud, tels que 1THI, 2MAM et 2BRA, est supérieur avec respectivement 105 et 110 % de la référence. Le rayonnement reçu par 1NEU est légèrement inférieur de 2 % à la référence. Notons enfin que l'écart relatif maximal de 14 % observé entre 3BRA et 2BRA ou 2MAM représente en moyenne une différence 350 J/cm²/jour.

L'évolution horaire du rayonnement global présentée en figure 2a, correspondant à une moyenne de 4 journées de type de temps radiatif, illustre l'influence de l'orientation sur la dynamique journalière du rayonnement. Le site 3BRA bénéficie des premières heures du jour de son orientation NNE, les écarts de rayonnement sont négatifs uniquement à partir de 10H00. Le phénomène inverse est observé sur le site 1THI d'orientation SSW, le déficit d'ensoleillement par rapport à la plaine se prolonge jusqu'à 10H00 du matin.

Tous ces résultats confirment les études déjà existantes (Godard, 1949, Nigond, 1972 et Choissnel, 1987), et illustrent la variabilité importante du rayonnement global reçu dans un milieu viticole contrasté. Cette dernière dépend essentiellement de l'orientation et de la déclivité : le rayonnement solaire reçu est supérieur sur les versants orientés Sud, pour lesquels une augmentation de la déclivité de 8 à 17 ° fait doubler les écarts par rapport au rayonnement global d'un site horizontal. Ceux-ci passent de 5 % à 10 % pour les types de temps radiatifs.

Paramètres influant sur la vitesse du vent :

La vitesse du vent est le paramètre climatique le plus modifié entre les sites quel que soit l'échelle de temps prise en compte.

En moyenne, pour les deux années 1992 et 93 (tabl. 4), le pourcentage de ventilation par rapport au site de référence en plaine, met en évidence les tendances suivantes :

- les sites 2BRA et 3BRA sont les plus ventilés, (+17 % et +18 %),
- les sites sur versant, 1THI et 2MAM sont à l'opposé les moins ventilés (-31 % et -20 %),
- le site 1NEU de vallée est proche de la référence (+4 %).

Tableau 4. Vitesse du vent moyenne journalière d'Avril à Septembre (en m/s)

	1WIN	1NEU	2BRA	3BRA	1THI	2MAM
1990	1,68	-	1,85	1,82	-	-
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*(*) moyenne de 1992 à 1993	115	111	89	74

Les écarts moyens de vitesse de vent ne sont pas réguliers en fonction de l'orientation du vent. La présence de masques est le paramètre paysager le plus explicatif de ces écarts de ventilation. Ainsi, pour une direction de vent donnée, la vitesse du vent est atténuée s'il y a un masque important dans la même direction par rapport à un secteur dépourvu de masque (fig. 3a-e). C'est le cas : sur le site 2BRA, suivant les secteurs N à NE et sur le site 3BRA, suivant les secteurs S à W. **La hauteur du masque** explique ainsi en partie les écarts de ventilation selon l'orientation du vent pour un site donné. La figure 4 permet de mettre en évidence cette relation négative. En effet, la présence de masques importants coïncide avec une réduction de la ventilation. Nous pouvons définir une courbe enveloppe délimitant le potentiel de vitesse du vent en fonction de la hauteur du masque.

Par contre, pour les secteurs ouverts, dépourvus de masques importants, **l'altitude** du site contribue à accroître la vitesse du vent. C'est le cas de 2BRA (330 m d'altitude) pour les flux de direction S à SW et de 3BRA (310 m. d'altitude) pour les flux opposés de secteurs N à NE par rapport à la référence 1WIN (225 m. d'altitude).

Enfin, les résultats obtenus sur 2MAM et 1THI montrent que la réduction de **l'ouverture du paysage** tend à gommer les effets conjugués de l'altitude et de l'orientation des masques principaux sur la ventilation. En effet, la vitesse moyenne du vent de ces deux sites est faible (respectivement de 89 et 74 % de la vitesse de la référence 1WIN) ; aussi, malgré des altitudes supérieures à la référence, la vitesse du vent n'est pas accentuée dans les secteurs ouverts, dépourvus de masques (SE et S). Ainsi, pour un I.O.P. de classe 5 (indice proposé par Lebon, 1993b), correspondant à un paysage moyennement fermé, la ventilation est en moyenne réduite quelque soit l'orientation.

L'ouverture du paysage apparaît donc comme le principal paramètre à prendre en compte pour définir la ventilation d'un site. Les relations entre la ventilation et les paramètres paysagers définis peuvent être schématisés comme suit :

Paysages TRES OUVERTS I.O.P.= 9-10	Paysages OUVERTS I.O.P.= 7-8	Paysages MOYENNEMENT FERMES et TRES FERMES I.O.P. ≤ 6
Niveau de ventilation élevé, croissant avec l'altitude	Niveau de ventilation très variable conditionné par : - l'orientation des masques - l'altitude	Niveau de ventilation faible conditionné par l'I.O.P.

Paramètres influant sur la température de l'air :

Les écarts de températures moyennes saisonnières inter-sites, d'avril à septembre sont faibles et inférieurs à 1°C. Une analyse à l'échelle journalière et horaire en fonction du type de temps permet de comprendre les mécanismes générant les différenciations mésoclimatiques et met en évidence des écarts journaliers diurnes assez importants.

La température de l'air est une résultante complexe de la dynamique méso et pédoclimatique en un lieu donné, où rayonnement et convection sont les éléments prépondérants. Ainsi, en fonction des spécificités du milieu, et pour une situation climatologique donnée, les termes du bilan d'énergie seront modifiés et pourront induire des différences thermiques localisées à ce milieu.

Par type de temps couvert ($R < 25\%$), en absence de rayonnement direct, les variations thermiques de l'air sont essentiellement liées à l'altitude, selon un gradient thermique négatif de $-0,6\text{ °C}/100\text{m}$ (fig. 5) ; ceci quelque soit la direction du vent. Ces résultats confirment le gradient mis en évidence par des mesures réalisées en 1989 sur un réseau observatoire élargi (Lebon, 1993). Erpicum, en 1980, observe aussi, pour ces types de temps couverts, un gradient thermique négatif ($-0,5$ à $-0,7\text{ °C}/100\text{m}$).

Par type de temps variable ($25\% < R < 75\%$), il est difficile de généraliser les variations thermiques locales du fait même de la forte variabilité spatiale des paramètres climatiques. Toutefois, les observations faites par type de temps couvert restent globalement vraies pour des fractions de rayonnement légèrement supérieures et tendent à perdre de leur signification plus le type de temps devient radiatif.

Par type de temps radiatif ($R > 75\%$), la différenciation thermique entre les sites est plus importante. Celle-ci dépend essentiellement de la différenciation du rayonnement global, de la ventilation et des caractéristiques thermiques de surface du sol, comme l'illustre l'évolution horaire (figure 2). Sur la journée, deux phases se distinguent.

Une *PHASE NOCTURNE*, durant laquelle le refroidissement des basses couches d'air par rayonnement terrestre provoque, par différence de densité, un glissement gravitaire de l'air froid et son accumulation dans les zones basses. De telles relations ont été clairement établies que ce soit, dans le vignoble du Palatinat (Geiger, 1980), en Belgique entre les vallées et plateaux (Epicum, 1980) ou plus près dans les Vosges (Paul, 1980). Ce phénomène de refroidissement explique le risque plus important de gel en plaine ainsi que dans les vallées très propices à ces accumulations nocturnes d'air froid, comme l'illustre le site 1NEU.

Une *PHASE DIURNE*, pour laquelle le levé du soleil rompt le régime d'inversion thermique. Les températures tendent alors à se répartir suivant un gradient thermique adiabatique fortement décroissant dans les premiers mètres.

Ce gradient dépend essentiellement de la quantité de rayonnement intercepté par le site, mais aussi des caractéristiques thermiques de surface du sol ainsi que de la ventilation.

En effet, les écarts de rayonnement global reçu n'expliquent pas à eux seuls, les écarts de températures de l'air. Le site 1THI, bénéficiant d'une exposition SSW et d'un gain de rayonnement ne voit pas pour autant sa température de l'air augmenter par rapport à la référence (comme c'est le cas pour les sites 2BRA ou 2MAM). Les caractéristiques thermiques de sol défavorable (terroir marneux à texture argileuse et à forte humidité relative) engendrent un faible échauffement superficiel (-5 °C par rapport à 1WIN). Ceci diminue d'autant le contraste thermique vertical des premiers mètres, limitant ainsi les mouvements de convection favorables à l'échauffement des masses d'air proche du sol. A l'opposé le site 2BRA bénéficie d'un important échauffement du sol ($+5\text{ °C}$ par rapport à 1WIN), engendrant malgré une altitude élevée, un écart thermique de l'air de $+1,5\text{ °C}$ par rapport à la référence 1WIN. Le bilan radiatif et les caractéristiques thermiques de surface du sol compensent l'effet négatif de l'altitude.

CONCLUSION :

La différenciation mésoclimatique d'une région caractérisée par une forte variabilité géomorfostructurale est générée par la variabilité paysagère et pédologique du milieu. La hiérarchisation des paramètres du milieu influant sur la genèse des mésoclimats nécessite une analyse par type de temps à des pas de temps courts, journaliers et horaires. Aussi, 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 en 1989, basée sur une cartographie des paramètres de l'environnement paysagers. L'interprétation des résultats, à divers pas de

temps met en évidence de faibles écarts à l'échelle du cycle végétatif, mais des différences importantes entre sites à l'échelle journalière.

Compte tenu des différences climatiques observées sur le réseau de parcelles alsacien, nous pouvons envisager un modèle de prédiction des mésoclimats, permettant des représentations cartographiques des potentialités climatiques viticoles.

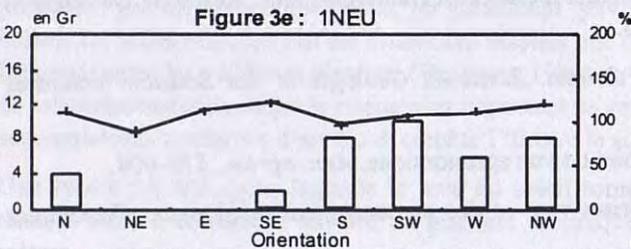
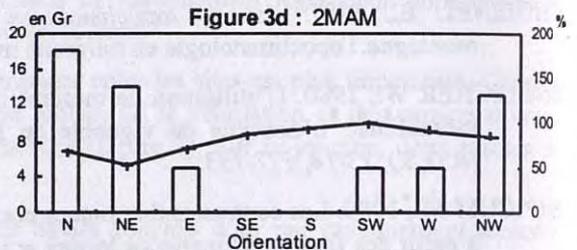
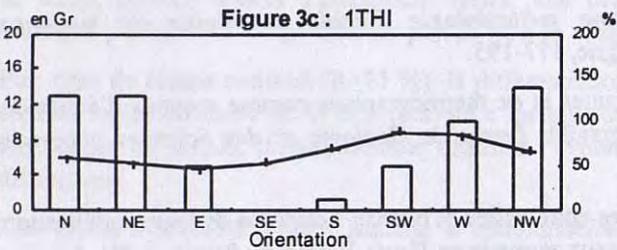
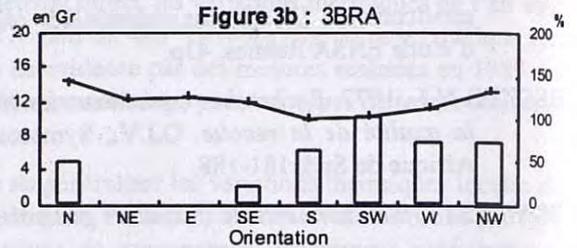
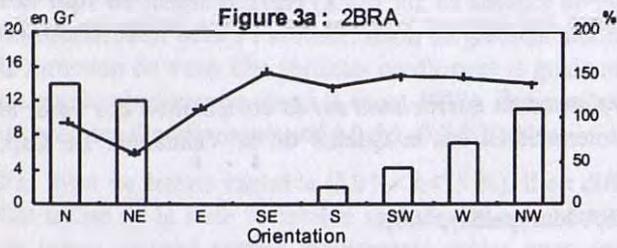
REFERENCES

- ARNAL Y., 1992. *Apports de la quantification des paysages à la modélisation du rayonnement solaire global: application à l'étude des potentialités climatiques des terroirs viticoles en Alsace*. Mémoire de fin d'étude ENSA Rennes, 43p.
- 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., Symposium international sur la Qualité de la Vendange. Le Cap, Afrique du Sud, 181-188.
- BRANAS J., 1946. *Eléments de viticulture générale*, ENSA Montpellier, 400p.
- 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. *Revue de Géologie et des Sciences 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. *Revue de Géologie et des Sciences connexes (R.G.S.)*, 13/14, 107-113.
- GEIGER G., 1980. Recherches topoclimatiques au Palatinat. *Revue de Géologie et des Sciences connexes (R.G.S.)*, 13/14, 95-102.
- GODART 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 Agricole*, 1170, 1-27.
- HUGLIN P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques du milieu viticoles. *C.R. Acad. Agri.*, 1117-1126.
- JACQUET A. et al, 1995. Réflexion sur la notion d'échelle pour le terroir, conséquences pour le classement des sites viticoles. *Revue des Oenologues*, 77S, 57-60.
- 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, 165p.
- LEBON E., 1993b. Caractérisation intégrée du vignoble alsacien : aspects méthodologiques et application à l'étude des composantes naturelles des principaux terroirs. *Jour. Inter. Sc. Vigne et du 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, 289p.
- NIGOND J., 1971. Le rôle du climat en viticulture. Première partie. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, T5 , 6 , 461-487.
- NIGOND J., 1972. Le rôle du climat en viticulture. Deuxième partie. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, T6 , 1, 17-55.
- PAUL P., 1980. Topoclimats thermiques dans le vallon du Ringelbach. *Revue de Géologie et des Sciences connexes (R.G.S.)*, 13-14, 77-84.

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.

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

SELTZER P., 1935. *Etude micrométéorologiques en Alsace. Annu. Inst. Phys. du Globe, 1934, Paris* *Météorologie*, 93-150.



Hauteur du masque en grade
 Vitesse du vent exprimé en % de la référence 1WIN

Figure 3 : Evolution de la vitesse du vent et de la hauteur des masques suivant les huit principales orientations

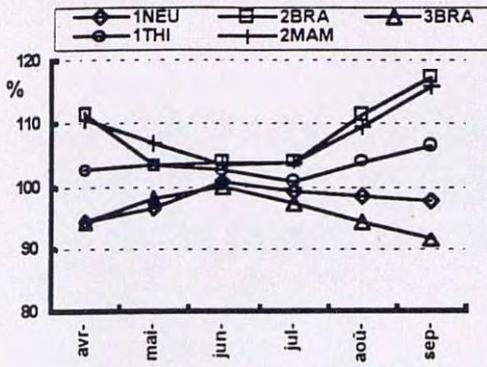


Figure 1 : Evolution mensuelle du rayonnement global reçu sur les sites exprimée par rapport à la référence 1WIN
Moyenne de 1991 à 1993 de la période d'avril à septembre.

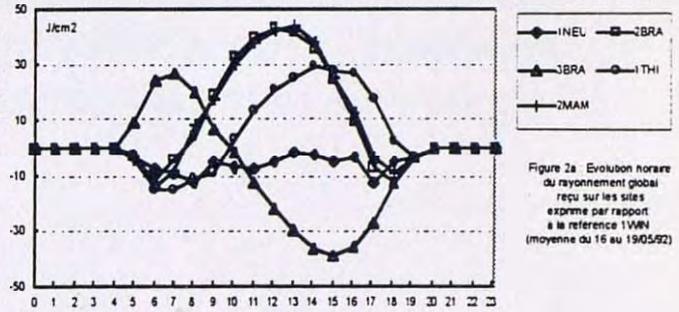


Figure 2a : Evolution horaire du rayonnement global reçu sur les sites exprimé par rapport à la référence 1WIN (moyenne du 16 au 19/05/92)

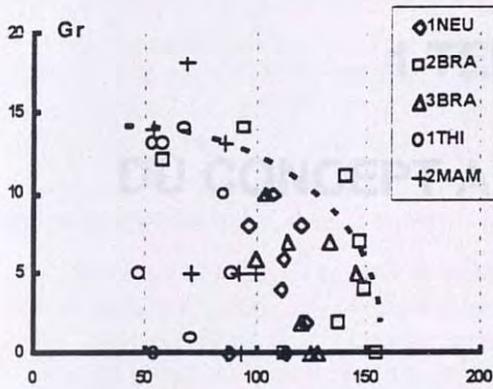


Figure 4 : Influence de la hauteur du masque sur la vitesse du vent (exprimé en % de la vitesse du vent de la référence 1WIN) suivant la même direction

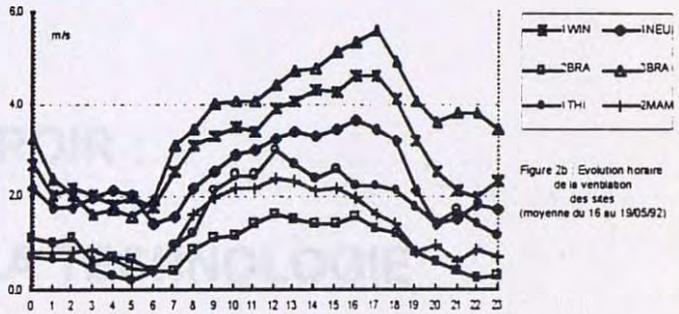


Figure 2b : Evolution horaire de la ventilation des sites (moyenne du 16 au 19/05/92)

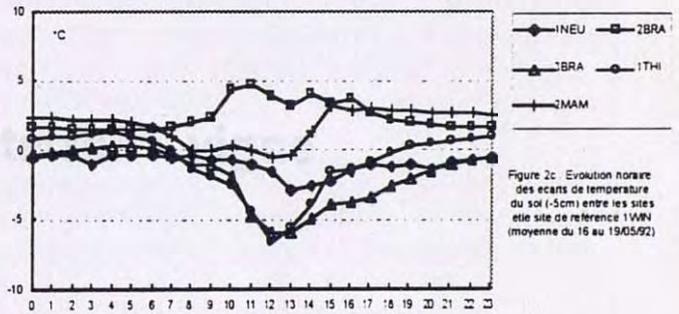


Figure 2c : Evolution horaire des écarts de température du sol (-5cm) entre les sites et le site de référence 1WIN (moyenne du 16 au 19/05/92)

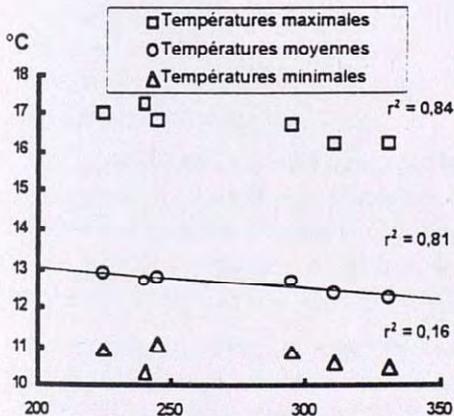


Figure 5 : Evolution des températures journalières des différents sites par type de temps couvert ($R < 25\%$) en fonction de l'altitude

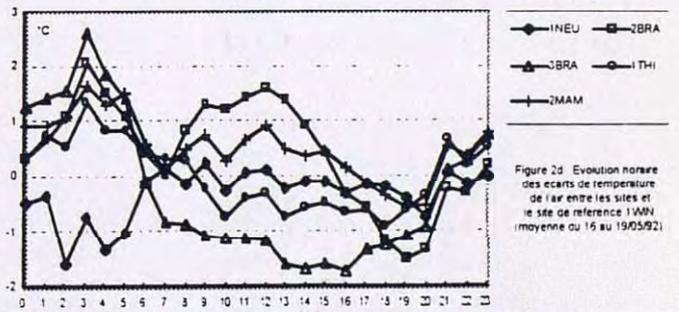


Figure 2d : Evolution horaire des écarts de température de l'air entre les sites et le site de référence 1WIN (moyenne du 16 au 19/05/92)