

MÉTHODES D'IDENTIFICATION DES CLIMATS VITICOLES

Hervé QUÉNOL, Olivier PLANCHON et Laurent WAHL[†]

Résumé

L'étude du climat à l'échelle d'un terroir viticole nécessite une démarche scientifique prenant en compte l'imbrication des échelles spatio-temporelles du zonal au local. Dans cet article, nous présentons la méthodologie utilisée pour étudier le climat à l'échelle régionale dans les vignobles de la partie nord de la France. Les méthodes de classification des types de climat de Köppen et des circulations de Hess-Brezowsky ont été appliquées pour les stations du réseau national français (Météo-France) de Saumur, Colmar, Reims et Dijon sur la période 1961 à 2007. Les résultats montrent diverses nuances climatiques, influencées par la latitude, la continentalité et la topographie.

Mots-clés

Classification de Köppen et Hess-Brezowsky, gel printanier, vignoble

Abstract

The study of the vineyard climates requires a methodology adapted to fine scales. In this article, we use a methodology in order to study the climate at the regional scales in the vineyards of the northern part of France. Köppen climate classification and Hess-Brezowsky classification were applied for the Saumur, Reims, Colmar and Dijon weather stations of the French network (Météo-France). Results show various climate nuances, influenced by the latitude, the continentality and topography.

Keywords

Köppen and Hess-Brezowsky classification, spring frost, vineyard

INTRODUCTION

Dans un contexte d'intensification des concurrences entre les différents pays producteurs (notamment avec l'avènement des nouveaux pays viticoles) et où les viticulteurs des pays traditionnels se défendent en mettant en avant le terroir, la connaissance du climat régional voir local des vignobles devient un atout essentiel. L'Institut National des Appellations d'Origine (INAO) définit le terroir comme un ensemble de terrains qui par la nature plus ou moins variée de leur sol (caractères agronomiques et géopédologiques), leur situation et leur environnement (topographie, exposition, ... influant sur le climat) se sont révélés par l'expérience et les usages propices à la production des vins fins (INAO, 1984). Dans une même unité de terroir, les facteurs susceptibles d'agir sur la qualité du raisin et de caractériser ce terroir, sont les composantes climat et sol, qui sont en interaction avec la plante et les technologies de production. Les spécificités des terroirs viticoles sont donc liées à des caractéristiques locales dont le climat est un élément

essentiel. D'ailleurs, en Bourgogne, n'utilise-t-on pas par le terme « climat » pour désigner un terroir remarquable dont l'extension géographique est particulièrement réduite (Vaudour, 2003) ?

La notion de terroir est un argument de choix pour la valorisation des vins auprès des consommateurs en manque de repères. Le terroir est au cœur d'enjeux commerciaux d'envergure internationale. Indiquer le pays d'origine n'est pas suffisant, le consommateur exige d'autres garanties comme les spécificités d'un terroir qui caractérisent un vin et lui permettent d'atteindre une certaine renommée.

Le changement climatique apportera inévitablement des modifications à l'identité des terroirs. Actuellement, la communauté scientifique s'intéresse au changement climatique global et s'interroge sur ses impacts futurs à l'échelle planétaire. Pourtant, les conséquences de ces variations climatiques sont encore assez peu abordées aux échelles fines. Un changement global du climat aura obligatoirement des répercussions sur le climat local, sur les caractéristiques du vin et donc des conséquences au

niveau économique. Les approches du changement climatique par les modélisateurs du climat sont aujourd'hui trop approximatives pour apporter des réponses à l'échelle d'un terroir viticole. Les résolutions spatiales des sorties des modèles de circulation générale (MCG) sont de plusieurs dizaines kilomètres de côté (ex. : la précision du modèle ARPEGE-Climat développé par Météo-France est au mieux de 20 km).

L'objectif du programme ANR-Jeune Chercheur TERVICLIM (*Observation et modélisation spatiale du climat à l'échelle des terroirs viticoles dans un contexte de changement climatique*) est d'arriver à affiner la résolution de la maille du modèle en réalisant une simulation de l'impact du changement climatique à l'échelle du terroir. Cela nécessite d'utiliser une méthodologie de mesures et de modélisation spatiale prenant en compte l'imbrication des échelles spatiales et intégrant les différents facteurs locaux tels que la rugosité et la nature de la surface. Cette démarche scientifique est mise en place et appliquée dans plusieurs terroirs viticoles réputés (en France : Champagne, Val de Loire, Bourgogne ; au Portugal : vignoble de Porto ; en Afrique du Sud : région du Cap / Stellenbosch ; au Chili : région de Valparaiso...).

Dans cet article, nous présentons la première phase de cette étude qui consiste à caractériser les types de climats (en prenant en compte leur variabilité) auxquels sont

soumis les vignobles de la moitié nord de la France (Val de Loire, Champagne, Bourgogne et Alsace) et en mettant en relation certains types de temps spécifiques avec les types de circulations atmosphériques (programme « *Dynamique des masses d'air et risques climatiques* » soutenu par la Fondation MAIF). Après avoir déterminé les climats de ces régions viticoles à l'aide de la classification de Köppen, nous présentons la caractérisation des différents types de circulations atmosphériques présentes lors des phénomènes de gelées de printemps, au moyen de la méthode objective de classification des types de circulations de Hess-Brezowsky, développée par James (2007) dans le cadre du programme COST-733 (<http://www.cost733.org/>).

I. SITES ET MÉTHODOLOGIE

Les données journalières (précipitations, températures moyennes, températures minimales et maximales) de quatre stations météorologiques ont été obtenues auprès de Météo-France (Climathèque) pour la période 1961-2007 afin de caractériser une partie des vignobles de la moitié nord de la France (Tableau 1). Les données sont ensuite analysées en fonction des types de circulations atmosphériques afin de comparer plus précisément les conditions climatiques régionales des vignobles.

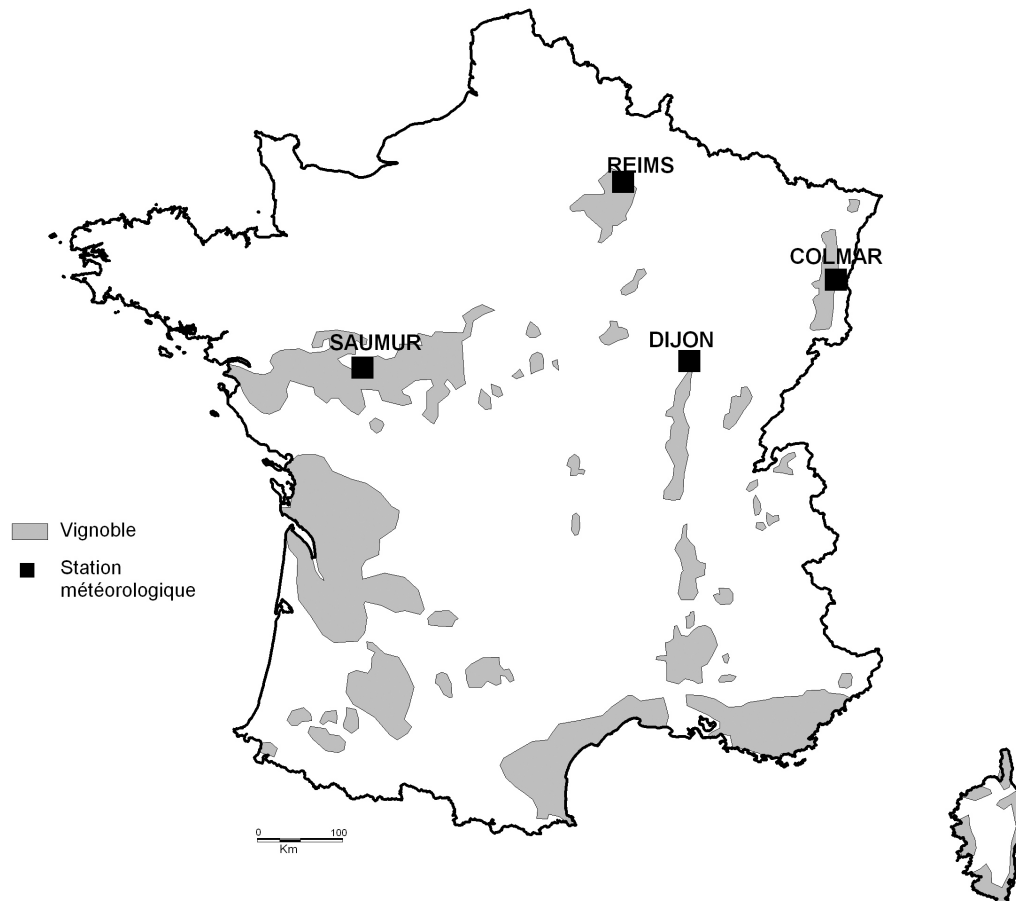


Figure 1. Vignobles français et localisation des stations météorologiques utilisées

Tableau 1. Coordonnées géographiques des stations de référence

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)
SAUMUR (Jardin des Plantes)	47,25 N	0,07 O	69
REIMS (Courcy)	49,30 N	4,03 E	95
DIJON (Longvic)	47,27 N	5,08 E	222
COLMAR (Meyenheim)	47,93 N	7,40 E	207

Deux méthodes complémentaires de classification ont été appliquées.

Les régimes thermiques et pluviométriques des régions viticoles de l'espace étudié ont été définis d'après la classification de Köppen, en raison de l'intérêt de cette classification pour la définition de seuils de sécheresse et d'aridité. Cette classification demeure, dans le monde entier, la plus couramment utilisée. Elle combine, sans les hiérarchiser *a priori*, des caractères indépendants les uns des autres (Tableau 2). Élaborée en 1918, elle a fait l'objet de modifications et précisions ultérieures. Un descriptif de la méthode est présenté, par exemple, par C.P. Péguy (1970) et W. Lauer (1993).

W. Köppen a borné l'aridité par comparaison entre précipitations et température, en introduisant des nuances selon les régimes pluviométriques et thermiques. À une valeur de la température moyenne annuelle donnée correspondent deux seuils pluviométriques au-dessous desquels le climat est classé « BS » (semi-aride) ou « BW » (aride). En dehors des climats arides ou semi-arides et de la zone chaude, la sécheresse saisonnière a été définie en fonction du régime pluviométrique. Une saison sèche d'hiver (climats « Cw ») est définie si le mois le moins arrosé d'hiver reçoit moins de 1/10 des précipitations du mois le plus arrosé d'été. Sinon, le climat est classé Cf (pas de saison sèche), ou Cs (Saison sèche d'été) si le mois le moins arrosé d'été reçoit moins de 1/3 des précipitations du mois le plus arrosé d'hiver. Un correctif a été apporté

par la suite : le climat est classé Cs si les précipitations moyennes du mois le moins arrosé de l'été, exprimées en mm, sont inférieures au double de la température du même mois exprimée en °C. Un régime est dit « à période sèche » lorsqu'au moins un mois dans l'année est considéré comme sec, au sens de la classification de Köppen. La classification a été appliquée à la période de 1961 à 2007, de façon à déterminer des « types de climats annuels » et la fréquence d'apparition de chacun de ces types. « Type de climat annuel » est une expression naturellement impropre à la définition même de « climat », mais déjà employée (Brisse *et al.*, 1982 ; Planchon et Rosier, 2005) pour définir l'ambiance climatique d'une année donnée.

La méthode Hess-Brezowky (informatisée par James, 2007) a été utilisée afin de déterminer plus finement les types de circulations atmosphériques auxquels les régions viticoles sont soumises. Cette méthode a été appliquée aux situations de gels printaniers.

Cette méthode est fréquemment utilisée pour caractériser la circulation atmosphérique et sa variabilité sur l'Océan Atlantique Nord et l'Europe. Plusieurs références sont citées notamment par Gerstengarbe et Werner (2005) et par Kyselý et Huth (2006). La méthode de Hess-Brezowsky est fondée sur le champ de pression au niveau de la mer et le géopotential à 500 hPa au-dessus de l'Océan Atlantique Nord et de l'Europe. La classification identifie 29 types de circulations ou GWL (Grosswetterlagen), regroupés en cinq grands types (GWT ou Grosswettertypen), utilisés dans cet article (Tableau 3).

Tableau 2. Synthèse de la classification de Köppen (d'après C.P. Péguy et W. Lauer)

		Précipitations			Insuffisantes toute l'année
		Réparties sur toute l'année	L'été	L'hiver	
Régimes thermiques	T- > 18°C	Af	Aw	As	B
	T+ > 10°C -3 < T- < 18°C	Cf	Cw	Cs	
	T+ > 10°C T- < -3°C	Df	Dw	Ds	
	0 < T+ < 10°C	ET			
	T+ < 0°C	EF			

T- : température moyenne du mois le plus froid ; T+ : température moyenne du mois le plus chaud

Tableau 3. Liste des types de circulations de la classification de Hess-Brezowsky

Types (GWL) et grands types (GWT)	Abbrev.
Circulations d'Ouest	
Circulation d'ouest, anticyclonique	WA
Circulation d'ouest, cyclonique	WZ
Circulation d'ouest méridionale	WS
Circulation d'ouest « formant un angle »	WW
Circulations de Sud	
Circulation de sud-ouest, anticyclonique	SWA
Circulation de sud-ouest, cyclonique	SWZ
Circulation de sud, anticyclonique	SA
Circulation de sud, cyclonique	SZ
Dépression sur les îles Britanniques	TB
Talweg sur l'Europe occidentale	TRW
Circulation de sud-est, anticyclonique	SEA
Circulation de sud-est, cyclonique	SEZ
Circulations de Nord-Ouest et de Nord	
Circulation de nord-ouest, anticyclonique	NWA
Circulation de nord-ouest, cyclonique	NWZ
Circulation de nord, anticyclonique	NA
Circulation de nord, cyclonique	NZ
Anticyclone sur l'Islande, anticyclonique	HNA
Anticyclone sur l'Islande, cyclonique	HNZ
Anticyclone sur les îles Britanniques	HB
Talweg sur l'Europe centrale	TRM
Circulations de Nord-Est et d'Est	
Circulation de nord-est, anticyclonique	NEA
Circulation de nord-est, cyclonique	NEZ
Anticyclone sur la Fennoscandie, anticyclonique	HFA
Anticyclone sur la Fennoscandie, cyclonique	HFZ
Anticyclone sur mer de Norvège – Fennoscandie, anticyclonique	HNFA
Anticyclone sur mer de Norvège – Fennoscandie, cyclonique	HNFZ
Situations à centre d'action sur l'Europe Centrale	
Anticyclone sur l'Europe centrale	HM
Dorsale anticyclonique sur l'Europe moyenne	BM
Dépression sur l'Europe centrale	TM

Les températures minimales journalières des mois de mars, avril et mai entre 1960 et 2007 sont analysées. Le pourcentage de chaque type de circulation est calculé :

- lorsque toutes les stations météorologiques ont une température minimale inférieure à 0°C ;
- lorsque au moins une station a une température minimale inférieure à 0°C ;
- station par station, lorsque $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ et lorsque $T_{min} < -5^{\circ}\text{C}$.

Cette dernière analyse a pour objectif de déterminer les types de circulations atmosphériques associées aux gelées intenses pouvant engendrer un risque de gel élevé pour les vignobles. En effet, au printemps, période de reprise végétative, les bourgeons floraux de la vigne ont une sensibilité croissante aux températures négatives. Une baisse de la température nocturne combinée à une importante vulnérabilité du végétal peut engendrer d'importants dégâts voir la destruction totale des bourgeons (Cellier, 1989).

II. RÉSULTATS

A. Conditions climatiques moyennes (période 1961-2007)

Les stations étudiées sont situées dans la moitié nord de la France et sont incluses dans le domaine tempéré à hivers doux et à étés frais, sans période sèche (le type Cfb de la classification de Köppen), auquel est soumise la quasi totalité de l'Europe de l'ouest et centrale. Le relief peu accidenté permet une large pénétration des masses d'air d'origine atlantique vers l'intérieur du continent, contribuant à une certaine homogénéisation climatique de l'ensemble des plaines et plateaux du nord de la France, mais aussi la libre circulation de masses d'air d'origines diverses. La variabilité spatio-temporelle de la persistance de ces masses d'air contribue à l'existence de diverses nuances climatiques, modulées par la latitude, la continentalité et la topographie (Pé-

Tableau 4. Caractères climatiques généraux des stations de référence (1961-2007)

Station	Tmin	Tmax	Tmoy	P-total	H %	P %	E %	A %
SAUMUR	5,1	20,0	12,2	590,7	26,7	23,9	20,4	29,0
REIMS	2,7	18,3	10,3	605,0	22,8	25,1	27,4	24,7
DIJON	2,0	19,9	10,8	729,1	22,3	25,7	24,6	27,4
COLMAR	1,4	19,6	10,5	594,4	17,7	25,8	32,1	24,4

Tmin : température moyenne (°C) du mois le plus froid (janvier) ;

Tmax : température moyenne (°C) du mois le plus chaud (juillet) ;

Tmoy : température moyenne annuelle (°C) ;

P-total : précipitations moyennes annuelles en mm (avec proportion saisonnière en % : hiver, D-J-F (H), printemps, M-A-M (P), été, Jn-Jt-A (E), automne, S-O-N (A)).

delaborde, 1957 ; Shamsi, 1968 ; Escourrou, 1982 ; Pagny, 1988).

Ainsi, dans une ambiance océanique d'ensemble, le Val de Loire est plus chaud, la Champagne est plus fraîche, la Bourgogne orientale et surtout l'Alsace sont déjà marquées par certains traits continentaux plus affirmés (Tableau 4).

Dans le Val de Loire, la combinaison de la proximité de l'océan et de la latitude méridionale se traduit par la douceur des hivers (5,1°C en janvier à Saumur) et des étés relativement chauds (20°C en juillet à Saumur). Saumur est la plus chaude des quatre stations de références, en été comme en hiver, la différence étant plus

importante en hiver (1,4°C en janvier à Colmar, station la plus orientale ; 18,3°C en juillet à Reims, station la plus septentrionale). L'effet de la continentalité est donc plus discriminant que celui de la latitude pour différencier les stations. Légèrement abrité, le Val de Loire reçoit entre 600 et 700 mm par an (localement moins de 600 mm dans les secteurs les plus abrités : Saumur, 591 mm). Les précipitations sont uniformément réparties sur toute l'année à Saumur, Reims et Dijon. Mais, à Saumur, à la relative faiblesse dominante des précipitations s'ajoute le fléchissement estival typique des régions de climat océanique (l'été est la saison la moins arrosée de l'année) qui, même peu accentué mais combiné à une ambiance thermique plus chaude, place cette station aux limites des

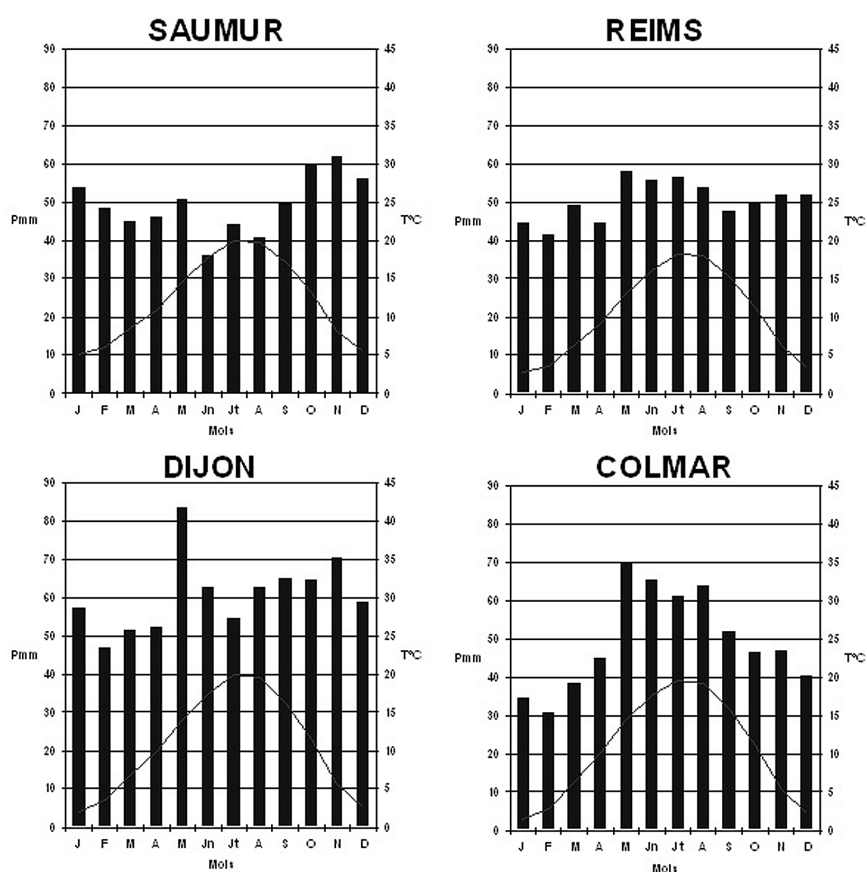


Figure 2. Diagrammes ombro-thermiques des quatre stations de référence (précipitations et températures moyennes mensuelles calculées pour la période 1961-2007)

conditions de « sécheresse », au sens des classifications de Köppen, de Bagnouls et Gausson (1957) et de Walter et Lieth (1964) (Figure 2).

Les stations de Dijon et de Colmar, situées plus à l'intérieur du continent et dans des fossés d'effondrement, présentent des rythmes thermiques plus contrastés (amplitude annuelle d'environ 18°C, contre 14,9°C à Saumur et 15,6°C à Reims). L'Alsace présente des caractéristiques d'abri déjà perceptibles à Dijon mais plus affirmées dans le Fossé Rhénan, plus encaissé que la plaine de la Saône et fermé au sud par le Jura (stagnation des pellicules d'air froid en hiver). Le rythme pluviométrique, encore uniforme à Reims et Dijon, est déjà typiquement continental à Colmar, avec un net maximum d'été (32,1% des précipitations annuelles de juin à août, alors qu'à Dijon la part des pluies de la même période n'est que de 24,6%). Ce phénomène n'est pas limité au Fossé Rhénan, mais il se confirme aussi sur les espaces voisins, en Suisse centrale et orientale, en Allemagne du sud (Planchon, 1997 et 2005). En franchissant les Vosges, on entre d'ailleurs dans le domaine tempéré continental de l'Europe centrale et orientale.

B. Variabilité climatique analysée par les types de climats annuels (période 1961-2007)

L'identification et la proportion des types de climats annuels, définis selon la classification de Köppen, souligne les effets de la variabilité interannuelle, modulée par la continentalité et la position en latitude (Figure 3). Aussi étonnant que cela puisse être, bien que les quatre stations de référence soient toutes en moyenne soumises à un climat de type Cfb, ce type de climat n'y est pas le plus fréquemment observé sauf à Colmar. À Saumur, cas extrême, seulement 6,4% des années (soit seulement 3 années) ont connu une ambiance climatique Cfb. Toutes les autres années ont été soumises à des

ambiances climatiques à période sèche estivale (notées « s »), voire même à des conditions climatiques semi-arides (« BS » : en 1990). Le cas de Saumur reflète la particularité de son régime pluvio-thermique moyen, à la limite de la sécheresse estivale, mais confirme aussi la sensibilité des régions de plaine de l'ouest de la France au risque de sécheresse estivale, le Val d'Anjou (autour de Saumur) étant précisément un « pôle de sécheresse » identifié comme tel au moyen de plusieurs indices d'aridité (Dubreuil, 1994 et 1996). La proportion d'années de type Cfb s'accroît vers l'est, tandis qu'apparaissent en même temps les années à hiver froid (type « D »), inconnues à Saumur durant la période étudiée. À Colmar, l'abondance des précipitations estivales liée à la continentalité permet au type Cfb d'y être l'ambiance climatique annuelle la plus fréquente, sans toutefois y être majoritaire (44,7%).

Les quatre stations ont connu des années à été chaud (notées « a »), les moins fréquentes étant observées à Reims (une seule année : 2006) et les plus fréquentes à Saumur (9 années soit 19,15% du total), ces deux stations étant habituellement, rappelons-le, respectivement la plus fraîche et la plus chaude en été des quatre stations de référence. Sauf à quelques rares exceptions (années « Cfa » occasionnelles à Reims, Dijon et Colmar), les années à été chaud sont aussi des années à période sèche estivale, années souvent considérées comme positives pour la viticulture, car favorables à de bons rendements en quantité et en qualité (Dubreuil, 1994). Les années de type « Csa », autrement dit « de type méditerranéen » sont inconnues à Reims de 1961 à 2007, mais représentent 17% du total à Saumur (8 années), 12,8% à Dijon (6 années) et 8,5% à Colmar (4 années). Là aussi, la continentalité limite les possibilités d'existence d'années à « ambiance méditerranéenne » en direction de l'est, Reims étant exclue par sa position en latitude. En direction du sud, la « tonalité climatique méridionale »

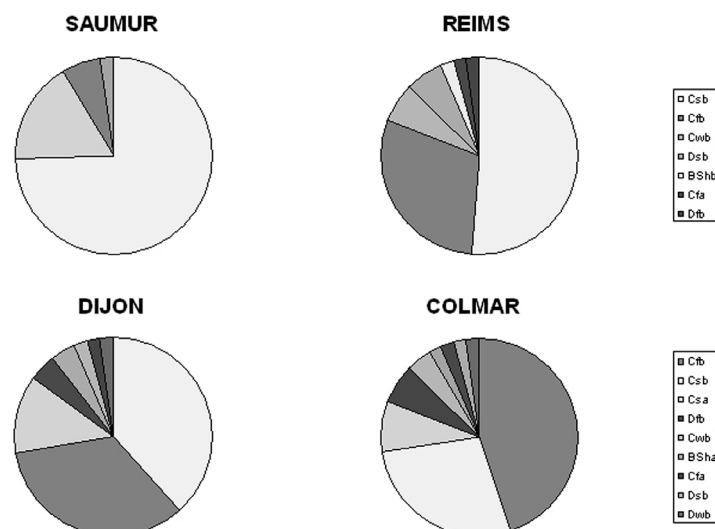


Figure 3. Proportion de types de climats annuels définis selon la classification de Köppen pour les quatre stations de référence (période 1961-2007)

décélée dans le Val d'Anjou s'affirme davantage à Bordeaux, où les années de type « Csa » représentent 29,8% de la période étudiée, soit 14 années (dont 12 à partir de 1989). Cependant, la proportion d'années « Cfb » ne diminue pas en direction du bassin Aquitain (12,8% à Bordeaux). Le climat du Val de Loire résulte de la combinaison de facteurs géographiques et climatiques régionaux (voire locaux), sur lesquels a déjà insisté P. Pédelaborde (1957). À ce titre, le climat des vallées et bas plateaux du centre-ouest de la France ne peut pas être réduit à une simple étape en direction des climats tempérés chauds de l'Europe du Sud.

Les hivers froids ont été inconnus à Saumur de 1961 à 2007 et même l'année 1956 dont le mois de février a pourtant été exceptionnellement froid n'entraînant pas dans la catégorie « D ». Les trois autres stations ont connu des années à hiver froid, mais celles-ci ne représentaient que 8,5 à 10,6% du total des années (maximum à Colmar). Ainsi, même en Alsace, les hivers froids n'ont pas été habituels durant la période étudiée. Aucune des quatre stations de référence n'a connu d'années à hiver froid et à été chaud (rythme thermique de type « Da »), observées plus à l'est et au sud-est dans les plaines du Danube moyen et inférieur (Budapest, Belgrade, Bucarest). Là encore, l'encaissement du Fossé Rhénan n'est pas suffisant. À Karlsruhe par exemple, durant la longue série de données disponible pour cette station depuis 1799 (Mühr, 2008 : <http://www.klimadiagramme.de/Europa/special01.htm>), seules les années 1802, 1808, 1826 et 1827 ont connu un rythme thermique de type « Da ». Notons que la décennie 1821-1830 fut la plus chaude (10,9°C) à Karlsruhe après la décennie 1991-2000 (11,2°C), la période trentenaire 1821-1850 y ayant été la plus chaude après celle de 1971-2000 (respectivement 10,6 et 10,7°C).

La semi-aridité n'est qu'occasionnelle dans la moitié nord de la France. Dijon, station habituellement la plus arrosée parmi les quatre stations de référence, n'a pas connu d'années de type « BS » durant la période étudiée. Les trois autres stations ont connu chacune une année semi-aride : 1990 à Saumur, 1976 à Reims et 2003 à Colmar. Les conditions de mise en place des sécheresses sur l'Europe sont bien identifiées (Stahl, 2001 ; Lloyd-Hugues, 2002) et sont liées à la persistance inhabituelle de situations anticycloniques. Les variations de l'intensité et de l'extension spatiale des sécheresses sont liées

à différents types de circulations atmosphériques identifiées sur l'Europe notamment par K. Stahl (2001) pour la période 1962-1990. Si la plupart des sécheresses estivales intenses sont associées à des hautes pressions sur l'Europe centrale, les sécheresses de longue durée (pluri-saisonnières et générant les rares années « semi-arides » du nord de la France) sont associées à des successions complexes de situations anticycloniques fréquentes et variées quant à la position dominante du centre de haute pression. Ces conditions se mettent en place dès l'hiver, avec des déficits pluviométriques souvent associés à des anticyclones de « blocage » sur l'Europe, ou à des situations anticycloniques persistantes. Malgré leur ampleur, la répercussion de ces sécheresses aux échelles régionale et locale est nuancée et contribue à expliquer les années semi-arides différentes d'une station à l'autre.

C. Types de circulations atmosphériques en situations gélives printanières (1960-2007)

La classification de Köppen permet de caractériser les grands traits du climat, principalement par les caractéristiques des saisons extrêmes (hiver et été), les saisons intermédiaires étant négligées. Or le printemps est une saison clé pour la viticulture. En situation de gel printanier, la variabilité spatio-temporelle des températures est généralement très importante aux échelles synoptique, régionale et locale (Tableau 5).

Parmi les quatre stations, Colmar connaît les gelées les plus intenses et les plus fréquentes en début de printemps, tandis que Reims subit les gelées les plus tardives (possibilité de gel en juin). À Angers (station synoptique la plus proche de Saumur), le gel déjà rare en avril est exceptionnel dès le mois de mai. La continentalité et l'encaissement du Fossé Rhénan expliquent la possibilité de gelées intenses en début de printemps (notamment par refroidissement radiatif, surtout si le sol est enneigé), mais aussi l'avantage thermique de Colmar par rapport à Reims en fin de printemps et début d'été. En effet, le Fossé Rhénan s'échauffe rapidement à partir de mi-avril, tandis que Reims est plus directement exposée aux masses d'air frais de Nord-Ouest et de Nord (par exemple le 5 mai 1996, en circulation de type « HNZ » : -1°C à Reims et +3,8°C à Colmar). Le gel est possible en juin sur les plaines et bas plateaux du nord

Tableau 5. Températures minimales et gel au printemps et début de l'été pour quatre stations synoptiques (période 1961-1990)

Station	T°C minimale absolue (1961-1990)				Nombre de jours de gel (1961-1990)			
	M	A	M	J	M	A	M	J
ANGERS (Avrillé)	-7,8	-3,4	-1,0	2,2	6,2	1,5	0,0	0,0
REIMS (Courcy)	-10,8	-5,4	-1,8	-0,4	10,0	5,0	0,4	0,0
DIJON (Longvic)	-11,2	-4,0	-1,0	2,9	9,8	1,9	0,1	0,0
COLMAR (Meyenheim)	-16,0	-7,3	-3,1	3,1	11,7	4,0	0,4	0,0

Source : Météo-France.

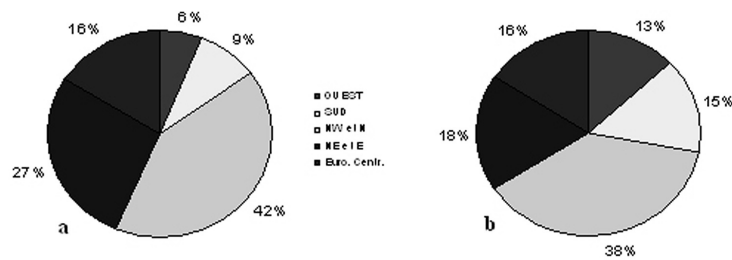


Figure 4. Fréquence des types de circulations atmosphériques avec une température minimale inférieure à 0°C sur toutes les stations (a) et avec au moins une station avec une température minimale inférieure à 0°C (b) (période 1960-2007 ; suivant la classification de Hess-Brezowsky)

et du nord-ouest de la France (cf. *Normales Climatiques 1961-1990*, Météo-France) et au cœur de l'été dans le centre de l'Angleterre (Chandler et Gregory, 1976), pas sur les plaines de l'est de la France ni les plateaux de basse altitude d'Allemagne du sud et de Suisse.

L'influence du type de circulation atmosphérique et de la dynamique des masses d'air, de la topographie, des caractéristiques environnementales (ex. : présence d'obstacle, proximité de cours d'eau, etc.) et les différents degrés de vulnérabilité de la vigne font que les dommages liés au gel printanier sont très variables sur des espaces relativement restreints (Quénol, 2002).

1. Variabilité spatio-temporelle des températures minimales inférieures à 0°C

L'analyse des nuits au cours desquelles les quatre stations de référence ont connu une température inférieure à 0°C (Figure 4a), montre que plus de 40% des cas sont associés à des circulations atmosphériques de Nord et de Nord-Ouest, 27% sont associés à des circulations de Nord-Est et Est et 16% sont associés à des situations à centre d'action sur l'Europe Centrale. Plus en détail, les circulations de Nord-Est anticycloniques (NEA : 9,3%) et les situations cycloniques engendrant un flux de Nord sur l'Europe occidentale (TM : 7,5%, HNZ : 8,1%) sont les plus fréquentes. Ces types de situations atmosphériques apportent des conditions anticycloniques calmes favorables aux refroidissements de type radiatif (temps calme, ciel clair avec vent faible) ou des masses d'air froid provenant de l'Europe du Nord ou de l'Est.

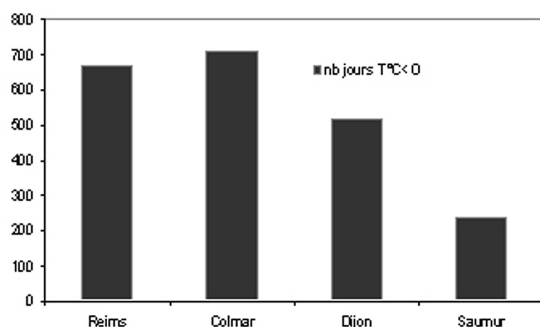


Figure 5. Nombre de jours avec une température minimale inférieure à 0°C pour les mois de mars, avril et mai entre 1960 et 2007

Les situations cycloniques de Nord-Ouest (NWZ) sont relativement fréquentes (6,8%), mais ce type de situation n'est pas favorable aux forts refroidissements nocturnes. L'analyse plus détaillée des dates gélives montrera que ce type de circulation atmosphérique correspond aux changements de type de temps à la fin d'un épisode gélif (Figure 4a).

L'analyse des types des circulations lorsque au moins une station a une température inférieure à 0°C montre une proportion plus élevée de situations de Sud et d'Ouest (Figure 4b). Cette forte hétérogénéité des types de circulations atmosphériques est liée aux traits climatiques régionaux de chaque vignoble, en liaison notamment avec la continentalité et les effets d'abri. Entre 1960 et 2007, le nombre d'épisodes de gel est 3 fois supérieur à Colmar (708 cas) qu'à Saumur (234 cas) (Figure 5).

L'étude des circulations atmosphériques par station météorologique confirme les résultats présentés ci-dessus. Les vignobles de l'est de la France, de par leur position la plus à l'intérieur des terres et leurs caractéristiques topographiques (fossés d'effondrement) sont soumis à des gelées nocturnes même avec une circulation de secteur Ouest et Sud. En revanche, les possibilités de gelées sur le vignoble de Saumur, sous l'influence plus directe de l'océan Atlantique tout proche (Saumur est à environ 140 km de la côte), nécessitent davantage l'intervention de masses d'air froid capables de provoquer des gelées généralisées sur l'ensemble de la moitié nord de la France (circulations de Nord-Est à Est notamment figure 4). La forte proportion de circulations d'Ouest et de Sud pour Colmar et Dijon est liée à l'effet combiné de la continentalité et des caractéristiques topographiques de ces stations ; l'effet d'abri y accentuant celui de la continentalité. Après un épisode gélif, la masse d'air froid ne disparaît pas rapidement dès l'arrivée d'une circulation cyclonique de Sud ou d'Ouest. En situation de fortes gelées, un délai de 2 ou 3 jours peut s'écouler avant que la température minimale y redevienne positive. En raison de l'encaissement plus ou moins marqué des fossés d'effondrement de l'est de la France (plaines de la Saône et d'Alsace), la pellicule d'air froid qui se forme dans les très basses couches résiste au passage à une circulation d'Ouest ou de Sud. L'air doux glisse au-dessus de la pellicule d'air froid, permettant la persistance de ge-

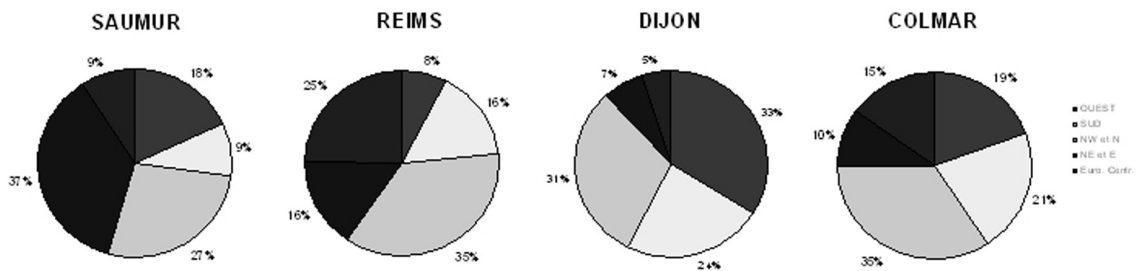


Figure 6. Fréquence des types de circulations atmosphériques avec une température minimale inférieure à 0°C durant la période 1960-2007 pour chaque station de référence (suivant la classification de Hess-Brezowsky)

lées en plaine plusieurs jours en flux d'Ouest ou de Sud. Bien que moins encaissée que le Fossé Rhénan et ouverte au sud par la vallée du Rhône (resserrée cependant en aval de Lyon), la plaine de la Saône connaît, en raison de sa position à l'intérieur des terres, des conditions de persistance des gelées très voisines de la plaine d'Alsace. Situées dans des régions mieux ventilées et ouvertes aux circulations de Sud à Ouest, Reims et Saumur réagissent rapidement aux redoux.

À titre d'exemple, le 19 mars 1984, les températures minimales étaient négatives aux 4 stations (-3,0°C à Colmar, -2,6°C à Reims, -1,9°C à Dijon et -0,6°C à Saumur). Le type de circulation était de Nord-Est avec un anticyclone centré sur la Scandinavie (HFA : anticyclone fenno-scandinave). L'air froid provenant de Scandinavie conjugué avec une faible nébulosité a engendré des gelées sur l'ensemble des vignobles de la

moitié nord de la France. Ce type de temps a persisté jusqu'au 22 mars 1984, puis a été relayé par un flux de secteur Sud les 23 et 24 mars 1984 avec une dépression sur les Îles Britanniques (TB). Durant ces deux jours, les températures minimales sont restées négatives à Dijon (-2,1°C le 24 mars 1984) et à Colmar (-3,1°C) alors qu'elles ont rapidement et fortement augmenté à Reims (3,2°C) et surtout à Saumur (+6,0°C). Le 25 mars 1984, les températures minimales étaient à nouveau positives sur les 4 stations (Figure 7).

2. Variabilité spatio-temporelle des températures minimales inférieures à -5°C

L'analyse des situations où au moins une des stations a enregistré une température minimale inférieure à -5°C montre que les circulations de Nord et d'Est sont fortement majoritaires (74%). Il s'agit principalement de

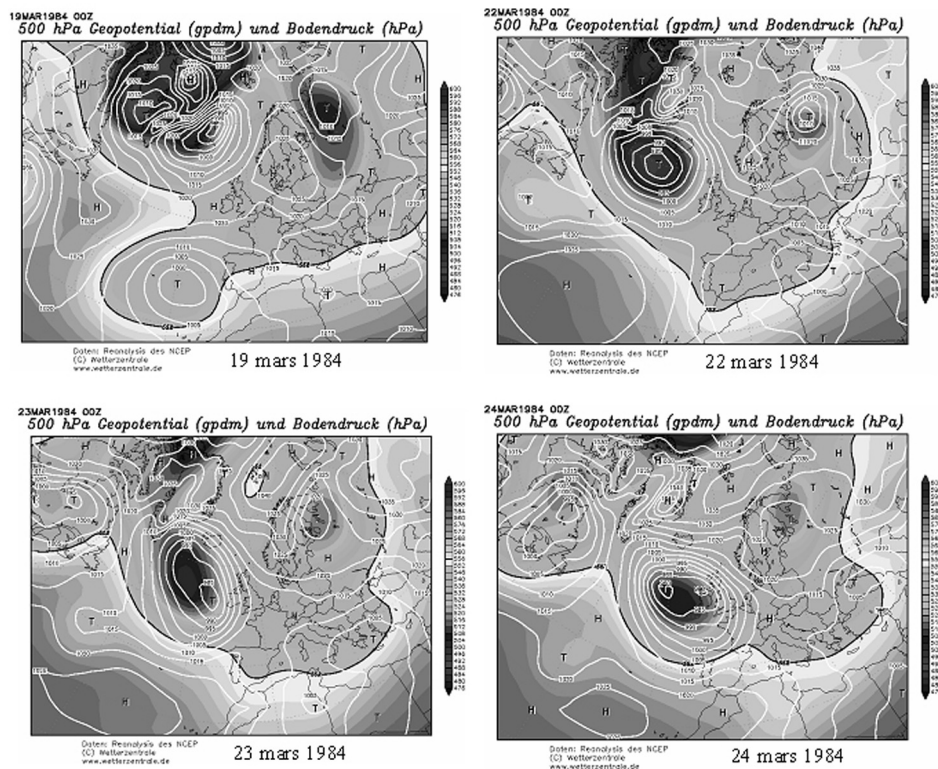


Figure 7. Cartes du champ de pression au niveau de la mer (hPa) et du géopotential à 500 hpa (dam) sur l'océan Atlantique Nord et l'Europe, d'après les réanalyses NCEP publiées par : <http://www.wetterzentrale.de>.

conditions anticycloniques avec advection d'air froid d'Europe du Nord ou de l'Est (Figure 8). La faible fréquence des situations de circulation de Sud et d'Ouest lors des températures minimales inférieures à -5°C confirme que ce type de conditions atmosphériques n'est pas favorable au refroidissement de la masse d'air. La présence de ces types de circulations est due au délai de quelques jours entre l'arrivée d'un type de circulation apportant un redoux et l'évacuation de l'air froid persistant dans les basses couches sur les stations des plaines de l'est de la France.

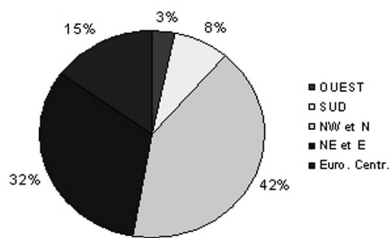


Figure 8. Fréquence de types de circulations atmosphériques avec au moins une station avec une température minimale inférieure à -5°C durant la période 1960-2007 (suivant la classification de Hess-Brezowsky)

Ces constatations sont confirmées par l'étude des fréquences des types de circulations atmosphériques associées aux températures minimales inférieures à -5°C pour chaque station (Figure 9).

La proportion de circulation d'Est et de Nord varie de 70% à 85% alors que celle des circulations d'Ouest et de Sud est inférieure à 10% (Figure 9). Confirmant clairement les observations se rapportant aux journées avec une température minimale inférieure à 0°C , Saumur ne connaît pas de types de circulations d'ouest ou de sud associés aux journées avec une température minimale inférieure à -5°C . En raison de sa position géographique et de la topographie de la région environnante, Saumur est la première des quatre stations à être affectée par l'arrivée des masses d'air liées aux types de circulations d'Ouest ou de Sud et l'air froid y est rapidement évacué. Le renversement des proportions des types de circulations d'Ouest et de Sud entre Dijon et Reims, d'une part,

et Colmar, d'autre part, s'explique par la fermeture du Fossé Rhénan au sud (Jura) qui permet la persistance de gelées intenses par flux de sud.

CONCLUSION

Les méthodes de classification de Köppen et de Hess-Brezowsky ont permis de tracer les grands traits climatiques des vignobles de la moitié nord de la France ainsi que de dresser une typologie des types de circulations gélives printanières.

Même si les quatre vignobles sont situés dans le domaine tempéré à hivers doux et à étés frais, il existe des nuances climatiques engendrées par la latitude, la continentalité et la topographie : le Val de Loire est plus chaud, la Champagne est plus fraîche et l'Alsace ainsi que la Bourgogne sont caractérisées par une influence continentale.

La période de référence (1960-2007), regroupant les températures minimales journalières inférieures à 0°C des mois de mars, avril et mai, a permis de montrer les contrastes thermiques spatiaux lors des situations gélives. De par leur position géographique et leurs caractéristiques topographiques, les vignobles de l'est de la France subissent des gelées printanières même en circulations de secteurs Ouest et Sud mais elles sont généralement peu intenses. Par contre, les gelées observées en Val de Loire sont majoritairement liées à des masses d'air froid provenant du Nord ou de l'Est de l'Europe. La part importante des fortes gelées liées aux circulations de Nord et d'Est a été confirmée par la prise en compte des températures minimales inférieures à -5°C .

La caractérisation des climats selon Köppen et Hess-Brezowsky a permis de déterminer la climatologie des vignobles à l'échelle régionale. L'utilisation et l'installation de réseaux météorologiques spécifiques aux vignobles (ex. : stations disposées en fonction des caractéristiques locales) permettra d'affiner les résultats et d'intégrer l'influence des effets locaux (ex. : pentes, expositions...), ce qui est indispensable pour étudier le climat à l'échelle d'un terroir viticole.

BIBLIOGRAPHIE

BAGNOULS F. & GAUSSEN H. 1957. Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 88, pp. 193-239.

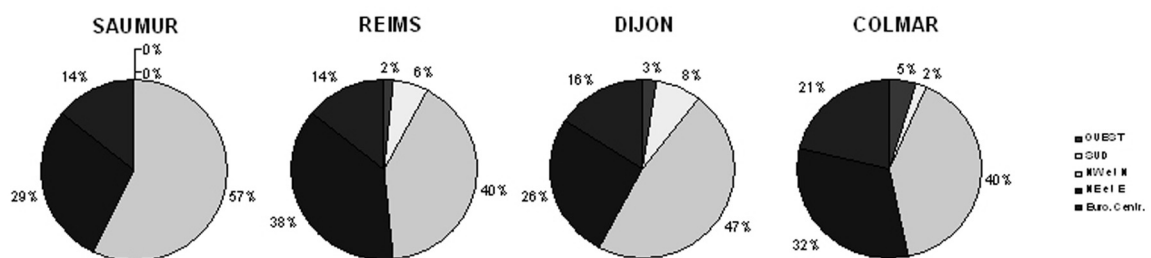


Figure 9. Fréquence de types de circulations atmosphériques avec une température minimale inférieure à -5°C pour chaque station de référence durant la période 1960-2007 (suivant la classification de Hess-Brezowsky)

- BRISSE H., GRANDJOUAN R. & DE RUFFRAY P. 1982. Les types de climats annuels, un mode d'expression des gradients climatiques intégrant les variations interannuelles. *La Météorologie*, 31, pp. 39-81.
- CELLIER P. 1989. Mécanismes du refroidissement nocturne : application à la prévision des gelées de printemps, in *Le Gel en Agriculture*, INRA, pp. 145-164.
- CHANDLER T.J. & GREGORY S. 1976. *The climate of the British Isles*. New-York : Longman, 390 p.
- DUBREUIL V. 1994. *La sécheresse dans la France de l'Ouest : étude d'après les bilans hydriques et les données des satellites NOAA-AVHRR*. Thèse de Doctorat, Université Rennes-2, 381 p.
- DUBREUIL V. 1996. Synthèse géographique de la sécheresse dans les régions océaniques. *La Météorologie* (8^e série), 15, pp. 22-34.
- ESCORROU G. 1982. *Le climat de la France*. PUF, Que Sais-je ? 1967, 126 p.
- GERSTENGARBE F.W. & WERNER P.C. 2005. Katalog der Grosswetterlagen Europas (1881-2004). *PIK Report n°100*, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, 153 p.
- INAO, 1984. *Une réussite française : l'appellation d'origine contrôlée, vins et eaux de vie*. Institut national des appellations d'origine, Paris : Euro-impressions.
- JAMES P.M. 2007. An objective classification for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 88, pp. 17-42.
- KYSELÝ J. & HUTH R. 2006. Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods. *Theoretical and Applied Climatology*, 85, pp. 19-36.
- LAUER W. 1993. *Klimatologie. Das Geographische Seminar*, Westermann, Braunschweig, 267 p.
- LLOYD-HUGHES B. 2002. *The long-range predictability of European drought*. Doctoral Thesis, University of London (UK), 203 p.
- PAGNEY P. 1988. *Climats et cours d'eau de France*. Paris : Masson, 166 p.
- PEDELABORDE P. 1957. *Le climat du Bassin Parisien*. Paris : Génin, 539 p.
- PÉGUY C.P. 1970. *Précis de climatologie*. Paris : Masson, 468 p.
- PERRON G. 1990. *Types de temps et ensoleillement en climat océanique : une méthode de climatologie appliquée à la Bretagne*. Thèse de Doctorat, Université Rennes-2, 312 p.
- PLANCHON O. 1997. *Les Climats Maritimes dans le Monde*. Villeneuve d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion, 233 p.
- PLANCHON O. 2005. À propos des excès pluviométriques d'été dans le centre-ouest de l'Europe, in D. Lamarre : *Les risques climatiques*, chap. 8 : Problèmes de structures et de normes climatiques. Paris : Belin, pp. 129-145.
- PLANCHON O. & ROSIER K. 2005. Climat et variabilité climatique dans le Nord-Ouest de l'Argentine : problèmes posés et analyse durant la deuxième moitié du vingtième siècle. *Annales de l'Association Internationale de Climatologie*, 2, pp. 55-76.
- QUÉNOL H. 2002. *Climatologie appliquée aux échelles spatiales fines : influence des haies brise-vent et d'un remblai ferroviaire sur le gel printanier et l'écoulement du mistral*. Thèse de Doctorat USTL, 283 p.
- SHAMSI F. 1968. *Les climats de la France de l'Est*. Thèse de Doctorat de Troisième Cycle, Strasbourg, 258 p.
- STAHL K. 2001. *Hydrological drought : A study across Europe*. Doctoral thesis, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br. (D), 122 p.
- VAUDOUR E. 2003. *Les terroirs viticoles : définitions, caractérisation et protection*. Éd. Dunod, 293 p.
- WALTER H. & LIETH H. 1964. *Klimadiagramm-Weltatlas*, Jena (D) : Verlag Gustav Fischer, 8000 stations et 55 cartes.

Données

MÉTÉO-FRANCE : Climathèque.

MÉTÉO-FRANCE : Normales climatiques Période 1961-1990, Toulouse (F) : Service Central d'Exploitation de la Météorologie, Tome 1 – Stations de métropole.

MÜHR B. 2008. Die Temperaturverhältnisse in Karlsruhe 1799 bis 2008 : <http://www.klimadiagramme.de/Europa/special01.htm>.

JAMES P. 2007. Objective Grosswetterlagen Catalogue (Version 1.3, April 2007) : <http://www.cost733.org/GWL/ObjGWL.html>

Étude menée dans le cadre des programmes ANR-JC07-194103 TERVICLIM et « *Dynamique des masses d'air et risques climatiques* » soutenu par la Fondation MAIF.

Adresse des auteurs :

Hervé QUÉNOL

herve.quenol@uhb.fr

Olivier PLANCHON

olivier.planchon@uhb.fr

Laboratoire COSTEL, UMR6554 LETG,

Université Rennes 2, place du recteur Henri le Moal,

F-35043 Rennes Cedex

Laurent WAHL[†]

(décédé le 18 décembre 2008)

CERPA - EA 1135,

Université Nancy 2, 23 boulevard Albert 1er,

F-54015 Nancy

