



HAL
open science

**Étude de climatologie physiologique et appliquée.
Proposition méthodologique pour une approche globale et
objective des types de temps en France métropolitaine**

Olivier Cantat

► **To cite this version:**

Olivier Cantat. Étude de climatologie physiologique et appliquée. Proposition méthodologique pour une approche globale et objective des types de temps en France métropolitaine. Géographie. Université Denis Diderot Paris 7, 2015. <tel-02536480>

HAL Id: tel-02536480

<https://normandie-univ.hal.science/tel-02536480v1>

Submitted on 15 Apr 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

MÉMOIRE D'HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES (H.D.R.)
Université Paris-Diderot (Paris 7)
H.D.R. soutenue le 7 décembre 2015

Volume 3 « Contribution inédite »

Étude de climatologie physionomique et appliquée
*Proposition méthodologique pour une approche globale
et objective des types de temps en France métropolitaine*

Olivier CANTAT

Maître de Conférences en Géographie
Université de Caen Basse-Normandie
Laboratoire LETG-Caen Géophen, UMR 6554 CNRS

Membres du Jury

Gérard BELTRANDO, Professeur à l'Université de Paris-Diderot, Paris 7, garant
Pierre CARREGA, Professeur à l'Université de Nice-Sophia Antipolis, rapporteur
Sylvain BIGOT, Professeur à l'Université Joseph Fourier, Grenoble 1, rapporteur
Michel ERPICUM, Professeur à l'Université de Liège (Belgique), examinateur
Stéphane COSTA, Professeur à l'Université de Caen Basse-Normandie, examinateur
Marie-Annick BÜHLER, Ingénieur à Météo-France, examinateur

MÉMOIRE D'HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES (H.D.R.)
Université Paris-Diderot (Paris 7)
H.D.R. soutenue le 7 décembre 2015

Volume 3 « Contribution inédite »

Étude de climatologie physionomique et appliquée
*Proposition méthodologique pour une approche globale
et objective des types de temps en France métropolitaine*

Olivier CANTAT

Maître de Conférences en Géographie
Université de Caen Basse-Normandie
Laboratoire LETG-Caen Géophen, UMR 6554 CNRS

Membres du Jury

Gérard BELTRANDO, Professeur à l'Université de Paris-Diderot, Paris 7, garant
Pierre CARREGA, Professeur à l'Université de Nice-Sophia Antipolis, rapporteur
Sylvain BIGOT, Professeur à l'Université Joseph Fourier, Grenoble 1, rapporteur
Michel ERPICUM, Professeur à l'Université de Liège (Belgique), examinateur
Stéphane COSTA, Professeur à l'Université de Caen Basse-Normandie, examinateur
Marie-Annick BÜHLER, Ingénieur à Météo-France, examinateur

Préambule

Ce mémoire d'habilitation à diriger des recherches en Géographie est constitué de trois volumes : un curriculum vitae détaillé (1), un recueil de publications (2) et une contribution « inédite » (3). Le contenu de ces rapports se réfère aux recommandations énoncées par la section 23 du CNU en vue de la demande de qualification aux fonctions de Professeur des Universités.

Ce **troisième volume** propose une étude de climatologie physionomique et appliquée dont l'objet est centré sur les « **types de temps** »¹.

L'intérêt porté à ce concept provient du fait qu'il s'adapte particulièrement bien aux besoins du géographe par son approche concrète du climat à l'échelle régionale (capacité à décrire précisément et à suivre à pas de temps court la succession des combinaisons atmosphériques qui impactent l'homme et la nature). En ce sens, ce volume apparaît dans la continuité thématique des travaux présentés et commentés dans le deuxième volume² de cette H.D.R., mais il en constitue surtout un prolongement original en proposant une **grille de lecture « globale et objective » des types de temps établie à l'échelle de la France métropolitaine**.

Sur le fond, un développement préalable sur l'évolution du concept de « type de temps » dans le temps et dans l'espace permet de positionner clairement ma contribution dans le champ de la recherche actuelle en climatologie (Partie 1). La dimension méthodologique innovante du projet s'appuie sur le traitement numérique d'un très grand nombre de données météorologiques fournies par Météo-France (Partie 2). Les résultats majeurs issus de cette typologie et les apports à la géographie sont présentés et discutés à partir d'une **analyse de la diversité spatiale et de la variabilité temporelle des types de temps** reposant sur la connaissance de soixante-quatre combinaisons calculées pour soixante stations (Partie 3).

Sur la forme, pour synthétiser les informations, les développements conceptuels sont associés à des organigrammes offrant une vue synoptique des éléments en présence et des enjeux scientifiques. Dans une optique de transparence et de reproductibilité de la démarche, les choix méthodologiques et les résultats qui en découlent s'appuient sur la **présentation de nombreux documents** (141 figures et 45 tableaux), complétée par des encadrés thématiques (18), des notes de bas de page (68) et le renvoi à des annexes en fin de volume (15).

Enfin, les apports et le caractère opérationnel de cette recherche sont matérialisés par la réalisation d'un « **Catalogue des types de temps en France métropolitaine (1991-2010)** » joint à cette H.D.R. (extrait papier comprenant les fiches des huit stations de référence et un CD-ROM regroupant l'ensemble des soixante stations).

¹ L'expression *type de temps* correspond ici globalement au « temps qu'il fait ». Elle ne doit pas être confondue avec celle de *type de circulation atmosphérique*, qui en constitue à échelle plus large une des causes majeures mais pas exclusive.

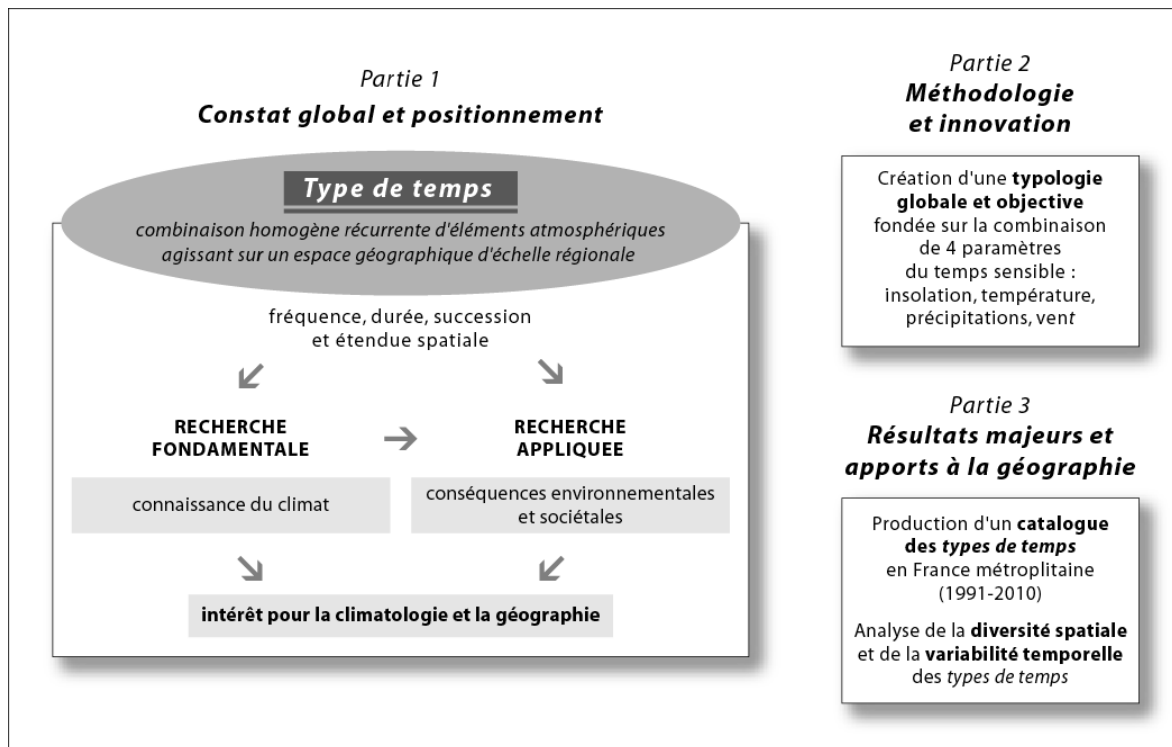
² Titre du volume 2 : « Recueil d'études de climatologie régionale. *La diversité spatio-temporelle du climat bas-normand et ses impacts environnementaux et sociétaux* ».

Sommaire

Introduction	9
PARTIE 1 CONSTAT GLOBAL ET POSITIONNEMENT	
 SUR LE CONCEPT DE TYPE DE TEMPS	13
<u>Chapitre 1</u> : Etat des connaissances et contextualisation à propos des <i>types de temps</i> ...	15
<u>Chapitre 2</u> : <i>Types de temps</i> synoptique et <i>type de temps</i> local.....	29
<u>Chapitre 3</u> : Positionnement scientifique et objectifs du projet de recherche sur les <i>types de temps</i>	51
Conclusion de la première partie.....	80
PARTIE 2 MÉTHODOLOGIE ET INNOVATION :	
 UNE APPROCHE GLOBALE ET OBJECTIVE DES TYPES DE TEMPS	83
<u>Chapitre 4</u> : La constitution de la base de données météorologiques.....	85
<u>Chapitre 5</u> : La classification des données météorologiques.....	105
<u>Chapitre 6</u> : La typologie simplifiée du « temps sensible ».....	123
Conclusion de la deuxième partie.....	157
PARTIE 3 RÉSULTATS MAJEURS ET APPORTS À LA GÉOGRAPHIE :	
 LE CATALOGUE DES TYPES DE TEMPS ET SES APPLICATIONS	159
<u>Chapitre 7</u> : La constitution du catalogue des <i>types de temps</i>	161
<u>Chapitre 8</u> : Exemples de fiches des <i>types de temps</i> sur la France métropolitaine..... (voir volume annexe « Catalogue des types de temps... »)	181
<u>Chapitre 9</u> : Exemples d'applications spatiale et temporelle des <i>types de temps</i>	183
Conclusion de la troisième partie.....	215
Conclusion générale	217
Table des matières	259
Résumé (quatrième de couverture).....	264

Introduction

Pourquoi s'intéresser aux « types de temps » ? Comment définir un « type de temps » ? Quelles données utiliser pour les caractériser ? Quelles méthodes choisir pour les analyser ? Ces quatre questions cardinales constituent le socle de la première partie de ce troisième volume auxquelles il sera indispensable de répondre afin de pouvoir positionner clairement les contours de ma contribution. Dans la deuxième partie, il conviendra ensuite de développer les fondements scientifiques qui sous-tendent cette proposition méthodologique relative à la typologie des séquences homogènes qui animent l'atmosphère au-dessus de la France métropolitaine. Enfin, la troisième partie envisagera les apports possibles à la géographie de cette approche du climat par la présentation du *catalogue des types de temps* et de trois exemples d'utilisation qui résultent de ces recherches. L'ossature générale du mémoire est présentée dans la figure de synthèse ci-dessous.



Présentation synoptique de l'organisation et du contenu du volume 3.

Mais avant de développer le contenu de chacune de ces trois parties, il convient tout d'abord dans cette introduction de revenir sur l'événement déclencheur qui me décida à envisager pour cette H.D.R. la rédaction d'un *volume inédit* que j'ai souhaité centré sur **une approche globale et objective des types de temps en France métropolitaine**³.

³ Notons que l'avancée de cette recherche et sa finalisation ont bénéficié de l'obtention successive en 2013 et 2014 d'un CRCT puis d'une délégation CNRS dans le cadre d'un projet personnel au contenu plus large sur les « *Types de temps, Risques et Changement climatique en France métropolitaine* ».

Nous sommes en mars 2003, à Rennes. À l'initiative de son Président Pierre Carrega, les *Journées* de la commission « Climat et Société » du Comité National Français de Géographie sont consacrées cette année-là à la notion de « type de temps ». Au cours de cette réunion, les communications tournent autour de trois axes complémentaires amenant la réflexion successivement sur les dimensions théorique et épistémologique, méthodologique puis appliquée. En conséquence, les *types de temps* sont abordés tout autant à travers leurs apports pour la recherche fondamentale en climatologie que pour la recherche appliquée, dans le cadre plus général d'une discipline géographique à la croisée des sciences naturelles et des sciences humaines et sociales.

De ces *Journées*, il reste en mémoire des participants – et dans les *Actes* publiés un an plus tard dans un numéro spécial de la revue *Norois* – la diversité des interventions et la grande richesse des échanges⁴ qui renouvelaient les débats engagés sur le même thème trente ans plus tôt, lors de la Commission de climatologie de Grenoble de septembre 1973. Pour ma part, une ouverture mentionnée dans la conclusion de l'exposé oral de Jean-Pierre Vigneau intitulé « *Les avatars des types de temps : esquisse méthodologique* » (2003) constitua un axe de réflexion à méditer car en phase avec une pratique et une vision de la climatologie que je développais depuis mon entrée dans la carrière d'enseignant-chercheur à l'Université de Caen. Voici donc ce qu'affirmait Jean-Pierre Vigneau : « *La réflexion de 1973 témoignait d'un désir de mieux maîtriser cette problématique. En la rouvrant trente ans plus tard, la commission « Climat et Société » a fait le pari que les types de temps ont encore beaucoup de choses à nous dire* »⁵.

Le fait est que l'étude du climat à partir des *types de temps* constitue une approche essentielle pour la géographie par sa capacité à retranscrire les éléments atmosphériques dans leurs combinaisons et leurs déroulements « vrais ». Cette lecture, à la fois synthétique et dynamique du climat, apparaissant intrinsèquement plus à même de rendre compte des potentialités et des contraintes atmosphériques sur un espace donné que la *méthode séparative*, analytique et statique, consistant à étudier les paramètres séparément et par leurs valeurs statistiques. Ce constat fut à la base du développement en France dans les années 1950 de la *climatologie synoptique* par Pierre Pédelaborde. Dans sa thèse (1957), celui-ci notait à ce propos qu'« *on ne peut rendre compte d'une réalité vivante avec des abstractions, des éléments morts séparés de leur complexe et traités isolément alors qu'ils n'existent dans la nature qu'associés* ».

Cependant, pour nombre de géographes et de géographes-climatologues, cette méthode « globalisante » ne répondait pas totalement à leurs besoins car elle privilégiait nettement la composante atmosphérique et le côté physique de la discipline, au détriment de la réalité des conditions perçues/vécues pourtant bien utiles pour comprendre la diversité et l'évolution des milieux géographiques. Pour faciliter la description et l'explication des climats, on assista alors en France dans les années 1970 à une réorientation du concept de « type de temps » avec la « distinction entre deux échelles spatiales prises en compte par les « types de circulations » d'une part et les « types de temps » stricto sensu de l'autre » (Douguédroit, 2004). Cette partition paraissait d'autant plus judicieuse que « l'absence de correspondance automatique avérée entre la circulation-cause et le temps-produit limite l'intérêt d'une approche unique » (Vigneau, 2004).

⁴ Les débats bénéficièrent de la connaissance de la discipline et de l'expérience en matière de « type de temps » de plusieurs intervenants dont notamment, par ordre alphabétique : Pierre Carrega, Annick Douguédroit, Michel Erpicum, Daniel Joly, Denis Lamarre, Jean-Pierre Marchand, Jean Mounier, Patrice Paul et Jean-Pierre Vigneau.

⁵ Citation exacte reprise de la conclusion de son article « *Un siècle de 'types de temps' : épistémologie d'un concept ambigu* » (Vigneau, 2004), paru dans le numéro spécial n° 191 de *Norois* « Les types de temps »

En somme, depuis cette époque, le contenu du *type de temps* « à la française » des géographes-climatologues se restreint volontairement à une caractérisation précise des conditions météorologiques locales, en vue d'une description la plus exhaustive possible du climat régional.

Ce point terminologique est important à souligner car il explique des confusions possibles avec l'usage de cette même expression par les météorologues et les climatologues d'autres pays. C'est notamment le cas dans la littérature scientifique anglo-américaine où des glissements sémantiques se sont produits entraînant *a contrario* le contenu des « weather types » vers ce que nous dénommons, nous, « types de circulation »... Il en est de même en Allemagne avec le développement des « Großwetterlagen » qui succédèrent aux « Witterungen » originels. Parallèlement, on assistait à un élargissement progressif des horizons scientifiques de la discipline⁶, ce qui entraîna, en France tout du moins, un déclin partiel de l'utilisation des « types de temps ».

Cette évolution singulière de la climatologie française au cours des dernières décennies ne peut toutefois se comprendre sans replacer les éléments en présence dans un contexte scientifique et technique alors en pleine mutation. Le développement des classifications du *temps sensible* comme la diversification des études climatologiques bénéficièrent tout d'abord du progrès continu des sciences en général : par la création de nouveaux outils de traitement de l'information (d'où l'essor de la géographie quantitative et de l'analyse spatiale), par le développement de nouvelles technologies (apparition de l'électronique dans l'instrumentation et de l'imagerie satellitaire, notamment) puis, plus récemment, par l'accès facilité à toute une série de bases de données très diverses (signatures de conventions nationales et internationales⁷, développement des réseaux informatiques). Dans le même temps, une multiplication des thématiques s'opérait également en raison d'un recentrage de la géographie vers des problématiques replaçant l'Homme au centre du débat, dans le cadre des relations complexes climat-territoires-société et plus globalement d'une pluridisciplinarité grandissante (Marchand, 2006).

En conséquence, il existe aujourd'hui une grande variété de typologies du *temps sensible*. Cette observation traduit d'une part la prise en compte de l'importance des divers états successifs de l'atmosphère dans un certain nombre de problématiques en dehors du champ strict de la climatologie (santé, tourisme, loisirs, consommation...) et, d'autre part, le poids des facteurs géographiques sur les conditions météorologiques locales (topographie, occupation des sols...) en aval des grandes tendances déterminées par la situation générale (« type de circulation »). Pour chaque typologie, le choix des paramètres et leur regroupement en classes s'effectuent alors selon des critères répondant à une finalité parfaitement bien déterminée. Plus largement, comme le souligne Pierre Carrega (2004), « suivant sa sensibilité et ses centres d'intérêt, chacun a du type de temps, plus que d'autres concepts, une représentation qui lui est personnelle ». En ce sens, les typologies sont très ciblées et leur *intervalle de confiance* défini pour une région donnée, voire une saison donnée. Il peut exister bien entendu des convergences, comme par exemple entre les *types de temps* favorables au tourisme (ensoleillé, chaud et sec) et les *types de temps* responsables d'une plus grande consommation d'eau.

⁶ Développement de la recherche avec des objets d'étude variés et des échelles très différentes, du global au local : climatologie satellitaire, climatologie diagnostique/déclinaisons multiples de la climatologie appliquée.

⁷ Cf. La Résolution 40 adoptée par le 12^{ème} Congrès de l'OMM prévoit que les Services Météorologiques doivent « mettre gratuitement et sans restriction à la disposition des chercheurs et des enseignants pour leurs activités non commerciales, toutes les données et tous les produits échangés sous les auspices de l'OMM » (http://www.wmo.int/pages/about/Resolution40_fr.html)

Ces diverses classifications répondent donc essentiellement à des questionnements de recherche appliquée, en particulier celle tournée vers l'aménagement du territoire et les conditions de vie avec le retour des préoccupations sociales en géographie et, plus récemment, avec l'apparition des craintes soulevées par le Changement climatique (anticipation des impacts sur la nature et sur les hommes).

À partir de cet aperçu des principaux éléments permettant de définir le concept de « type de temps » dans le contexte actuel de la climatologie française, une façon de montrer que « *les types de temps ont encore beaucoup de choses à nous dire* » a donc été pour moi de **réfléchir à la création d'une classification climatique à vocation généraliste**. Le terme « généraliste » doit se comprendre d'une part dans le sens d'une typologie applicable sur un espace géographique assez vaste composé possiblement de plusieurs climats et, d'autre part, d'une absence d'idées préconçues dans la définition des classes. Par les critères qui ont guidé sa conception, cette typologie relève donc avant tout d'une approche fondamentale de la discipline mais elle se veut potentiellement ouverte vers la recherche appliquée par la définition de *types* couvrant l'ensemble des combinaisons possibles de l'atmosphère sur l'espace géographique considéré, des plus courantes au plus rares.

C'est dans cette double optique que ma recherche s'orienta vers une proposition d'approche globale et objective des types de temps. La France métropolitaine constitua le terrain pour construire et mettre en application l'essai méthodologique qui est l'objet central de ce mémoire. Bien entendu, cette classification généraliste n'a pas la prétention d'apporter des réponses exhaustives à toutes les problématiques en relation avec les états de l'atmosphère. Son ambition est de **fournir un cadre conceptuel permettant d'apprécier selon les mêmes critères la diversité spatiale et la variabilité temporelle des types de temps**, pour eux-mêmes (climatologie fondamentale) et, indirectement, pour les conséquences environnementales et sociétales qui en résultent (climatologie appliquée).

* *
*

– PARTIE 1 –

CONSTAT GLOBAL ET POSITIONNEMENT SUR LE CONCEPT DE *TYPE DE TEMPS*

Dans cette partie, il conviendra de préciser ce que l'on entend par *types de temps* car il est manifeste que le concept a connu et connaît encore de multiples acceptions, dans le temps-durée (évolution de la fin du 19^{ème} siècle à nos jours), comme dans l'espace (différences d'approches entre les communautés scientifiques anglo-américaine, russe, allemande et française, notamment). Ce constat épistémologique et terminologique permettra ensuite de définir un positionnement scientifique personnel servant de pivot pour proposer une méthode d'approche globale et objective des *types de temps*, objet central de ce volume 3 de l'H.D.R.

✓ Le premier chapitre rebondit sur les éléments de synthèse présentés dans l'introduction. Il apporte un éclairage sur les différences possibles de signification de cette expression, tant d'un point de vue temporel, en abordant l'épistémologie de ce « *concept ambigu* » (Vigneau, 2004), que d'un point de vue spatial, en mettant en relief « *l'exception française en matière de types de temps* » (Douguedroit, 2004).

✓ Le deuxième chapitre envisage d'un point de vue concret les différentes données disponibles (mesures stationnelles, cartes météorologique au sol et en altitude...) et les différentes méthodes d'analyse (« subjective » ou « objective ») pour une approche des *types de temps* abordant les causes d'échelle synoptique (assimilable généralement aux *types de circulation*) et les effets perceptibles à l'échelle locale (*types de temps « sensibles »*).

✓ Le troisième chapitre s'appuie sur tous les éléments précédents et mes acquis antérieurs en la matière pour délimiter les contours de mon projet scientifique, en relation plus généralement avec l'évolution d'une discipline dont la contribution majeure contemporaine « *semble être d'attirer l'attention sur la durée et la variabilité des phénomènes naturels auxquels correspond une grande diversité des réponses de la biosphère ou des sociétés* » (Hufty, 2001). En somme, il s'agira de placer ma contribution dans la recherche géographique actuelle, discipline où l'atmosphère est considérée comme une des composantes importantes du fonctionnement et de l'organisation de tous les systèmes naturels et anthropiques.

Chapitre 1

Etat des connaissances et contextualisation à propos des *types de temps*

Dans les ouvrages et les articles de climatologie, la notion de *type de temps* occupe souvent une place privilégiée car elle propose une approche synthétique du climat, au plus près de la réalité des divers états possibles de l'atmosphère. Cette caractéristique permet d'appréhender des problématiques diverses, aussi bien dans le domaine de la recherche fondamentale que dans celui de la recherche appliquée, avec notamment l'étude des risques d'origine atmosphérique. Depuis une dizaine d'années, les *types de temps* connaissent d'ailleurs un regain d'intérêt en raison de la capacité de cette approche pour envisager les répercussions possibles du Changement climatique (Sheridan, 2002).

La notion de *type de temps* est toutefois source de confusion car, selon les époques, les pays et les disciplines, elle recouvre des ensembles et des méthodes très différents dépendants bien évidemment des objectifs des chercheurs mais aussi des données disponibles et des moyens techniques pour les traiter. L'objet de ce premier chapitre est donc de préciser ces différents aspects afin de clarifier les ambiguïtés sur cette pluralité notionnelle.

1. Généralités sur les *types de temps*

Le préalable à toute étude scientifique consiste en une réflexion sur le vocabulaire propre à la discipline concernée et aux spécialités connexes qui lui sont indispensables. Dans notre cas, le thème central repose sur deux mots — *type* et *temps* — dont la juxtaposition aboutit à une expression souvent employée dans le langage courant – les *types de temps* – et qui constitue parallèlement un concept fondateur fort pour les météorologistes et les géographes-climatologues.

1.1 Premier cadrage terminologique

La notion de *temps* météorologique exprime l'état de l'atmosphère en un point et à un instant donnés (Baldir, 1934). Cet *état* est décrit à partir de l'observation et de la mesure au niveau du sol de différents éléments (nébulosité, température, hygrométrie, précipitations, vent...) et peut être expliqué par une situation météorologique couvrant un vaste espace géographique, envisagé à partir de cartes « synoptiques »⁸. L'expression ***type de temps*** renvoie, elle, à une « *notion plus élargie et grossière sachant que les combinaisons fugitives de l'atmosphère se reproduisent approximativement dans un certain nombre de situations et sur des espaces plus ou moins étendus* »

⁸ L'échelle synoptique permet d'appréhender les phénomènes atmosphériques dont l'ordre de grandeur est de quelques milliers de kilomètres pour les dimensions horizontales, de quelques kilomètres pour la dimension verticale.

(Dorize, *in* Amat *et al.* 1996). Ce qui est volontairement « perdu » en terme de précision météorologique est compensé par un gain en dimensions spatiale (du stationnel au régional) et temporelle (de l'instant à la séquence de plusieurs heures à quelques jours). En définitive, le passage du *temps* au *type de temps* fournit une approche moins restrictive dans le temps et dans l'espace, plus en phase avec les besoins du géographe qui cherche à comprendre globalement les conséquences des diverses séquences atmosphériques sur le fonctionnement des milieux géographiques.

Contrairement à la plupart des objets de recherche, la notion de « type de temps » à la particularité de pouvoir être utilisée tant par le « public » (car elle traduit de façon synthétique les éléments qui conditionnent notre vie), que par les scientifiques (dans le cadre de la météorologie et de la climatologie). Revenons donc en quelques mots sur ce qui unit et différencie les deux approches.

✓ Dans son sens le plus usuel, l'expression « types de temps » correspond **aux conditions météorologiques locales, caractérisées par diverses combinaisons habituelles d'éléments météorologiques directement perçus par l'homme**. À partir de l'observation du ciel et de notre ressenti, il existe ainsi des formulations qualitatives très simples pour caractériser un « type » : par exemple *estival* (ensoleillé et chaud) ou *perturbé* (nuageux, pluvieux et venteux)... La définition de ces *types* est alors relative à une saison donnée et un contexte climatique donné. Cette lecture du climat à travers les *types de temps* correspond aux définitions généralistes que l'on peut trouver dans divers dictionnaires du langage courant. Pour le *Larousse*, par exemple, un *type de temps* se caractérise ainsi par un « *ensemble de conditions de température et d'humidité atmosphériques momentanément stables et revenant à des intervalles relativement fréquents, sinon réguliers* ».

✓ Dans le domaine scientifique, l'expression recouvre un champ d'analyse plus large défini globalement par « ***l'association entre une situation météorologique et des conditions locales*** » (Hufty, 2001). Grâce aux réseaux de mesures et d'observation, il est possible de représenter la situation météorologique (cartes à la base de classifications en *types de circulation atmosphériques*) et de caractériser précisément les conditions locales du temps (combinaisons voisines et récurrentes de paramètres météorologiques définissant des *types de temps* « *sensibles* »). Ainsi, pour les scientifiques, le concept global de *type de temps* recouvre deux réalités complémentaires, l'une privilégiant davantage les *causes* (situation météorologique / échelle large) et l'autre mettant plutôt en avant les *effets* (conditions locales / échelle fine). La complexité vient du fait que la relation « descendante » de causes synoptiques à effets locaux n'est pas automatique en raison de l'interaction des facteurs géographiques et du contexte saisonnier.

1.2. L'intérêt des *types de temps* pour la connaissance du climat et l'étude de ses conséquences

La connaissance des *types de temps* est toujours apparue comme un atout majeur pour la climatologie car eux seuls peuvent saisir « *la réalité des temps et la complexité vivante du climat* » (Pédelaborde, 1970), c'est-à-dire « *traduire correctement une réalité vivante, faite toute entière de combinaisons* » (Dorize, *in* Amat *et al.* 1996). Pour renforcer cette idée des avantages d'une approche synthétique du climat, rappelons qu'historiquement la climatologie s'est définie à partir de « *la totalité des types de temps* » (Hann, 1882), puis plus précisément à partir de « *la série des états de l'atmosphère dans leur succession habituelle* » (Sorre, 1943). Cette approche synthétique et dynamique du climat complète la lecture purement analytique fondée sur les valeurs statistiques de chacun de ses paramètres pris séparément. Cette *méthode séparative* a comme principal

inconvenient d'effacer l'interaction des éléments et de masquer le déroulement « vrai » des conditions atmosphériques, dans leur durée et leur succession (Pédelaborde, 1957).

Lorsqu'il est question de *types de temps*, comme nous l'indiquons dès l'introduction, tous les articles et traités de climatologie soulignent le grand **intérêt de cette approche du climat tant sur le plan fondamental**⁹ (connaissance de la dynamique de l'atmosphère, géographie des climats) **que sur le plan appliqué**¹⁰ (compréhension de faits ou phénomènes dépendant des conditions climatiques). Cette dimension appliquée a ré-émergé depuis quelques décennies en relation principalement avec l'étude des risques, dans le cadre d'une discipline de plus en plus investie dans les problèmes d'environnement et d'aménagement (Carrega, 2004), puis de l'intérêt grandissant des impacts du Changement climatique (Sheridan, 2002). De façon plus large, ce positionnement coïncide avec le « retour du sociétal » en climatologie (Vigneau, 2006)¹¹. Deux citations illustreront ce double intérêt pour un concept qui apparaît comme « *un des fondements de la climatologie* » (Hufty, 2001) : d'un point de vue de la recherche fondamentale, Alain Godard et Martine Tabeaud observent que « *la connaissance des types de temps est capitale sur le plan du découpage climatique puisque c'est leur fréquence qui commande en définitive les oppositions entre les climats régionaux* » et « *leur succession qui définit les saisons* » (2009) ; d'un point de vue de la recherche appliquée, Jean-Pierre Besancenot, Jean Mounier et François Lavenne notent que « *la connaissance des fréquences [des] types de temps quotidiens permet de saisir l'ambiance atmosphérique au-dessus d'un lieu, d'approcher le climat vécu par l'homme* » (1978).

En somme, les *types de temps* apparaissent pleinement intégrés dans une **climatologie qui étudie les phénomènes atmosphériques pour eux-mêmes et dans leurs relations avec les activités humaines**, plus précisément dans une climatologie qui « *prend désormais explicitement en compte les relations du climat aux territoires et à la société* » (Marchand, 2006).

2. Réflexion conceptuelle autour d'une même expression

Dans le prolongement de ces généralités dissociant schématiquement les *causes* synoptiques et les *effets* locaux, je développerai ci-dessous le contenu de l'expression « type de temps » à travers quelques définitions actuelles précisant la vision des météorologistes (à qui l'on doit le concept), puis celle des géographes-climatologues (qui l'ont adopté puis transformé à leur usage). Pour compléter ces définitions, une contextualisation est proposée dans le point suivant (3.). Les différentes méthodes d'analyse sont présentées dans le chapitre 2.

⁹ « *La recherche fondamentale* consiste en des travaux expérimentaux ou théoriques entrepris principalement en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les fondements des phénomènes et des faits observables, sans envisager une application ou une utilisation particulière ». Source : Eurostat Statistics Explained.

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Basic_research/fr.

¹⁰ « *La recherche appliquée* consiste également en des travaux originaux entrepris en vue d'acquérir des connaissances nouvelles. Cependant, elle est surtout dirigée vers un but ou un objectif pratique déterminé ». Source : Eurostat Statistics Explained.

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Applied_research/fr

¹¹ L'évolution de la climatologie dans ses relations avec le sociétal a fait l'objet en 2006, à Nice, d'une session de la Commission de climatologie « Climat et Société » du CNFG dont le thème était : *Climat et société : l'apport des géographes-climatologues*. Dans le cadre d'une contribution épistémologique intitulée « *Eclipse et retour du sociétal en climatologie* », Jean-Pierre Vigneau retrace de façon très précise l'évolution, la perception et la place de notre discipline tout au long du 20^{ème} siècle (Vigneau, 2006).

2.1. Les « types de temps » du météorologiste : une approche privilégiant le versant explicatif du concept (les causes synoptiques)

Pour les météorologistes, le cœur de métier étant centré sur la **prévision du temps**, le concept de *types de temps* évoque avant tout une caractérisation de la situation synoptique car les principales conditions à venir dépendent fondamentalement de la partie explicative du système. Rappelons à ce propos qu'historiquement « *le concept de type de temps a été créé à la fin du XIX^e siècle par les météorologistes pour lier la configuration isobarique au temps qu'il fait* » (Vigneau, 2004). Concrètement, sous le terme générique de *types de temps*, on considère ici globalement la reconnaissance de diverses configurations synoptiques récurrentes (des *types*) dont on connaît – dans leurs grandes lignes – les conséquences sur les conditions météorologiques qui existent au niveau du sol (application de la méthode des *analogues*)¹². Trois définitions de l'expression « type de temps », ou de sa traduction anglaise « weather type », illustrent ce positionnement propre à la météorologie.

✓ Dans le Vocabulaire météorologique international édité par la *World Meteorological Organization* (WMO), un **type de temps** se définit par la « **distribution particulière des systèmes de pression et des masses d'air sur une région géographique déterminée, associée à des caractères généraux typiques du temps**¹³ » (WMO, 1992).

Cette définition très courte est proche de celle proposée par André Hufty (2001). Toutefois, elle insiste davantage sur la dimension explicative nécessaire à la prévision du *temps* en citant les éléments de description du contexte synoptique (« *distribution particulière des systèmes de pression et des masses d'air* ») que sur les conditions locales. Les répercussions sur le *temps* de la situation synoptique ne sont signalées ici que de manière très floue (« *caractères généraux typiques du temps* »), aucune mention n'étant faite notamment sur les échelles spatiale et temporelle visées.

✓ Dans la version électronique de son glossaire en ligne, l'*American Meteorological Society* (AMS) propose la définition suivante : « **Weather type : In general, a series of generalized synoptic situations or patterns, usually presented in chart form. Weather types are selected to represent typical pressure and frontal patterns and were originally devised as a method for lengthening the effective time-range of forecasts. Similar idealized patterns of upper-air circulation are sometimes referred to as circulation types** ». (http://glossary.ametsoc.org/wiki/Weather_type)

Dans cette définition, l'entrée synoptique est encore plus clairement privilégiée. Comparativement à la définition de la WMO, celle-ci introduit en plus des éléments sur la méthode d'analyse avec mention de l'utilisation de modèles (« *generalized synoptic situations or patterns* ») et de représentations par cartes (« *chart form* »). Pour l'AMS, le concept de *type de temps* correspond à de grandes familles de configurations barométriques et frontales dont on connaît globalement les effets sur le *temps*. Car la finalité est comme pour tout organisme météorologique d'améliorer la prévision du *temps* (« *a method for lengthening the effective time-range of forecasts* »), sans précision non plus ici sur les échelles spatio-temporelles. Dans la pratique, la détermination du *type de temps* AMS pour un jour donné s'appuie sur la reconnaissance de la situation synoptique au sol, comme nous le

¹² Il est à noter que pour la prévision du *temps* l'apparition des simulations de l'évolution de l'atmosphère à l'aide des modèles numériques a limité le recours aux *types de temps* par les météorologistes.

¹³ « *Particular distribution of pressure systems and air masses over a specific geographical region associated with typical general characteristics of weather* ».

laisse penser la mention faite à la frontologie (« *typical pressure and frontal patterns* »), soit une approche calquée sur la « *méthode norvégienne* », même si la caractérisation des masses d'air n'est pas évoquée. Enfin, dans la dernière phrase, cette définition apporte un point supplémentaire important car elle jette un pont entre le concept de *types de temps* et celui de *types de circulation*, ce dernier exprimant une démarche identique pour la circulation en altitude.

✓ Dans son glossaire officiel en ligne sur internet, Météo-France présente un *type de temps* comme « ***l'apparition reconnaissable et récurrente, au-dessus d'un territoire géographique donné, d'une situation météorologique associée à des caractéristiques bien déterminées du temps sensible*** ». (<http://www.meteofrance.fr/publications/glossaire/t>)

La logique est toujours la même – de la cause synoptique vers des effets locaux – mais, comparée aux définitions américaines précédentes, celle-ci ajoute deux éléments majeurs : il y est ici question de caractéristiques « *bien déterminées du temps sensible* ». C'est-à-dire que la description ne se contente pas d'un signalement global du *temps* sur un territoire assez étendu mais qu'elle envisage une caractérisation à échelle plus fine des conditions vécues, issue de la combinaison de composants de l'atmosphère¹⁴. Cet intérêt pour une présentation plus précise des caractères et de la localisation des conditions météorologiques au sol résulte du besoin d'informer au mieux les services en charge de la prévention des risques mais aussi la population, notamment en cas de phénomènes violents. Ce positionnement s'est accompagné depuis 2001 du développement des diverses « vigilances » (tempête, canicule, grand froid...) et de la transmission de consignes à suivre le cas échéant.

Plus largement, il convient de remarquer que les météorologistes de tout pays assimilent avant tout le concept de *type de temps* à sa dimension synoptique, les répercussions au sol découlant naturellement sous la forme de « caractères généraux typiques du temps » (WMO, 1992). *Type de temps* est alors globalement synonyme de *type de circulation atmosphérique*, positionnement qui est leur est d'ailleurs commun avec la plupart des climatologues, en dehors de ceux issus de l'école de climatologie française qui font une nette distinction entre le versant explicatif et le versant descriptif du concept. Pour cette raison, évoquons maintenant le point de vue original des géographes-climatologues français car il conduit à une rationalisation du concept fort utile pour positionner ultérieurement la proposition méthodologique qui est l'objet de ce volume inédit de l'H.D.R.

2.2. Les « types de temps » du géographe-climatologue français : une inversion de paradigme¹⁵ avec une approche privilégiant le versant descriptif du concept (les effets locaux)

Sous l'expression « type de temps », les géographes-climatologues français mettent l'accent principalement sur les conditions locales car « *il semble bien que l'état de l'atmosphère qui intéresse directement la géographie est bien le 'temps qu'il fait' au sens le plus courant du terme* » (Durand-Dastès, 1973, in Norois 2004).

¹⁴ Voici un extrait de la définition du « temps sensible » proposée dans le Glossaire Météo-France :

[...] Cette expression désigne donc, en un lieu déterminé de la surface terrestre et à un moment donné (ou sur un intervalle de temps donné, y compris une fraction de journée), l'ensemble des éléments significatifs de l'état de l'atmosphère, tels que peut les ressentir un observateur situé en ce lieu.

¹⁵ Le terme paradigme est pris ici dans son sens épistémologique, c'est-à-dire d'une « *conception théorique dominante ayant cours à une certaine époque dans une communauté scientifique donnée, qui fonde les types d'explication envisageables, et les types de faits à découvrir dans une science donnée* ». Source : Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales du CNRS. <http://www.cnrtl.fr/definition/paradigme>

Dans cette approche, la fréquence et la succession des *types de temps locaux* définissent alors le climat et permettent d'en envisager les conséquences. La situation météorologique générale (les *types de temps synoptiques* ou *types de circulation*) n'est plus ici le centre premier des préoccupations mais elle constitue un moyen pour comprendre et/ou prévoir – en prenant du champ et de la hauteur – les mécanismes qui, couplés aux facteurs géographiques et au contexte saisonnier, génèrent les *types de temps sensibles* qui intéressent tout un chacun.

Il s'agit donc d'**une inversion totale de paradigme** comparativement à l'approche « traditionnelle » des météorologistes et de la plupart des climatologues de culture anglo-saxonne, notamment.

Ainsi, dans le *Dictionnaire du climat* (1995), Gérard Beltrando et Laure Chémery définissent un *type de temps* comme la « *manifestation d'un type de situation atmosphérique sur les paramètres du climat. L'état de l'atmosphère est précisé à l'aide de paramètres (température de l'air, hygrométrie, précipitations...), tandis que la situation météorologique est caractérisée par l'emplacement des centres d'action, le type de masse d'air en présence, les flux, l'existence ou la survenue de perturbations* ». Le centre d'intérêt est donc focalisé ici avant tout sur les conditions locales du temps au sol, découlant d'une situation synoptique qui en constitue la cause essentielle.

Quelques années plus tard (2004), Gérard Beltrando enrichit sa définition d'un point de vue scalaire (espace et durée) : « *la situation météorologique est généralement appréciée à l'échelle synoptique (aire de quelques centaines à quelques milliers de kilomètres de côté) [...] Dans ces grandes lignes, ces situations ont une durée de vie variant de quelques heures à quelques jours* ». Parallèlement, l'auteur précise aussi les états de l'atmosphère et la chaîne de causalité, en parlant de « *conditions locales du temps [...] celles perçues par les hommes [...] conséquence d'un certain nombre de facteurs comme les caractéristiques de la masse (maritime, continentale...), mais aussi de l'environnement d'un lieu* ». Ce second point élargit donc l'usage des *types de temps* par une application supplémentaire mettant l'homme au centre du dispositif (temps perçu), et il procure une grille de lecture explicative plus complète des mécanismes en soulignant la nécessité d'ajouter aux causes dynamiques d'échelle synoptique le rôle des facteurs géographiques qui en modifient plus ou moins les effets localement.

Pour Jean-Pierre Vigneau (2005), le positionnement est sensiblement le même. Dans sa définition, la relation de causes à effets y est également très clairement affirmée : « *un type de temps est fait de l'ensemble des temps quotidiens aux caractères voisins, tels que : 'dégagé, calme et froid' ou bien 'couvert, pluvieux, venteux et doux'... ; il peut être expliqué par la nature et la fréquence des structures aérologiques et par les traits géographiques de la portion considérée* ». Cet auteur précise enfin que « *le temps n'est vraiment homogène qu'à l'échelle de la région* ». Cette définition introduit donc en plus une métrique pour étudier les *types de temps* : les séquences de temps homogènes s'appuient sur une unité de base temporelle au minimum journalière, et sur la caractérisation de conditions sensiblement identiques sur une aire de dimension régionale.

En définitive, pour le météorologiste et le géographe-climatologue, il est donc possible de dissocier le concept de « types de temps » en deux entrées complémentaires, chacun pouvant moduler la part de la dimension explicative ou descriptive en fonction de ses objectifs :

1) le « **type de temps local** » (ou « **type de temps sensible** ») est au cœur des préoccupations scientifiques actuelles par les impacts environnementaux et sociétaux dont il exprime le potentiel. On parlera ici de combinaisons d'éléments mesurés et/ou observés et de leurs effets en chaîne sur les écosystèmes et les géosystèmes : exemples de *temps beau, chaud et sec* au printemps entraînant

le dessèchement des sols et une diminution de la production agricole ; de *temps froid, humide et venteux* en hiver entraînant des risques de formations de congères et des accidents de la route ; de *temps nuageux et pluvieux* en été entraînant sur les littoraux une baisse de la fréquentation touristique et des pertes économiques... Le « type de temps local » constitue donc par essence le *type de temps* du géographe.

(2) le « **type de temps synoptique** » (ou « **type de circulation** ») permet d'analyser les causes premières des différentes séquences qui se succèdent au-dessus d'un espace régional. Pour reprendre notre premier exemple (*temps beau, chaud et sec*), on parlera ici avec le langage des météorologistes d'une situation synoptique anticyclonique et d'un contexte aérologique marqué par une forte subsidence (éléments atmosphériques à associer aux facteurs géographiques pour plus de précisions sur les conséquences possibles d'un même *type de circulation*). Couplé à une connaissance des facteurs environnementaux d'échelles fines (relief, modes d'occupation du sol...), le « type de circulation » permet au géographe de comprendre la diversité régionale des « types de temps locaux ».

3. Les origines et les inflexions du concept de *type de temps* en climatologie

Pour mieux comprendre la différence d'acception de l'expression *type de temps* des géographes-climatologues français comparativement aux climatologues des autres pays, il est nécessaire de recontextualiser¹⁶ cette notion. Dans le prolongement des éléments mentionnés dans l'introduction, rappelons immédiatement que ces aspects ont été retracés de façon très complète dans un numéro spécial de *Norois* sur les *types de temps* (2004) qui faisait suite aux *Journées de climatologie de la Commission « Climat et Société »* de Rennes, en mars 2003. Dans ce numéro spécial, deux articles abordent très précisément les définitions et l'épistémologie, traduisant l'évolution du concept depuis son origine, à la fin du 19^{ème} siècle jusqu'à nos jours (cf. Jean-Pierre Vigneau), et l'originalité française, comparativement aux communautés allemande et anglaise, principalement (cf. Annick Douguédroit)¹⁷.

Pour condenser l'essentiel de cette information et éviter de longues paraphrases, j'ai reproduit ci-dessous le résumé de chacune de ces deux contributions majeures sur le sujet, précédé d'un bref commentaire. Puis nous développons deux points qui nous semblent majeurs pour expliquer le positionnement original actuel des géographes-climatologues français au sein de la communauté scientifique internationale :

- (3.1) l'approche des *types de temps* par la climatologie dynamique des années 1950-1970 :
→ *la méthode synoptique* (cf. Pierre Pédelaborde) ;
- (3.2) la réorientation conceptuelle des années 1970 :
→ *la dissociation types de temps / types de circulation* (cf. François Durand-Dastès) ;

¹⁶ J'entends par « recontextualiser » la mise en relation de l'usage de cette expression avec les circonstances scientifiques et techniques propres à chaque époque dans différents pays.

¹⁷ Dans ce même numéro de *Norois* (191, 2004/2), on retrouve également la copie *in extenso* de la note de François Durand-Dastès rédigée à la suite des discussions qui ont eu lieu lors du colloque du CNFG de Grenoble en septembre 1973. Il sera souvent fait référence à cette note dans cette partie car elle constitue le fondement de la position originale des géographes-climatologues français.

Encadré 1 : Retour sur un siècle de *types de temps* en France

✓ L'article de Jean-Pierre Vigneau, « *Un siècle de 'types de temps' : épistémologie d'un concept ambigu* », est, comme son intitulé l'indique, plus spécialement consacré à **un recadrage historique qui met en valeur l'évolution du concept dans la géographie française, soulignant notamment la complexité des jeux scalaires et sémantiques**. En définitive, 30 ans après la Commission de climatologie de 1973 (nous sommes alors en 2003) qui avait souhaité bien distinguer les notions de types de temps et de types de circulation (Durand-Dastès, 1973, in *Norois* 2004), l'auteur pense que la réouverture du débat sur les types de temps est intéressante car ce concept « a encore beaucoup de choses à nous dire ». Jean-Pierre Vigneau voit même dans le renouveau de ce concept un nouvel axe possible, parmi d'autres, « *tendant à affirmer la spécificité des géographes-climatologues, ces climatologues du réel* ».

Résumé de l'article par son auteur (JPV) : « *Le concept de type de temps a été créé à la fin du XIX^e siècle par les météorologistes pour lier la configuration isobarique au temps qu'il fait. Les géographes l'ont intégré au début du XX^e siècle, sans y toucher, en dépit du flou sémantique et de son imprécision scalaire. La vague de climatologie dynamique/synthétique des années 1950-1970 a réduit son extension spatiale et sa durée, mais a cependant privilégié son acception aérologique (situation-circulation). En 1973, des climatologues français ont préconisé une clarification pour redonner à temps son caractère perçu/vécu. Cette initiative a coïncidé, à peu près, avec l'essor de la climatologie quantitative et a prélué à l'extrême diversification de la climatologie. De ce fait, le type de temps a connu, en France surtout, une éclipse partielle mais profonde, injustifiée toutefois eu égard à sa pertinence. Débarrassé, enfin, de ses ambiguïtés, le concept peut redevenir opératoire* ».

Encadré 1 bis : Retour sur un siècle de *types de temps*

✓ L'article d'Annick Douguédroit, « *Quelle exception française en matière de 'types de temps' ?* », **met en parallèle les évolutions dissemblables du concept à partir des années 1950, dans la recherche allemande et anglaise, d'une part, et française, d'autre part**. Elle souligne notamment comment l'unité s'est rompue, avec en France la conception régionale des *types de temps*, dans le sillage des travaux de Pierre Pédelaborde (1957), puis la distinction entre les *types de temps* (stricto sensu) et les *types de circulation* d'échelle domaniale (Durand-Dastès, 1973, in *Norois* 2004).

Résumé de l'article par son auteure (AD) : « *Si la notion de 'type de temps' est commune à toute la recherche climatologique, on montre qu'elle a évolué différemment au milieu du XX^e siècle dans les littératures française et anglophone. Dans celle-ci, l'aspect 'circulation atmosphérique' devient prépondérant en relation avec un seul paramètre climatique, en général les précipitations. Surtout, les méthodes de classification s'automatisent et même, récemment, délaissent les cartes au profit des bases de données en points de grille* ».

3.1. L'approche des *types de temps* par la climatologie dynamique des années 1950-1970 : la méthode synoptique (cf. Pierre Pédelaborde).

Dans les années 1950, la climatologie dynamique introduit une nouvelle vision des *types de temps*, sous l'angle d'une approche synthétique visant une caractérisation globale de l'état de l'atmosphère (en contre de l'approche analytique qui, nous l'avons déjà évoqué, a le défaut de fragmenter artificiellement la réalité du temps). La définition et les méthodes sont alors globalement communes dans la recherche anglo-saxonne et française.

Il s'agit de la *méthode synoptique*, développée en France sous l'impulsion de Pierre Pédelaborde, qui voyait en elle « *une manière à la fois commode et exacte de définir le temps* » (Pédelaborde, 1970)¹⁸. Ce positionnement soulève alors des critiques car on a « *du mal à admettre qu'une description d'un milieu atmosphérique fondée sur son organisation physique interne constitue l'essence même d'une climatologie géographique* » (Péguy, 1950). Cette critique vient dans le prolongement de travaux tels que ceux de Humboldt puis de Sorre, auteurs pour qui, notamment, le climat est avant tout considéré comme un facteur biologique et un des éléments de l'écologie humaine. Pédelaborde maintient toutefois le cap pour une étude physique « pure » du climat car à ses yeux le « *climat n'est rien d'autre qu'un phénomène physique* » et qu'il lui semble fondamental de commencer par « *connaître un phénomène avant d'examiner ses effets sur les autres* » (Pédelaborde, 1957). Ses arguments sont développés dans sa critique du finalisme en climatologie. Il devient ensuite plus ouvert à une climatologie appliquée dans son ouvrage destiné aux étudiants (1970) en associant franchement dans sa définition des *types de temps* les sensations physiologiques : « *lorsqu'une combinaison réapparaît fréquemment (pas exactement, bien sûr, mais avec des constituants très voisins et en produisant des effets pratiquement semblables), elle constitue un type de temps* ».

Après une critique appuyée de la méthode séparative qui ne « *restitue pas le dynamisme des phénomènes, les successions véritables d'états dont [...] l'importance est capitale* », Pierre Pédelaborde présente sa méthode en deux paragraphes dont nous reproduisons *in extenso* le contenu dans l'encadré ci-après.

Encadré 2 : La méthode synthétique des masses d'air et des types de temps (Pédelaborde, 1970)

« *Au lieu de séparer les éléments du temps dès le point de départ, la méthode synthétique a pour source essentielle les types de temps. Certes, chaque type sera analysé en ses éléments constitutifs (température, nébulosité, etc...). Mais on n'extraira pas ces éléments pour les faire entrer dans des calculs où ils seraient isolés des autres composants. Ce qui importe, c'est la façon dont le complexe se manifeste, le tableau qu'il réalise et l'action physiologique qu'il exerce. Ce qui importe aussi, ce sont les conditions qui déterminent le complexe : d'où provient la masse d'air, combien de temps a-t-elle séjournée sur le Bassin arctique, sur le N de l'Atlantique, dans les parages des Açores ou sur les steppes russes, quelle trajectoire suit-elle, de quels mécanismes physique est-elle le siège, quelles dénaturations a-t-elle subies avant d'atteindre le point d'observation. Enfin la durée sera envisagée, ainsi que les phénomènes qui déterminent cette durée et qui mettent fin au type.*

Une telle étude, à condition qu'elle embrasse la totalité des types, qu'elle calcule leur fréquence et la façon dont ils se succèdent au cours d'une longue période restituera l'ambiance vraie dont parle Sorre. Elle aura saisi la réalité des temps et la complexité vivante du climat. Elle seule fournira une conception génétique qui s'ajoutera aux données précieuses mais incomplètes de l'étude séparative. Elle possèdera donc déjà une valeur indiscutable au point de vue de la géographie physique pure. D'autre part, elle seule pourra nous mettre sur la voie de la synthèse totale qui est le rêve de tout géographe, parce que les réactions du milieu vivant n'ont pas grand' chose à voir avec les moyennes, mais dépendent des conditions vraies du temps, de leur durée et de leur succession. »

¹⁸ Une vue complète de la pensée et des méthodes du « *maître de la climatologie dynamique* » (Pagney, 1994) est proposée dans sa thèse sur « *Le climat du Bassin Parisien* » (1957) puis dans son « *Introduction à l'étude scientifique du climat* » (1970) où « *la théorisation est davantage poussée* » (Vigneau, 2004).

Le signalement du *type de temps* se fonde donc ici essentiellement sur la structure des masses d'air et sur les trajectoires : « *la masse caractérisée par son origine, sa trajectoire et ses propriétés dynamiques permet alors une définition globale du temps* ». Une illustration de ces *types* est proposée dans le second volume de sa thèse (*Atlas*) : les planches 24 à 86 sont ainsi consacrées à la présentation des *types de temps* pour les quatre saisons à partir essentiellement de cartes météorologiques, de radiosondages et de quelques tableaux des caractéristiques principales du temps ; les planches 87 à 90 donnent des exemples de calendriers des *types de temps* ; et, enfin, les planches 92 et 93 récapitulent sous forme de tableau les fréquences et la stabilité des *types de temps* de l'année moyenne.

Au final, il ressort de cette classification en trois grands groupes et treize catégories, **une typologie qui s'apparente beaucoup aux classifications de la circulation atmosphérique, certes dans une version régionalisée plus approfondie que celle proposée par les anglo-saxons**. Les noms des trois grandes familles sont d'ailleurs révélateurs : I. Anticyclones continentaux ; II. Anticyclones océaniques ; III. Temps cycloniques. Les sous-types *anticycloniques* distinguent les caractères clairs ou nébuleux, tandis que les temps *cycloniques* se décomposent selon des trajectoires : secteur Ouest (W1, W2, W3), secteur Nord (NW, N, NE) et secteur Sud (SW, SE). Cette conception des *types de temps* a fortement et longtemps marquée la climatologie française.

3.2. La réorientation conceptuelle des années 1970 : la dissociation *types de temps* / *types de circulation* (cf. François Durand-Dastès).

Depuis la commission de climatologie du CNFG de septembre 1973 réunie à Grenoble, des géographes-climatologues français ont introduit une nouveauté dans la manière d'aborder les *types de temps* avec la proposition de dissocier clairement à l'intérieur du concept les **aspects descriptifs** (le « temps local sensible ») **des aspects explicatifs** (la situation météorologique, les flux).

Dans sa note de 1973, **François Durand-Dastès justifie la nécessité de distinguer les notions de *type de temps* et de *type de circulation*** en arguant du fait que « *les confondre empêche de poser en termes clairs un problème essentiel pour l'explication des climats, celui du rapport entre le temps qu'il fait et la circulation atmosphérique* ». Cette proposition est suivie d'une critique des travaux qui ne comportent pas cette distinction, insistant sur leur côté abstrait (« *en général, on définit en effet un type de circulation, puis on cherche à donner une idée du temps qu'il fait ce ou ces jours-là, en donnant des tableaux de valeurs moyennes des variables pour la période où règne ce type de circulation* »), et sur leur caractère explicatif discutable (« *l'explication ne serait acquise que si le même type de circulation se traduisait toujours par un ensemble relativement homogène d'états de l'atmosphère, ou en d'autres termes, par le même type de temps (sensu stricto)* ». Il conclut ensuite, non sans une certaine ironie, qu'il « *semble que ce ne soit pas toujours le cas, bien au contraire* ».

Pour mieux comprendre cette attaque à peine masquée de la climatologie dynamique, il est indispensable de se replacer dans le contexte d'une époque où la démarche synthétique dominait toute autre approche de la discipline. Pour mettre en perspective le contexte de la recherche au début des années 1970, empruntons encore à Jean-Pierre Vigneau des pistes d'interprétation, largement développées dans son article de synthèse sur le concept intitulé : « Un siècle de 'type de temps'. Epistémologie d'un concept ambigu » (2004). Pour cet auteur, la dissociation à l'intérieur du concept global ne semblait pas fondamentalement motivée par une envie de réduire un flou sémantique qui perdurait depuis le début de son utilisation, ni même d'un pressant besoin

d'émancipation vis-à-vis des météorologistes qui en avaient la paternité. En revanche, même s'il emploie le conditionnel, Jean-Pierre Vigneau évoque clairement la « *contestation du dogme pédelabordien* » par une « *offensive de [climatologues] 'néoséparatistes' puisque c'est à ce moment que les gains considérables de puissance de calcul permis par la révolution informatique ont rendu possible le traitement de multiples données mesurées, et donc par là même une expression synthétique, elle aussi, du temps ressenti* ».

Ce mouvement s'est ensuite affirmé avec le développement de la géographie quantitative et de l'analyse spatiale. Dans ce contexte, certains climatologues ont alors en partie délaissé les cartes météorologiques au profit des paramètres descriptifs du climat car les relevés stationnels constituaient des bases de données se prêtant parfaitement à ce genre de traitements numériques.

Enfin, la mise en valeur du versant descriptif des *types de temps* a certainement bénéficié du retour de « *balancier de la pensée géographique [...] vers le biologique et plus précisément vers l'humain* ». Cette lecture de l'histoire de notre discipline est largement développée par Jean-Pierre Marchand (2006). Ce dernier note depuis quarante ans un changement dans l'approche du climat par les géographes avec le passage « *d'une vision essentiellement synoptique, axée sur une confusion types de temps/types de circulation, [à une vision] qui prend désormais explicitement en compte les relations du climat aux territoires et à la société* ».

4. La rationalisation des *types de temps* : le passage possible de la notion au concept.

En France, la réorientation conceptuelle des années 1970 distinguant clairement *types de temps* (*stricto sensu*) et *types de circulation* a entraîné une rationalisation¹⁹ de l'approche scientifique. Cette démarche intellectuelle s'avérait essentielle pour une approche cartésienne du climat par les *types de temps* car elle seule permet « *d'étudier et de comparer objectivement les faits et phénomènes observés et [...] de passer de la notion au concept*²⁰ » (Savouret, 2007).

✓ La rationalisation des *types de temps* repose d'abord sur des « **propositions sémantiques destinées à bien sérier les mécanismes ou phénomènes pris en compte** » (Vigneau, 2004). Il s'est alors agi de clarifier les problématiques en bornant l'étude des *types de temps* dans la durée et dans l'espace à des échelles bien définies (figure 1), selon que l'on traite des causes (*type de temps synoptique / type de circulation*) et/ou des effets (*type de temps local / type de temps sensible*).

Concrètement, **la rationalisation a introduit une métrique** commune aux chercheurs pour étudier scientifiquement les *types de temps sensibles* : nous avons vu ainsi que les séquences s'appuyaient sur une unité de base temporelle journalière et par la mesure des conditions météorologiques locales représentatives du climat sur une aire d'échelle régionale. Pour la dimension explicative, l'analyse repose toujours sur la consultation de cartes synoptiques, au sol et en altitude et de radiosondages. L'étude des *types de temps synoptiques* est également rationalisée par leur regroupement en « familles » grâce à l'application de diverses classifications sous forme de *types de circulation*.

¹⁹ Rationalisation / rationaliser : ce verbe ayant plusieurs significations, pour limiter toute ambiguïté, voici donc le sens que je lui attribue ici : « *Organiser un processus de manière à accroître son efficacité* » (Dictionnaire Larousse).

²⁰ Une notion correspond à « *une représentation élémentaire ou une abstraction très simple de la réalité* » alors qu'un concept est « *un outil plus complexe qui intègre [...] un moyen de repérer et de mesurer le phénomène qu'il décrit* » (Dauphiné, 2004).

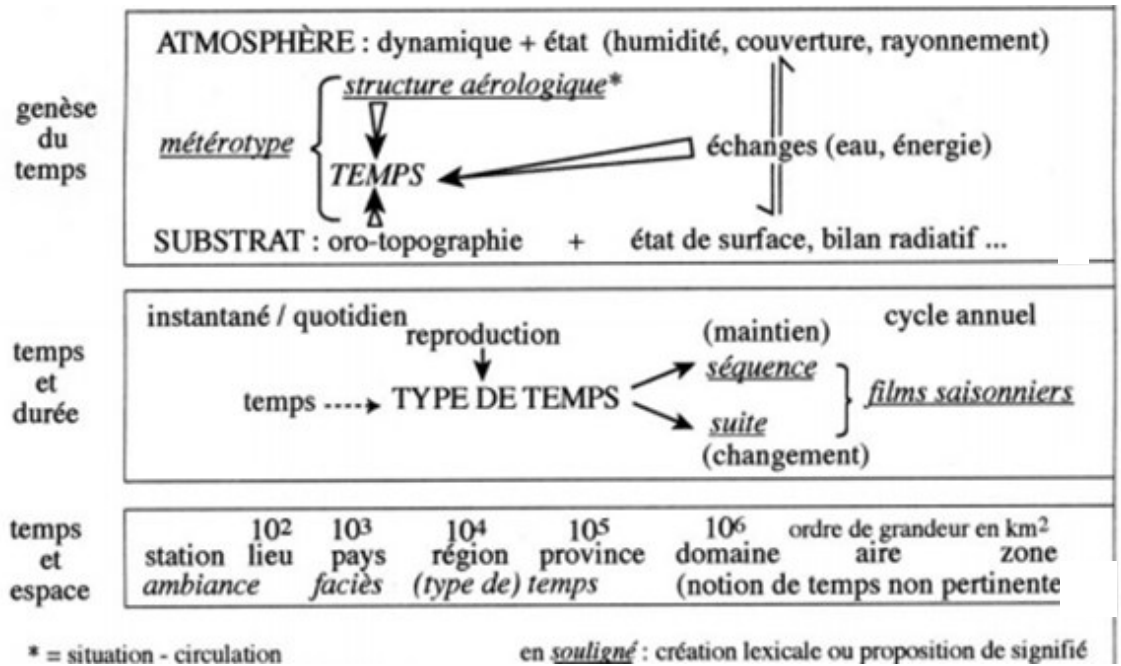


Figure 1 : Essai de rationalisation du concept de *type de temps* (Vigneau, 2004, d'après Vigneau 1986)

Dans le prolongement cet essai de rationalisation proposé par Jean-Pierre Vigneau, Daniel Joly précise également dans sa thèse sur les ACI (*ambiances climatiques instantanées*) au Spitzberg (1994) les différentes acceptions du terme « type de temps » pour limiter d'une part toute équivoque avec les « types de circulation » et, d'autre part, sérier clairement les méthodes d'analyse, notamment dans la discrétisation du continuum temporel, distinguant dès lors les « types de temps quotidiens » assez communément utilisés, de ses propres ACI « qui résultent de la combinaison des éléments météorologiques à un moment donné, ponctuel ».

✓ La rationalisation de l'étude des *types de temps* est aussi inscrite dans **l'organisation des processus**. Pour une plus grande efficacité de la recherche d'un point de vue descriptif et explicatif, François Durand-Dastès (1973, in 2004) propose que l'analyse suive un « **cheminement** » composé de trois étapes :

- 1) établissement d'une « *classification des types de temps (stricto sensu)* »
- 2) établissement d'une « *classification des types de circulation* »
- 3) « *confrontation des deux classements ou des ensembles ainsi constitués* »

En définitive, dans le cadre d'une analyse « géographique » des *types de temps*, retenons que :

✓ Pour une **approche descriptive des types de temps sensibles**, l'analyse repose sur la caractérisation du *temps* établi à partir de données stationnelles dont la représentativité spatiale est valable à l'échelle régionale. Le pas de temps retenu est le plus souvent journalier car « *il semble commode de privilégier le cycle diurne, qui est une réalité bien concrète* » (Durand-Dastès, 1973 in 2004). Les éléments qui caractérisent le *temps sensible* peuvent être continus mais variables dans le cours de la journée (température, humidité...) ou discontinus (précipitations, brouillard...). Il conviendra donc ultérieurement de déterminer des indicateurs qui permettent de caractériser « au mieux » la dominante du *temps* sur une journée (Partie 2).

✓ Pour une **approche explicative des types de temps sensibles**, l'étude des situations météorologiques s'appréhende à une échelle beaucoup plus large (domaniale) étant donné la dimension des « acteurs » barométriques en présence (anticyclones, dorsales, hauts géopotentiels et dépressions, talwegs, bas géopotentiels...) et la taille également des masses d'air et des flux qui y sont rattachés. La mise en évidence des *types de temps synoptiques* se conçoit alors à partir de cartes quotidiennes (ou biquotidiennes) de la situation en surface (« norvégiennes »), voire de cartes matérialisant les flux, les températures et l'humidité en altitude (généralement la « 500 hPa »), ce qui conduit à la dénomination plus large de *types de circulation*. Pour mettre en relation les *types de temps sensibles* avec les *types de temps synoptiques*, il est possible d'avoir recours à des calendriers de *types de circulation* dont l'établissement au pas de temps journalier est issu de classifications variées. Ces classifications – produites ou découlant notamment des travaux de Lamb en Angleterre (1950), de Baur (1948) puis Hess et Brezowsky (1952) en Allemagne, de Sheridan (2002) aux Etats-Unis ou de Benichou (1995) en France – sont souvent improprement dénommées, pour nous géographes-climatologues français, *types de temps* alors qu'elles relèvent dans leur conception directement de l'échelle synoptique, des *types de circulation*.

Tous ces éléments sont présentés plus précisément, illustrés d'exemples concrets et discutés dans le chapitre suivant car eux seuls permettent de lever les ambiguïtés terminologiques et conceptuelles évoquées au fil du texte dans ce premier chapitre.

Chapitre 2

Types de temps synoptique et type de temps local. Approche des outils et des méthodes d'analyse.

Au-delà des aspects qui les séparent, les deux acceptions du concept de *type de temps* peuvent apparaître comme un trait d'union entre les problématiques du météorologiste et celles du géographe-climatologue puisqu'elles permettent, d'une part, d'appréhender globalement la situation synoptique (utile pour l'explication et la prévision du *temps*) et, d'autre part, de fournir des bases solides pour une description et une explication concrètes du climat (d'où son positionnement progressif au centre de la climatologie).

Partant de ce constat, dans le prolongement des remarques sur la rationalisation du concept évoquées précédemment et avant de proposer ma propre typologie, il m'a semblé indispensable de présenter **une vue d'ensemble du concept dissociant clairement ces deux entrées scalaires**. Ce chapitre repose ainsi sur la « décomposition » des principaux éléments structurants du concept en quatre points : **les deux échelles spatiales** (synoptique et locale), **la caractérisation** (présentation des outils et des données), **les méthodes d'analyse** (analyses fréquentielle ou multivariée, classifications subjective et objective) et **le croisement des deux classifications** (atouts et limites pour la connaissance globale des *types de temps*). Ces étapes sont synthétisées dans l'organigramme de la figure 3 et développées par la suite dans le texte.



Figure 2 : Exemple de station automatique (Bernières-sur-Mer, Calvados) pour la mesure des conditions météorologiques servant de base à la connaissance des *types de temps local* (cliché O. Cantat).

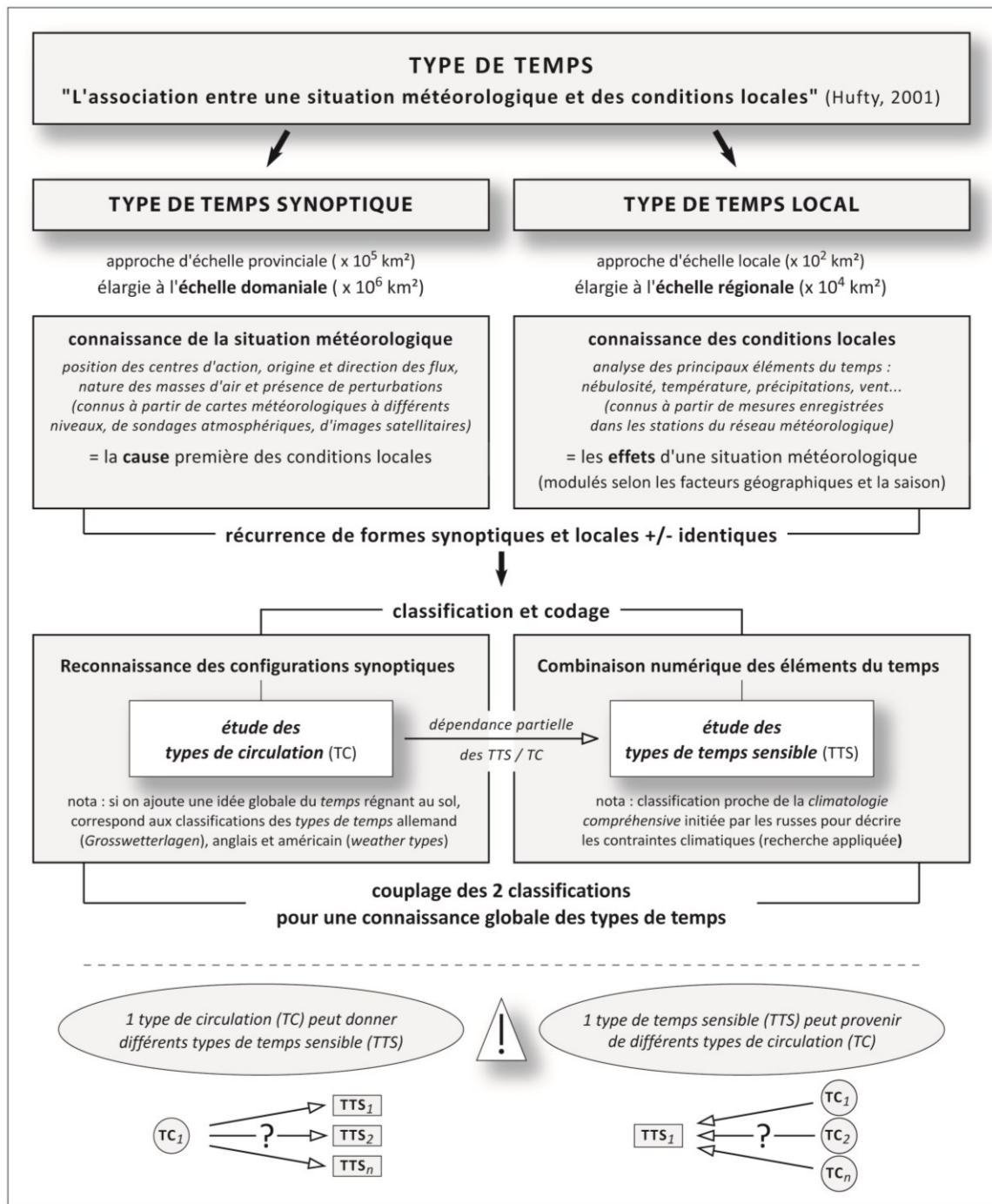


Figure 3 : Schématisation du concept global de « type de temps » et de sa dissociation en type de temps synoptique (à gauche) et type de temps local (à droite)

nota : les numéros placés à gauche du document correspondent aux sous-parties du chapitre 2 dans lesquelles sont présentés les éléments mentionnés dans cet organigramme :

1. Les deux échelles spatiales des « types de temps »
2. La caractérisation des « types de temps »
3. Les différentes méthodes de classification des « types de temps »
4. Le couplage des classifications relatives aux « types de temps »

1. Les deux échelles spatiales des *types de temps*

Le premier point essentiel à mettre en évidence est la **juxtaposition à l'intérieur d'un même concept de deux ensembles aux contenus et aux dimensions très distincts, renvoyant à deux échelles spatiales du climat**. La dénomination des échelles se rapportera à la proposition de hiérarchie des ordres de grandeur du climat proposée par Jean-Pierre Vigneau (2005), figurée dans le tableau 1. Cette classification nous semble intéressante à retenir car, outre des dénominations claires associées à des ordres de grandeurs permettant de bien différencier les différents champs spatiaux (progression géométrique de raison 10 : 10 km², 100 km², 1.000 km², 10.000 km²...), elle associe pour tout niveau des **causes** (fonctionnement) et des **effets** (manifestations).

Parler de *causes* et d'*effets* revient à distinguer deux approches complémentaires (figure 4) :

- une **approche génétique** (explicative), en relation avec le *type de temps synoptique*, c'est-à-dire s'appuyant sur la connaissance à échelle *large* de la situation météorologique générale et des *types de circulations* associés (en phase avec les finalités premières du météorologiste) ;
- une **approche physiologique** (descriptive), en relation avec le *type de temps local*, c'est-à-dire s'appuyant sur la connaissance à échelle *fine* du *temps sensible* qui caractérise concrètement le climat et impacte la nature, l'homme et ses activités (en phase avec les attentes du géographe).

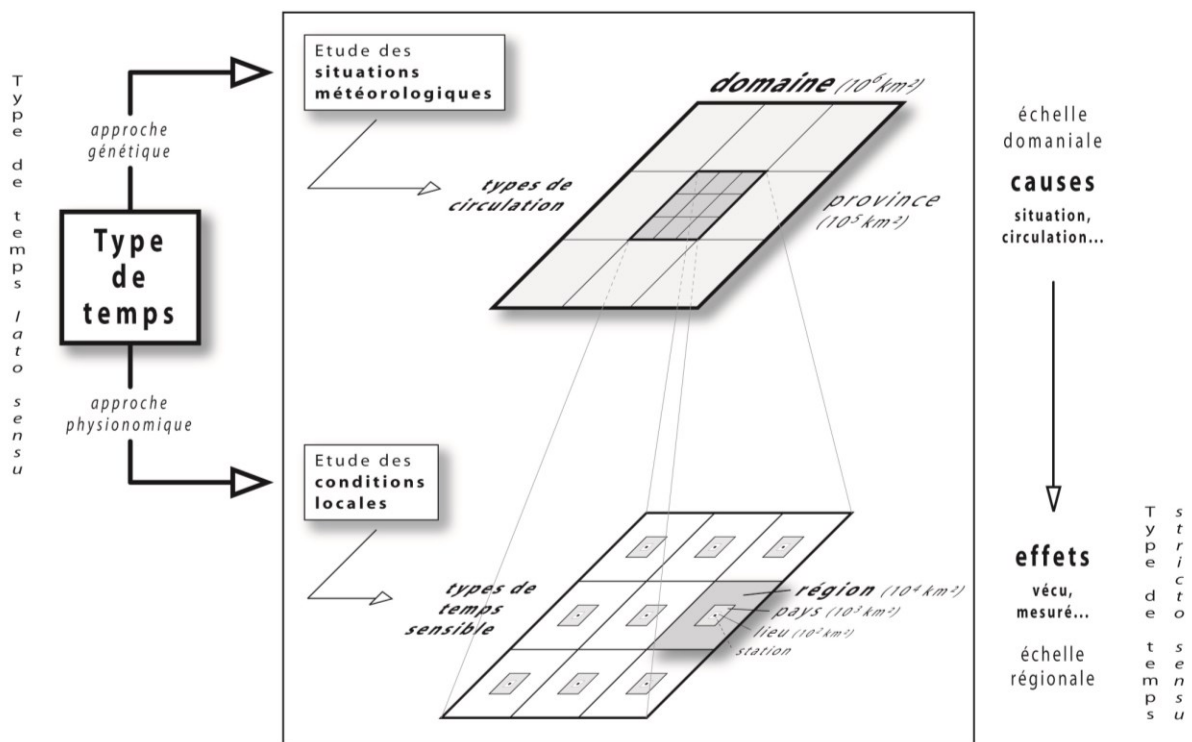


Figure 4 : Présentation globale des deux approches complémentaires des *types de temps*.

Ce jeu d'échelles spatiales peut également se lire par le biais du tableau croisé espace/temps d'Isidore Orlanski (1975) dont la classification fait référence dans de nombreuses études climatologiques. Nous présenterons ensuite une vue qui établit des correspondances entre ces 2 auteurs (tableau 2).

Ordre de grandeur	Dénomination	Individualisation par	
		fonctionnement	manifestations
10 ⁸ km ²	zone	type de bilan radiatif	niveau thermique global
10 ⁷ km ²	aire	type d'échanges radiatifs	amplitudes thermiques
10 ⁶ km ²	domaine	style de circulation générale	organisation saisonnière
10 ⁵ km ²	province	situation météorologique	style d'enchaînement des temps
10 ⁴ km ²	région	structure aérologique	temps
10 ³ km ²	pays	dynamique verticale dictée par le milieu	faciès de temps
10 ² km ²	lieu	menus effets du substrat	ambiance atmosphérique
0	station		mesures météorologiques

Tableau 1 : Les échelles spatiales du climat (adapté d'après Vigneau, 2005)

Ordre de grandeur	Dénomination	SCALE DEFINITION		SS	1 MONTH 1 DAY 1 HOUR 1 MN 1 SEC.					Scale	
		Europ. Nomenclature	U.S.A Nomenclature		TS	1 MONTH	1 DAY	1 HOUR	1 MN		1 SEC.
x 10 ⁸ km ² zone	zone	MACRO-SCALE	MACRO-SCALE	10 000 km	Standing waves	Tidal waves					MACRO- α SCALE
					Ultra long waves						
x 10 ⁷ km ² aire	aire	MACRO-SCALE	MACRO-SCALE	2 000 km		Baroclinic waves					MACRO- β SCALE
x 10 ⁶ km ² domaine	domaine	MESO-SCALE	MESO-SCALE	200 km		Fronts, Hurricanes					MESO- α SCALE
x 10 ⁵ km ² province	province	MESO-SCALE	MESO-SCALE	20 km			Nonseasonal Low level jet Squall lines Inertial waves Cloud clusters Mes. & submesoscales				MESO- β SCALE
x 10 ⁴ km ² région	région	MESO-SCALE	MESO-SCALE	2 km				Thunder Storms			MESO- γ SCALE
								Urban effects			
x 10 ³ km ² pays	pays	MESO-SCALE	MESO-SCALE	2 km							
x 10 ² km ² lieu	lieu	MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	200 m					Tomadoes Deep Convection Short gravity waves		MICRO- α SCALE
0 station	station	MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	20 m					Dust devils Thermals	Wakes	MICRO- β SCALE
											Plumes Roughness Turbulence
ordre de grandeur	dénomination	Europ. Nomenclature	U.S.A Nomenclature		Climatological Scale	Synoptic and Planetary Scale	Microscale		Micro-Scale		Proposed definition

Tableau 2 : Tableau combinant les classifications du climat d'Orlanski (1975) et de Vigneau (2005).

Ces éléments étant posés, il convient maintenant de justifier le choix des échelles indiquées dans la figure 4 pour analyser la situation météorologique et caractériser les conditions locales.

1.1. Quelle échelle de travail retenir pour analyser la « situation météorologique » ?

D'après la classification des climats de Vigneau (2005), la « **situation météorologique** » correspond à une approche d'échelle *provinciale* (c'est-à-dire un espace de quelques centaines de km de côté, soit une surface de l'ordre de la centaine de milliers de km²). Cette échelle permet notamment de connaître les centres d'action barométriques en présence (anticyclone ou dépression), influençant les grands traits du temps sur des espaces d'échelles inférieures (régionale, locale, stationnelle). Dans la pratique, pour mieux comprendre les mécanismes généraux qui produisent le temps, on élargit cette aire d'analyse *provinciale* au niveau supérieur, soit à l'échelle **domaniale** (c'est-à-dire un espace de quelques milliers de km de côté, soit une surface de plusieurs millions de km²). Cet agrandissement spatial permet d'envisager beaucoup plus aisément les interactions entre les différents centres d'action et permet de voir les *types de circulation atmosphérique* résultants dont dépendent au final, en grande partie (mais pas uniquement), les *types de temps* locaux.

La « traduction » de ces propos d'après le tableau d'Orlanski (1975) conduit à montrer que le « **type de temps synoptique** » relève structurellement des 'meso-scales α ' (en considérant le rôle des centres d'action barométrique), mais qu'il est intéressant d'élargir le champ d'analyse jusqu'aux 'macro-scales β ' pour prendre en compte la configuration barométrique d'ensemble et les courants aériens généraux qui en découlent (les *types de circulation*).

1.2. Quelle échelle de travail retenir pour caractériser les « conditions locales » ?

Les « **conditions locales** » s'observent, elles, par définition, en un lieu précis. Toutefois, les valeurs mesurées et/ou observées sont généralement sensiblement identiques dans un large rayon autour de la station, si aucun facteur géographique majeur ne vient perturber les effets de la situation météorologique. En dehors de discontinuités géographiques notables entraînant des ruptures spatiales franches (comme le relief), les conditions locales sont généralement réunies par voisinage direct pour former des compartiments plus larges aux conditions assez homogènes et à évolution progressive. Cela permet de rendre compte – sans perte d'information vraiment significative – des *types de temps* à une **échelle régionale** (c'est-à-dire sur des aires géographiques allant jusqu'à une centaine de km de côté, soit des surfaces de l'ordre de la dizaine de milliers de km²).

D'après le tableau d'Orlanski (1975), le « **type de temps local** » relève originellement des 'micro-scales' (de par son caractère stationnel pour la mesure et local par l'observation visuelle) mais sa validité spatiale est généralement « étirable » jusque dans les 'meso-scales γ ' et les 'meso-scales β '.

En définitive, pour résumer, on peut donc **dissocier clairement deux types** à l'intérieur du concept global de *type de temps* : le **type de temps synoptique**, déterminé par une situation météorologique appréhendée à l'échelle domaniale (colonne de gauche de l'organigramme et haut de la figure 4) et le **type de temps local**, décrit par des conditions stationnelles formant des ensembles relativement homogènes à l'échelle régionale (colonne de droite de l'organigramme et bas de la figure 4).

À chacun de ces deux niveaux scalaires correspond des approches différentes (*génétique* ou *physionomique*) mais aussi des outils différents pour caractériser la situation météorologique et les conditions locales du *temps*. Il existe également différentes méthodes pour regrouper en « types » les « formes » à peu près semblables de situations météorologiques et de *temps sensible*.

2. La caractérisation des types de temps

La caractérisation des « types de temps » introduit dans l'analyse deux genres d'informations météorologiques très différents : essentiellement des cartes pour décrire la situation générale et des données mesurées pour décrire les conditions au sol.

2.1. La caractérisation des types de temps synoptique (*types de circulation*)

La situation météorologique se caractérise principalement par la position des centres d'action en surface (anticyclones/dépressions) et en altitude (hauts géopotentiels/bas géopotentiels). L'analyse de ces éléments repose sur la création de cartes météorologiques au sol (type *Norvégiennes*) et en altitude (notamment la surface 500 hPa), comme celles présentées dans la figure 7 concernant l'espace européen et atlantique. Avec cette vue large et répétitive, il est possible de caractériser globalement les mouvements verticaux (ascendance/subsidence) et horizontaux (flux méridiens, zonaux...) qui déterminent les caractères généraux des masses d'air en présence (froid/chaud, humidité/sécheresse...) ainsi que leurs limites (les fronts), matérialisées par des systèmes nuageux et des phénomènes météorologiques spécifiques.

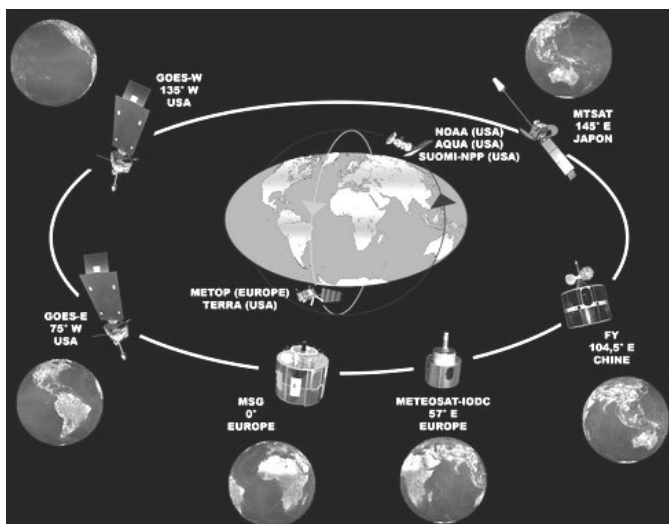


Ces informations majeures se combinent avec celles issues de sondages atmosphériques qui renseignent précisément sur la structure aérologique par des lâchers de ballons toutes les 12 heures en de nombreux points (5 en France métropolitaine au 31 décembre 2013).

Figure 5 : Lâcher de ballon de radiosondage, en rouge le parachute, en bas la sonde © Météo-France / Pascal Taburet

« En météorologie, pour bien prévoir le temps, il faut bien connaître l'atmosphère. Pour cela il convient de compléter les mesures des stations météorologiques au sol par des mesures en altitude réalisées par radiosondage. Ces mesures permettent d'établir un profil vertical de l'atmosphère en un lieu donné. Ce profil vertical est constitué de données de température, d'humidité et de vent à différents niveaux d'altitude ». <http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/observer-le-temps/moyens/les-radiosondages>

Depuis quelques décennies, l'analyse est complétée par des images issues des satellites météorologiques géostationnaires (qui transmettent toutes les 30 mn un état de la position des nuages, la température et l'albedo de surface, ainsi que la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère).



Actuellement, la couverture de la planète est assurée par un ensemble de 6 satellites géostationnaires, issus de différentes puissances mondiales. La connaissance des régions polaires est, elle, réalisée par des satellites héliosynchrones à orbite polaire (voir figure 6).

Figure 6: Satellites météorologiques opérationnels exploités au Centre de Météorologie Spatiale (situation au 31/12/2013) © Météo-France / CMS

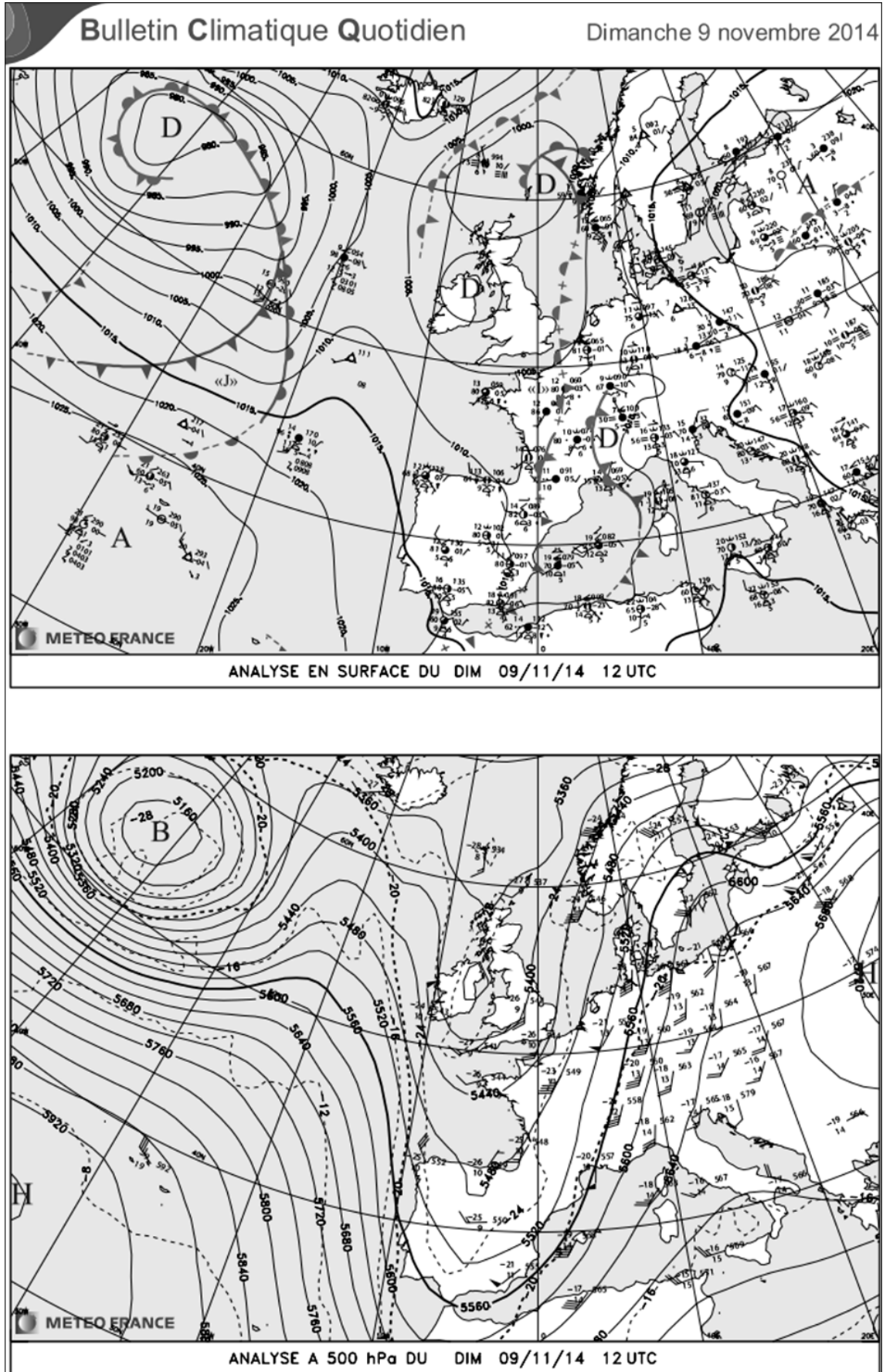


Figure 7 : Documents Météo-France pour la caractérisation de la situation météorologique en surface (en haut) et en altitude (au niveau de la surface 500 hPa). Exemple des cartes pour la situation du 9 novembre 2014.

2.2. La caractérisation des *types de temps locaux* (types de temps sensibles)

Les conditions locales se caractérisent à partir de la combinaison d'éléments du *temps sensible*. Nous entendons par *temps sensible*, « [...] l'ensemble des éléments significatifs de l'état de l'atmosphère, tels que peut les ressentir un observateur situé en ce lieu » (Météo-France, glossaire en ligne sur le site : www.meteofrance.fr/publications/glossaire).

Les éléments les plus marquants en sont l'**état du ciel** (pourcentage de couverture et altitude des nuages), la présence de **météores** (pluie, neige, grêle...), la **température** et l'**humidité** de l'air, la force et la direction du **vent**. La pression atmosphérique n'est pas à proprement parler un élément du *temps sensible*, mais elle est intéressante à conserver en tant que facteur explicatif des conditions locales²¹.

Pour la France métropolitaine, le réseau de mesure comportant au moins les 4 paramètres de base pour rendre compte du *temps sensible* (température, humidité, précipitations et vent) se compose actuellement de 554 stations. Cette densité permet une approche à l'échelle du *pays climatique* (une tous les 30 km en moyenne, soit des aires de l'ordre de 1 000 km²), prenant ainsi en compte le rôle des facteurs géographiques. Cependant, il est à noter que beaucoup de ces stations sont récentes, ce qui limite leur usage à des fins climatologiques.

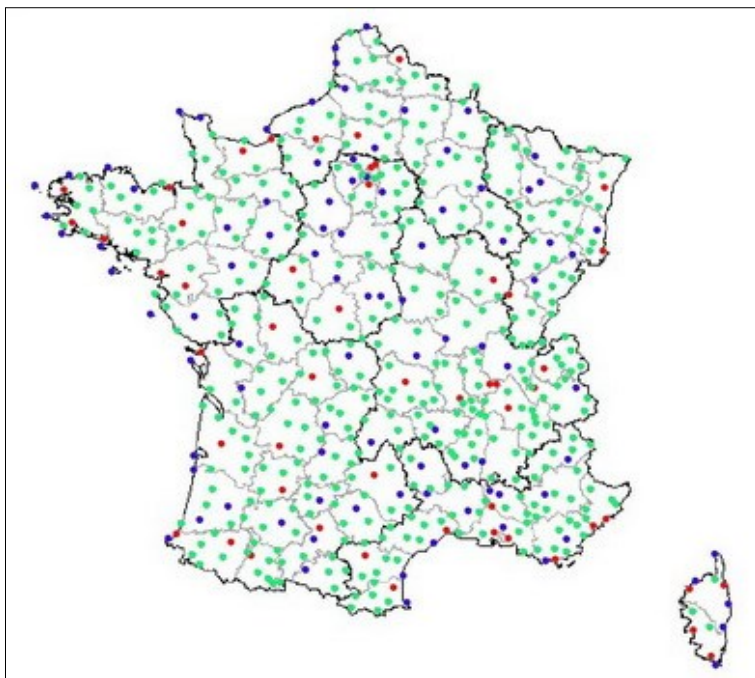


Figure 8 : Carte du réseau RADOME des stations en métropole (situation au 31/12/2012) © Météo-France

Bleu : station du réseau de la veille météorologique mondiale VMM (44).

Rouge : Station installée sur une plateforme aéroportuaire (52).

Vert : Station automatique 4 paramètres de base (vent, t°, humidité et précip.) pour le réseau national (458)

Pour localiser les stations possédant une profondeur temporelle pluri-décennale et une bonne représentativité d'échelle régionale, il est possible de se reporter à la sélection qui illustre les bulletins climatiques quotidiens publiés par Météo-France (voir figure 9). Les paramètres retenus le sont au pas

de temps quotidien, avec les températures minimales et maximales, la fraction d'insolation et les précipitations cumulées sur 12 heures (en deux cartes). La force et la direction du vent au sol apparaissent uniquement sur la carte de surface pour le pointé de 12 heures UTC (figure 7).

²¹ Le poids de l'air renseigne sur la nature ascendante ou descendante des molécules d'air, favorisant dans un cas la formation de nuages et de précipitations (air léger/basses pressions) ou, *a contrario*, un ciel dégagé (air lourd/hauts pressions). Toutefois, la relation de cause à effet n'est pas systématique, notamment en hiver, saison durant laquelle anticyclone ne rime pas forcément avec « beau temps » en raison des phénomènes de basses couches (inversions de température, brouillards...), induits par un bilan d'énergie singulier à l'interface sol/air dans les milieux continentaux... Pour plus de précisions, cette donnée est donc à compléter par la connaissance de toute de la colonne d'air surmontant un lieu, permise grâce aux radiosondages évoqués dans le point 2.1.

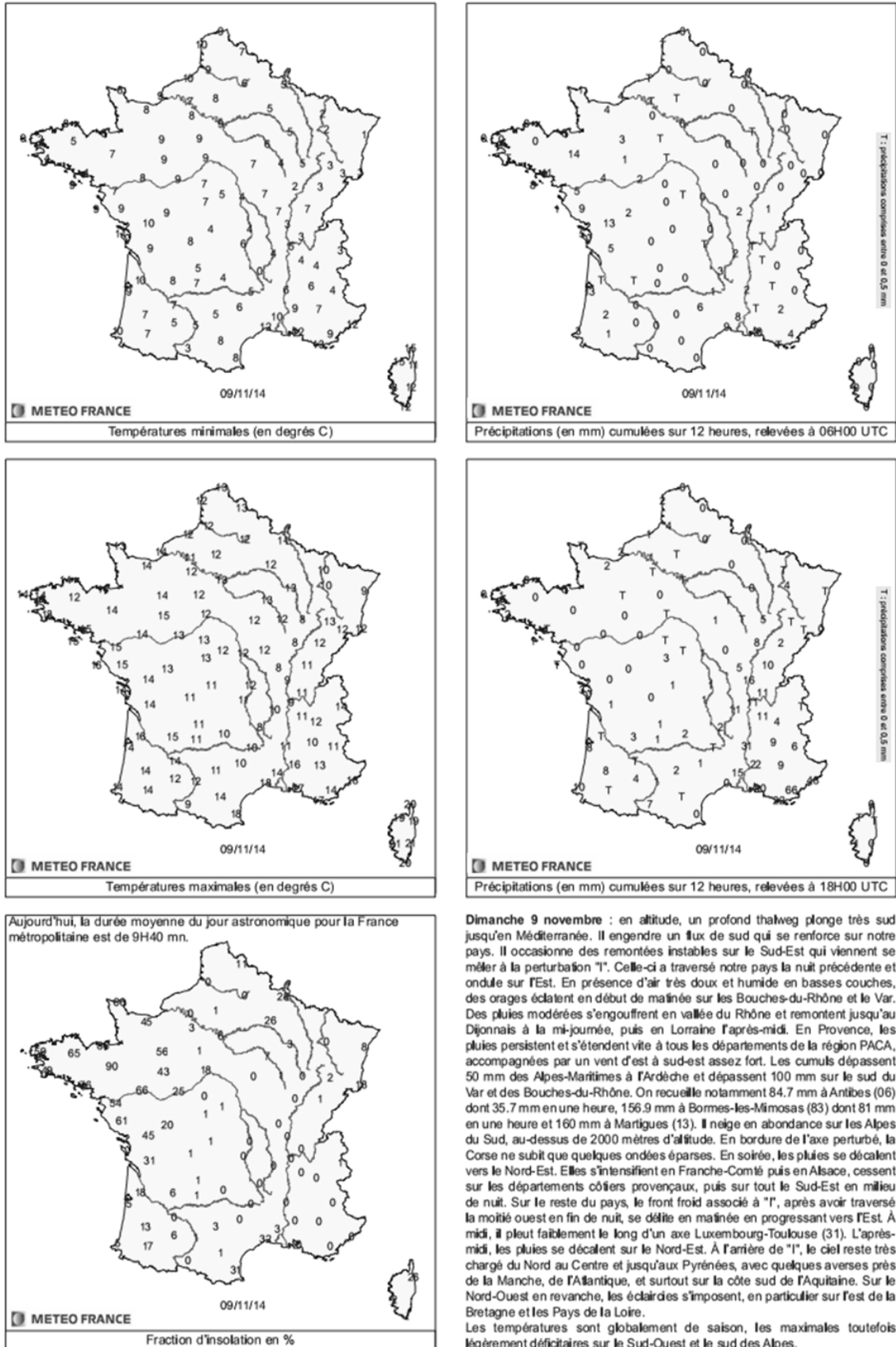


Figure 9 : Documents Météo-France pour la caractérisation des « types de temps sensibles ». Exemple de cartes thématiques et de commentaires de la situation générale pour le 9 novembre 2014.

3. Les différentes méthodes de classification des *types de temps*

D'un point de vue conceptuel, les *types de temps* s'inscrivent dans le cadre d'un « modèle d'observation des formes atmosphériques qui repose sur un postulat : même si chaque journée, voire chaque instant est unique, il existe certaines régularités qui reviennent saison après saison » (Hufty, 2001). Sous le terme de « formes », on peut envisager encore une fois la situation à deux échelles spatiales différentes, avec en filigrane une distinction entre des causes (synoptiques) et des effets (locaux). « Lorsqu'une combinaison réapparaît fréquemment (pas exactement, bien sûr, mais avec des constituants très voisins et en produisant des effets pratiquement semblables, elle constitue un type de temps » (Pédelaborde, 1970). Les *types* peuvent ainsi faire référence à la récurrence de configurations barométriques qui entraînent des *trajectoires préférentielles* pour les flux aériens, mais aussi à la récurrence de combinaisons du *temps sensible*. La reconnaissance de « formes » aux caractères très voisins au-dessus d'un vaste espace ou d'un lieu peut alors faire l'objet de classifications.

3.1. La classification des « situations météorologiques » (*types de circulation*)

Les typologies fondées sur l'interprétation de situations météorologiques constituent la majeure partie des classifications des *types de temps*. Elles s'appuient sur une reconnaissance manuelle ou automatique des formes d'une série de configurations synoptiques, en tenant compte de modèles établis *a priori*. Actuellement, la situation météorologique est « essentiellement caractérisée par la juxtaposition de la configuration isobarique de surface et de l'allure des isohypses à 500 hPa » (Bénichou, 1995). Les traitements s'appuient sur l'application de méthodes variées. À l'origine il s'agissait de classements empiriques des cartes météorologiques. Depuis l'apparition des ordinateurs, on a recours aux techniques multivariées les plus sophistiquées.

Ainsi, avant le développement de l'informatique, le chercheur devait « sélectionner une à une les cartes synoptiques et, raisonnant par analogie, les diviser en classes, une situation quotidienne particulière ne pouvant être considérée comme appartenant à un 'type' que si elle se répétait » (Douguédroit, 2004). Cette méthode faisant intervenir l'appréciation du chercheur est dite « subjective ». L'introduction de fiches de dépouillement systématique des cartes météorologiques quotidiennes a permis de limiter cet inconvénient (Mounier, 1977), mais c'est avec des méthodes semi-automatiques puis automatiques que les classifications sont devenues véritablement « objectives ». Les méthodes entièrement automatiques reposent sur l'analyse de cartes du champ de pression au sol et en altitude, retranscrites sous la forme de valeurs numériques en des points préalablement définis. Ces valeurs peuvent être issues d'une extraction à partir de cartes synoptiques « traditionnelles » ou bien, plus récemment, de bases de données en points de grille.

En raison de l'échelle de travail et de la part prépondérante accordée à la direction des grands flux atmosphériques, ces classifications sont regroupées sous le nom générique de « **types de circulation** ». On y associe généralement une idée globale des conditions de temps régnant au sol concomitamment.

Sur l'Europe occidentale, différentes classifications existent mais les plus utilisées sont celles allemande de *Hess et Brezowsky* (1952 + mises à jour et adaptations successives), et anglaise de *Lamb* (1950 + mises à jour et adaptations successives) qui distinguent dans leurs versions actuelles chacune un peu moins d'une trentaine de *types de circulations* atmosphériques pour caractériser la situation météorologique (*type de temps synoptique*).

✓ En Allemagne, les *Witterungen* originelles (littéralement les « conditions météorologiques ») ont été remplacées par les *Großwetterlagen*, ou GWL (littéralement les « grandes situations météorologiques ») (Baur, 1948). Il s'agit ici d'une classification des bulletins météorologiques quotidiens entre 1881 et 1943, avec la mention des types de masses d'air correspondants. Ces travaux ont été repris par Hess et Brezowsky (1952), auteurs qui donnent leurs noms à la classification actuelle. Avec le temps (durée), la base de données s'est enrichie d'une analyse de la situation en altitude (en 1969, avec la généralisation du radiosondage). Dernièrement, la base de données a été réactualisée par les travaux de Paul James (2007) (annexe 1). À cette occasion, une méthode objective de classification a été appliquée. Elle comporte 29 GWL faisant référence à la direction du flux ou au contexte barométrique, regroupés en 5 grands types, ou GWT (voir en annexe 2 les informations relatives à cette nouvelle classification objective et la légende des 29 GWL).

Sur les cartes de synthèse des 29 GWL, dédoublées en contexte hivernal et estival, coexistent donc 2 échelles spatiales : *domaniale* pour la situation météorologique (l'Europe et son proche Atlantique), *régionale* pour une caractérisation du *temps sensible* (précipitations par jour en aplats de couleur et anomalie thermique par quelques valeurs numériques régulièrement réparties). Dans la pratique, la description très sommaire des conditions au sol (3 points de température pour la France et idem pour l'Italie, le Royaume-Uni ou la Péninsule Ibérique...) montre que c'est l'échelle domaniale qui est le discriminant dans cette classification et qu'elle se rattache **de facto beaucoup plus à la famille des types de circulation qu'à celle des types de temps (stricto sensu)**. Cette affirmation rejoint les propos d'Annick Douguédroit (2004) qui observe que « deux échelles spatiales (*régionale et domaniale*) sont associées, mais la seconde joue un rôle prépondérant comme le montre bien l'utilisation de l'adjectif 'gross' ». La carte de la figure 10 illustre ce genre de classification synoptique entièrement automatisée et permettant de remonter dans le temps jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle grâce aux ré-analyses, avec un degré de fiabilité croissant sur les périodes les plus récentes bien entendu (périodes anciennes : *Emulate-MSLP* (1850-1880) ; *NCARR-DSS daily MSLP grids* (1881-1947) ; *NCEP Renalyses of MSLP and Z500* (janvier 1948-août 1957) ; *ECMWF ERA40 Reanalyses of MSLP and Z500* (septembre 1957-août 2002) ; *ECMWF Operational Analyses* (septembre 2002-aujourd'hui).

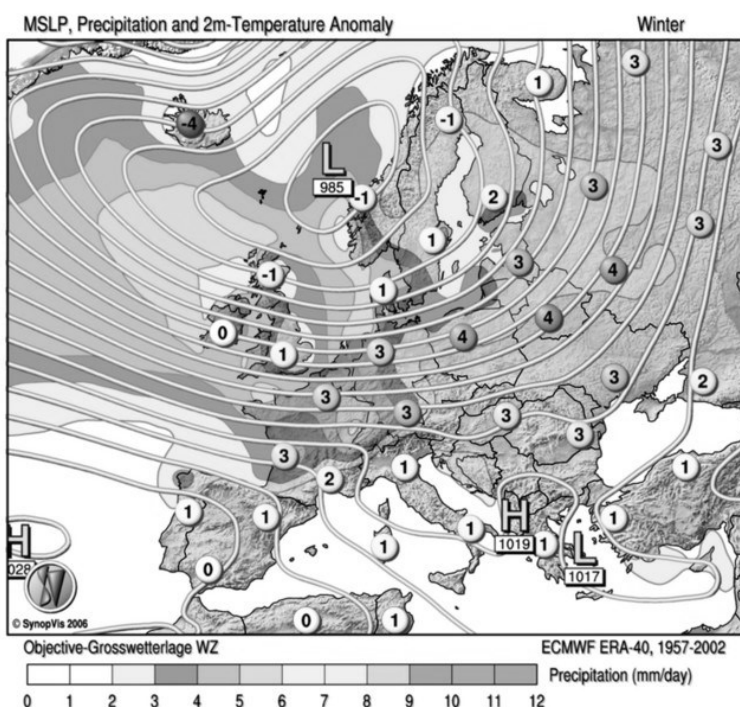


Figure 10 : Type de circulation GWL : « WZ » (circulation d'Ouest cyclonique), en hiver.

Dans cet exemple :

- la situation synoptique est exprimée par le champ de pression au sol ;
- les caractères du temps sensible sont évoqués pour les températures en anomalies par rapport à la Normale à une échelle provinciale (3 points pour 500 000 km² environ), et pour les précipitations par des aplats de couleurs matérialisant des mm par jour.

La classification de James se décompose en 5 grands types (GWT), eux-mêmes formés de 29 sous-types (GWL).

À propos de la nouvelle classification de James, notons que celui-ci a légèrement modifié l'emprise géographique de certains GWL (ceux qui font précisément référence à une position par rapport à l'Europe centrale), pour que ceux-ci soient plus adaptables aux îles Britanniques. Ainsi, si l'on compare la version *PIK* (*Postdam-Institut für Klimafolgenforschung*) et la version *James*, il y a soit des décalages de quelques jours en début et fin de certains *types* de *circulation* ; soit le remplacement d'un *type* par un autre. Ces deux possibilités de modifications se produisent lorsque l'on a à faire à des GWL voisins, par exemple les types SA, SZ, TRW, TB, SWZ qui souvent se succèdent, notamment à la suite du décalage vers l'est d'un anticyclone centre-européen (éléments fournis par Olivier Planchon lors de communications personnelles).

Notons que « *le calendrier de Hess et Brezowsky remis à jour régulièrement fait encore autorité aujourd'hui* » (Benichou, 1995).

✓ En Angleterre, les *weather types* (littéralement les « types de temps ») **se rattachent également bien davantage aux types de circulation qu'aux types de temps (*stricto sensu*)**, comme en témoigne la classification de Lamb pour le Royaume-Uni (1950) et ses *air-flow patterns* (littéralement ses « modèles d'écoulement d'air »).

Les *Lamb Weather Types* (LWT) découlent d'une méthode de classification des configurations synoptiques conçues et mises à jour par ce chercheur à partir de la variation des valeurs de pression de surface autour des îles britanniques (1950 ; 1972). On retrouve pour les LWT globalement les mêmes principes de base que dans la construction des *Großwetterlagen* (GWL) allemands : ici, 10 types principaux sont ainsi définis à partir de la direction des flux (points cardinaux : N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) ou/et de deux contextes barométriques (anticycloniques A, cycloniques C).

Dans les années 1970, une classification automatique (objective) a été conçue par Jenkinson et Collinson (1977). Cette méthode a par ailleurs augmenté le nombre de « types de temps de Lamb » par l'ajout de types hybrides, associant le caractère barométrique (A ou C) avec la direction des flux (N, NE, E, SE, S, SW, W, W). Par exemple, on aura le *type A* (anticyclonique), le *type N* (flux de Nord) et, en plus, par combinaison des deux, le *type AN* (anticyclonique de Nord). Au total, on obtient donc 26 catégories possibles, soit un nombre proche de celui des GWL allemands (29).

La carte de la figure 11 illustre cette classification synoptique réalisée à partir de ré-analyses NCEP.

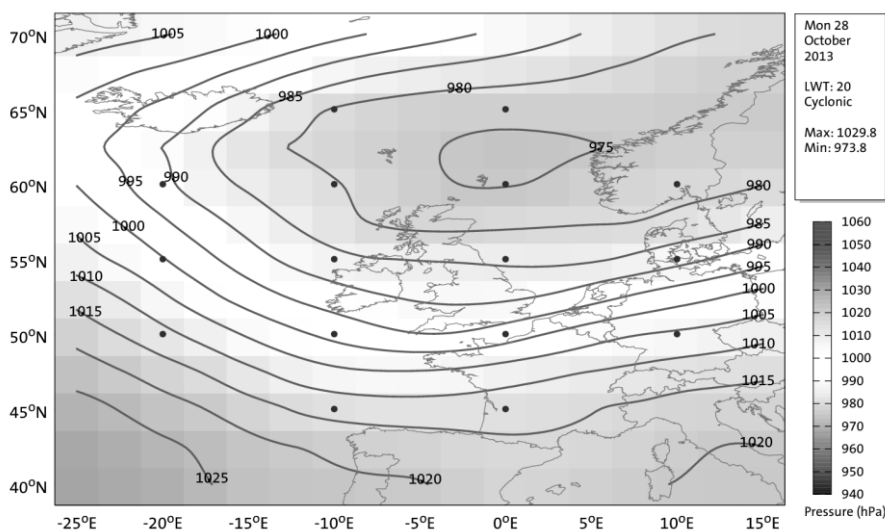


Figure 11: Exemple de carte se rattachant au *type de circulation* LWT « 20 » (circulation d'Ouest cyclonique) : la tempête du 28 octobre 2013.

Les 16 points noirs répartis sur 4 faisceaux longitudinaux et 5 latitudes indiquent les emplacements des points d'échantillonnage utilisés dans le processus de classification de Lamb.

✓ En France, chez les météorologistes, on se réfère fréquemment aux travaux de Patrick Benichou (1995) lorsque l'on évoque les « types de temps ». Mais ce qui est couramment appelé « type de temps » correspond en fait à une **classification automatique des circulations atmosphériques sur l'Europe occidentale**. La méthode mise au point pour Météo-France en 1985 s'articule autour du regroupement de plus de 5000 situations synoptiques en 15 champs météorologiques sur 5 années. Ces champs permettent d'identifier la configuration barométrique, ainsi que la température de l'air, l'humidité relative de l'air et la stabilité verticale de l'atmosphère.

✓ En Amérique du Nord, des travaux relativement récents (Sheridan, 2002) ont remis à jour la méthode d'approche des *types de temps*, sous la forme d'une nouvelle classification SSC (Spatial Synoptic Classification) : SSC2. Dans cet article intitulé « *The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America* », il apparaît que **cette méthode de classification fait largement référence à l'échelle synoptique par l'usage de procédures de reconnaissance fondées sur les masses d'air**. La première phrase de la partie *Methodology* est à ce titre très révélatrice de l'amalgame outre-Atlantique entre la notion de « type de temps » et celle de « masse d'air » : « *The first step in the development of the SSC2 involves weather-type (or air-mass) identification* » (Sheridan, 2002). « *On est bien dans ce cas à l'échelle du type de circulation, même si l'expression 'type de temps' est retenue ; ce qui justifie, tout comme le calage sur les masses d'air, le terme 'synoptic' utilisé pour définir la classification* » (Douguédroit, 2004).

Concrètement, la SSC2 fonctionne par l'attribution à chaque journée de l'un des 6 *types de temps* de référence, ou d'une situation de transition, pour les 327 stations réparties des Etats-Unis au Canada (figure 12). Un calendrier est disponible depuis 1948 pour la plupart des stations américaines.

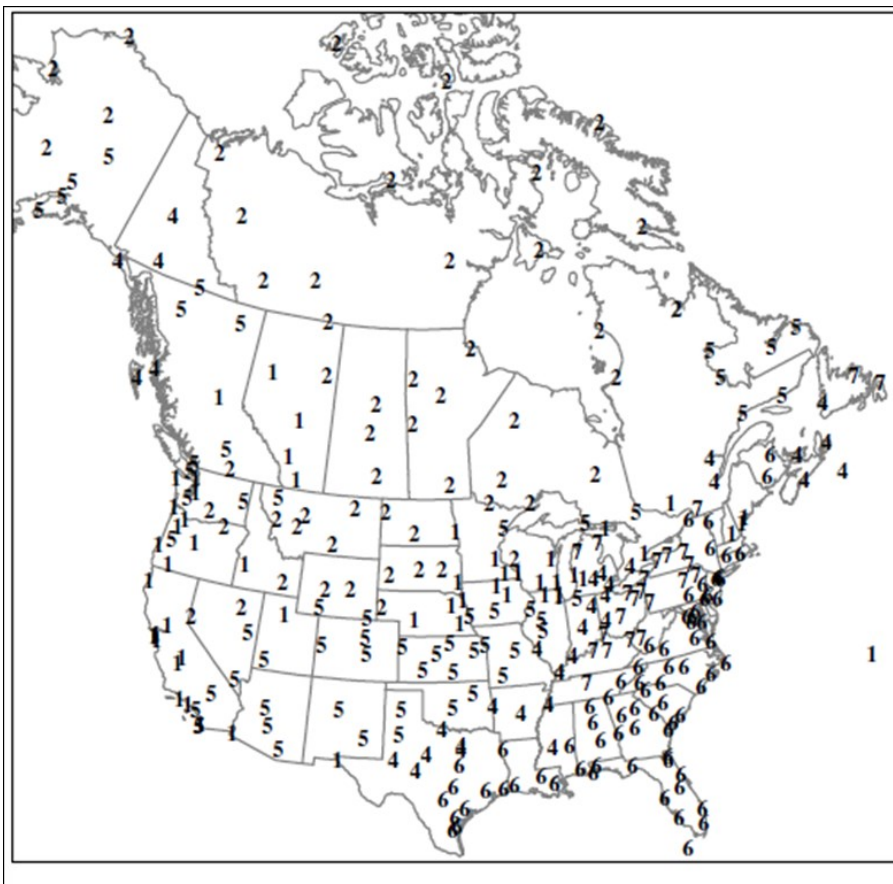


Figure 12 : Exemple de « *weather types* » issus de la SSC2, pour le 18 janvier 1990 (d'après Sheridan, 2002) :

- 1 : DM (Dry Moderate) : modéré sec
- 2 : DP (Dry Polar) : polaire sec
- 3 : DT (Dry Tropical) : tropical sec
- 4 : MM (Moist Moderate) : modéré humide
- 5 : MP (Moist Polar) : polaire humide
- 6 : MT (Moist Tropical) : tropical humide
- 7 : TR (transition) : transition

Notons que l'identification à partir de la nature de la masse d'air masque la possibilité de *temps sensible* — à l'échelle locale, et même régionale — très différents pour un même « weather type ». Par exemple, lorsque l'air « polaire sec » (DP) déferle à travers les Grandes Plaines nord américaines depuis le Canada, la différence de température atteint en moyenne 26°C en janvier entre le Texas et le Manitoba ! Pour cette même masse d'air, l'écart moyen se réduit à 16°C au printemps et en automne, et se limite à 8°C en été (Sheridan, 2002).

3.2. La classification des « conditions locales » (*types de temps sensibles*)

Les classifications des conditions météorologiques locales s'appuient sur le **traitement numérique de très nombreuses données**, prises généralement au pas de temps journalier. Le croisement des divers paramètres du *temps sensible* a pour objectif initial la description la plus exhaustive possible du climat local et par extension régional, même si, concrètement, il s'agit le plus souvent de répondre à une problématique centrée sur un « objet » donné.

De par la diversité des applications potentielles des *types de temps sensibles*, les classifications physiologiques sont très nombreuses et concernent des domaines très variés. C'est en ce sens que Pierre Carrega (2004) rappelle que nous sommes fondé « à distinguer des types de temps [*stricto sensu*] en fonction de leur 'utilisation' : types de temps 'perçus' (confort ou souffrance du corps humain), temps pour l'aéronautique, le vol à voile, la régata, le ski, la circulation routière, le risque de pollution atmosphérique, l'agriculture, etc ».

Il est à noter que le développement de ces **classifications des « types de temps locaux »** (ou plus simplement « types de temps sensibles ») a longtemps été limité en raison de la quantité d'informations considérable à traiter. Cependant, avant le développement de l'informatique, cette approche — qui « *délaisse l'aspect aérologique pour se centrer sur les manifestations concrètes et/ou mesurées* » (Vigneau, 2004) — avait toutefois fait l'objet d'études approfondies par les géographes russes (Feodorov, 1925, d'après Feldman et Tchouboukov, 1956). Ici, contrairement aux classifications génétiques évoquées précédemment, le **versant physiologique est au cœur de la démarche scientifique**, dans le cadre d'une **conception « compréhensive » des types de temps**. En France et dans les pays francophones, ce sont André Hufty puis Jean Mounier et Jean-Pierre Besancenot qui ont introduit cette méthode dans les années 1970.

D'un point de vue méthodologique, dans un article intitulé « *Le type de temps. Un choix pour le géographe : climatologie synoptique ou climatologie compréhensive* », Jean Mounier (1978) expose en termes clairs les **deux grandes familles de traitements possibles des données stationnelles**, le choix étant déterminé par les besoins de la recherche et facilité par l'ordinateur : « *d'une part, on peut lui demander [à l'ordinateur] de réaliser dans les meilleurs délais une étude de fréquence des situations caractéristiques préalablement classées en fonction de quelques seuils justifiés, et d'autre part, on peut exiger qu'il assure une répartition de toutes les valeurs retenues dans des classes indéfinies de façon que chaque ensemble obtenu englobe des combinaisons de variables fort semblables, selon le principe de la classification automatique* ». Cela revient à dire que les conditions locales journalières sont le plus souvent définies, soit par des analyses fréquentielles, soit automatiquement par des analyses multivariées.

Dans cette sous-partie, nous présenterons très succinctement quelques exemples démonstratifs de traitement de l'information numérique menant à une classification des conditions météorologiques locales (« types de temps sensibles »).

- **Exemples d'approches statistiques fondées sur l'analyse fréquentielle** (cf. « fréquence des situations caractéristiques préalablement classées en fonction de quelques seuils justifiés », Mounier, 1978)

✓ Dans leur contribution à la connaissance des différents milieux géographiques arides, Feldman et Tchouboukov (1956) ont caractérisé les ambiances atmosphériques dans les déserts, les oasis et les semi-déserts en utilisant la méthode mise au point par Feodorov en 1925.

L'approche est purement descriptive, fondée sur la détermination d'un certain nombre d'états de l'atmosphère définis en fonction de leur degré de contrainte (figure 13). Les *types de temps* journaliers sont caractérisés soit par un facteur météorologique unique (si celui-ci est péjorant à lui seul sur les activités humaines et/ou sur les cultures : vents forts desséchants ; gel...), soit par une combinaison de deux paramètres météorologiques pour décrire les conditions d'ensemble (exemple de type « favorable » : temps nuageux nocturne avec pluie). À partir de cette typologie, en analysant la fréquence relative pour chaque mois de ces différents états, il est alors possible de proposer des graphiques simples permettant de définir et de comparer entre elles les « structures climatiques » régionales et locales.

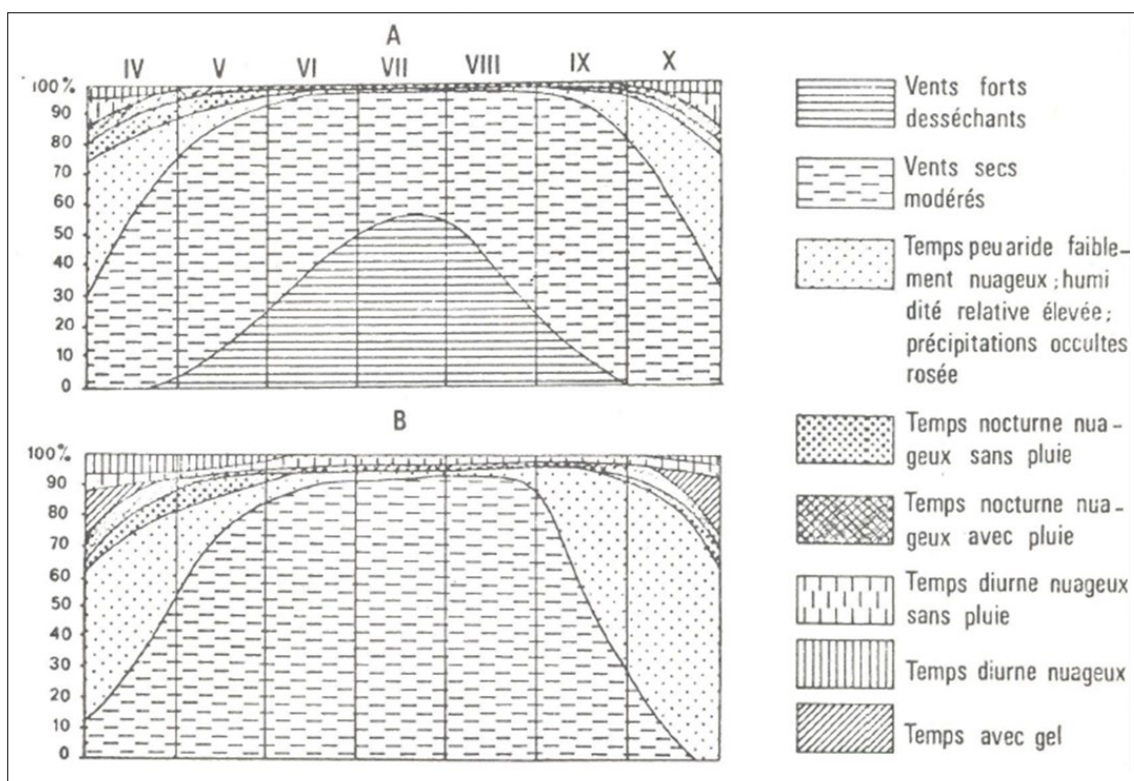


Figure 13 : Exemple de traitement graphique issu de la climatologie compréhensive (d'après Mounier, 1978). Climats de différents milieux géographiques de déserts de l'Asie Moyenne selon Y. A. Feldman et L. A. Tchouboukov (1956). Représentations graphiques simplifiées. A : désert ; B : oasis

✓ Sur le **même principe de croisement de l'information climatique**, on peut citer les nombreux travaux d'André Hufty et notamment celui précurseur sur « *Les types de temps dans le Québec méridional* » (1971), long article sous titré fort à propos « Méthode pédagogique de description des climats ». L'objet de cette recherche méthodologique était de décrire différents climats de manière simple et synthétique.

L'auteur rappelle ici que sa méthode se situe dans la lignée des travaux de Köppen et de divers géographes, « un peu passés de mode », comparant des climats au moyen de paramètres simples et cherchant des relations empiriques entre le climat et la géographie humaine. Dans cet article méthodologique, les classes reposent sur une base journalière moins arbitraire qu'un calcul effectué sur des moyennes mensuelles. Cette approche a l'avantage également de faire ressortir la grande variabilité du temps. Car c'est un fait que les climats du Québec sont caractérisés par une extrême irrégularité des conditions de temps sensible.

La typologie finale combine d'abord pour chaque jour les températures maximales ou minimales avec des « indices d'aggravation » du temps fondés sur la fraction d'insolation et le cumul pluviométrique (encadré 3). Il regroupe ensuite les combinaisons obtenues en 19 classes de *types de temps* (figure 14).

Encadré 3 : Méthode de classification simplifiée des types de temps journaliers (Hufty, 1971)

1) À partir d'un tableau de fréquence des températures moyennes journalières, on dresse trois catégories de probabilité égale : un tiers des jours ont une température moyenne inférieure à 62° F (classe A), un tiers de 62 à 68° F (classe B), un tiers supérieure à 68° F (classe C). On attribue alors une lettre A, B, C à chaque jour, suivant sa température.

2) On calcule ensuite un indice d'aggravation du temps basé sur la nébulosité et la quantité de précipitations. Trois classes dans chaque cas, variant de 1 à 3 :

a) pour la nébulosité : temps clair (classe 1) si le rapport d'insolation est supérieur ou égal à 7/10 ; temps nuageux (classe 2), de 7 à 3/10 ; temps couvert (classe 3), de moins de 3/10 d'insolation ;

b) pour les précipitations : pas de pluie (classe 1), pluies faibles, traces ou 0,01 pouces en 24 heures (classe 2), pluies (classe 3).

On attribue à chaque jour deux chiffres de 1 à 3 puis on fait la somme et on obtient ainsi des indices de 2 à 6. Exemple, nébulosité = 5/10 et précipitation 0,04 pouces, indice journalier : 2 + 3 = 5. Plus l'indice est bas, plus le temps est beau et sec, plus il est élevé, plus le temps est couvert et pluvieux.

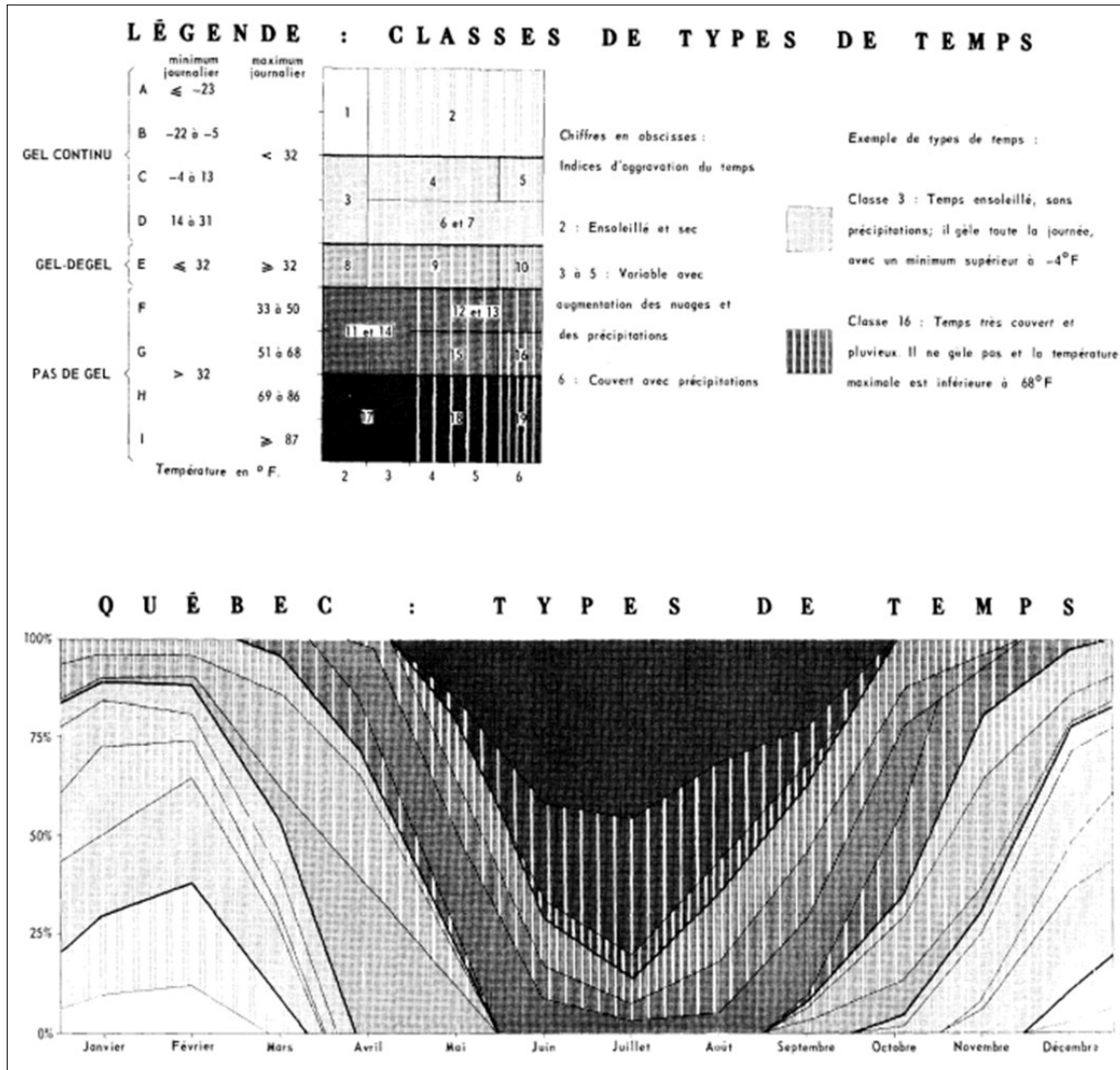


Figure 14 : Légende et exemple des classes de types de temps à Québec (d'après Hufty, 1971)

✓ Selon la même philosophie, mais dans le cadre d'une thématique appliquée, voici la **typologie des « conditions climatiques du tourisme littoral »** en milieu tempéré, proposée par Jean-Pierre Besancenot *et al.* (1978). Les auteurs y revendiquent une filiation directe avec la méthode initiée par les géographes russes, comme l'indique le sous titre de l'article : « une méthode de recherche compréhensive ». Concrètement, l'**indice climatique touristique** s'inspire du principe utilisé par Emberger et Gaussen (1963) pour définir l'indice xérothermique matérialisant la saison sèche en domaine méditerranéen. Il s'agit ici de discerner les **éléments du climat effectivement vécu par les touristes**, puis de comptabiliser le nombre de jours favorables aux loisirs et au repos, en fonction de seuils bioclimatiques délimitant le confort thermique et le confort hydrique.

Le croisement de divers paramètres météorologiques détermine 9 types permettant de saisir « l'ambiance atmosphérique » au-dessus d'une région donnée durant la saison estivale. Par exemple, le type n°1 — *très beau temps ensoleillé* — repose sur la combinaison d'un ensoleillement durable, d'une température agréable, d'une teneur en vapeur d'eau non oppressive et bien entendu de l'absence de précipitations et de vent fort. Le type 8 bis — *temps pourri* — constitue *a contrario* le temps le plus défavorable aux vacanciers avec la seule présence de deux facteurs limitants réhivitoires : l'absence de soleil et la présence durable de pluie (figure 15).

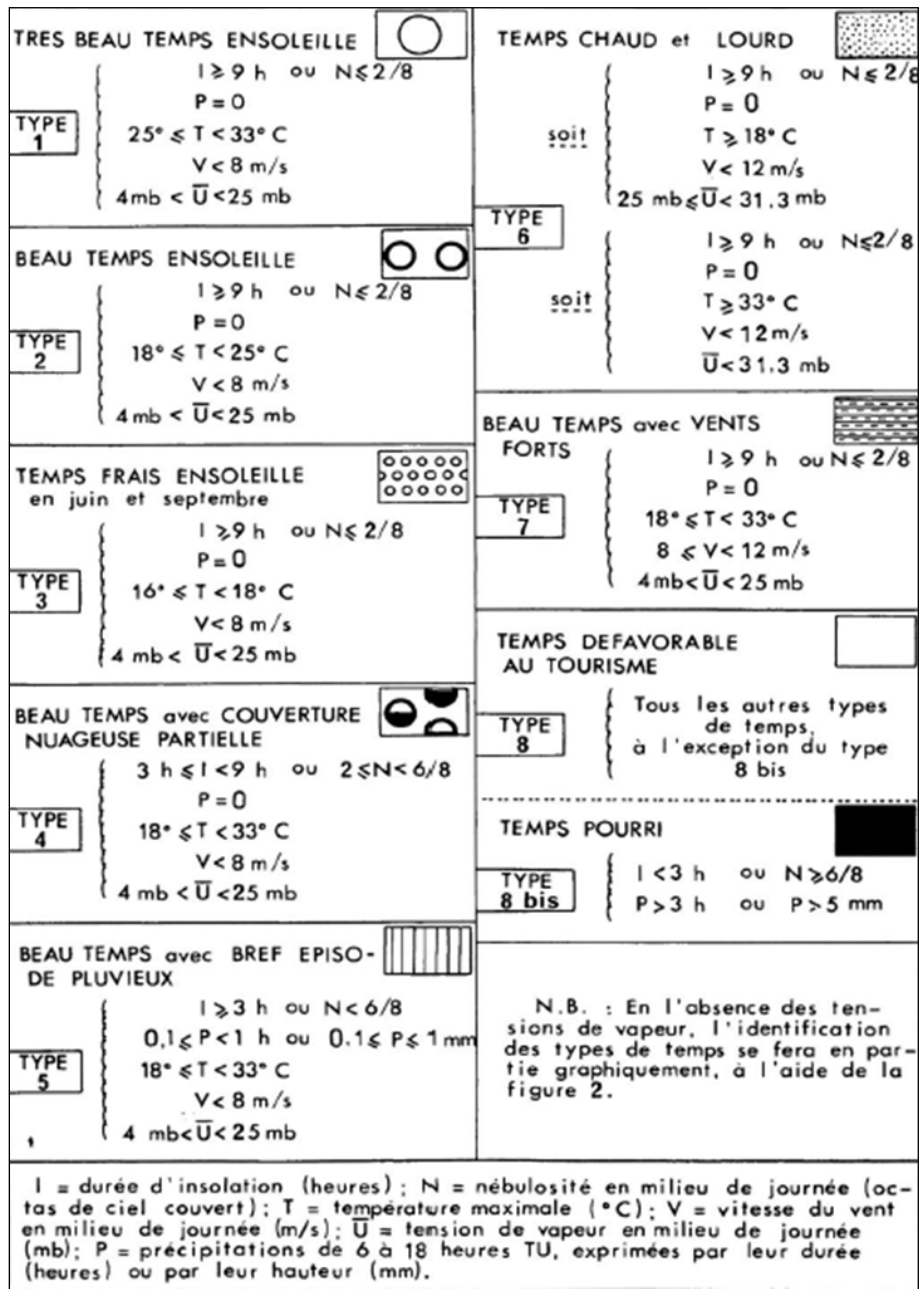


Figure 15 : Légende descriptive des *types de temps* d'été en milieu tempéré, du point de vue touristique (d'après Besancenot et al., 1978)

• **Exemples d'approches statistiques fondées sur l'analyse multivariée** : cf. « répartition de toutes les valeurs retenues dans des classes indéfinies de façon que chaque ensemble obtenu englobe des combinaisons de variables fort semblables, selon le principe de la classification automatique » (Mounier, 1978).

Le but de l'analyse multivariée est de « rendre intelligible un ensemble d'observations dont la structure profonde n'est pas immédiatement décelable » (Chadule, 1987). Parmi les techniques utilisées, les classifications multivariées servent à former des *groupes d'individus* qui se ressemblent par leurs *caractères*. Les analyses factorielles servent, elles, à constituer des *groupes de variables* liées. En fonction des besoins du chercheur, il est possible d'utiliser l'une ou l'autre de ces techniques, soit de les combiner.

Nous ne reviendrons pas ici sur les notions mathématiques guidant ces diverses procédures mais retiendrons que celles-ci sont plus objectives que les classifications « manuelles ». **L'intérêt est de prendre en compte l'ensemble des informations, sans a priori**, pour restituer l'information plus synthétiquement. En contrepartie, il est toutefois reconnu que **les méthodes utilisant la création de néo-paramètres (analyse factorielle) éloigne du caractère réaliste des classifications fondées uniquement sur des regroupements d'individus**, à partir de la combinaison de variables segmentées selon des seuils choisis et représentatifs de phénomènes concrets (cf. la classe de « temps pourri » de Besancenot vue précédemment, caractérisée par l'absence de soleil et la présence durable de pluie). C'est pourquoi un retour aux données originelles est indispensable pour interpréter les résultats issus de l'analyse multivariée (notamment pour donner une signification concrète aux axes factoriels).

Ces techniques statistiques élaborées sont applicables aux *types de temps* car, à l'intérieur du système climatique, les interactions physiques font que les combinaisons de paramètres météorologiques qui caractérisent le *temps* sont plus fréquentes que celles qui seraient dues au hasard (Hufty, 2001). Ainsi, une matrice de corrélation fait généralement apparaître des groupes de paramètres fortement reliés entre eux (comme la nébulosité et les précipitations, par exemple) et sans lien avec d'autres groupes (comme celui composé par la température moyenne et la teneur en vapeur d'eau, par exemple). Après le regroupement factoriel (analyse en composantes, type ACP), chaque journée possède de nouvelles coordonnées dans cet espace multidimensionnel « simplifié ». Ensuite, il est possible de regrouper les journées en fonction de leur degré de « ressemblance » (classification).

Cette procédure est illustrée ci-après par l'étude de Panagiotis Mahéras (1984) sur les « *situations synoptiques et [les] types de temps journaliers à Thessalonique* ».

✓ La méthode employée par Mahéras **combine l'analyse factorielle et la classification automatique**. Elle conduit à distinguer au final 11 *types de temps sensibles* (figure 16).

Le traitement des données s'appuie sur la connaissance des valeurs de 1 530 jours (5 mois d'été sur la période 1966-1975), pour 8 paramètres météorologiques du *temps sensible* : l'écart de température, l'amplitude de température, l'humidité relative, la direction du vent, la vitesse maximale du vent, la hauteur et la durée des précipitations et la fraction d'insolation.

L'auteur a procédé en trois étapes : (1) une *analyse factorielle en composantes principales* (ACP) sur les 8 paramètres météorologiques journaliers ; (2) une *classification ascendante hiérarchique* (CAH) des 1 530 journées, appliquée aux six premiers facteurs issus de l'ACP ; (3) un arrêt du processus itératif pour obtenir 11 classes (= les *types de temps sensibles*).

Pour interpréter les résultats de cette analyse multivariée combinant ACP puis ACH, un retour sur les données originelles s'avère indispensable car « *cette classification ne fournit aucun renseignements quant au pourquoi de l'appartenance de chaque individu à un type de temps* » (Dauphiné, 1976, d'après Mahéras, 1984). Aussi, **pour découvrir la structure de chaque type de temps, l'auteur a calculé pour les 11 classes les moyennes journalières des 8 paramètres météorologiques** ; puis, pour faciliter la description des différents types, examiné les écarts par rapport à leur moyenne décennale.

Pour information, le type VIII est le plus fréquent (25,1% des journées d'été). Il correspond à la combinaison de conditions de *très beau temps ensoleillé et chaud*, ce qui est attendu en domaine méditerranéen vu le contexte synoptique saisonnier le plus fréquent (hautes pressions dynamiques).

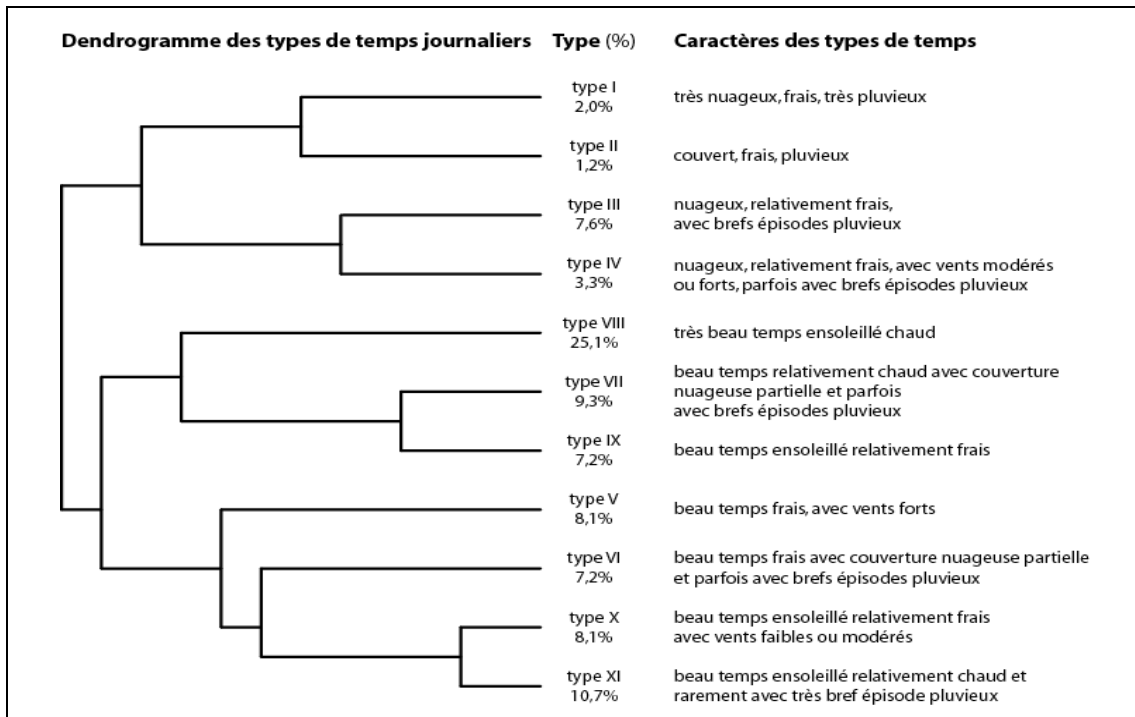


Figure 16 : Les 11 *types de temps sensibles* à Thessalonique en été sur la période 1966-1975. Schématisation de la méthode utilisée par P. Mahéras ainsi que fréquence et caractérisation concrète des 11 types de temps.

4. Le couplage des classifications relatives aux « types de temps »

La vision différenciée des *types de circulation* et des *types de temps* n'exclut pas **la réunion de ces deux concepts dans la recherche des facteurs explicatifs structurants de l'atmosphère**. Cette association de deux échelles spatiales différentes et le lien de causalité qui les unit (plus ou moins fortement selon le poids des facteurs géographiques) rappellent que dans un système « *tout phénomène d'un certain ordre de grandeur est un ensemble de phénomènes d'ordre de grandeur immédiatement inférieur, et compte parmi ses composantes explicatives un phénomène d'ordre de grandeur immédiatement supérieur* » (Durand-Dastès, 1973 in 2004).

D'un point de vue pragmatique, le but de la mise en relation des deux classifications est donc de **mieux décrire et de mieux comprendre le temps et le climat d'une région donnée**. Le principe est de bénéficier des atouts respectifs de l'approche physiologique (description précise des nuances régionales du climat) et de ceux de l'approche génétique (explication en amont par les mécanismes de la dynamique atmosphérique).

Le couplage de ces deux classifications peut donc s'avérer très pertinent pour une approche véritablement globale des *types de temps*. D'après Mahéras (1984), la comparaison des résultats offre « **une approche féconde et une méthodologie intégratrice de conceptions considérées dans le passé comme étant plus ou moins exclusives les unes des autres** ». Notons que cette idée n'est pas nouvelle puisque, dès 1972, André Hufty l'avait formulée dans une communication au Congrès de Géographie de Montréal : « *J'ignore s'il est possible de trouver une correspondance simple entre des types de temps synoptiques et des combinaisons d'éléments du temps, mais je pense que ce serait un travail utile* » (in Pagny, 1994). C'est dans le prolongement de cette optique que François Durand-Dastès proposait en 1973, aux Journées de climatologie de Rennes, une méthodologie selon le cheminement déjà évoqué dans le paragraphe sur la rationalisation des *types de temps* (chapitre 1) :

- 1) *classification des types de temps (stricto sensu) ;*
- 2) *classification des types de circulation ;*
- 3) *confrontation des deux classements ou des ensembles ainsi constitués.*

Le croisement des deux classifications est possible grâce à l'**établissement de calendriers au pas de temps journaliers** des *types de temps synoptiques* (ou *types de circulation*, cf. Hess et Brezowsky ou Lamb, par exemple, ou sa propre interprétation des cartes synoptiques) avec des classifications des *types de temps sensibles* (définies en fonction de ses propres thématiques : cf. applications pour le tourisme, les loisirs, la santé, l'agriculture, les transports, etc.). Concrètement, il s'agit alors de calculer les fréquences d'apparitions simultanées des *types de temps synoptiques* (*types de circulations*) et des *types de temps sensibles*.

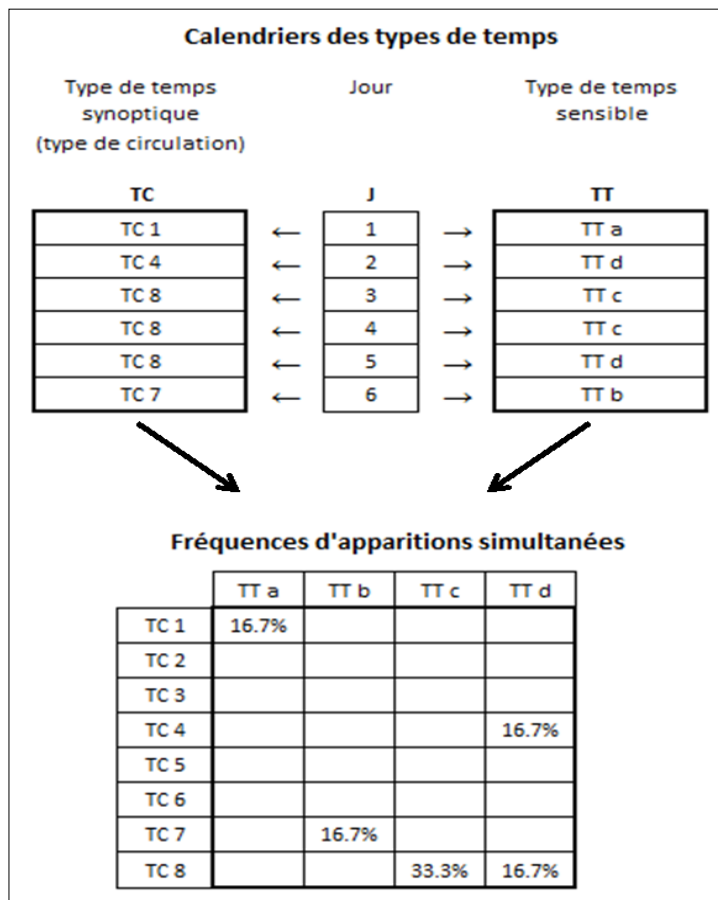


Figure 17 : Schématisation du couplage des classifications des *types de temps synoptique* (*types de circulation*) et des *types de temps sensibles* à partir de leurs calendriers respectifs

Une fois ce rapprochement établi, il est alors nécessaire de **s'interroger sur le degré d'identification entre le type de temps synoptique et le type de temps sensible**. Autrement dit « *la question fondamentale [...] est de savoir si une situation synoptique définie avec le plus de précision possible est toujours responsable d'un même temps vécu et observé au-dessus d'une région ?* » (Mahéras, 1984). C'est à ce niveau d'analyse qu'apparaît clairement toute **l'ambigüité du concept de type de temps dans sa dimension globale en raison du recouvrement partiel des deux ensembles** ainsi constitués. Rappelons les différences entre « *d'une part la situation synoptique, qui s'étend généralement sur des milliers de kilomètres carrés et dure de quelques heures à quelques jours, et d'autre part les conditions du temps à une station qui dépendent des évolutions de l'atmosphère, de son inertie mais aussi des conditions de surface, et de sa géographie* » (Hufty, 2001).

Dans l'exemple ci-dessous (figure 18), nous voyons ainsi qu'à un *type de circulation* d'ouest cyclonique (WZ de la classification GWL de Hess-Brezowsky, repris par James), correspond préférentiellement à l'échelle de la France un temps sensible *gris, frais et arrosé* ($\approx 30\%$) ou *gris et frais* ($\approx 15\%$) mais aussi possiblement des conditions claires et fraîches ($\approx 8\%$) dans le quart Sud-Est du pays...

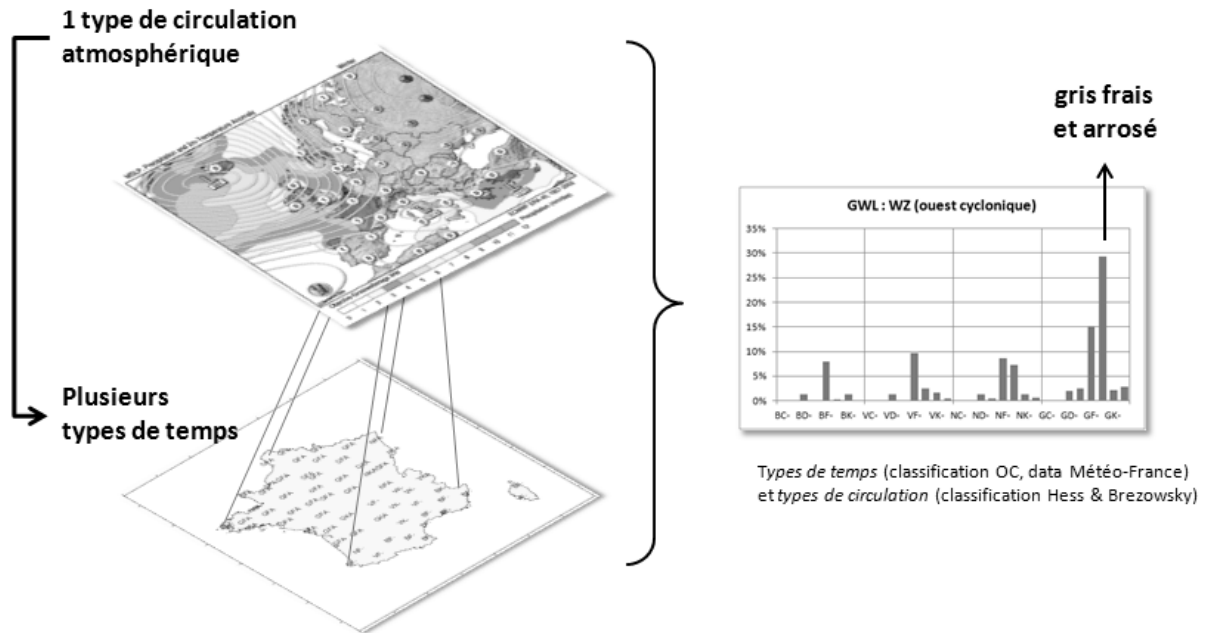


Figure 18 : La diversité des *types de temps sensibles* en France pour un même type de temps synoptique. Exemple pour un *type de circulation* d'ouest cyclonique.

De nombreux exemples²² montrent combien les conditions de surface et la géographie des lieux évoquées par André Hufty — auxquelles on pourrait ajouter le contexte saisonnier — sont source d'une possible diversification des conditions du *temps sensible* au niveau du sol, dans le cadre d'une même situation synoptique. Ainsi, il est classique en hiver que sous une « cloche » anticyclonique les conditions météorologiques soient très différentes à quelques kilomètres de distance : ensoleillées et douces sur le sommet et les versants d'une colline et, au contraire, grises et froides sous un épais brouillard givrant au fond de la vallée en raison du poids des facteurs géographiques (topographie en creux favorisant la fabrication et le maintien d'une pellicule d'air froid près du sol et d'un apport d'humidité par le substratum).

En résumé, les limites dans ce type de croisement découlent du fait que, « **à deux cartes météorologiques différentes peut correspondre la même ambiance et deux situations synoptiques apparemment semblables peuvent donner des conditions de temps fort inégales** » (Hufty, 2001). Ce constat rejoint l'analyse critique de François Durand-Dastès (1973) à propos de la méthode synoptique longtemps de mise développée dans les années 1950 par Pierre Pédelaborde (1957).

²² Voir notamment dans le chapitre 3 l'exemple des mécanismes de formation de l'*îlot de chaleur urbain* parisien, expliqués – mais pas que – par la situation synoptique.

Chapitre 3

Positionnement scientifique et objectifs du projet de recherche sur les *types de temps*

Dans ce chapitre, mon positionnement scientifique sur les *types de temps* s'appuiera en première analyse sur les enseignements tirés des connaissances extraites du tour d'horizon bibliographique présenté dans les deux premiers chapitres de ce mémoire. La synthèse de ces informations sera matérialisée par une proposition d'approche conceptuelle présentée dans l'organigramme de la figure 19. Ce premier cadrage conceptuel et méthodologique sera ensuite complété par les enseignements d'un retour d'expériences illustré par deux exemples concrets aux objets très différents choisis parmi mes travaux se rattachant au concept. Le premier mettra plus en avant la recherche fondamentale (mécanismes de formation d'un îlot de chaleur urbain au-dessus de la région parisienne) et le second la recherche appliquée (conditions de vie des hommes dans les tranchées durant la Grande Guerre de 1914 à 1918). Au final, ces éléments permettront de présenter dans le contexte scientifique actuel de la recherche en climatologie mon projet global intitulé « *Types de temps, Risques et Changement climatique en France métropolitaine* » dans lequel s'insère la contribution inédite de cette H.D.R. centrée sur une « *Proposition méthodologique pour une approche globale et objective des types de temps en France métropolitaine* ».

1. Positionnement personnel sur le concept ~~de~~ *type de temps*

1.1. Les enseignements tirés de la bibliographie

Dans son acception la plus large, le concept de « **type de temps** » correspond à « l'association entre une situation météorologique et des conditions locales » (Hufty, 2001). Rappelons en deux points ce qui distingue les climatologues français par rapport à cette définition.

✓ **Pour les climatologues actuels de culture française**, l'approche de la discipline par les « types de temps » se restreint à la caractérisation au pas de temps journalier des seules combinaisons atmosphériques locales mesurées et/ou observées en surface, représentatives sur des espaces d'échelle régionale (10^4 km²). Ce positionnement original dans la communauté scientifique internationale est issu d'une logique dissociative pour favoriser une approche plus rationnelle des rapports entre le *temps qu'il fait* et la situation météorologique et permettre en conséquence une meilleure description/explication des climats.

L'expression « type de temps » correspond donc pour les climatologues français uniquement au versant descriptif du concept global tel que défini par André Hufty (2001). Le versant explicatif, celui qui fait appel en premier lieu à une connaissance de la dynamique de l'atmosphère vue nécessairement à échelle très large ($\times 10^6$ km²), se rattache aux « types de circulations ».

✓ Ce parti pris éloigne de facto le géographe-climatologue français des météorologistes et des climatologues de culture anglo-saxonne pour qui le concept (« weather types » en Angleterre et « Großwetterlagen » en Allemagne) fusionne toujours les deux échelles, synoptique et locale. Cependant, dans la pratique, leur approche privilégie sans ambiguïté la caractérisation de la situation météorologique générale (champ de pression et flux aériens résultants, répartition des masses d'air) et ne donne que secondairement une idée des conditions régnant au sol (cf. figures 10, 11 et 12 qui illustrent les classifications de Hess-Brezowsky, de Lamb et de Sheridan).

En dehors de l'espace de culture francophone, la référence aux « types de temps » renvoie donc in fine très clairement à ce que nous avons appelé les « types de temps synoptique » (cf. organigramme de la figure 3). Par extension sémantique usuelle, ils se rattachent donc aux « **types de circulation** » qui en constituent généralement le mode d'analyse *via* des catalogues régulièrement mis à jour.

- Convaincu du bienfondé scientifique d'une dissociation des deux échelles d'approche pour une meilleure description et une meilleure explication des climats (objet de la climatologie), je m'inscris dans la lignée des propositions conceptuelles et méthodologiques de la Commission de climatologie de 1973. Par conséquent, un « type de temps » correspondra pour moi dans ce mémoire à la **caractérisation précise des combinaisons météorologiques locales en surface**. Pour limiter toute source de confusion sur le contenu du concept (et clarifier les échanges avec d'autres climatologues et météorologistes), le qualificatif « sensible » sera parfois accolé à l'expression « type de temps ».

1.2. Le climat vu à travers les *types de temps* « sensibles »

Géographe-climatologue, mon intérêt premier se porte vers les *types de temps sensibles* car ce sont eux qui causent les impacts du climat sur la nature, les hommes et leurs activités. L'ajout du qualificatif « sensible » affirme donc la dimension concrète du concept, en évoquant notamment l'aspect perçu/vécu/subi du temps qu'il fait pour les sociétés. Cette dimension appliquée conduit à élargir ma proposition de définition du « *type de temps (sensible)* » : **combinaison homogène récurrente d'éléments atmosphériques agissant sur un espace géographique d'échelle régionale en y produisant des effets pratiquement semblables**.

✓ D'un point de vue opérationnel, l'analyse couplée de la fréquence, de la durée, de la succession et de l'étendue géographique des *types de temps sensibles* me semble la démarche la plus adéquate pour rendre compte de la « réalité » du climat car elle permet de saisir finement dans le temps et dans l'espace les conditions atmosphériques au-dessus d'un lieu. Les moyens de calculs et les techniques associées (statistiques, analyse spatiale...) permettent d'exploiter au mieux les données stationnelles, ce qui ouvre sur un approfondissement possible de la connaissance des climats (recherche fondamentale) et de leurs conséquences environnementales et sociétales (recherche appliquée).

Dans le prolongement de cette idée, rappelons que les *types de temps sensibles* ont fait l'objet en France de nombreuses études touchant diverses thématiques (voir chapitre 2). Pour rappeler quelques exemples, citons notamment les travaux majeurs sur le climat de Hufty (1971) ; sur le tourisme et la santé de Durand-Dastès (1969) et de Besancenot (1990, 2001, 2002) ; sur les transports, la pollution de l'air, le climat et l'aménagement urbain d'Escourrou (1981, 1991) et de Carrega (1994). À partir de méthodes différentes, et à des échelles spatiales et temporelles souvent plus fines, évoquons également les contributions sur le *climat perçu* à travers les

« ambiances climatiques instantanées » de Daniel Joly (1994), avec leurs implications sur la faune et la flore (Brossard et al., 2002 ; Joly, 2004).

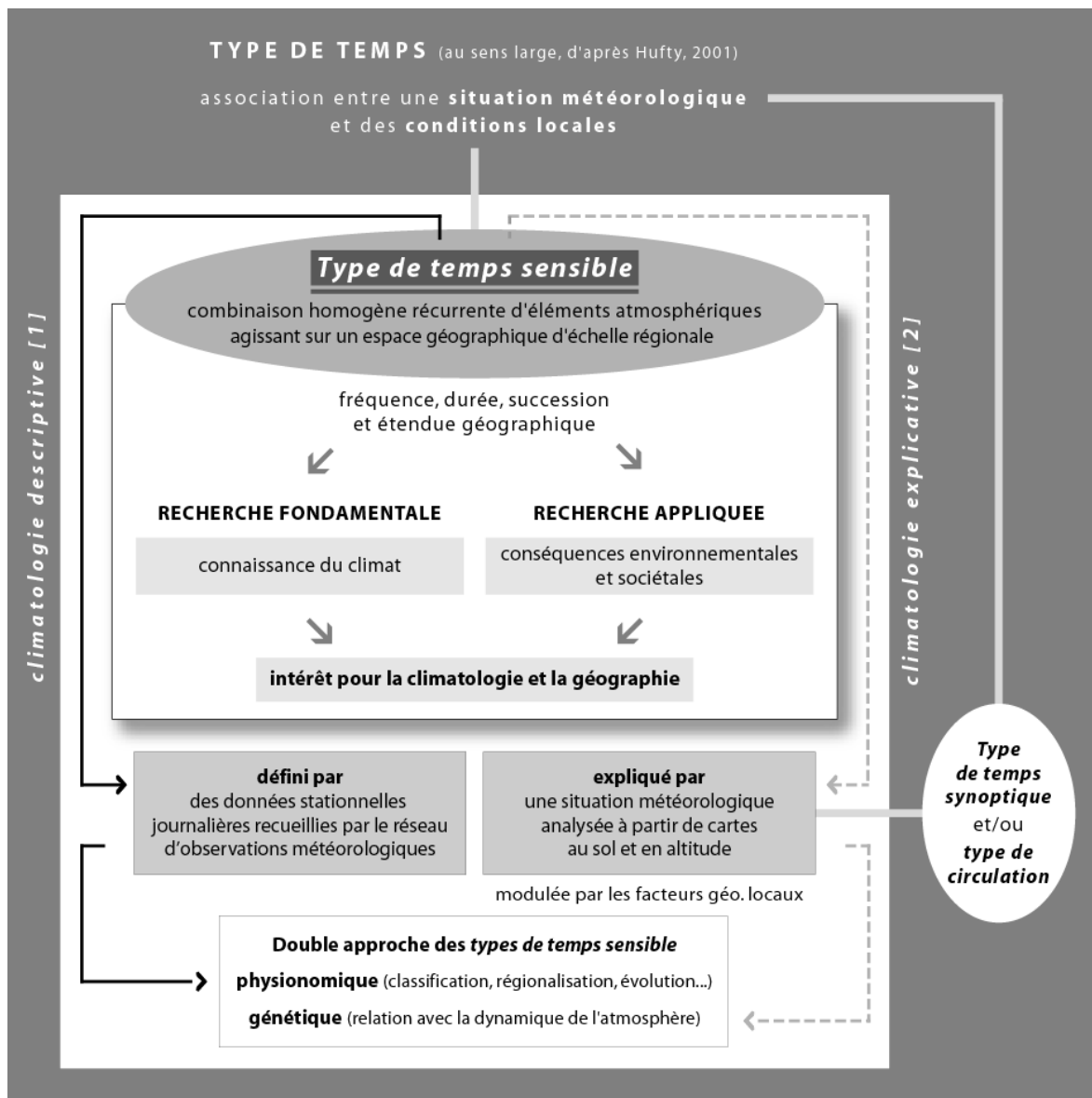


Figure 19 : Organigramme de synthèse pour une approche de la climatologie par les *types de temps sensibles*

✓ En tant que géographe, si le cœur de cible de mes recherches est avant tout de proposer une description précise du climat, la dimension explicative (en relation avec la dynamique de l'atmosphère) n'est pas absente de mes préoccupations. Cette lecture complémentaire permet d'accéder à la compréhension des phénomènes, donc potentiellement à leur prévision et à une meilleure prévention des *types de temps sensibles* porteurs de risques (inondations, tempêtes, neige, verglas...). Cette double préoccupation du géographe-climatologue se traduit par l'intégration d'une approche explicative des *types de temps sensibles* fondée principalement sur leur croisement avec les *types de circulations* (figure 19).

Dans cette optique, de nombreuses études s'attachent à décrypter la « complexité de la relation causale situation-temps » (Hufty, 2001). Le terme « complexe » suppose que la relation de causes à effets n'est pas uniquement « descendante » (du synoptique au local), sans quoi nous pourrions

nous limiter à l'analyse des *types de temps synoptiques* pour en déduire mécaniquement les *types de temps sensibles* à une échelle inférieure ! L'observation de la diversité spatiale à échelle fine des *types de temps sensibles* démontre le rôle des éléments géographiques entrant en interaction avec l'atmosphère et occasionnant une multitude de déclinaisons possibles à partir d'un même *type de circulation*. C'est pourquoi la géographie occupe une place centrale dans la connaissance des *types de temps sensibles* car « *la même circulation atmosphérique n'a pas les mêmes effets sur des milieux géographiques non similaires* » (Carrega, 2004). Un marais ou un plan d'eau, par exemple, engendreront systématiquement une interface plus chargée en humidité conduisant à des conditions plus propices à la formation de brouillard quand les conditions synoptiques sont anticycloniques (sous entendu claires et calmes). À l'inverse, sous les mêmes conditions synoptiques, le développement des surfaces minérales imperméables dans les grandes agglomérations majorent le bilan énergétique, ce qui entraîne une diminution moindre des températures nocturnes (îlot de chaleur urbain) et la disparition corrélative des brouillards de rayonnement, comme nous le verrons plus en détail par la suite.

• De la caractérisation des *types de temps sensibles* aux éléments explicatifs de leur genèse, ces quelques réflexions soulignent le positionnement privilégié de mes recherches en tant que géographe à l'interface des sciences de l'atmosphère et des sciences humaines et sociales, ainsi que du lien nécessaire et enrichissant entre la recherche fondamentale et appliquée.

Pour illustrer ce positionnement et présenter mon expérience en la matière antérieure à ce mémoire, voici deux exemples pris en région parisienne et dans l'Est du pays (indépendants thématiquement et géographiquement des travaux du volume 2 « Publications »).

2. Retour d'expériences sur les *types de temps*.

Dans cette sous partie, nous allons démontrer par l'exemple l'intérêt d'une lecture du climat à partir des *types de temps* croisant les approches physiologique (description) et génétique (explication). Nous verrons que la caractérisation des *types de temps sensibles* ne consiste pas en l'application d'une procédure toujours identique car elle repose sur une classification qui dépend de l'objet d'étude. Parallèlement, nous montrerons comment le recours à l'analyse de la situation météorologique est un élément indispensable pour une explication rationnelle des particularités du temps local (cf. figure 19). Dans le premier exemple, la formation de l'*îlot de chaleur urbain* parisien insistera sur la complexité des relations causales entre *types de circulations* et *types de temps* ; dans le second exemple, la souffrance des hommes durant la Grande Guerre sera un révélateur des diverses combinaisons atmosphériques à fortes contraintes.

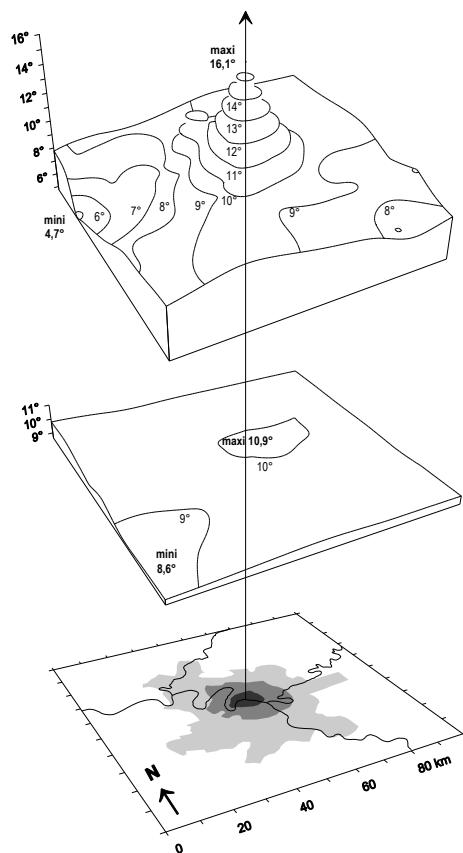
2.1. L'*îlot de chaleur urbain* (ICU) parisien selon les *types de temps*

Dans cet exemple (adapté d'après Cantat, 2004), l'anomalie thermique urbaine est considérée comme un « objet » géographique dont l'étude s'insère principalement dans le cadre de la recherche fondamentale (connaissance des topoclimats) et secondairement de la recherche appliquée (analyse des impacts environnementaux et sociétaux). La démarche suivie repose sur l'enchaînement de plusieurs étapes : la première consiste à chercher le(s) *type(s) de temps sensible(s)* responsable(s) d'un ICU ; la deuxième à chercher le(s) *type(s) de circulation(s)* responsable(s) de ce(s) *type(s) de temps sensible(s)* ; la troisième à regarder si à chacun de ce(s) *type(s) de circulation(s)* correspond effectivement un ICU. Notons que l'analyse est particulière car

l'objet d'étude étant lui-même un élément du climat (température), il est par conséquent **à la fois acteur et dépendant du type de temps sensible**.

Comme pour tout climat local, l'établissement de conditions météorologiques originales au-dessus de la ville dépend fortement du *type de circulation* qui favorise ou non une forte différenciation spatiale à échelle fine du bilan d'énergie en fonction des modes d'occupation du sol.

Concrètement, les températures nocturnes au centre de Paris sont en moyenne environ 3°C plus élevées que celles régnant sur la campagne environnante. Mais, au-delà de cette valeur, l'élément le plus remarquable est que l'intensité et la forme de l'ICU varient beaucoup d'un jour à l'autre : selon les *types de temps* l'écart urbain/rural peut ainsi passer de 0 à plus de 10°C (figure 20).



Exemple de **fort ICU**

le 30/09/1997 : Δt maxi = +11,4°C

Type de circulation « anticyclonique »

avec au sol un temps sensible clair et calme

Exemple de **faible ICU**

le 25/02/1997 : Δt maxi = +2,3°C

Type de circulation « dépressionnaire »

avec au sol un temps sensible couvert et venteux

Paris et son agglomération

(carte représentant une aire totale de 10.000 km²)

Le *gris sombre* matérialise la Ville de Paris (93 km²), le *gris moyen* la proche banlieue (467 km²) et le *gris clair* l'agglomération (1.970 km²).

Total agglomération = 2.530 km²

Figure 20 : L'influence des *types de temps* sur l'intensité et la forme de l'îlot de chaleur urbain parisien

Pour clarifier notre propos, commençons par évoquer rapidement la rétroaction de l'ICU sur le *type de temps sensible* car cela ne rentre pas ici directement dans notre problématique.

2.1.1. L'ICU peut être étudié comme un élément agissant sur le type de temps sensible...

... puisque sa formation « entraîne une hétérogénéité, dans l'espace, de la répartition de divers paramètres météorologiques liés à la température des très basses couches : gradient thermique vertical, humidité, nébulosité, brumes et brouillards, etc. » (Dettwiller 1970). Ainsi, les statistiques montrent que l'excédent de chaleur empêche la formation des brouillards de rayonnement nocturne au centre de l'agglomération et favorise l'élévation de la base des nuages bas (Escourrou 1983, Cantat 1993). Une nette amélioration des conditions de visibilité est également perceptible en banlieue parisienne (Barrot 1970, Le Guischer et Tschirhart 1981, Janicot 1984, Cantat 1984). Cette évolution a été favorable au trafic aérien des aéroports de

proche banlieue d'Orly et du Bourget qui ont vu la fréquence et la durée des brouillards diminuer notablement parallèlement au développement de l'urbanisation. Par temps stable (secteur chaud des perturbations), le faible excédent résiduel de chaleur sur Paris occasionne des précipitations plus atténuées et moins durables qu'en dehors de l'agglomération. Au contraire, par forte instabilité convective, les nuages cumuliformes apparaissent souvent plus développés en raison de la surchauffe dans les basses couches qui accroît le gradient vertical, renforçant l'intensité des averses sous le vent de l'agglomération (Calvet 1980, Escourrou 1980, Cantat 1988a).

2.1.2. L'ICU peut être considéré comme un élément dépendant du type de temps sensible...

...puisque sa présence est étroitement corrélée à l'occurrence de conditions claires et calmes au sol (figure 21). Ces conditions sont elles-mêmes tributaires, généralement, d'un type de circulation induit par des hautes pressions dynamiques favorisant la subsidence (ciel clair) et une faible dynamique horizontale de l'atmosphère (vent réduit) (figure 22).

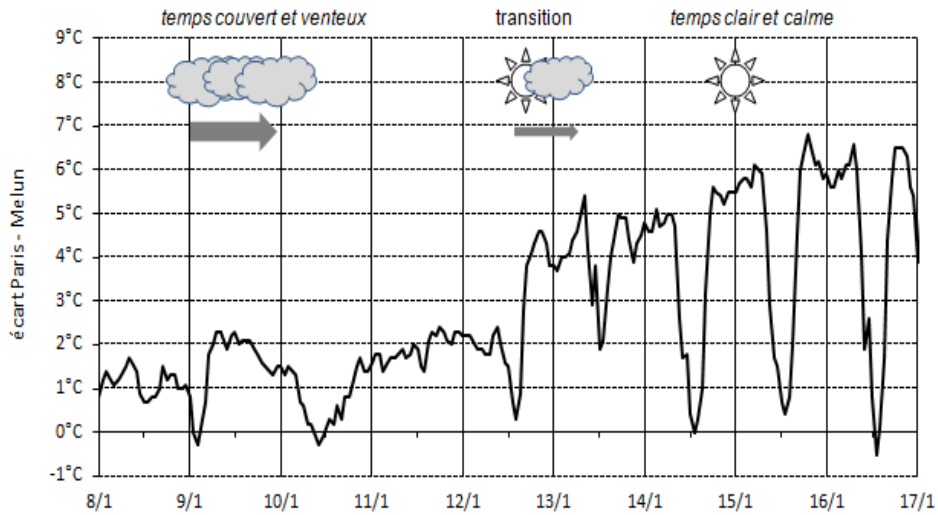


Figure 21 : L'influence des types de temps sensibles sur les variations intra et inter-journalières de l'ICU (écarts des températures horaires entre Paris-St-Jacques et Melun du 8 au 16 janvier 1997)

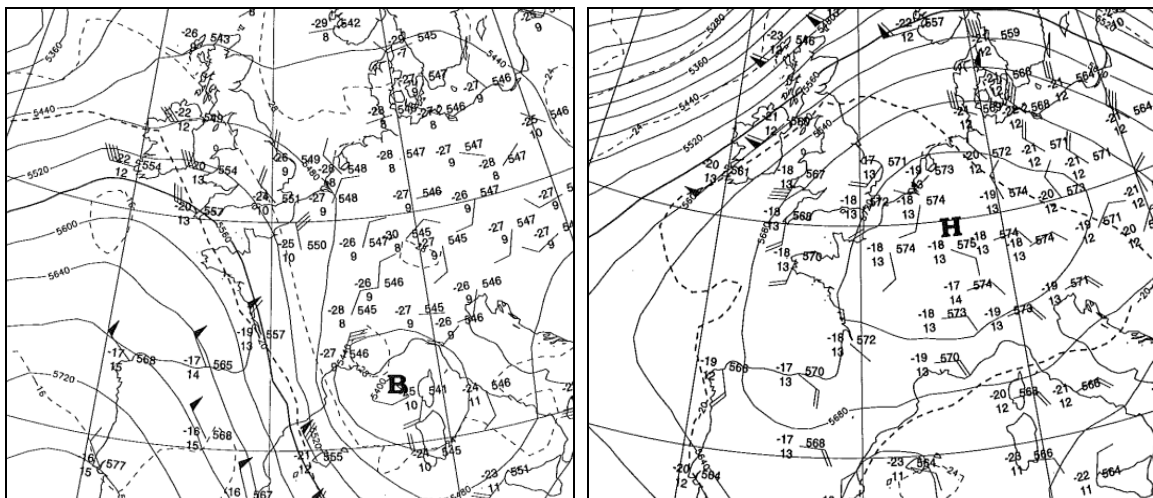


Figure 22 : La situation météorologique en altitude (500 hPa) durant la séquence du 8 au 17 janvier 1997. À gauche, le 10 janvier à 12 h UTC : basses pressions dynamiques (B) ; flux rapide perturbé de Nord (30 kts) À droite, le 14 janvier 1997 à 12 h UTC : hautes pressions dynamiques (H) ; flux faible de Sud (10 kts)

Source Météo-France : https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=129&id_rubrique=29

Revenons maintenant plus en détail sur **les mécanismes de formation de l'ICU** car ils illustrent **concrètement la complexité des relations causales entre les types de circulation et les types de temps sensibles**, thème qui est ici au cœur de notre réflexion.

Une analyse statistique souligne l'influence essentielle de la nébulosité et du vent sur la formation de l'ICU (figure 23), les autres paramètres atmosphériques apportant une information non discriminante.

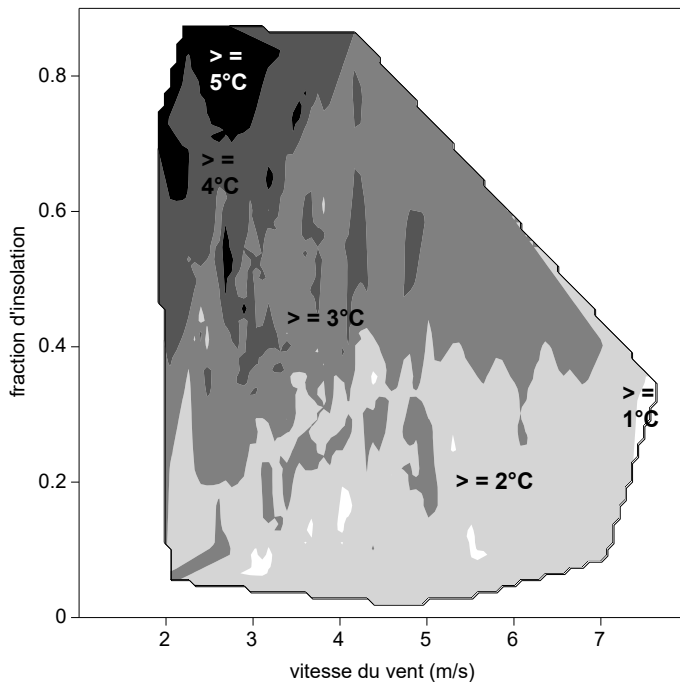


Figure 23 : Rôle de la vitesse du vent et de la fraction de ciel clair sur l'intensité de l'ICU nocturne parisien (représentation graphique en thermo-isoplèthes à partir de la différence de température minimale entre le centre de Paris et la campagne environnante sur les 360 décades allant de 1990 à 1999).

Cette figure traduit la double dépendance majeure de l'ICU : la « poche » des valeurs $> 5^{\circ}\text{C}$ englobe approximativement des conditions de fraction d'insolation supérieure à 70% et des vitesses de vent moyen inférieures à 3 m/s. Inversement, par vent supérieur à 7 m/s et/ou ciel fortement couvert l'ICU tend à disparaître.

L'association de ces deux composantes permet d'identifier un *type de temps sensible* unique pour la formation d'un ICU : des conditions locales **claires et calmes** (les deux doivent être présentes simultanément). Plus globalement, l'étude des variations d'intensité de l'ICU permet alors d'établir un fort lien de causalité entre *types de circulations* et *types de temps sensibles*.

1. contexte dépressionnaire → vent et nuages → faible ICU (figure 24)
2. contexte anticyclonique → temps clair et calme → fort ICU (figure 26)

Dans les faits ce n'est pourtant pas systématiquement le cas. Au-delà de ces cas de figure les plus fréquents, **des écarts de température inattendus entre la ville et la campagne peuvent se produire lors de types de circulations a priori peu compatibles avec leur formation** (figures 25 et 27). La connaissance de la structure verticale de l'atmosphère donne alors un éclairage nouveau à ces « anomalies » dans l'intensité et la forme de l'ICU.

Pour illustrer **les cas « conformes » et « non-conformes »**, les relations entre *types de circulations*, *types de temps sensibles* et ICU sont précisées ci-après par **quatre exemples représentatifs**. À l'aide du croisement de cartes, de radiosondages²³ et de données stationnelles représentatives du contraste urbain/rural, les six pages suivantes démontrent la complexité des relations causales.

²³ Les radiosondages permettent de mieux appréhender les mécanismes de formation de l'ICU grâce à la mise en évidence de combinaisons atmosphériques génératrices de couvertures nuageuses à différentes altitudes ou au contraire d'éclaircies sur toute la colonne d'atmosphère.

► **Situation synoptique et profil vertical de l'atmosphère par faible ICU**²⁴

- situation « classique » : exemple du 18 décembre 1999 (figure 24)

En ce 18 décembre 1999, l'ICU a pratiquement disparu (+ 0,2°C). Il s'agit d'un exemple typique de circulation cyclonique perturbée. Entre les très bas géopotentiels centrés sur la Mer Baltique et les hauts géopotentiels des Açores (figure 24c), on observe une circulation d'ouest à nord-ouest rapide où se succèdent des fronts (figure 24a). Nous sommes dans le secteur chaud de la perturbation en présence d'une masse d'air totalement saturée dans les basses couches et d'un vent rapide au sol et plus encore en altitude (figure 24b).

Le ciel couvert (fraction d'insolation nulle) et la force du vent au sol (7 m/s à Melun à 06 UTC et 4 m/s à Trappes à 00 UTC) empêchent alors la formation de l'ICU. Cette situation est très fréquente en hiver, période préférentielle des flux d'ouest perturbés, en relation avec la balance saisonnière des centres d'action barométrique qui amènent plus ou moins directement à nos latitudes des masses d'air polaire maritime fraîches et humides. La persistance de ces *types de temps sensibles* nébuleux et venteux sur parfois plusieurs semaines consécutives explique la très grande majorité (56%) des très faibles ICU décennales pour cette seule saison.

- situation « atypique » : exemple du 21 décembre 1999 (figure 25)

Trois jours plus tard, l'ICU est presque toujours aussi peu marqué (+0,6°C), pourant la situation synoptique paraissait a priori beaucoup plus propice à sa formation. Au sol comme en altitude (figures 25a et 25c), les basses pressions se sont éloignées vers le nord-est de la Scandinavie, en mer Barents, tandis que les hautes pressions d'origine subtropicale se prolongeaient vers l'Europe occidentale jusqu'à la Scandinavie sous forme d'une dorsale et même d'une petite cellule anticyclonique de 1030 hPa centrée sur le Luxembourg. En région parisienne, malgré des hautes pressions (1029,4 hPa), si le vent est faible, en revanche le ciel reste couvert (fraction d'insolation = 2%). Le radiosondage de Trappes montre une quasi saturation de l'air dans les cinq cents premiers mètres de l'atmosphère (96%), alors qu'au-dessus le temps est clair, sec (25%) et relativement calme (3 m/s) « conformément » au contexte barométrique (figure 25b). À cette saison, l'humidité du sol et le refroidissement créent fréquemment une forte nébulosité dans les basses couches : une seule des deux conditions *sine qua non* étant donc remplie (air calme), la formation de l'ICU est donc neutralisée... Ainsi les périodes anticycloniques d'automne et d'hiver, qui constituent des ruptures temporaires dans la succession des perturbations d'ouest, n'offrent-elles pas souvent des forts ICU.

²⁴ - les cartes au sol et en altitude (surface 700 hPa) sont issues du Bulletin Météorologique Européen (BME) : la lettre H (High) correspond aux anticyclones (carte au sol) et aux hauts géopotentiels (carte d'altitude), la lettre L (Low) aux dépressions et bas géopotentiels ;

- les informations météorologiques du jour sont fournies par Météo-France ;

- les profils verticaux dans les basses couches de l'atmosphère proviennent des sondages effectués par Météo-France mais archivés par le site du Department of Atmospheric Science de l'Université du Wyoming (adresse du site internet en fin de bibliographie).

Fig. 24a : Situation au sol, le 18 décembre 1999 à 00 UTC

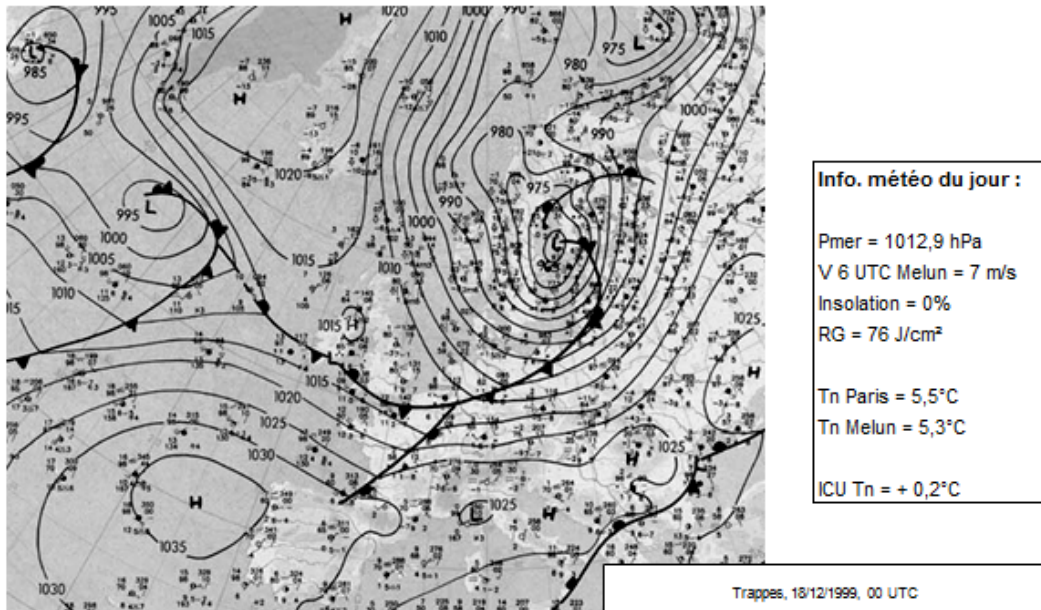


Fig. 24b : Profil vertical à 00 UTC dans les basses couches de l'atmosphère (du sol à 1500 m environ) : température (T°), température du point de rosée (Td) humidité relative (U) et vitesse du vent (Vv) (données Météo-France archivées par l'Univ. du Wyoming)

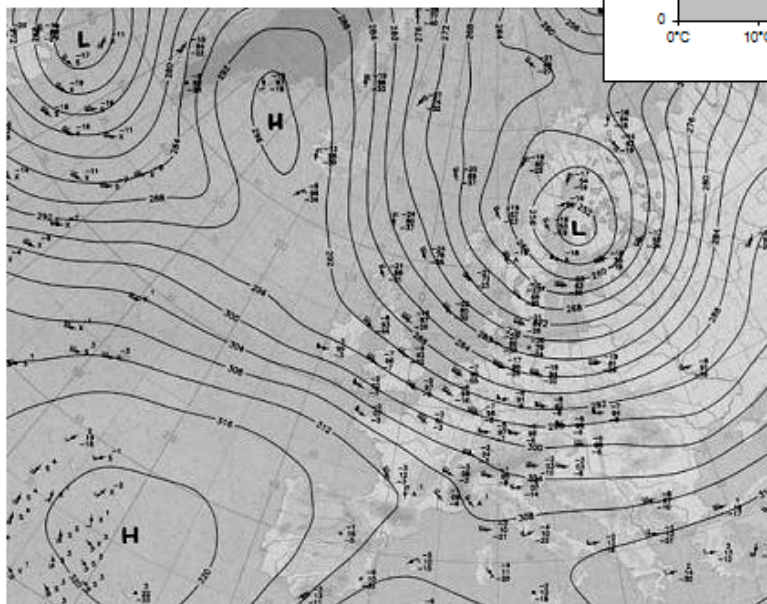
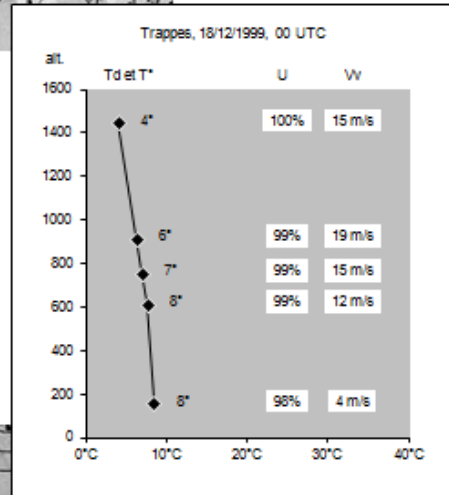


Fig.24c : Situation à 700 hPa, le 18 décembre 1999 à 12 UTC

Figure 24 : Situation synoptique classique par faible ICU (18/12/1999) (situation météorologique marquée par un flux d'Ouest perturbé)

Fig. 25a : Situation au sol, le 21 décembre 1999 à 00 UTC

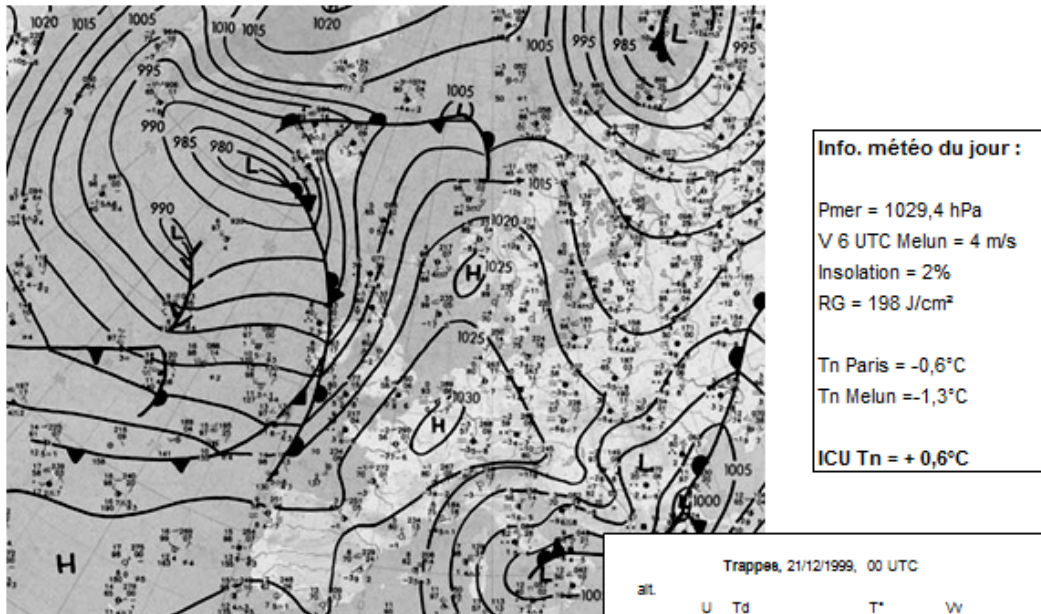


Fig. 25b : Profil vertical à 00 UTC dans les basses couches de l'atmosphère (du sol à 1500 m environ) : température (T°), température du point de rosée (Td) humidité relative (U) et vitesse du vent (Vv) (données Météo-France archivées par l'Univ. du Wyoming)

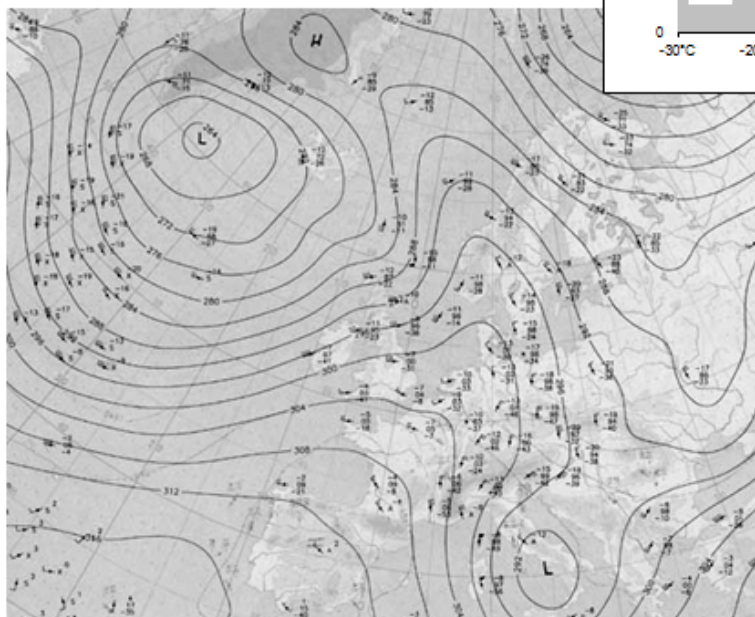
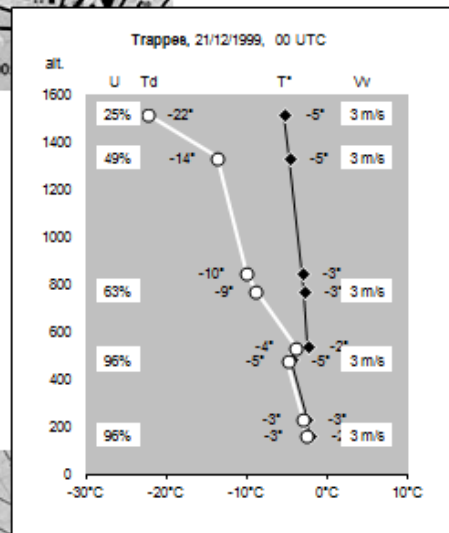


Fig. 25c : Situation à 700 hPa, le 21 décembre 1999 à 12 UTC

Figure 25 : Situation synoptique atypique par **faible ICU** (21/12/1999) (situation météorologique marquée par des hautes pressions au sol et en altitude)

► Situation synoptique et profil vertical de l'atmosphère par fort ICU

- situation « classique » : exemple du 1er août 1999 (figure 26)

Le 1er août 1999, un temps clair et calme règne sur pratiquement toute l'Europe, en relation avec des hautes pressions dynamiques centrées sur la Mer Baltique qui rejettent sur l'Atlantique et l'Océan Arctique les perturbations océaniques (figures 26a et 26c). Cette situation illustre le cas le plus fréquent des forts ICU, avec un renforcement possible de son intensité dû à un emmagasinement calorifique durant plusieurs jours consécutifs de « beau temps » (effet cumulatif). Si la pression au sol à Paris n'est pas très élevée (1014,4 hPa), ce qui est fréquent en été, les cartes nous montrent toutefois une très nette influence anticyclonique. L'espacement des isobares occasionne une absence totale de vent (0 m/s à Trappes et Melun). La sécheresse de l'air dans toute la colonne d'atmosphère (entre 34 et 57% dans les 1500 premiers mètres, figure 26b) favorise un fort ensoleillement. Nous sommes en fait dans une période chaude et sèche qui dure depuis environ une semaine. La chaleur accumulée dans la journée par les matériaux urbains depuis plusieurs jours limite le refroidissement nocturne dans Paris : les valeurs minimales restent supérieures à 20°C (21,2°C à St-Jacques), contre 11 à 15°C sur la campagne (13,8°C à Melun). Par ailleurs, nous observons déjà à 00 UTC le début de formation d'une légère inversion de température, phénomène observé systématiquement lors des ICU marqués.

- situation « atypique » : exemple du 6 août 1999 (figure 27)

Le 6 août 1999, la configuration barométrique a totalement changé : en altitude, les hauts géopotentiels scandinaves qui protégeaient l'Europe occidentale ont disparu alors que les bas géopotentiels océaniques ont migré du centre de l'Atlantique vers l'Irlande. Au sol, la situation est plus confuse : des fronts parcourent en tous sens l'océan et le continent. À 06 UTC, la région parisienne se trouve prise dans un flux de sud, entre un front occlus qui s'évacue lentement vers le nord de l'Angleterre et un front chaud qui remonte progressivement de la vallée de la Loire. À Paris, la pression au sol est relativement basse (1011,5 hPa), un marais barométrique affecte une grande partie de l'Europe. Si ce n'est le vent faible (entre 0 et 1 m/s au sol et dans les très basses couches), les conditions ne semblent guère propices à la formation d'un ICU...

L'ICU de +6,5°C paraît dans ces conditions remarquablement élevé. Il s'explique en fait par la conjugaison de trois phénomènes :

- à cette saison, entre les passages frontaux la puissance du rayonnement solaire peut assécher l'atmosphère et occasionner de longues plages de ciel clair (49% d'insolation) ;

- le dégagement des nébulosités est favorisé par un phénomène de divergence-subsidence en altitude (fig. 27c) qui se marque par un sec en altitude (fig. 27b). Cette origine dynamique permet aux éclaircies de se produire durant la nuit. Associées au vent calme, la mise en place des mécanismes de l'ICU est possible ;

- le temps plus perturbé qui se met en place sur l'Europe occidentale a été précédé par une longue période de beau temps (cf. 1er août) où la chaleur solaire a pu s'accumuler dans les matériaux. Ainsi, à la faveur d'une éclaircie nocturne le différentiel ville/campagne est encore très marqué.

Pour une approche explicative complète de l'ICU, ces quelques observations relevant de la climatologie synoptique traduisent la nécessité d'envisager l'atmosphère comme un tout indivisible, les phénomènes de basses couches qui nous intéressent tout particulièrement dépendant étroitement de la structure verticale de l'atmosphère dans son ensemble qui elle-même découle en grande partie, mais pas exclusivement, de la configuration météorologique à échelle large (type de circulation).

Fig. 26a : Situation au sol, le 1er août 1999 à 00 UTC

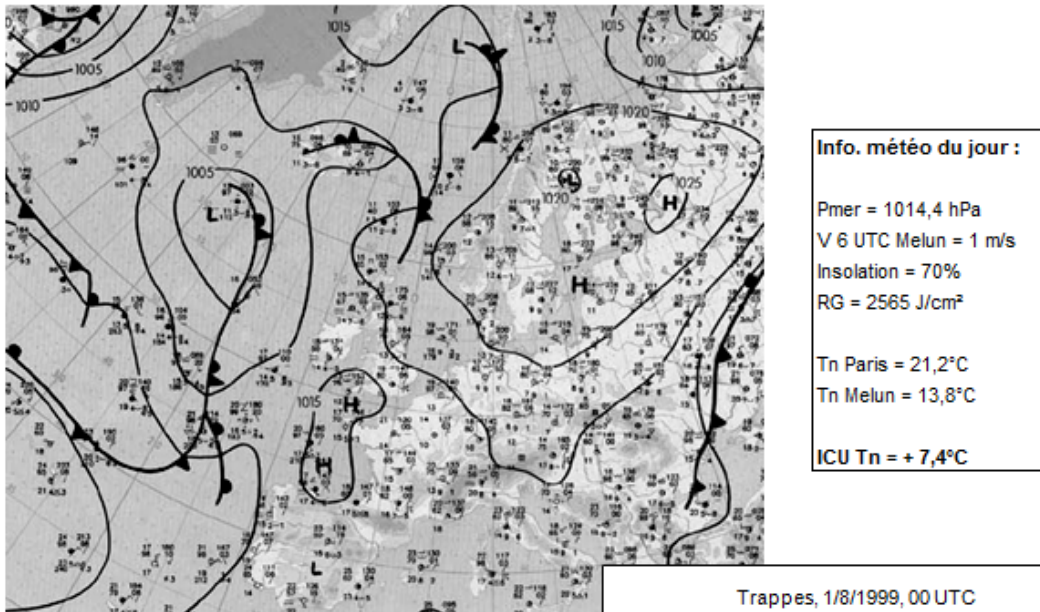


Fig. 26b : Profil vertical à 00 UTC dans les basses couches de l'atmosphère (du sol à 1500 m environ) : température (T°), température du point de rosée (Td) humidité relative (U) et vitesse du vent (Vv) (données Météo-France archivées par l'Univ. du Wyoming)

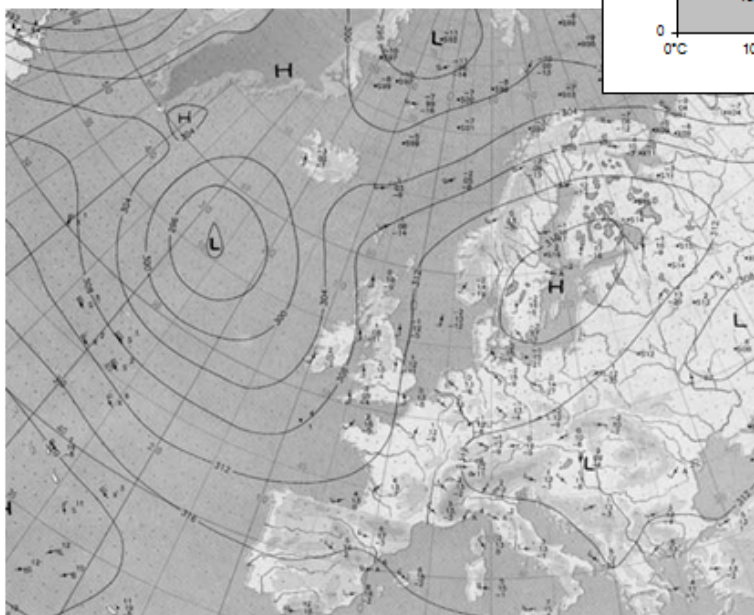
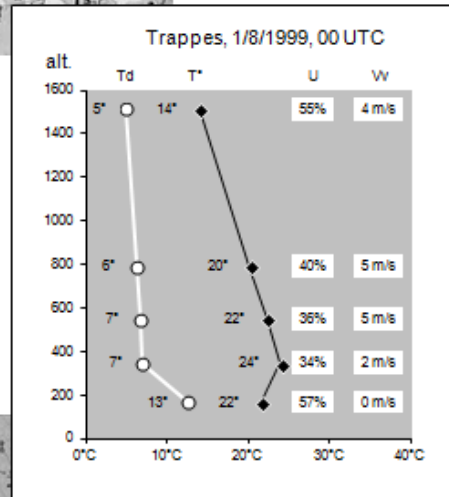


Fig. 26c : Situation à 700 hPa, le 1er août 1999 à 12 UTC

Figure 26 : Situation synoptique classique par fort ICU (01/08/1999) (situation météorologique marquée par des hautes pressions au sol et en altitude)

Fig. 27a : Situation au sol, le 6 août 1999 à 00 UTC

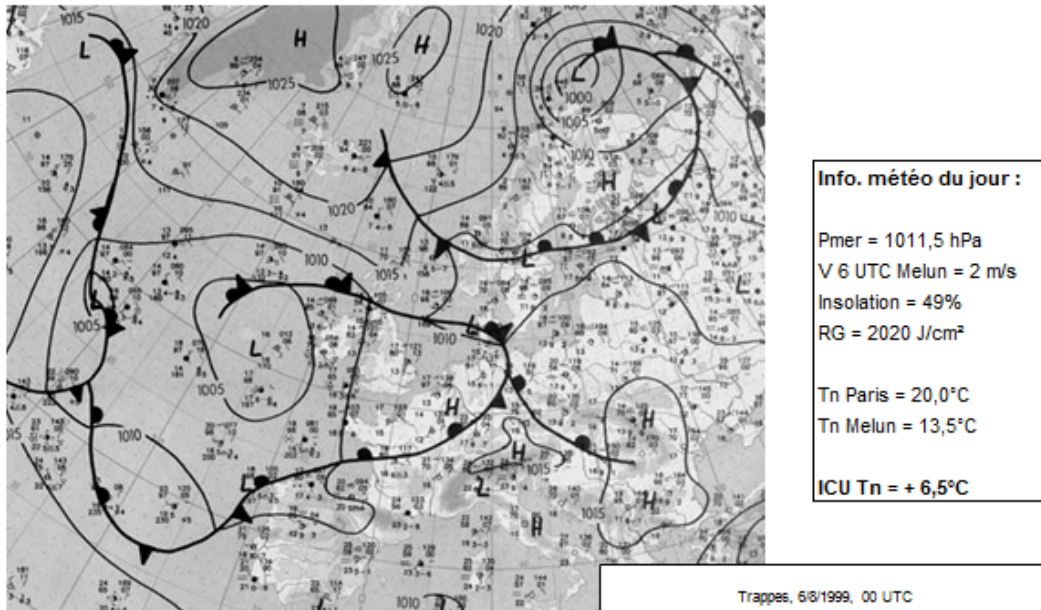


Fig. 27b : Profil vertical à 00 UTC dans les basses couches de l'atmosphère (du sol à 1500 m environ) : température (T^s), température du point de rosée (Td) humidité relative (U) et vitesse du vent (Vv) (données Météo-France archivées par l'Univ. du Wyoming)

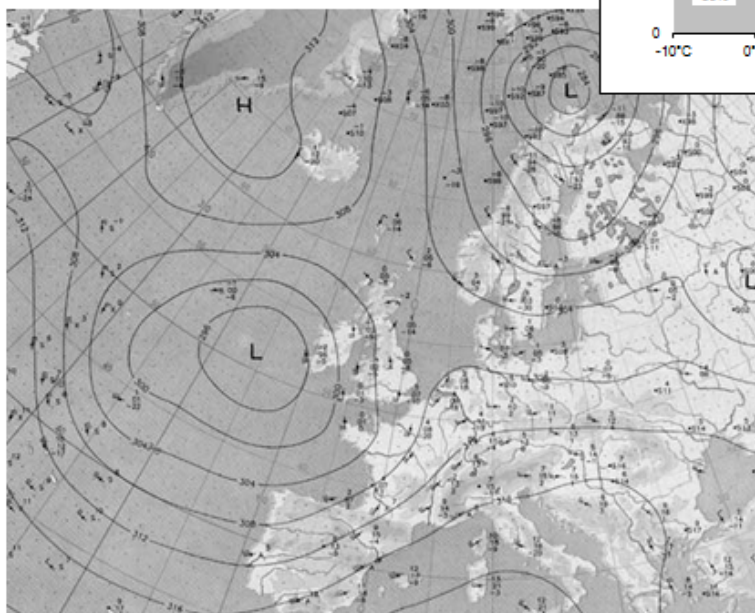
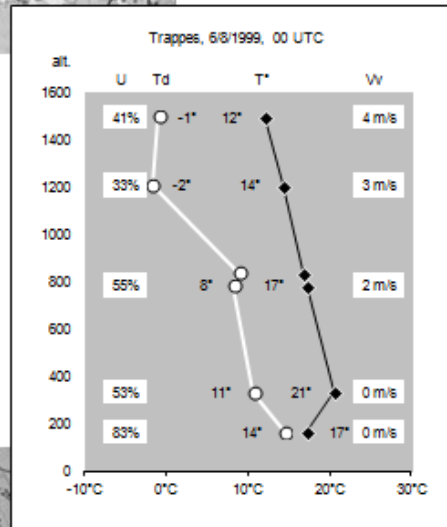


Fig. 27c : Situation à 700 hPa, le 6 août 1999 à 12 UTC

Figure 27: Situation synoptique atypique par **fort ICU** (06/08/1999) (situation météorologique marquée par un marais barométrique)

2.1.3. Les impacts de l'ICU en période de canicule : le renforcement du risque sanitaire

Pour illustrer l'importance de la prise en compte des *types de temps sensibles* en milieu urbain, voici quelques éléments relatifs à la période de canicule de l'été 2003 générée par un *type de circulation* provoquant l'advection d'une masse d'air tropical continental clair et sec. La combinaison de conditions très chaudes, ensoleillées, sèches et relativement calme généra un risque sanitaire majeur, renforcé en ville par des températures encore plus élevées et une ventilation plus faible.

La démonstration repose ici uniquement sur la comparaison des températures entre une station rurale (Melun) et une station située au cœur de l'agglomération parisienne et enclavée dans un environnement très minéral (Courbevoie, au nord-ouest immédiat de Paris) (figure 28).



Figure 28: L'environnement de la station de Courbevoie en région parisienne (source Google Earth)

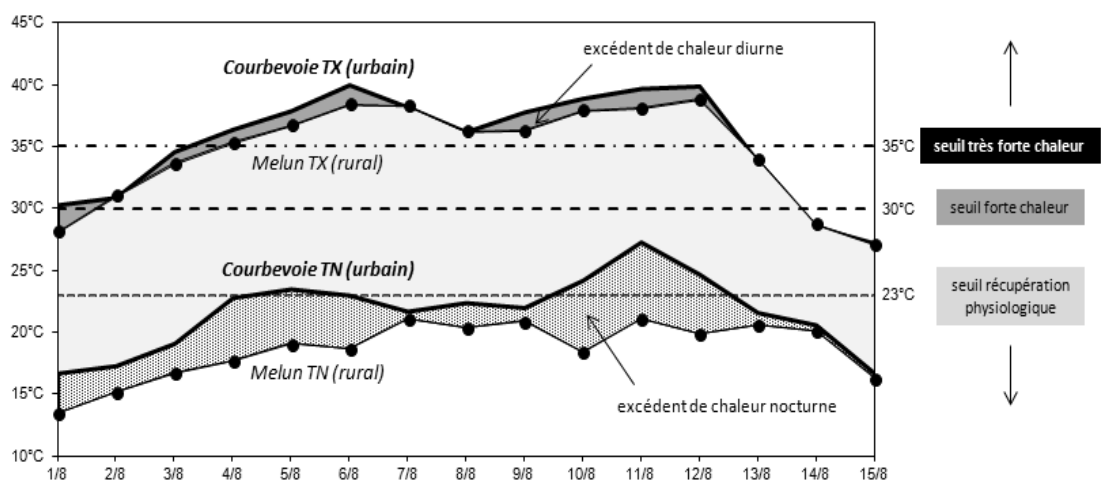


Figure 29 : Températures journalières minimales et maximales durant la 1^{ère} quinzaine du mois d'août 2003 à Melun (rural, ligne mince avec ronds) et à Courbevoie (urbain, ligne épaisse).

Sur la figure 29, on constate que les valeurs extrêmes n'en sont que plus extrêmes en ville ; le différentiel est présent le jour mais surtout la nuit avec un caractère étouffant lié à l'urbanisation.

Le risque sanitaire engendré par ces valeurs exceptionnelles est donc **amplifié en milieu urbain**. Il prend même un tour beaucoup plus concret si l'appréciation des contraintes thermiques s'envisage par la durée combinée du stress physiologique dû aux fortes chaleurs diurnes ($> 30^{\circ}\text{C}$) et au manque de temps de récupération nocturne ($< 23^{\circ}\text{C}$).

D'après la figure 30, on constate alors que les « urbains » souffrent de l'excès de chaleur diurne beaucoup plus longuement que les « ruraux » (14,7 h/jour à Courbevoie contre 11,3h/jour à Melun) et que la phase nocturne accrut le mal-être avec une durée de récupération très courte limitée en moyenne à 1,4h/nuit contre 5,5 h/nuit dans la campagne environnante. Ces températures prises sous abri normalisé ne rendent bien entendu pas compte de la température réelle dans les logements dont certains, mal isolés et/ou situés directement sous les toits, constituaient de véritables pièges à chaleur (valeurs supérieures à 40°C).

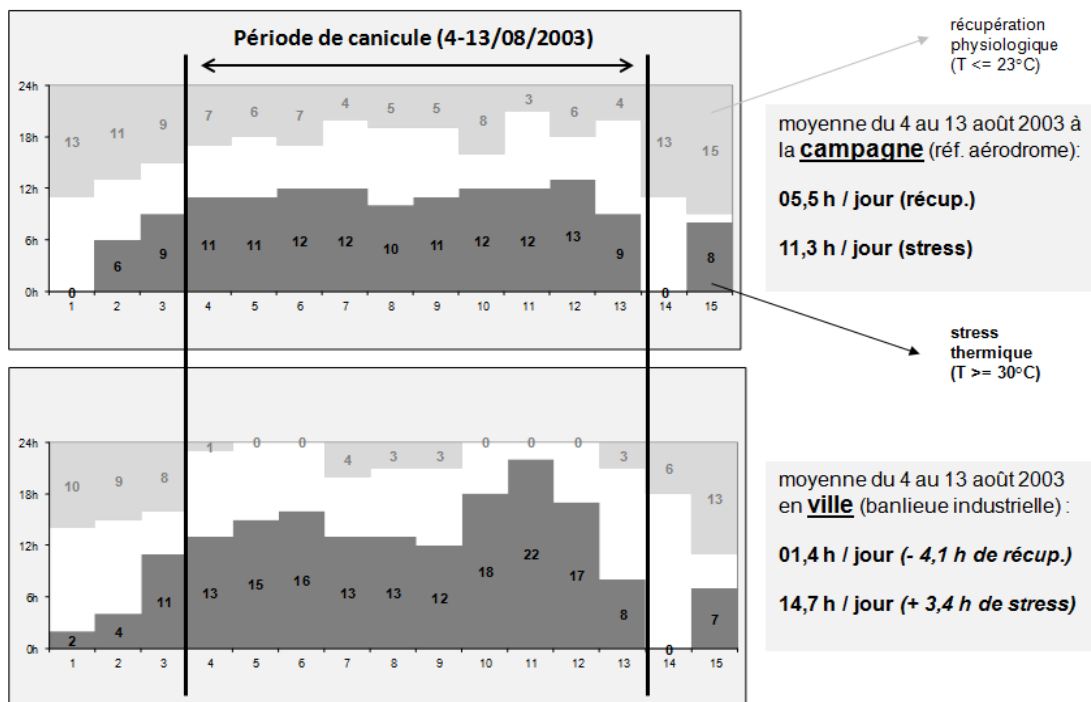


Figure 30 : Durée journalière à Melun (rural) et à Courbevoie (urbain) des phases de repos physiologique ($T < 23^{\circ}\text{C}$) et de stress thermique ($T \geq 30^{\circ}\text{C}$) durant la première quinzaine d'août 2003.

Concernant cette dimension appliquée de la recherche en climatologie urbaine, rappelons cependant que l'appartenance au climat tempéré océanique des latitudes moyennes procure en règle général peu de situations à risques sanitaires majeurs pour la région parisienne. L'urbanisation atténue même l'intensité des risques liés au froid en raison de la présence de l'ICU (diminution de l'intensité et de la durée des grands froids, de l'occurrence des brouillards et des phénomènes glissants). Toutefois, il existe d'autres configurations synoptiques durant lesquelles l'urbanisation renforce le risque d'origine climatique (aggravation des précipitations instables entraînant des inondations ; canalisation des vents par le bâti provoquant des chutes d'arbres, de tuiles... ; concentration de la pollution atmosphérique en période d'inversion thermique, etc). Enfin, rappelons que les conséquences réelles de ces *types de temps sensibles à risques* en milieu urbain ne peuvent être envisagées dans la pratique qu'à partir du croisement de ces combinaisons atmosphériques (aléas) avec la susceptibilité/vulnérabilité des milieux, des biens et des personnes.

Pour conclure sur cet exemple, on retiendra que la très forte variabilité inter-journalière de l'îlot de chaleur urbain parisien peut être considérée comme un révélateur du caractère très changeant des *types de temps sensibles* à « nos » latitudes moyennes, imposé à une échelle plus large par la configuration barométrique (étudiée généralement à partir de cartes synoptiques ou de calendriers des *types de circulation*). Il en est de même pour tous les topoclimats.

Plus globalement, pour prédire l'établissement de **conditions topoclimatiques contrastées** et envisager leurs possibles effets sur la nature et sur les hommes, cela revient donc à **prévoir un temps clair et calme...** Ce *type de temps sensible* s'observe préférentiellement lors des périodes anticycloniques, ce qui relève bien en amont de la connaissance des *types de circulation*. Or, si les centres météorologiques sont capables de prévoir avec une assez grande fiabilité la situation synoptique à courte et moyenne échéance, en revanche la prévision des *types de temps sensibles* reste toujours plus délicate car ils s'observent à des échelles plus fines que la maille des modèles. En situation anticyclonique, il arrive ainsi fréquemment que des phénomènes de basses couches viennent « brouiller » la qualité globale d'une prévision. Quand il s'agit de nuages bas, cela remet alors totalement en cause les mécanismes de formation des topoclimats en bloquant les différentiels radiatifs entre les diverses composantes de l'espace géographique. La connaissance du « terrain » des chefs prévisionnistes est alors essentielle pour interpréter les sorties de modèles et adapter les prévisions à l'échelle locale, en fonction de facteurs géographiques comme la présence d'une grande agglomération, d'un lac ou d'une forêt. Cette science permet alors de fournir des données plus en phase avec les besoins de la recherche appliquée, comme par exemple pour la prévision de verglas routier (Epicum, 2004) ou de vent de sable (Nouaceur, 2004).

2.2. Les types de temps sensibles à forte contrainte durant la Grande Guerre²⁵

Dans ce second exemple, une chronique des *types de temps sensibles* a été produite pour rendre compte des contraintes vécues par les soldats dans les tranchées lorraines et champenoises de la Grande Guerre. Il s'agit donc d'un **exemple de types de temps sensibles « perçus » et « subis »**.

Dans les lettres à leurs proches, les carnets de route et les journaux d'époque, les combattants de la 1^{ère} Guerre Mondiale sont nombreux à évoquer les difficultés liées au « temps qu'il fait ». La fréquence des témoignages météorologiques peut s'expliquer en partie par la censure mais, le plus souvent, il ne s'agit pas que de simples allusions anodines au contexte atmosphérique : la pluie et la boue, le froid et la neige, la chaleur et la soif étaient de véritables « fléaux » qui, au fil des saisons et des années, n'ont cessé d'aggraver les conditions de vie sur le front (Soudagne, 2009). Cette pénibilité découle naturellement des caractéristiques physiques du nord-est de la France : hivers rigoureux et étés chauds ; lignes de relief fortement arrosées et substrats argileux se transformant en boue, comme sur les Hauts de Meuse où se stabilisa le champ de bataille de Verdun.

Pour autant, exista-t-il des périodes de « mauvais temps » véritablement exceptionnelles tant en termes d'intensité, de durée que de fréquence qui justifieraient l'importance accordée, dans les écrits, à la contrainte atmosphérique ? Telle était la question de fond pour laquelle nous nous sommes attelés à la **reconstitution au pas de temps journalier des types de temps sensibles** pour en donner en sortie une grille de lecture fonction de leurs niveaux de contraintes (figure 31).

²⁵ Cette étude de climatologie historique est issue de travaux avec Edwige Savouret (Université de Lorraine), en collaboration avec Jean-Paul Amat (Université Paris-Sorbonne) et Paola Filippucci (University of Cambridge). Pour plus de précisions sur les dimensions historique et météorologique, le lecteur pourra se reporter notamment à un article paru dans le numéro 8 de la revue *Climatologie* en 2011.

novembre 1914/novembre 1917 : ajout des observations des compagnies d'aérostiers

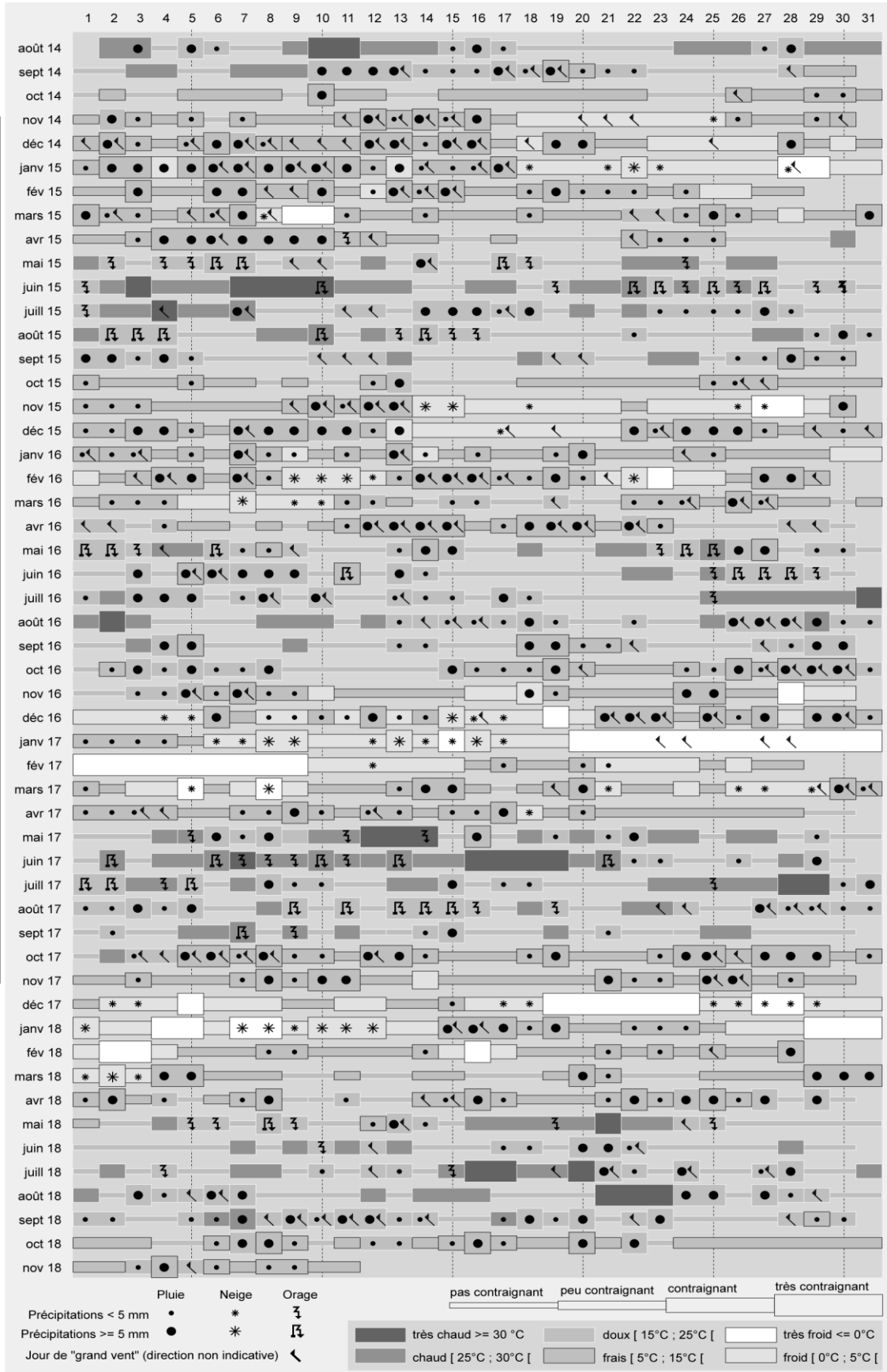


Figure 31 : Chronique 1914-1918 des séquences de temps pour la Marne et la Meuse (Savouret et al., 2010)

Comme dans l'exemple précédent, l'analyse repose sur la détermination des *types de temps sensibles* (contraignants) puis leur croisement avec les *types de circulation*.

2.2.1. La caractérisation et l'explication des types de temps sensibles

✓ **Etablissement d'une chronique journalière des types de temps sensibles**

Considérant que la pluie, la neige, le vent, le froid et la chaleur sont les principaux facteurs météorologiques contraignants pour des soldats plongés dans une guerre de position - facteurs dont tous les récits de combattants mettent en avant le poids des extrêmes - l'objectif de l'étude était d'en définir puis d'en séquencer les périodes d'occurrence.

Les données thermiques et pluviométriques ont d'abord été croisées de manière à individualiser les principales combinaisons du temps qui se succédèrent sur les départements de la Marne et de la Meuse entre 1914 et 1918. Ont ensuite été identifiés les jours marqués par des précipitations neigeuses, lesquelles ont été détectées par la combinaison de températures négatives et de précipitations, puis validées par les tables mensuelles de Commercy et par les observations des aérostiers pour les trois années disponibles de novembre 1914 à novembre 1917. L'introduction des notions de fraîcheur et de douceur affine le ressenti lors des périodes de temps perturbé, naturellement plus contraignantes lorsque les températures maximales sont comprises entre 5 et 15°C (frais) que lorsqu'elles s'établissent entre 15 et 25°C (doux). Les informations issues des sources militaires ont aussi permis de définir les journées d'averses orageuses et de grand vent.

Ces données météorologiques ont permis de définir quatre classes de *types de temps sensibles* en fonction de la souffrance induite pour les hommes vivant dans les tranchées :

Niveau	Caractéristiques météorologiques combinées (<i>types de temps sensibles</i>)
0 : Pas contraignant :	temps doux, TX comprises entre 15 et 25°C (sec et peu venteux)
1 : Peu contraignant :	temps frais, TX comprises entre 5 et 15°C (sec et peu venteux)
2 : Contraignant :	temps chaud, TX comprises entre 25 et 30°C (sec et peu venteux) temps froid, TX comprises entre 0 et 5°C (sec et peu venteux) temps pluvieux/neigeux ou orageux avec des averses < 5 mm (∅ vent et ∅ TX)
3 : Très contraignant :	temps très chaud, TX ≥ 30°C (∅ autres paramètres) temps glacial, TX ≤ 0°C (∅ autres paramètres) temps très pluvieux/très neigeux ou orageux avec des averses ≥ 5 mm (∅ vent et ∅ TX)

Le niveau global de contrainte apparaît dans la chronique proportionnel à la hauteur des rectangles. La longueur des rectangles permet, elle, d'apprécier la durée des séquences (voir compléments en conclusion de cet exemple). La couleur du fond des rectangles rend compte du contexte thermique (du blanc pour le froid au gris foncé pour le chaud). Enfin, le cas échéant, des symboles de deux tailles possibles (petit/grand) ajoutent au contexte thermique le caractère faible/fort à l'origine de la contrainte (pluie, neige, orage, vent).

✓ **L'explication des types de temps sensibles à fortes contraintes par les types de circulations**

Pour la climatologie historique, les cartes de ré-analyses sont d'une utilité majeure car elles offrent une information continue et homogène sur la situation météorologique d'un jour ou d'une période donnés. Grâce à la connaissance de la position des principaux centres d'action barométrique au sol et en altitude, à l'orientation des courants aériens qui en découlent et par déduction de ces deux éléments à la caractérisation des masses d'air qui affectent le pays, ces documents permettent de comprendre l'origine et le déroulement des séquences contraignantes. Mais ces cartes ne sont donc pas suffisantes à elles seules pour caractériser le degré de contrainte subie à l'échelle locale.

Cette vue d'ensemble, accompagnée de cartes représentatives de la situation météorologique²⁶, constitue une base de discussion sur l'exceptionnalité des *types de temps sensibles* subis par les Poilus tout au long de la *Grande Guerre* et leurs causes synoptiques (*types de circulation*).

2.2.2. Les principaux types de temps sensibles subis au fil des saisons et leurs explications

✓ Des hommes sous la pluie et dans la boue : des années très arrosées.

« Terne et crotté, dans sa capote lavée par les intempéries, souillé par la boue des tranchées », cette description du Poilu tel qu'il fit son entrée dans l'Histoire évoque les contraintes d'origine météorologique les plus difficiles à supporter par les combattants (Meyer, 1966). **Durant les quatre années du conflit, la contrainte pour les hommes fut essentiellement due à un élément marquant du temps dominant toutes les autres causes de nuisances : la pluie.**

Dans certains secteurs du Front, **cette pluie engendrait la boue** : « pour peu que le sol s'y prêtât, le piétinement des hommes et des chevaux détruisait la terre, la malaxait avec le sable et avec l'eau pour en faire une sorte de soupe plus ou moins épaisse et parfois profonde de plus d'un mètre. En certaines parties de Verdun, il fallait marcher sur des planches, à côté desquelles c'eût été la mort certaine par enlèvement dans une mer de boue où furent engloutis des centaines d'hommes et des trains de matériel » (Bridoux, 1930).

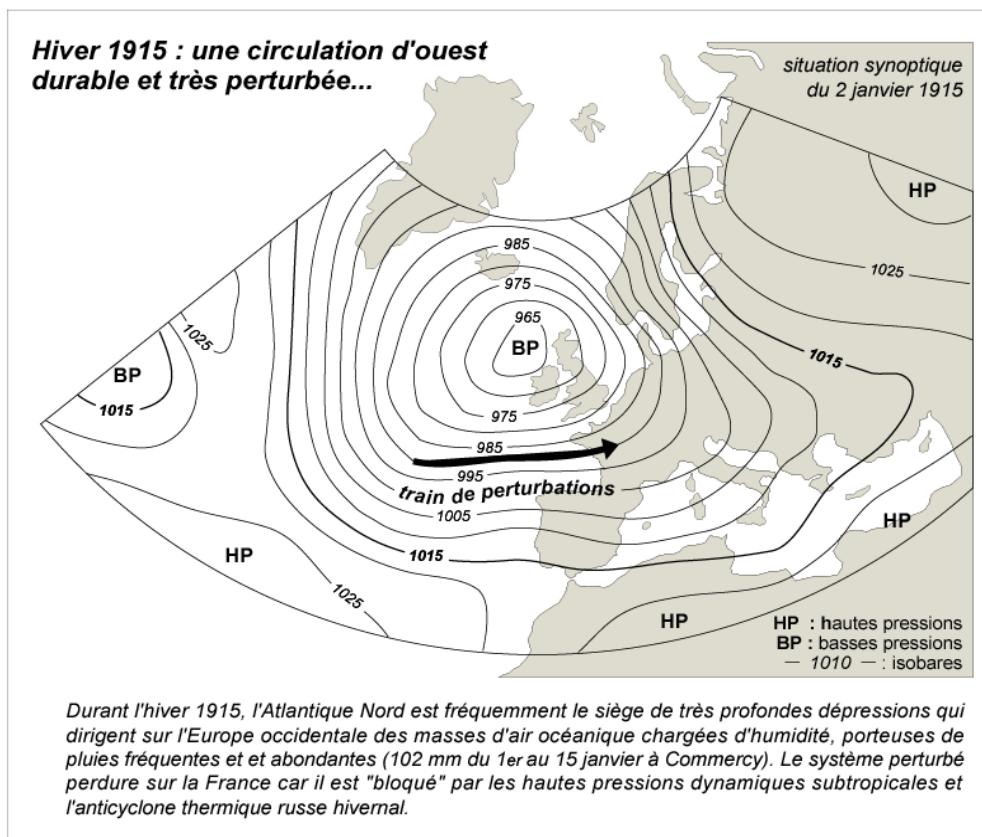


Figure 32 : Période pluvieuse (ré-analyse en surface de la situation météorologique du 2 janvier 1915).

²⁶ Les cartes proposées pour illustrer les périodes très pluvieuses, glaciales et caniculaires ont été créées à partir de données de ré-analyses NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*, centre national américain de prévision météorologique). Pour faciliter leur lecture, un bref commentaire sur la situation synoptique est inséré sous la carte.

Par leur fréquence dans les récits, ces témoignages évoquent le caractère particulièrement pluvieux des années de guerre ; ce que confirme, sur l'espace d'étude, le dénombrement des jours de pluie, 648 jours sur les 1 563 du conflit, soit près de la moitié du temps. Une journée sur trois fut même bien arrosée, avec un cumul supérieur ou égal à 3 mm. Du reste, la chronique rend bien compte, d'une saison à l'autre, de la succession des *types de temps pluvieux* (figure 31). Au total, **une vingtaine de ces épisodes sur plus d'une centaine fut singulièrement perturbée, avec des précipitations abondantes et un vent fort.**

Ce fut le cas en décembre 1914, en lien avec un *type de circulation* marqué par le passage d'un train continu de perturbations atlantiques par flux successivement de sud-ouest et d'ouest. Ce **type de temps humide, pluvieux et venteux** s'est répété en janvier 1915, avec une intensité plus marquée du 1^{er} au 17 du mois liée à un courant d'ouest dépressionnaire dont rend compte par exemple la carte de ré-analyse du 2 janvier 1915 (figure 32).²⁷

✓ **Des hommes face aux rigueurs hivernales : zoom sur le « terrible » hiver 1917.**

Durant la *Grande Guerre*, les hommes eurent aussi à souffrir de nombreux épisodes de **froid, parfois sec mais intense ou bien humide et venteux**, ce qui n'était pas moins désagréable.

Du 6 janvier au 16 février 1917, près d'un mois et demi durant, les températures maximales ne dépassèrent pas les 5°C (figure 33). **Une « goutte froide » d'altitude plongea le nord-est de la France dans une vague de grand froid continu**, sans aucune journée de dégel du 20 janvier au 9 février. Les températures minimales passèrent plusieurs fois sous la barre des -10°C. De plus, au vu des -23,2°C à Commercy le 4 février 1917, des records furent sans doute battus dans les trous à froid que sont les fonds des ravins qui scandent le champ de bataille. La rigueur endurée pendant ces deux premiers mois de l'année 1917 rappelait aux généraux et aux plus anciens des fantassins le *terrible hiver 1879* (le 8 décembre les températures minimales atteignirent en fin de nuit -27°C à Commercy et ne dépassèrent pas les -12°C dans la journée...). Depuis ce paroxysme, par son intensité et sa durée, la vague de froid du début de l'année 1917 fut l'une des plus remarquables depuis le milieu du 19^{ème} siècle. Les lettres d'époque évoquent fréquemment cette période glaciale, bien souvent en lien avec les désagréments qu'elle supposait au quotidien, et cela même lorsque les combattants étaient logés chez l'habitant : « *si, en faisant sa toilette, on laisse tomber de l'eau, elle gèle tout de suite ; l'encre se glace dans les encriers et dans les stylographes, et j'ai été obligé de faire dégeler mon porte-plume à réservoir pour vous écrire* » (de Ferrari, 1920). Les récits rendent compte de l'accentuation quotidienne des gelées : « *la vague de froid persiste dans toute sa rigueur* ». Ils parlent aussi de l'onglée, le plus grand mal dont les hommes souffraient. Sans doute, ces conditions ont-elles encore plus affecté les troupes indigènes, dont les zouaves « *chaussés de souliers découverts et vêtus de culottes courtes !* ».

Pour mémoire, le dernier hiver de la guerre fut également rigoureux : froid quasi continu du 2 décembre 1917 au 14 janvier 1918, températures minimales flirtant certains jours avec les -20°C à Commercy et les -15°C à Châlons-sur-Marne. Sur le Front, toutes les méthodes étaient alors bonnes pour se réchauffer. Par manque de charbon et de bois, les soldats abattaient les arbres proches de leurs abris. Ils rêvaient dans ces moments difficiles aux permissions qui apportaient un répit dans cette nouveauté que fut, durant la Première Guerre mondiale, le fait de combattre en hiver, les fusils, les mains et les pieds gelés.

²⁷ D'après la classification Hess-Brezowsky, une circulation d'ouest (WW et WZ) persista du 14/12/1914 au 15/01/1915.

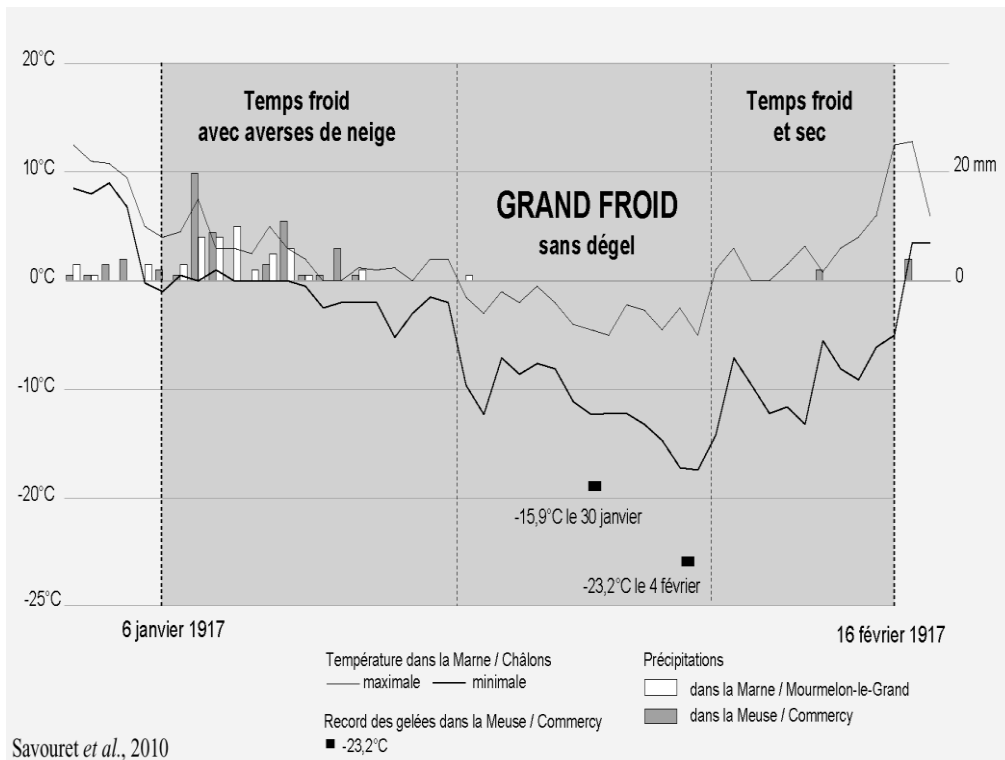


Figure 33 : Janvier/février 1917 : une vague de froid intense et longue de 42 jours.

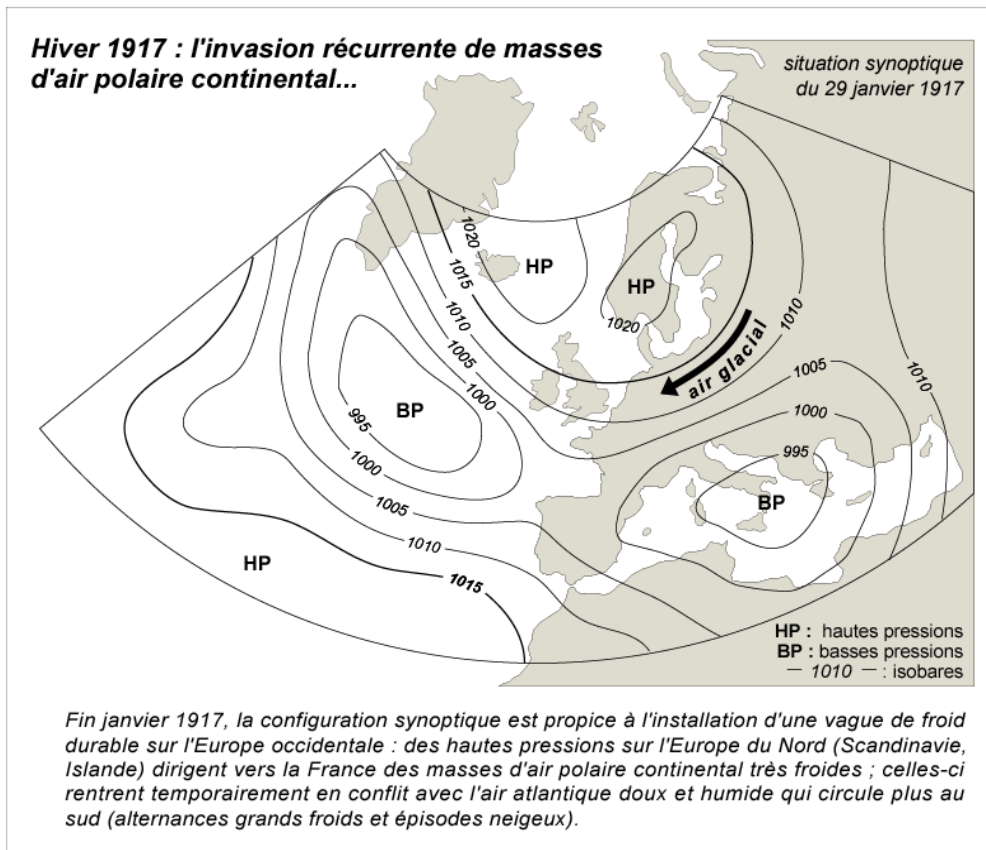


Figure 34 : Hiver glacial (ré-analyse en surface de la situation météorologique du 29 janvier 1917).

✓ **Des hommes affaiblis par la chaleur et l'humidité : des contraintes estivales inattendues.**

Certes les témoignages des combattants évoquent comme contraintes majeures la pluie et la boue, le froid, le gel et la neige. Mais la lecture des lettres de guerre révèlent aussi la pénibilité induite par la chaleur *étouffante, accablante, torride, implacable, extraordinaire* et ce, dès le début du conflit lorsque les hommes, tout juste mobilisés, ont rejoint le Front. Par temps anticyclonique, du 9 au 14 août 1914 (figure 35), les marches interminables dans les campagnes française et belge étaient éreintantes, surtout à midi en champs découverts avec des températures maximales qui faisaient « *tomber encore beaucoup de monde* », comme l'évoque un officier saxon dans sa traversée de la Famenne wallonne (de Dampierre, 1916). Sur l'ensemble du Front Ouest, au cours de cette période les températures dépassèrent cinq jours de suite la barre des fortes chaleurs (30°C), atteignant 33,7°C à deux reprises dans la Marne, les 13 et 14 août. L'entrée en guerre fut donc marquée par le « beau temps » et des températures parfois dignes d'une canicule, puis par une succession de jours de chaleur moins excessive de la fin du mois d'août au 9 septembre.

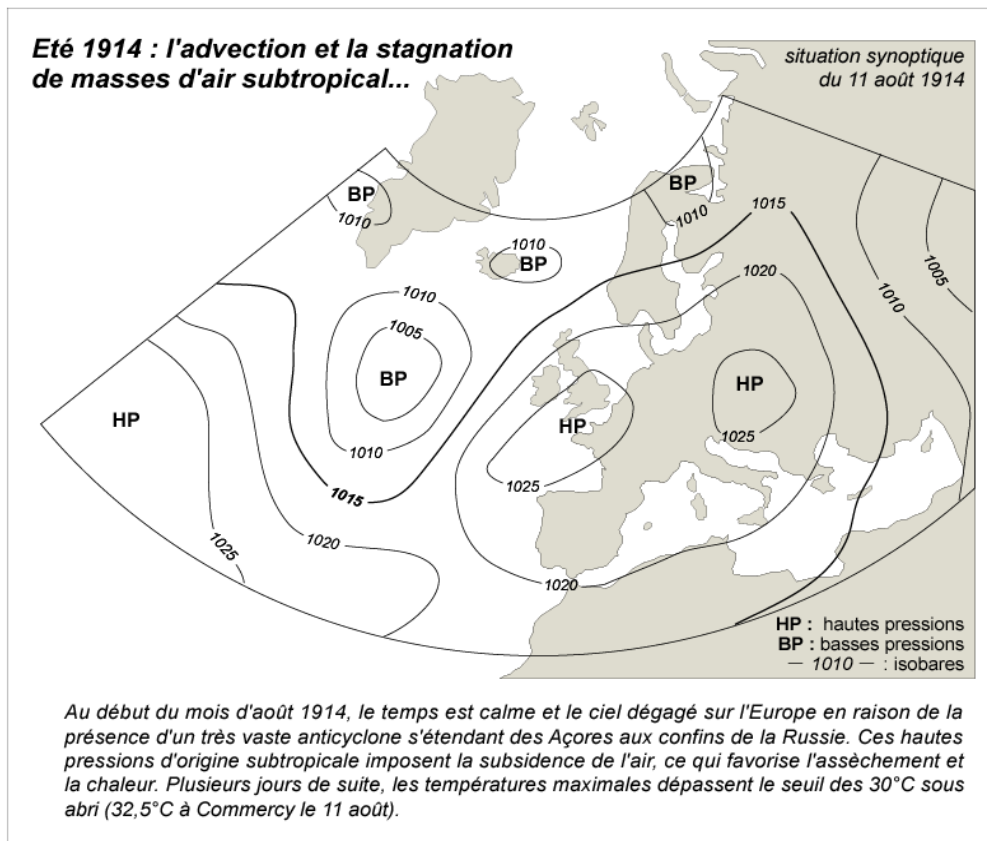


Figure 35 : Été chaud et sec (ré-analyse en surface de la situation météorologique du 11 août 1914).

La chaleur redevint une gêne évidente dès l'arrivée des beaux jours de 1915, même aux yeux de Poilus d'origine marseillaise accoutumés au soleil de plomb. L'un d'eux, mobilisé en Woëvre, l'évoquait ainsi au 1^{er} mai 1915 : « *déjà forte : sa venue rapide nous la fait trouver désagréable* ». Trois ans plus tard, le 25 juillet 1918, il la décrivait « *sénégalienne, et cependant, si nous ne précisons pas exactement notre position actuelle, il est aisé de comprendre que nous ne sommes pas dans la région tropicale... Ne croyez-pas, je vous prie, à une amplification de ma part : le thermomètre, qui dit la vérité toute pure, monte à une hauteur inusitée* » (de Ferrari, 1920). Le fait est que ce mois de juillet 1918 fut particulièrement chaud du 15 au 20 avec des maxima de 33,5°C le 20 à Châlons-sur-Marne et de 34,5°C le 18 à Commercy.

L'été 1915, et dans une moindre mesure l'été 1917, furent très secs, si bien qu'au mal-être provoqué par la chaleur ambiante se conjugait celui du manque d'eau, obligeant quelquefois les hommes à boire celle « *d'une source coulant au fond d'une tranchée dont les abords étaient pleins de cadavres et avait mauvaise odeur* » (Pouzoulet, 1933-1937). Exceptionnellement, certains régiments profitaient de la distribution de thé, de quelques citrons ou de desserts exotiques tels que tranches d'ananas en conserve. Ces compléments agrémentaient le quotidien. Comblaient-ils pour autant les méfaits de la chaleur ? Même les nuits fraîches, théoriquement phases de récupération après des journées de fortes chaleurs, restaient des moments de fatigue intense en raison de la dysenterie omniprésente...

Pour conclure ce second exemple, on retiendra que si la détermination des *types de temps sensibles* s'appuie dans l'idéal sur des données mesurées et/ou observées à partir du sol, on doit parfois composer avec des séries incomplètes qui obligent à une reconstitution fondée sur la proximité géographique et/ou la ressemblance de contexte topographique (comme dans les périodes de conflit entraînant l'arrêt des relevés et/ou dans les régions dépourvues de postes de mesures). **Avant d'imaginer une classification répondant à une problématique donnée, il est donc nécessaire d'entreprendre une revue exhaustive des informations réellement disponibles.** Pour pallier ce manque d'informations, on peut avoir recours à diverses sources indirectes (comme les notes des aérostiers) qui permettent de préciser le contexte météorologique du moment d'un point de vue souvent uniquement qualitatif, mais assez précis toutefois pour entrer dans les classifications assez « souples » des *types de temps sensibles*.

Actuellement, cette classification est approfondie par des combinaisons plus nombreuses et la **prise en compte de la durée d'un même type de temps à forte contrainte**. En effet, il paraît nécessaire de distinguer la souffrance du corps humain après une première journée de très forte chaleur, de grand froid, de pluie continue ou de toute combinaison pénible d'éléments météorologiques et celle subie si le phénomène en est à son dixième jour consécutif. De façon plus générale, **ces effets cumulatifs sont un point crucial à ne pas négliger dans toute étude de bioclimatologie, valables pour les hommes mais aussi pour la faune et la flore.** La même réflexion peut être appliquée à l'exemple précédent, la canicule se définissant d'ailleurs en France depuis le retour d'expérience de l'été 2003 comme « *un épisode de températures élevées, de jour comme de nuit, sur une période prolongée* » (Météo-France). La principale conséquence en est l'augmentation du risque de mortalité chez les personnes fragiles.

Concernant le versant explicatif des *types de temps sensibles* pour des périodes anciennes comme la Guerre de 14-18, depuis quelques années nous bénéficions de **l'accès à des cartes de ré-analyses et à des calendriers des types de circulation** qui en découlent plus ou moins directement, ce qui permet de « remonter » notre Histoire jusqu'à la dernière partie du 19^{ème} siècle. Rappelons que ces documents sont moins précis sur la position et la magnitude des centres d'action en présence et également moins complets sur les informations disponibles (pas de frontologie notamment) que les documents établis « en temps réel » à partir des moyens d'observation modernes dont nous disposons aujourd'hui (images satellitaires, radiosondages verticaux...). Ces cartes et catalogues matérialisant l'évolution quotidienne des *types de circulation* ont toutefois l'avantage de nous fournir une information homogène sur de très longues périodes se prêtant bien à une approche globale et comparative des conditions synoptiques avec les *types de temps sensibles*.

3. Présentation du projet global de recherche sur les *types de temps* et délimitation de l'objet de l'H.D.R.

En France, nous avons vu que l'expression « type de temps » recouvrait aujourd'hui uniquement la description précise des conditions météorologiques locales. Mais cela n'interdit pas au climatologue de s'intéresser aussi à leur genèse par une étude concomitante des *types de circulations*. En sa qualité de géographe, le climatologue intègre également dans ses préoccupations scientifiques la notion de « risque » car si le climat peut s'envisager pour lui-même (recherche fondamentale), il constitue aussi un élément de forçage majeur dans le fonctionnement des écosystèmes et des géosystèmes (recherche appliquée). Enfin, dans une optique de Développement durable, le climatologue se projette dans l'avenir pour imaginer les conséquences d'une modification à partir des simulations issues des différents scénarios proposés par le GIEC.

Partant de ce triple constat, tous les éléments présentés dans cette première partie m'ont permis d'obtenir une délégation de recherche du CNRS sur un projet global intitulé « *Types de temps, Risques et Changement climatique en France métropolitaine* ». Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un approfondissement de recherches personnelles menées au « long cours »²⁸ et de diverses collaborations scientifiques sur les types de temps/types de circulations. Citons notamment les contributions actuelles dans deux programmes aux thématiques très différentes : **LIFE-ADVCLIM** et **EXP-PO**. Dans chacune de ces études, on cherche à définir « le » ou « les » *types de temps* qui correspondent le plus directement à la thématique proposée : recherche des conditions favorables au développement de la vigne pour l'un et à la survenue de problèmes respiratoires pour l'autre, et ensuite à en trouver les causes à partir de la connaissance des interactions entre les *types de circulation* et les facteurs géographiques locaux. Sous la forme d'une démarche identique, rappelons aussi des participations récentes à des programmes tels que le **PSDR CLIMASTER** (l'évolution du climat dans le Grand Ouest et ses répercussions environnementales et sociétales) ; **LITEAU 3 SURCOTE** (risques de submersions marines sur le littoral de la Manche occidentale) et la **FONDATION MAIF** (risques climatiques liés aux changements en cours dans la dynamique des masses d'air sur l'Europe occidentale).

Le contenu du projet est résumé dans l'encadré 4 et développé plus conséquemment ensuite à partir de la mise en situation directe des éléments théoriques et appliqués évoqués en détail dans les pages précédentes et les deux premiers chapitres.

Bien entendu, ce *volume inédit* ne couvrira pas l'ensemble de ce projet en cours de réalisation depuis plusieurs années. Son objet se focalisera sur les **aspects méthodologiques de la recherche, en vue de proposer une classification globale et objective des *types de temps (sensibles)*** (Partie 2), puis sur la **présentation de résultats traduisant les apports possibles à la géographie** d'une telle typologie (Partie 3).

²⁸ Recherches ponctuelles « hors programmes » qui ont jalonné mon parcours scientifique. Dans celles-ci, les *types de temps* constituent une approche du climat qui participe pleinement à la connaissance de l'espace géographique et de son fonctionnement : analyse d'événements météo-climatiques extrêmes et de leurs conséquences (canicules, sécheresses, vagues de froid, chutes de neige, inondations, submersions de tempêtes... : voir exemples dans le volume 2) ; singularités spatio-temporelles de topoclimats (îlot de chaleur urbain parisien) et de microclimats (surchauffe diurne de certains escarpements rocheux de Normandie...) ; singularités du climat vécu (conditions de vie dans les tranchées de la Guerre de 14-18...).

Encadré 4 : Résumé du projet global de recherche sur les types de temps

Titre du projet : **Types de temps, Risques et Changement climatique en France métropolitaine**

Thème : Le projet de recherche s'articule autour des types de temps, concept qui désigne pour les géographes-climatologues français la combinaison plus ou moins durable, de quelques heures à quelques jours, d'éléments atmosphériques sensiblement identiques agissant sur un espace d'échelle locale à régionale. Dans le cadre d'une démarche de climatologie physiologique à l'échelle de la France métropolitaine, il s'agira d'analyser la variabilité temporelle et la diversité spatiale des multiples séquences qui animent l'atmosphère (indicateurs statistiques, fréquence, durée d'apparition, enchaînements...), puis d'intégrer ces informations dans le cadre d'une recherche fondamentale et appliquée sur les risques d'origine atmosphérique et le Changement climatique. Outre une contribution à la connaissance des types de temps – matérialisée notamment par la création d'un catalogue et d'un atlas –, ce projet souhaite mettre à disposition pour la communauté scientifique un outil d'analyse adaptable à tout type de recherches (logiciel T.T.S.R. : Types de Temps Sensibles et à Risques).

Éléments-clés du projet scientifique :

• **Déroulement du projet** :

Volet 1 / Démarche descriptive : recherche sur la diversité spatiale et la variabilité temporelle des types de temps à l'échelle de la France métropolitaine ; détermination des types de temps à risques ; spatialisation des types de temps ; identification d'éventuelles tendances dans la fréquence et la succession des types de temps en relation avec le Changement climatique ; prospectives pour le 21^{ème} siècle à partir des sorties de divers modèles et de plusieurs scénarios socio-économiques du GIEC.

Données et moyens : mise à disposition par Météo-France de plus de 5 millions de données quotidiennes ; données prospectives sur le 21^{ème} siècle d'après données de l'ANR-SCAMPEI et du portail DRIAS Météo-France ; conception et développement d'un logiciel de traitement des types de temps automatique et/ou supervisé.

Volet 2 / Démarche explicative : recherche sur les liens de causalité entre types de temps et types de circulation atmosphérique. Réflexions sur la prévision/prévention des types de temps sensibles et à risques.

Données et moyens : cartes synoptiques au sol ; cartes synoptiques d'altitude ; radiosondages ; données de réanalyses (NCEP, ERA) ; classifications et calendriers des types de circulation (Hess et Brezowsky, notamment).

• **Finalités du projet** :

- ✓ Contribution à la connaissance fondamentale et appliquée des types de temps
- ✓ Prévision/prévention des risques d'origine atmosphérique et perception du Changement climatique
- ✓ Applications potentielles dans divers domaines environnementaux et sociétaux : agriculture, viticulture, foresterie, érosion des sols, inondations, submersions des côtes, sécurité civile, transports, pollution atmosphérique, santé, tourisme, loisirs de plein air, etc.
- ✓ Création et mise à disposition de trois outils pour la recherche et l'aide à la gestion du territoire :
 - 1 catalogue et 1 atlas des types de temps à l'échelle de la France (l'équivalent des atlas climatiques fondés sur les Normales et les écarts à la normale des principaux paramètres)
 - 1 plateforme informatique des différents types de temps interrogeable par thématique (sous Access) ;
 - 1 logiciel (TTSR) pour l'analyse des Types de Temps Sensibles et à Risques (sous Visual Basic) et leur spatialisation sous SIG ;

3.1. Objectifs et déroulement du projet global sur les *types de temps*

Le constat : l'observation de l'atmosphère montre que le climat est « *une réalité vivante faite tout entière de combinaisons* » (Dorize, 2002), agissant plus ou moins directement sur le fonctionnement des milieux géographiques et le comportement des êtres qui y sont soumis. Pour ces raisons, en complément des approches usuelles du climat par les valeurs statistiques de ses principaux paramètres pris séparément (les « Normales climatiques »), les géographes accordent une place importante à la connaissance des *types de temps*, concept qui désigne l'*association plus ou moins durable, de quelques heures à quelques jours, d'éléments atmosphériques sensiblement identiques sur un espace d'échelle régionale à locale* (synthèse de multiples définitions, in Norois, 2004). De fait, par leur répartition spatiale, leur fréquence, leur durée et leur succession, nous avons vu que les *types de temps* permettaient de saisir concrètement la réalité des conditions atmosphériques au-dessus d'un lieu et d'en envisager les conséquences sur l'espace géographique.

Le déroulement du projet : il est prévu en deux volets. Le premier à finalité descriptive (pour fournir une base de données sur les *types de temps* adaptable à diverses thématiques) et le second à finalité explicative (pour déboucher sur une dimension prédictive des situations à risques et envisager les impacts du Changement climatique, notamment).

3.1.1. La démarche descriptive

Sur le fond, dans le cadre d'une démarche de climatologie physionomique à l'échelle de la France métropolitaine, je souhaite approfondir dans un premier temps les connaissances sur la géographie des multiples séquences qui animent l'atmosphère (indicateurs statistiques classiques, fréquence et durée d'apparition, enchaînements d'un type à un autre...). Cette approche descriptive débouche sur la caractérisation de la diversité spatiale et de la variabilité temporelle des *types de temps*. Cette étape est fondée sur une analyse approfondie des bases de données météorologiques fiables et homogènes disponibles au pas de temps quotidien sur la période récente (1991-2010) et de quelques séries plus longues (1951-2010) pour détecter l'éventualité de nouvelles tendances en relation avec le Changement climatique. L'aspect prospectif (horizon 2100) sera abordé ensuite à partir de données issues de modèles (données issues du portail Drias de Météo-France notamment).

Sur la forme, l'établissement de chroniques, de graphiques, de cartes et de tableaux (regroupés dans un catalogue et un atlas) permettra d'accéder simplement à l'information et d'appréhender notamment les potentialités et les risques d'origine météo-climatiques pour divers secteurs d'activités (transports, agriculture, tourisme, pollution, santé...). Cette recherche souhaite donner des éléments sur l'ensemble de la France pour les chercheurs qui explorent les liens plus ou moins étroits entre le temps qu'il fait et tout « objet » géographique dont la nature et/ou le comportement entre en interaction avec l'atmosphère à des échelles spatio-temporelles fines (Beltrando, 2000).

3.1.2. La démarche explicative

Dans un second temps, le projet tend un pont entre les données issues d'une démarche de *climatologie physionomique* et la *climatologie dynamique* qui permet de saisir le rôle des mécanismes atmosphériques à l'origine d'une grande diversité possible de *types de temps* sur le pays. À l'instar des préconisations de François Durand-Dastès (1973), cette étape est fondée essentiellement sur la mise en relation des *types de temps* avec les *types de circulation*, notamment à partir des calendriers issus de la *classification de Hess-Brezowsky* dont l'aire d'application sur l'Europe de l'Ouest paraît assez bien adaptée à nos besoins.

Dans cette analyse, la géographie occupe également une place centrale car il est manifeste qu'une même situation synoptique engendre parfois des *types de temps* bien différents (Carrega, 2004), seulement explicables par la prise en compte à échelle fine de la diversité des composantes de l'espace géographique.

3.2. Faisabilité du projet scientifique : collaborations et données

La réalisation du projet s'appuie sur la continuité de collaborations scientifiques et techniques déjà éprouvées ces dernières années avec des climatologues spécialistes des échelles fines et des géomaticiens. Ces collaborations sont issues pour l'essentiel de l'UMR LETG 6554 CNRS (Olivier Planchon et Hervé Quénol, notamment), de météorologues et climatologues de Météo-France (Marie-Annick Bühler du centre départemental de Caen et Franck Bararer de l'inter-région Ouest de Rennes) ; de spécialistes d'autres disciplines (médecine, biologie, physique, accidentologie...).

La faisabilité pratique du projet repose sur la disponibilité de données météorologiques (partie descriptive des *types de temps*) et l'accès à des informations sur la situation météorologique (partie explicative des *types de temps* ouvrant notamment sur la prévision/prévention des risques)²⁹. À ces données viendront s'ajouter des informations géographiques pour procéder à la spatialisation, et des bases de données complémentaires pour envisager des croisements thématiques (phénomènes en partie sous la dépendance des *types de temps* : cf. sécurité routière, fréquentation touristique...).

3.2.1 La disponibilité et le choix des données météorologiques « stationnelles »³⁰

Ce projet de recherche a obtenu la mise à disposition plus de 5 millions d'observations quotidiennes par METEO-FRANCE via une convention particulière de recherche validée par le CNRM, *Centre National de Recherches Météorologiques*.

La base de données prend en compte à la fois les aspects thématiques (diversité des paramètres pour répondre à tous les types de demandes), la disponibilité des paramètres caractérisant le *temps sensible* (nécessité de séries homogènes et continues) et la représentativité géographique des stations (mise en évidence des différentes échelles du climat). Pour couvrir la diversité des domaines d'application potentiels, les paramètres ont été choisis de manière à s'appliquer aussi bien au milieu rural (agriculture, foresterie...) ou urbain (aménagement, pollution, risques sanitaires et routiers...), qu'au domaine littoral (tempêtes, submersions...) ou montagnard (avalanches, glissements de terrain...). Au total, soixante stations ont été retenues pour rendre compte de la diversité météoro-climatique du territoire métropolitain (douze paramètres³¹ ; période 1991-2010). Pour appréhender les changements climatiques qui se sont opérés au cours des précédentes décennies, ajout à ces données de celles de quelques stations de référence disposant de longues séries homogènes (1971-2010, voire 1951-2010).

²⁹ faisabilité testée sur le Grand Ouest de la France dans le cadre du programme PSDR GO CLIMASTER (cf. chapitre d'ouvrage : *Les 'types de temps' et leur évolution dans le Grand Ouest de la France*, Cantat et al., 2012).

³⁰ Ces éléments sont longuement présentés et discutés dans le chapitre 4 « *La constitution de la base de données météorologiques* ».

³¹ Les 12 paramètres journaliers sélectionnés : fraction d'insolation (SIGMA) ; températures minimale (TN), maximale (TNTXM) et moyenne (TM) ; cumul des précipitations (RR) ; évapotranspiration potentielle (ETp) ; vent moyen (FFM) et maximal (FXI) ; pression atmosphérique au niveau de la mer (PMERM) ; occurrences de neige, d'orage et de brouillard.

Pour la dimension prospective, les analyses s'appuient sur des projections climatiques régionalisées pour les scénarios les plus récents (RCP) proposés par le GIEC (données modélisées par point de grille de 8 km de côté, issues de projets tels que SCAMPEI et DRIAS de Météo-France).

3.2.2. La disponibilité des informations sur la situation météorologique

La partie explicative recourt au croisement de divers documents météorologiques d'échelle synoptique permettant de dégager les liens de causalité entre *types de temps* et *types de circulation*. L'ensemble de ces données est d'accès libre depuis quelques années sur internet, sous la forme de cartes traditionnelles, de ré-analyses et de radiosondages couvrant l'espace euro-atlantique.

3.2.3. La disponibilité des informations sur le contexte géo-climatique

Les *types de temps* correspondant à l'association entre une situation météorologique et des conditions locales (Hufty, 2001), la prise en compte des facteurs géographiques contribue également à la compréhension de la diversité des conditions atmosphériques à l'échelle régionale et locale pour un même *type de circulation*. Cette déclinaison scalaire et thématique s'appuie essentiellement sur la connaissance des grands ensembles topographiques (altitude, exposition, distance à la mer...), à l'aide de cartes usuelles du relief et de modèles numériques de terrain (MNT) pour un traitement sous SIG.

3.2.4. La disponibilité d'autres sources de données

Pour développer la dimension appliquée du projet, nous croisons avec les données météorologiques des informations relatives à des phénomènes spatialisés. Dans le cadre d'études de cas, nous procéderons à la mise en relation avec les *types de temps* de bases de données diverses, notamment sur : l'accidentologie sur terre (circulation routière) et en mer (collision, échouage...) ; sur l'épidémiologie (affections pulmonaires et cardiaques...) ; sur les pics et les niveaux de fond de la pollution atmosphérique ; sur la fréquentation touristique ; sur la consommation de produits saisonniers...

3.3. Méthodes et outils d'analyse

Le traitement des données s'appuie sur tableurs classiques et à partir d'un logiciel développé au sein du laboratoire GÉOPHEN : « T.T.S.R. », *Types de Temps Sensibles et à Risques*³². Cette interface informatique permet de déterminer au pas de temps journalier la fréquence et la durée de tout *type de temps*, par croisement libre ou supervisé des 12 paramètres du *temps sensible*. Les résultats seront présentés dans un catalogue associant tableaux de synthèse et représentations cartographiques pour rendre compte de la diversité spatiale et de la variabilité temporelle du climat. Pour la spatialisation des données ponctuelles (définition des grandes unités géographiques et de leurs transitions), le croisement des *types de temps* s'effectuera sous SIG à partir des soixante stations de références et intégrera les facteurs topographiques, sources de discontinuités géographiques.

³² Conception et maquette de base sous tableur par Olivier Cantat, réalisation informatique sous *Visual Basic* par Abdelkrim Bensaid, géographe-géomaticien (Bensaid *et al.* 2010).

3.3.1 Classification simplifiée des types de temps³³

Un module de classification simplifiée des *types de temps* permet d'accéder à une vue d'ensemble de l'enchaînement des séquences atmosphériques, en fonction du recoupement de quatre composantes météo-climatiques (ensoleillement, température, précipitations et vent). Ce choix s'appuie sur les principales variables atmosphériques perçues par l'homme et influençant son environnement (ce point est largement développé dans la Partie 2 de cette HDR).

3.3.2. Classification supervisée des types de temps

Parallèlement, un module de classification supervisée des *types de temps* permet à partir de requêtes libres de sélectionner un nombre choisi de paramètres et d'en définir les limites (seuils hauts et seuils bas) afin de répondre à diverses thématiques. Car « *tout type est issu d'une classification, cette dernière exigeant des critères devant obéir à une finalité, de préférence clairement énoncée : on est donc fondé à distinguer des types de temps en fonction de leur « utilisation »* » (Carrega, 2004).

Il est ainsi possible d'établir des probabilités d'occurrences de « ses » propres *types de temps*. Puis, dans le cadre d'une démarche de climatologie dynamique appliquée à la gestion du risque, les relier à des configurations synoptiques pour en prévoir *in fine* l'apparition et la durée possible, en fonction des modèles de prévisions météorologiques.

3.4. **Réflexions préliminaires sur l'objet de ce troisième volume de l'HDR.**

De par ses objectifs fondamentaux et appliqués, le **projet global** présenté dans ces quelques pages s'inscrit dans la lignée de la recherche actuelle des géoclimatologues, positionnant clairement la discipline au cœur des sciences géographiques (Beltrando, 2000).

Pour cette HDR, la contribution se focalisera uniquement sur les *types de temps (sensibles)*, concept qui a connu en France « *une éclipse partielle mais profonde, injustifiée toutefois eu égard à sa pertinence* » et qui, « *débarrassé de ses ambiguïtés, [...] peut redevenir opératoire* » (Vigneau, 2004). Dans ce volume, **je souhaiterais donc me positionner sur la thématique en proposant une classification globale et objective des types de temps applicable sur l'ensemble de la France métropolitaine.**

Comme je le mentionnais dès l'introduction, la classification présentée dans la partie suivante ne prétend aucunement répondre de façon exhaustive à toutes les problématiques en relation avec les états de l'atmosphère car elle est à vocation « généraliste » de par sa conception et ses objectifs. En revanche, son ambition est **de fournir un cadre conceptuel permettant d'apprécier selon les mêmes critères (indépendamment de la région et de la saison) la diversité spatiale et la variabilité temporelle des types de temps à l'échelle du pays tout entier.** Cependant, parmi les soixante-quatre combinaisons disponibles, le choix de certaines d'entre elles laisse bien évidemment ouverte cette typologie à diverses applications plus thématiques (comme nous le verrons dans la partie 3 de ce mémoire).

Enfin, **la création d'un catalogue des types de temps en France métropolitaine s'inscrit dans le prolongement de cette démarche** (voir annexe de ce volume et CD-ROM).

³³ Cette procédure est précisément développée dans le chapitre 6 (« *La typologie simplifiée du « temps sensible* ») car elle est au cœur de la contribution de cette HDR, pour une approche globale et objective des *types de temps*.

Conclusion de la première partie

Dans son acception la plus large l'expression *type de temps* se définit par « l'association entre une situation météorologique et des conditions locales » (Hufty, 2001). Dans le cadre d'un approfondissement de la connaissance des climats (recherche fondamentale) et de ses conséquences environnementales et sociétales (recherche appliquée), cette **association apparaît bien adaptée pour décrire et expliquer** « la réalité des temps et la complexité vivante du climat » (Pédelaborde, 1970).

Cette approche de la climatologie est pleinement en accord avec la démarche géographique puisqu'elle repose sur **un questionnement spatialisé dans un cadre théorique donné**. L'enchaînement des actions est de même nature que dans toute problématique géographique (observer, décrire, localiser et expliquer) et répond aux mêmes finalités (comprendre l'organisation et la dynamique des milieux naturels et anthropiques). Les *types de temps* constituent en ce sens la composante atmosphérique concrète au sein des multiples facteurs dont la répartition et les interrelations spatiales et temporelles sont à l'origine de la diversité des systèmes d'organisation présents à la surface de la Terre.

Cependant, dans les classifications usuelles des *types de temps*, **on insiste davantage sur les types de situations météorologiques à l'échelle synoptique (types de circulation) que sur les conditions perçues/vécues/subies du temps**. Ces dernières sont alors définies sommairement par une relation descendante de cause synoptique à effet local, estimée à partir de la moyenne de divers paramètres météorologiques enregistrés pendant la durée des différents *types de circulations*. La diversité des *types de circulation* peut être étudiée à partir des *calendriers* disponibles sur internet des *weather types* anglais et américains ou des *Großwetter* allemands, par exemple. Mais **cette approche à ces limites** car en raison des facteurs géographiques, l'observation montre qu'un *type de circulation* peut donner plusieurs *types de temps locaux*, et qu'un même *type de temps local* peut provenir de plusieurs *types de circulations* ;

Dès lors, il apparaît difficile à partir des classifications actuelles des « *types de temps-circulation* » de **rendre compte avec finesse de toute la diversité spatiale et de la variabilité temporelle des séquences qui animent l'atmosphère au-dessus d'un territoire donné**³⁴. Pour parvenir à cette connaissance, il faut **créer une typologie des types de temps « sensibles »**, fondée sur des relevés stationnels représentatifs à l'échelle régionale. Ces données pourront ensuite être croisées avec les *types de circulations* et les facteurs géographiques locaux pour comprendre la genèse des différentes combinaisons du *temps qu'il fait*, accéder à leur prévision et à la prévention des risques éventuels encourus.

³⁴ Cette lecture du climat est en lien avec la définition historique de Max Sorre (1943) pour qui « le climat d'un lieu est la série des états de l'atmosphère au-dessus de ce lieu dans leur succession habituelle ». Or, « l'état de l'atmosphère qui intéresse directement la géographie est bien « le temps qu'il fait » au sens le plus courant du terme » (Durand-Dastès, 1973 in 2004).

Ainsi, dans mon projet global sur les *types de temps*, comme dans le contexte plus restreint de ce mémoire d'HDR, pour préciser les contours du *questionnement spatialisé dans un cadre théorique donné*, j'adopterai la position des géographes-climatologues français qui, dans les années 1970, ont souhaité dissocier clairement les deux entrées spatiales du concept.

Dans la lignée de cette réorientation conceptuelle, cela revient à dire que l'expression *type de temps* correspondra ici seulement au temps perçu/vécu/subi, en un mot au « **temps sensible** ».

Dans ce troisième volume, je développerai donc uniquement une approche de **climatologie physionomique**, c'est-à-dire **synthétique et descriptive**, à l'échelle de la France métropolitaine. C'est l'objet de la proposition méthodologique présentée dans la partie suivante, illustrée ensuite par un *catalogue des types de temps* « sensibles » et trois exemples d'applications dans la dernière partie.

* *

*

– PARTIE 2 –

MÉTHODOLOGIE ET INNOVATION : UNE APPROCHE GLOBALE ET OBJECTIVE DES *TYPES DE TEMPS SENSIBLES*

Nous avons vu précédemment que la création d'une classification des *types de temps sensibles* était fondée sur des données stationnelles et avait comme objectif initial la description la plus exhaustive possible du climat à l'échelle régionale. Dans les faits, il s'agit très fréquemment de répondre à des problématiques centrées sur des « objets » bien définis. Cette démarche sous entend donc préalablement le choix de paramètres météorologiques adaptés et l'établissement de classes selon des critères répondant à une finalité parfaitement déterminée. Par conséquent, la typologie n'est le plus souvent valide que dans un contexte climatique donné et parfois même applicable durant une saison uniquement. Très rares sont les classifications des *types de temps sensibles* à vocation avant tout climatique, comme celle proposée par André Hufty au début des années 1970 pour décrire « *de manière simple et synthétique* » les différents climats dans le Québec méridional (1971).

L'objectif de cette partie repose sur une démarche similaire à celle développée par André Hufty dans les années 1970, même si elle en diffère par les méthodes et la forme de classification proposée : ***décrire de manière simple et synthétique les différents climats de la France métropolitaine.***

Pour y parvenir, cette deuxième partie développe donc les tenants et les aboutissants d'une réflexion méthodologique permettant de proposer au final une **classification globale et objective des types de temps sensibles**. Les résultats visent à rendre compte de la diversité spatiale et de la variabilité du climat sur notre territoire mais aussi à fournir des premiers éléments de cadrage dans une optique de recherche appliquée.

Une **typologie globale** suppose une application possible à un ensemble de régions climatiques variées : en France métropolitaine, cela revient à envisager l'établissement de classes en fonction du large ensemble de conditions météorologiques observables sous climats océanique, semi-continentale et méditerranéen. Une **typologie globale** suppose aussi une application possible tout au long de l'année : cela revient à envisager l'établissement de classes intégrant l'amplitude saisonnière des paramètres retenus. Sous ce terme **global** enfin, il doit être possible

de retranscrire un maximum de configurations du *temps sensible*, cela revient à sélectionner parmi un très vaste ensemble de paramètres des éléments complémentaires révélateurs des multiples combinaisons associant les composantes énergétique et hydrique du climat

La **typologie** se veut également **objective**, c'est-à-dire indépendante de l'appréciation de son concepteur : cela revient à envisager l'établissement de classes selon des règles invariables fondées sur le traitement statistique de valeurs numériques. Ce point technique est par ailleurs en accord avec la **simplicité** qui était une exigence de mon *cahier des charges*. Pour cela j'ai opté pour une segmentation réalisée à partir d'une approche fréquentielle des paramètres retenus puis la juxtaposition de ces différentes classes en fonction de leurs cooccurrences journalières. Pour faciliter l'interprétation, les limites de classes ont été ramenées à des valeurs entières et « ajustées » pour proposer si possible des amplitudes égales entre classes. Dans l'optique d'une **appropriation rapide de la typologie**, les limites des classes ont également été « forcées » vers des valeurs correspondant à des seuils communément utilisés en climatologie.

Ainsi, **chaque jour constitutif de la chronologie du « temps sensible » renvoie à une combinaison concrète de l'atmosphère dont les composants sont eux-mêmes parfaitement identifiables**. Cette méthode **objective « supervisée »** a été préférée à la création d'une typologie totalement mathématique, comme celle que pourrait donner une analyse multivariée en composantes principales car, dans ce cas, on crée des néo-paramètres dont l'interprétation est beaucoup moins directe (voir en annexe 11). En revanche, il sera possible d'appliquer ces techniques statistiques sur notre classification des *types de temps sensibles* pour répondre de façon rationnelle à tel ou tel questionnement scientifique (cf. régionalisation des *types de temps* par CAH (classification ascendante hiérarchique) dans la Partie 3).

Dans la pratique, pour apprécier les grands ensembles et les sous ensembles climatiques du pays, **soixante stations météorologiques ont été retenues** en tenant compte de la disponibilité, de la fiabilité et de la représentativité géographique des données. Ce choix repose sur la sélection préalable de **quatre paramètres météorologiques** servant à caractériser globalement les *types de temps*, au pas de temps journalier et sur une période de **vingt ans**.

Bien que l'objet de cette partie soit avant tout centré sur une démarche de climatologie physiologique, l'analyse synoptique ne sera toutefois pas absente de la réflexion dans la mesure où la prise en considération de certains *types de circulation* a constitué une aide pour le choix de quelques stations et pour le découpage de certaines classes de *types de temps* (meilleure discrimination spatiale et segmentation plus nette des paramètres sous certaines conditions synoptiques).

Chapitre 4

La constitution de la base de données météorologiques

Les cinq étapes menant à la constitution d'une base de données adaptée à l'étude des *types de temps* sont résumées dans la figure ci-dessous et seront présentées puis discutées dans les sous parties suivantes (figure 36).

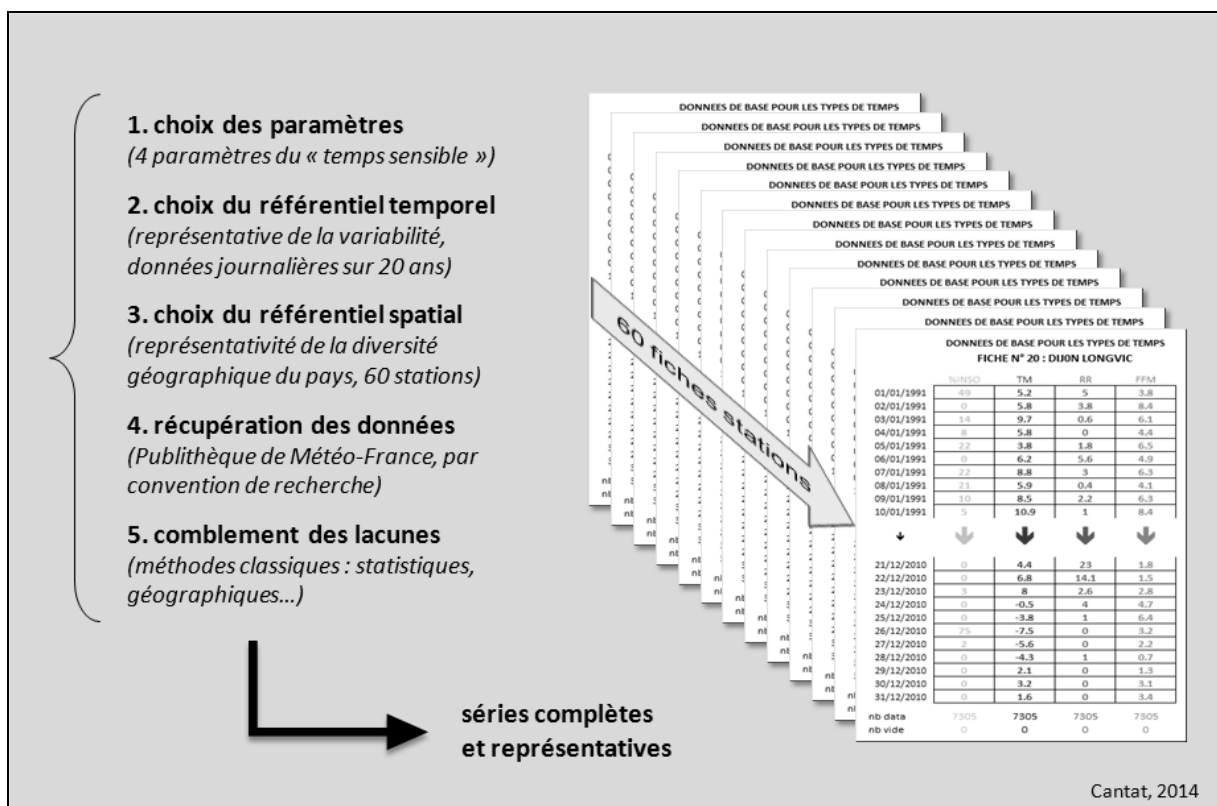


Figure 36 : Les cinq étapes dans la constitution d'une base de données adaptée à l'étude des *types de temps*.

Rappelons que « *tout type est issu d'une classification* » (Carrega, 2004). Ajoutons à cette affirmation que toute classification est issue d'une sélection et d'un traitement préalables de données. En l'absence de thématique appliquée, le choix des paramètres, du pas de temps, des stations de référence et de la période d'analyse repose ici sur la volonté de couvrir tous les cas de figure possibles que nous offre la dynamique de l'atmosphère aux latitudes moyennes (relativement aux climats de la partie ouest de l'Europe : climats océanique, semi-continentale et méditerranéen). Pour conserver une base de données lisible, les choix seront dictés par une approche privilégiant la collecte d'un minimum de données, tout en répondant au besoin de caractériser correctement les principaux *types de temps sensibles*. Dans cette même optique, chaque paramètre retenu ne sera renseigné que par une seule variable.

1. Le choix des paramètres et du pas de temps

Dans le prolongement des aspects théoriques présentés dans la première partie, le choix des paramètres s'appuie ici sur des éléments atmosphériques caractérisant l'ambiance globale au niveau du sol, vécue par l'homme et influençant son environnement. Pour une analyse objective, il s'agit donc de sélectionner des éléments quantifiables issus de la mesure ou de l'observation. Le croisement de ces valeurs numériques permettra ensuite de reconstituer la plupart des impressions que l'on a du *temps*, ce qui paraît intéressant pour relier la dimension en partie subjective du climat *vécu* à la réalité objective des conditions atmosphériques. Le *temps lourd*, par exemple, est la résultante d'un minimum de trois paramètres couramment enregistrés dans les stations météorologiques : température (chaude), couverture nuageuse (épaisse et étendue) et vent (faible) rendant l'air « pesant ». Au contraire du *temps vif*, synonyme d'une ambiance stimulante provoquée par la combinaison de la fraîcheur de l'air, d'un vent soutenu et d'un ciel généralement bien dégagé.

Pour ne pas démultiplier les *types*, seuls **quatre descripteurs** ont été retenus en fonction de leur importance récurrente dans de nombreuses combinaisons du temps : **l'état du ciel, l'ambiance thermique, l'occurrence de précipitations et l'agitation de l'air**. La variable qui caractérise chacun des quatre paramètres dépend alors en grande partie du pas de temps sur lequel est établie la classification.

Dans les stations automatisées du réseau de Météo-France, les données sont aujourd'hui enregistrées en continu et disponibles à des pas de temps multiples : 6 mn, horaire, tri-horaire, journalier, décadaire, mensuel. Pour conserver une vision globale des *types de temps*, dans le prolongement des propositions de la Commission de Grenoble de 1973, les **données journalières** me sont également apparues comme le meilleur compromis. Comme dans tout compromis, ce découpage temporel n'est pas exempt de faiblesses : la plus notable est que la moyenne ou le cumul d'un paramètre sur 24 heures masquent le rythme *vrai* du déroulement de la journée, sachant que d'un point de vue météorologique il y a parfois « deux journées en une », voire plus parfois...

Voici donc un aperçu des principaux avantages et inconvénients pour les variables retenues pour caractériser chacun des quatre paramètres :

- l'état du ciel sera envisagé par la **fraction d'insolation** (SIGMA, en %)

Cette variable permet de définir globalement si le temps a été plutôt dégagé, mitigé ou couvert. Son principal avantage est de pouvoir s'abstraire des cycles saisonniers car cette grandeur est relative à la durée astronomique du jour. Rappelons qu'aux latitudes moyennes, huit heures d'ensoleillement correspondent à un ciel clair au solstice d'hiver (SIGMA \approx 100%) et couvert la moitié du temps au solstice d'été (SIGMA \approx 50%) car la durée du jour est alors de 16 heures !

L'inconvénient de la fraction d'insolation est qu'elle étend aux 24 heures les conditions effectivement enregistrées sur la seule période diurne, ignorant *de facto* ce qui se passe durant la nuit... De ces constats, il ressort que la nébulosité (exprimée en octas) serait la donnée la plus appropriée mais son relevé est moins fréquent que la mesure d'insolation et par ailleurs également souvent absent durant la phase nocturne.

- l'ambiance thermique sera envisagée par la **température moyenne** (TNTXM, en °C)

La moyenne permet d'exprimer par une seule donnée l'ambiance thermique globale d'une journée. Cependant, la température de l'air sous abri fluctue généralement au cours de la journée selon un cycle diurne bien connu. Associée à la fraction d'insolation et au vent, il est possible

d’imaginer l’amplitude autour de cette valeur moyenne (faible par temps couvert et/ou venteux, forte par temps clair et calme), s’il ne s’est pas produit de changement de masse d’air.

L’exemple de deux journées du début d’été 2010 à Caen dont la moyenne thermique est très proche illustre ces relations classiques. Le 15 juin 2010 l’amplitude est faible ($\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$) en raison d’un ensoleillement médiocre et d’un vent soutenu, contrairement au 22 juin 2010 ($\Delta T > 14^{\circ}\text{C}$) qui bénéficie d’un ensoleillement très généreux et d’un temps relativement calme (tableau 3).

	TNTXM	SIGMA	FFM	ΔT	TN	TX
15/06/2010	14,1°C	35%	7,2 m/s	2,7°C	12,7°C	15,4°C
22/06/2010	14,8°C	96%	2,4 m/s	14,5°C	7,5°C	22,0°C

Tableau 3 : Relation entre l’amplitude thermique journalière, la fraction d’insolation et la force moyenne du vent (exemple de la station de Caen pour deux journées d’été) (d’après des données Météo-France)

- la présence de précipitations, par le cumul (RR, en mm)

Au pas de temps journalier, le cumul est la variable choisie pour appréhender la présence de précipitations (liquide ou solide) sur les 24 heures. Bien entendu, cela ne nous renseigne pas sur la façon dont se sont déroulées les averses successives (durée, intensité, fréquence). En fonction de la quantité de précipitations et de la fraction d’insolation du même jour, on peut toutefois émettre indirectement des hypothèses sur la nature (stable ou instable) et la durée du phénomène.

- l’agitation de l’air, exprimé par la force moyenne du vent (FFM, en m/s)

La moyenne de la force du vent permet en une seule valeur de caractériser globalement une journée. Comme pour la température, ce paramètre est soumis à un cycle diurne dont il faudra tenir compte lors de la classification (en dehors des passages perturbés, le vent se calme généralement durant la phase nocturne en raison de l’affaiblissement des contrastes radiatifs ; ces différentiels sont particulièrement vigoureux dans les régions littorales et montagneuses).

2. Le choix du référentiel temporel

Pour apprécier toutes les nuances possibles du temps et la variabilité de ses séquences d’une année à l’autre, il est nécessaire de disposer d’une profondeur temporelle suffisante. Se pose alors nécessairement la question de la fiabilité et de la disponibilité des données à mesure que l’on remonte dans le temps.

Lors de notre analyse sur les métadonnées, il n’a malheureusement pas été possible d’accéder au « *code qualité* » des stations concernant le site de mesure et l’instrumentation³⁵ (cf. *Note technique 35* de Météo France : *Classification d’un site*, rédigée par Michel Leroy en 1999). Ces informations sont disponibles en interne à Météo-France sur *Okapi* mais pas sous sa version « client » *Publithèque*. Par défaut, un premier tri a donc été réalisé en ne présélectionnant que les stations de *type 0*

³⁵ Dernière minute : depuis le début ou la mi-année 2015 ces métadonnées sont accessibles sur le site *Publithèque* : https://donneespubliques.meteofrance.fr/metadonnees_publicques/fiches/fiche_n°du_poste.pdf

(ou dans *Tout sur les stations* aller dans l’*Historique de la station* et cliquer sur *Télécharger la fiche du poste*)

Informations supplémentaires disponibles, notamment : **qualité du site** (de 1 à 5) ; **classe des mesures** (A à E) ; **caractéristiques des instruments** (types de capteurs, etc.) ; **photos du site** (vues Nord, Sud, Ouest, Est)

(station synoptique, automatique ou avec personnel Météo-France, temps réel en diffusion et expertise), partant du principe que ces stations du réseau synoptique principal garantissent au mieux la fiabilité des données³⁶.

D'après l'état du réseau d'observations météorologiques sur la France métropolitaine consulté le 12 août 2014, 146 stations de *type 0* disposent simultanément des informations sur les 4 paramètres retenus pour caractériser les *types de temps* – c'est-à-dire les précipitations, les températures, le vent et l'ensoleillement (voir dans le tableau 4, ci-après).

	1 jour	1 an	10 ans	20 ans	30 ans
	12/08/2014	année 2010	2001-2010	1991-2010	1981-2010
précipitations	186	185	184	176	160
température	186	185	184	176	160
vent	186	185	184	175	160
insolation	146	145	145	141	129
les 4 paramètres	146	145	145	141	129

Tableau 4 : Nombre de données disponibles par paramètre sur la France métropolitaine pour des stations Météo-France de *type 0* (tableau établi à partir de requêtes réalisées sur la PubliThèque).

À la vue de ce tableau, étant donné la faible augmentation du nombre de stations de *type 0* au cours des trente dernières années, la tentation de s'appuyer sur la Normale 1981-2010 était grande mais elle a été écartée du fait de l'évolution des appareils et/ou des normes de mesure pour le vent et l'ensoleillement. Ces aspects météorologiques engendrent potentiellement des distorsions, voire des ruptures artificielles dans les séries, ce qui altère l'homogénéité des données.

Au total, après recoupement des informations quantitatives et qualitatives, en fonction des objectifs préalablement définis, la **période de référence retenue est donc 1991-2010**. Sur ces 20 années, on dispose en effet d'un nombre assez grand de stations pour effectuer notre sélection et les données présentent une bonne homogénéité d'un point de vue instrumental.

3. Le choix du référentiel spatial

« *La définition des types de temps repose sur des données stationnelles [...]* » (Douguedroit, 2004). La carte page suivante présente les soixante stations retenues pour mon étude (figure 37).

3.1. Principes généraux du maillage de la France à méso-échelle

Les *types de temps* se caractérisant à l'échelle régionale (cf. Partie 1), le choix des stations de référence a d'abord reposé sur un **essai de maillage régulier de l'espace susceptible de dégager les principales régions climatiques de France métropolitaine**, référence faite à la hiérarchisation proposée par Jean-Pierre Vigneau (2000). Pour une surface totale d'environ 550.000 km², **une soixantaine de stations** permettait donc de faire apparaître des zones d'influence théoriques de l'ordre de 10.000 km², surface répondant à notre besoin scalaire.

³⁶ J'ai consulté également les stations de *types 1, 2 et 3* pour compléter au besoin notre sélection finale.



Figure 37 : Localisation des 60 stations Météo-France servant de références. Pour plus de détails sur les caractéristiques des stations, se reporter aux deux tableaux de synthèse placés en annexe 3a et 3b.

Cette approche très géométrique du problème a ensuite été affinée par le souhait de **prendre en compte les principaux facteurs géographiques** qui déterminent à l'échelle de la France métropolitaine les grands ensembles climatiques et leurs subdivisions en entités plus petites. Dans cette optique, j'ai donc légèrement déformé la grille initiale pour faire ressortir les grands éléments structurants à l'origine de la diversité climatique nationale (terre, mer, relief). Toutefois, pour conserver une bonne homogénéité spatiale, j'ai divisé la France en 4 ensembles³⁷ et cherché dans ces quadrants une quinzaine de stations représentatives, tenant compte des caractères géographiques propres à chacune d'elles (figure 38 et tableau 5).

³⁷ Globalement, si l'on coupe la France en deux dans les plans latitudinal et longitudinal, la moitié environ des stations (27) sont au sud de l'axe médian « horizontal » ≈ La Rochelle/Lyon et la moitié des stations (31) à l'est de l'axe médian « vertical » ≈ Lille/Perpignan (figure 2.3).

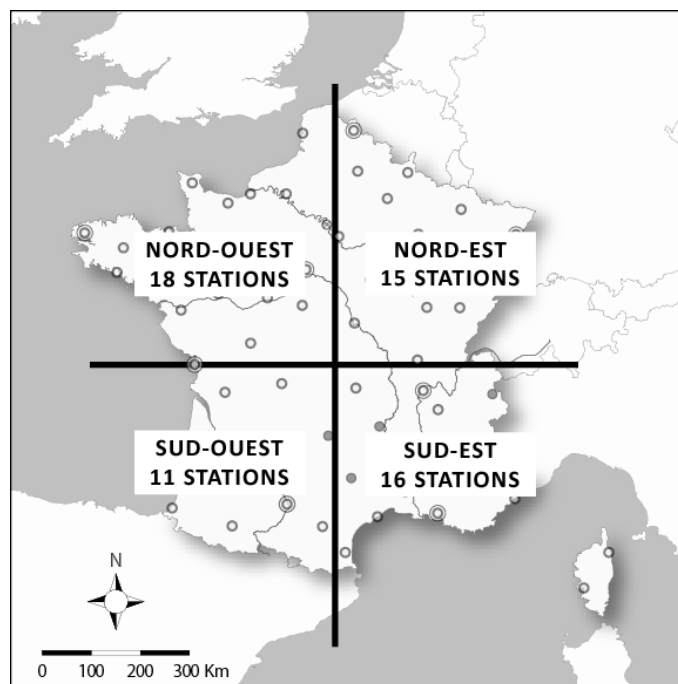


Figure 38 : Division de l'espace géographique en 4 ensembles.

	<i>quart NW</i>	<i>quart SW</i>	<i>quart NE</i>	<i>quart SE</i>	total
total	18	11	15	16	60
<i>dont « montagnardes » (alt. > 600 m)</i>	0	1	0	4	5
<i>dont « littorales » (- de ≈ 20 km / mer)</i>	8	3	0	6	17

Tableau 5 : Nombre total de stations et par quadrant en fonction de deux caractères géographiques majeurs.

► Parmi les 17 **stations considérées comme « littorales »** (tableau 6) : 3 sont véritablement côtières (situées à quelques centaines de mètres au maximum du rivage) ; 9 sont dans une bande très influencée par la mer (entre 2 à 6 km) ; 4 sont sensibles à la proximité marine, surtout quand le vent est orientée à la mer (entre 10 et 20 km). Nous avons ajouté à cette liste *Nantes* et *Bordeaux* car, bien qu'en limite de concept à cause de la distance (entre 30 et 40 km), elles sont toutefois fortement océanisées en raison de leur ouverture au flux dominant en provenance de l'Atlantique.

	distance-mer		distance-mer		distance-mer
1. Nice	≈ 0,1 km / S	7. Bastia	≈ 4 km / E	13. Perpignan	≈ 12 km / E
2. Ajaccio	≈ 0,1 km / W	8. Le Touquet	≈ 4 km / W	14. Valognes	≈ 14 km / N
3. Sète	≈ 0,3 km / S	9. Lorient	≈ 5 km / W	15. Caen	≈ 18 km / N
4. La Rochelle	≈ 2 km / W	10. Deauville	≈ 5 km / N	-----	-----
5. Biarritz	≈ 3 km / W	11. Marseille-M.	≈ 6 km / S	16. Nantes	≈ 35 km / W
6. Dinard	≈ 3 km / N	12. Brest	≈ 6 km / S	17. Bordeaux	≈ 40 km / W

Tableau 6 : Distance et direction par rapport à la mer des stations « littorales » (d'après les cartes de localisation associées aux fiches descriptives des stations disponibles sur la *Publithèque* de Météo-France).

► Pour représenter **les milieux montagnards** – qui occupent une place non négligeable de la moitié sud et du nord-est du territoire – le choix est malheureusement limité à cinq stations, même en élargissant la requête dans la Publiothèque aux *types 1, 2, 3*.

Sur la période 1991-2010, seules dix stations ressortent d'un tri croisé associant les quatre paramètres requis pour établir mes *types de temps*. Sur ce total, cinq ne disposent pas de séries complètes sur au moins un des paramètres (le plus souvent l'insolation ou/et le vent) et deux sont en doublon (*Le Puy-Chadrac* et *Le Puy-Loudes* ; *Mende* et *Mende-Brenoux*). Les cinq stations restantes ont donc toutes été retenues, chacune représentant un secteur climatiquement différencié des autres : pour le Massif Central, la partie ouest avec *Aurillac*, la partie est avec *Le Puy-Loudes* et la frange sud avec *Millau* ; pour les Alpes, le nord avec *Bourg-Saint-Maurice* et le sud avec *Embrun* (tableau 7).

	alt.	secteur représentatif	insol.	vent	gelée	chaleur	précipitations	
			SIGMA moyen	FFM >= 5 m/s	TN <= 0°C	TX >= 25°C	cumul	fréq.
<i>Aurillac</i>	639 m	ouest M. Central	44%	20 j	72,8 j	46,3 j	1172 mm	128 j
<i>Le Puy</i>	833 m	est M. Central	42%	37 j	108,3 j	41,8 j	688 mm	96 j
<i>Millau</i>	712 m	sud M. Central	47%	151 j	51,3 j	51,6 j	743 mm	94 j
<i>B.-St-Maurice</i>	865 m	nord Alpes	47%	8 j	100,9 j	67,4 j	961 mm	110 j
<i>Embrun</i>	871 m	sud Alpes	57%	29 j	96,0 j	75,6 j	726 mm	84 j

Tableau 7 : Caractères géographiques et valeurs moyennes sur la période 1991-2010 de 5 paramètres ou indicateurs climatiques pour les stations de référence « montagnardes » (d'après données Météo-France).

Ces données soulignent l'influence sur le climat de la combinaison du relief avec les principaux *types de circulation atmosphérique*. À l'échelle de la *région climatique*, les répercussions de la position de la station par rapport aux grandes masses de relief (partie occidentale du Massif Central naturellement plus affectée par les flux d'ouest que le cœur des Alpes) ; ensuite, à l'échelle du *pays climatique*, les effets locaux liés à la configuration des sites (modification des caractères climatiques régionaux par des effets d'abri ou de surexposition)³⁸.

Après analyse, un quadruple constat s'impose pour les données « montagnardes » :

- les stations de référence sont très peu nombreuses (5 disponibles) ;
- des massifs entiers ne sont pas pris en compte (Pyrénées, Vosges, Jura).
- les altitudes très modestes ne rendent pas compte de tous les étages (ici entre 639 et 871 m) ;
- le poids des facteurs géographiques locaux (abri / exposition) influent beaucoup sur les relevés.

Pour l'ensemble de ces raisons, dans l'optique d'une spatialisation des *types de temps*, les domaines de montagne devront faire l'objet d'une analyse préalable pour estimer à méso-échelle la modification des quatre paramètres de base, en fonction principalement de l'altitude et de la situation géographique d'ensemble (voir projet de recherche en fin de volume).

³⁸ Seulement 8 jours de vents moyens supérieurs à 5 m/s dans la vallée de l'Isère à Bourg-St-Maurice, contre plus de 150 jours sur les hauteurs qui dominent la ville de Millau où est implantée la station.

Les cinq photographies suivantes permettent de mieux appréhender la nature du site et de la situation de chaque station de montagne (figures 39 et 40).



Figure 39 : Photographies des sites des stations des Alpes (empruntées au site *Info Climat*)

<http://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/embrun/07591.html>

<http://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/bourg-st-maurice/07497.html>

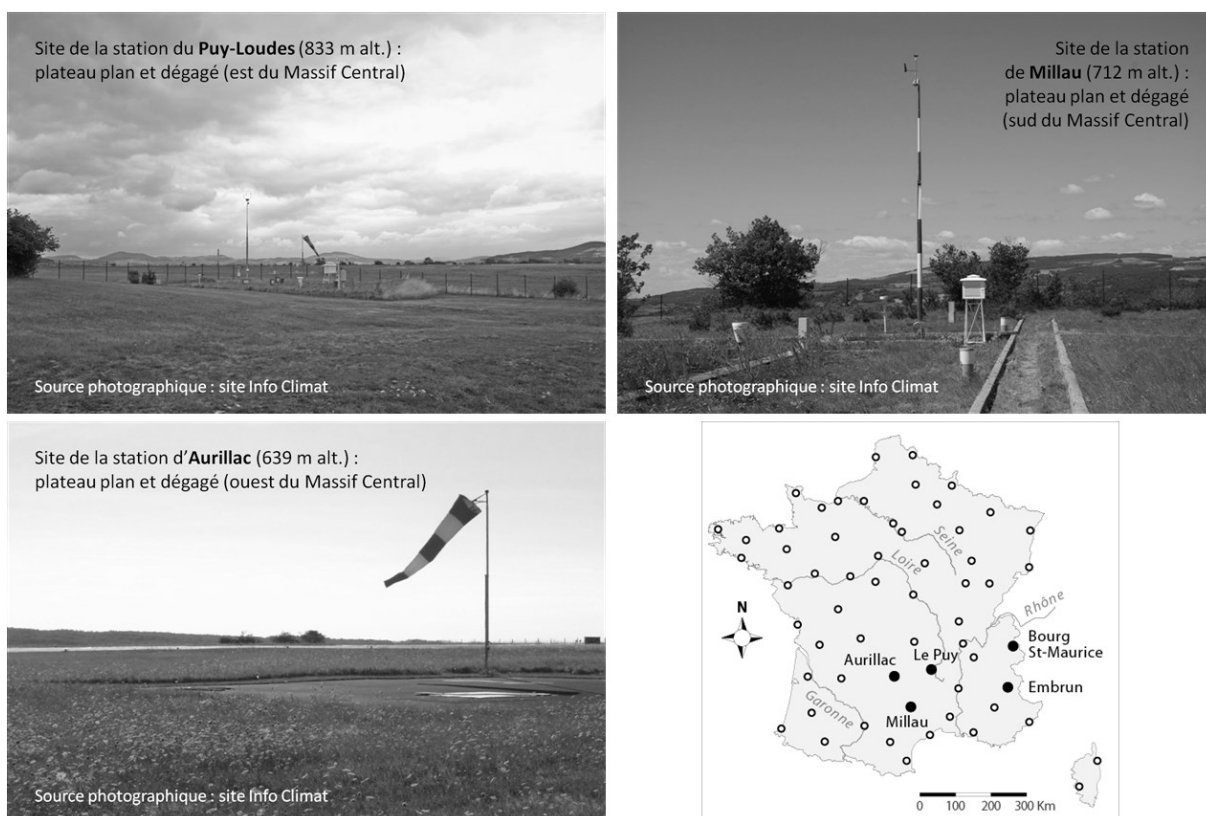


Figure 40 : Photographies des sites des stations du Massif Central (empruntées au site *Info Climat*) et carte de localisation des 5 stations montagnardes (points noirs).

<http://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/le-puy-loudes/07471.html>

<http://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/millau/07558.html>

<http://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/aurillac/07549.html>

3.2. Principes du maillage pour la prise en compte des particularités climatiques en « plaine »

Certains secteurs de « plaine³⁹ » possèdent des caractéristiques géographiques singulières qui engendrent des modifications climatiques suffisamment étendues et marquées pour que nous les prenions en compte dans notre échantillonnage de stations. Ceci explique que le maillage présente parfois une densité de points plus importante sur des parties de la carte de synthèse.

3.2.1. Les secteurs forestiers sur sols sableux

Comparativement à *Tours*, placée dans des conditions environnementales « standard » pour une station météorologique de référence, celle de *Romorantin* est emblématique des effets climatiques observés dans les secteurs entourés par des massifs forestiers importants, développés de surcroît sur des sols sableux (voir cartes ci-dessous, figure 41).

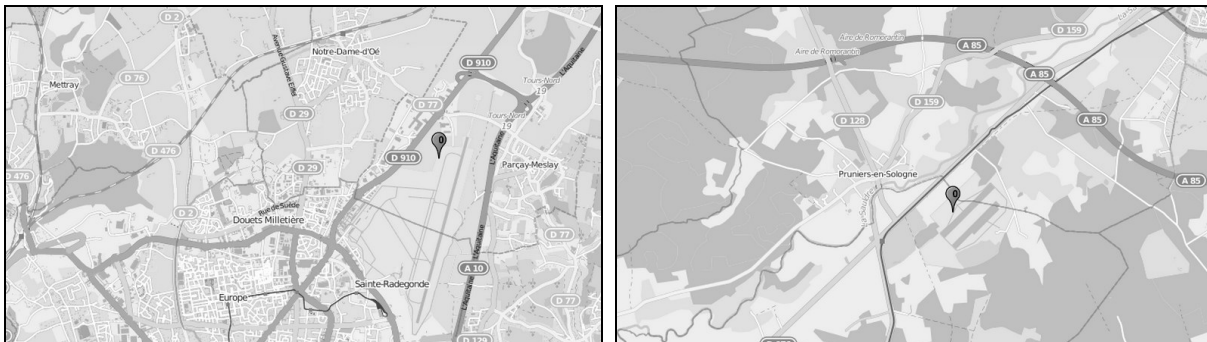


Figure 41: Le site et la situation de Tours (à gauche) et de Romorantin (à droite). D'après *OpenStreetMap*

La combinaison de ces deux facteurs géographiques accentue la « continentalité » du secteur solognot avec notamment une forte diminution générale de la force du vent et, par temps clair, une nette accentuation du froid en hiver⁴⁰ et à un niveau moindre de la chaleur en été (voir tableau 8).

	vent moyen		gelée et forte gelée		chaleur et forte chaleur	
	FFM < 2 m/s	FFM >= 5 m/s	TN <= 0°C	TN <= -5°C	TX >= 25°C	TX >= 30°C
<i>Tours</i>	32,5 jours	80,5 jours	41,5 jours	4,1 jours	53,2 jours	13,2 jours
<i>Romorantin</i>	145,6 jours	24,6 jours	71,7 jours	16,6 jours	61,9 jours	17,3 jours

Tableau 8 : Comparaison pour les stations de *Tours* et *Romorantin* de la fréquence annuelle de plusieurs indicateurs climatiques (période 1991-2010) (d'après données Météo-France)

Dans un contexte climatique plus méridional, un cas assez similaire se retrouve entre *Bordeaux* et *Mont-de-Marsan*, la station au cœur de la forêt landaise « bénéficiant » d'un double effet de sol et d'abri, à l'image de *Romorantin*.

³⁹ Le terme de « plaine » est ici à prendre en opposition à celui de « montagne », secteur dont l'étude a été entreprise dans la partie 1.3.1. Les « plaines » recouvrent donc des sites topographiques à proprement parler de plaine mais aussi de colline, de plateau et/ou de vallée. Leur point commun est d'être à une altitude inférieure à 600 m. Concrètement : 15 stations sont à une altitude inférieure à 50 m, 14 sont entre 50 et 100 m, 14 entre 100 et 200 m, 9 entre 200 et 400 m, 3 entre 400 et 600 m et 5 au-dessus de 600 m.

⁴⁰ Voir exemple du 10 décembre 2013 dans l'encadré de la page suivante.

Encadré 5 : Evolution différenciée des températures par temps clair et calme

Pour exemple, les 9 et 10 décembre 2013, par temps clair anticyclonique (0/8 de nébulosité et ≈ 1035 hPa), la température de l'air sous abri s'est abaissée par rayonnement en fin de nuit à $-6,4^{\circ}\text{C}$ le 9 puis $-6,6^{\circ}\text{C}$ le 10 à Romorantin grâce à un air totalement calme alors qu'à Tours le léger vent d'est a limité la chute à $-2,1^{\circ}\text{C}$ le 9 (vent moyen de 1 à 2 m/s) puis a seulement $-1,0^{\circ}\text{C}$ le 10 en raison d'un souffle un peu plus marqué (vent moyen de 2 à 3 m/s).

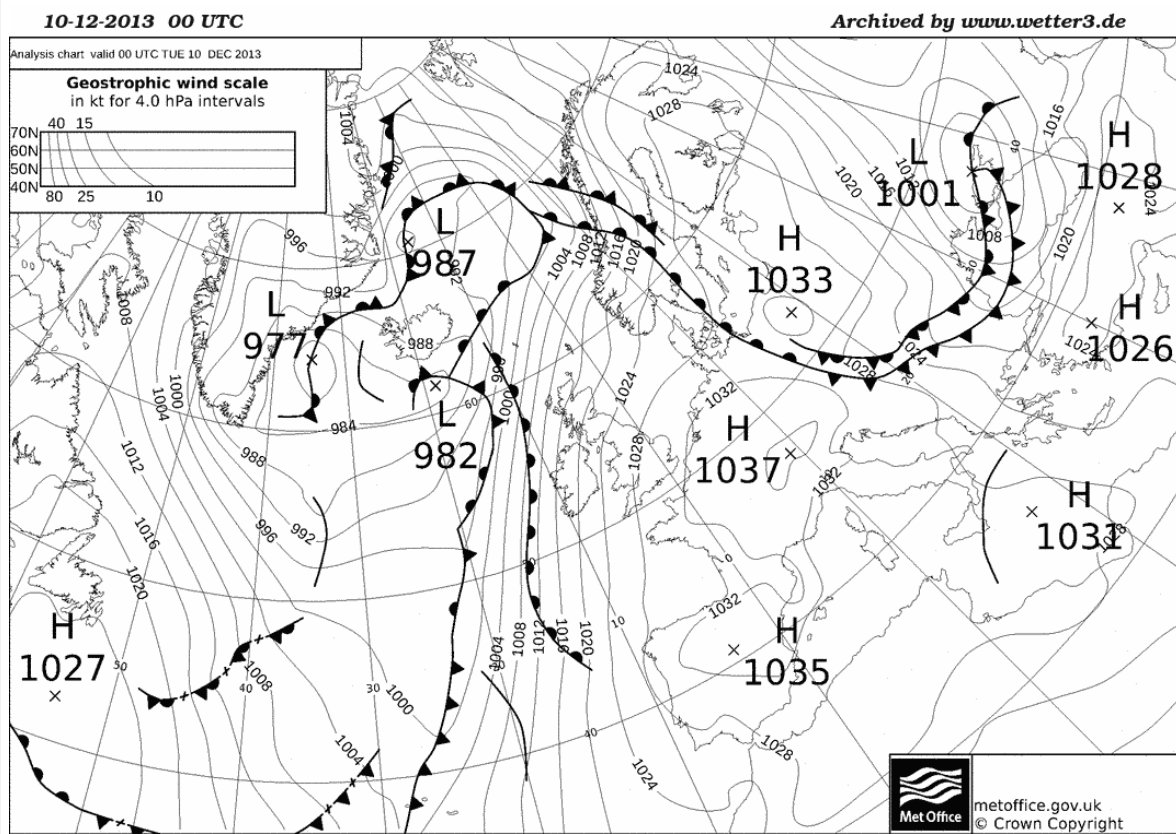


Figure 42 : Situation synoptique le 10/12/2013 à 00 UTC (d'après les archives du Met Office).

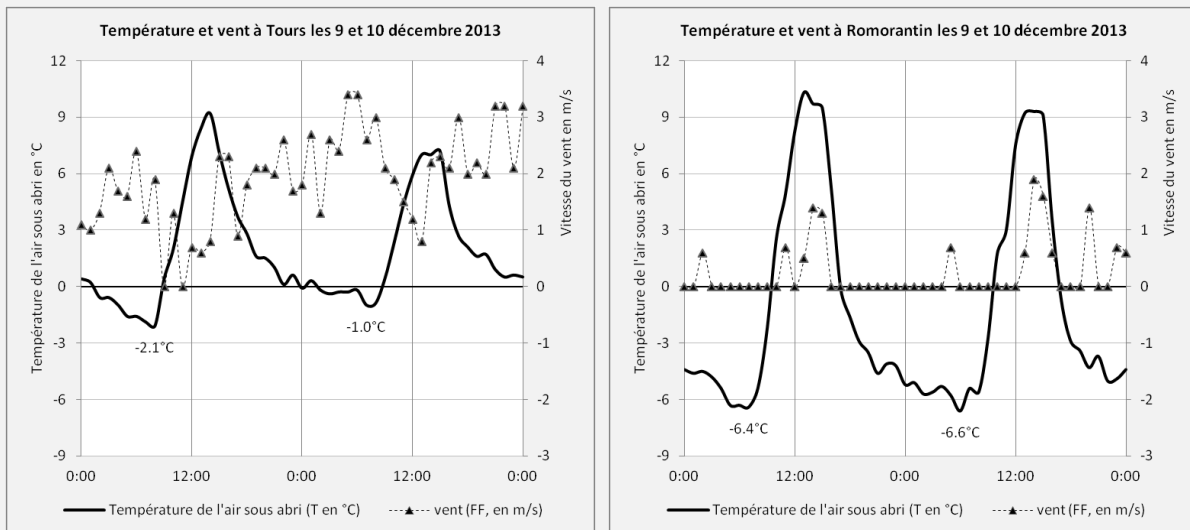


Figure 43 : Température et vent à Tours et Romorantin les 9 et 10/12/2013 (données Météo-France)

	vent moyen		gelée et forte gelée ⁴¹		chaleur et forte chaleur	
	FFM < 2 m/s	FFM >= 5 m/s	TN <= 0°C	TN <= -5°C	TX >= 25°C	TX >= 30°C
<i>Bordeaux</i>	43,8 jours	44,5 jours	25,9 jours	2,3 jours	79,2 jours	23,8 jours
<i>M.-de-Marsan</i>	149,4 jours	6,0 jours	50,1 jours	6,9 jours	90,4 jours	29,5 jours

Tableau 9 : Comparaison pour les stations de *Bordeaux* et *Mont-de-Marsan* de la fréquence annuelle de plusieurs indicateurs climatiques (période 1991-2010) (d'après données Météo-France).

3.2.2 *Les secteurs urbains denses*

Une seule station apparaît dans notre sélection pour rendre compte des différences ville/campagne (figure 44). Il s'agit de *Paris-Montsouris*, station placée dans un parc au cœur de l'agglomération parisienne, que l'on pourra comparer aux données d'échelle régionale fournies par la station rurale de Melun, située à une trentaine de kilomètres au sud-est de la capitale⁴². Le tableau 10 illustre les principales modifications « classiques » engendrées par l'urbanisation (augmentation des températures, réduction des brouillards et affaiblissement du vent moyen).

	vitesse du vent moyen		T° mini	gelée	T° maxi	chaleur	brouillard
	FFM < 2 m/s	FFM >= 5 m/s	TN	TN <= 0°C	TX	TX >= 25°C	occurrence
<i>Melun (rural)</i>	34,8 jours	84,4 jours	7,0°C	51,4 j.	15,8°C	47,8 j.	31,9 j.
<i>Paris-M. (urbain)</i>	54,8 jours	23,1 jours	9,0°C	23,9 j.	16,2°C	51,1 j.	6,5 j.

Tableau 10 : Comparaison pour les stations de *Melun* et *Paris-Montsouris* de la fréquence annuelle de plusieurs paramètres et indicateurs climatiques (période 1991-2010) (d'après données Météo-France).

3.2.3 *Les secteurs de faibles reliefs en arrière-pays littoral*

Dans le cadre des perturbations frontales, le contact des masses d'air chargé d'humidité en provenance de l'océan avec le continent occasionnent des précipitations que les reliefs, même de faible énergie, sont susceptibles de renforcer sensiblement. Cela s'accompagne d'une nébulosité généralement plus marquée et souvent plus durable (CANTAT O., DREAL BN, 2014 : voir Volume 2 « Publications » la sélection n°5). En somme, cela influe sur les *types de temps*.

Pour matérialiser ce phénomène d'origine orographique propre à l'arrière-côte de l'interface mer/terre, j'ai choisi de sélectionner les deux stations voisines de Caen et Deauville (moins de 40 kilomètres à vol d'oiseau) mais dont les contextes topographiques sont contrastés :

- Caen-Carpique, à 18 km de la mer mais située sur un bas plateau (67 m alt.) plan et très largement dégagé, placée sous le vent des Collines de Normandie ;
- Deauville-Saint-Gatien, à seulement 5 km de la mer mais dans les hauteurs du Pays d'Auge qui surplombent la Manche (139 m alt.).

⁴¹ Dans les mêmes conditions que précédemment évoquées (temps clair anticyclonique), le 10 décembre 2013 la valeur minimale a atteint -5,3°C à Mont-de-Marsan en air calme et seulement -1,7°C à Bordeaux en raison d'un très léger vent pour atténuer l'intensité de l'inversion de température près du sol.

⁴² Les principaux éléments de différenciations ont été présentés dans la partie précédente, résultats issus d'une étude spécifique sur le comportement de l'îlot de chaleur urbain parisien (Cantat, 2004)

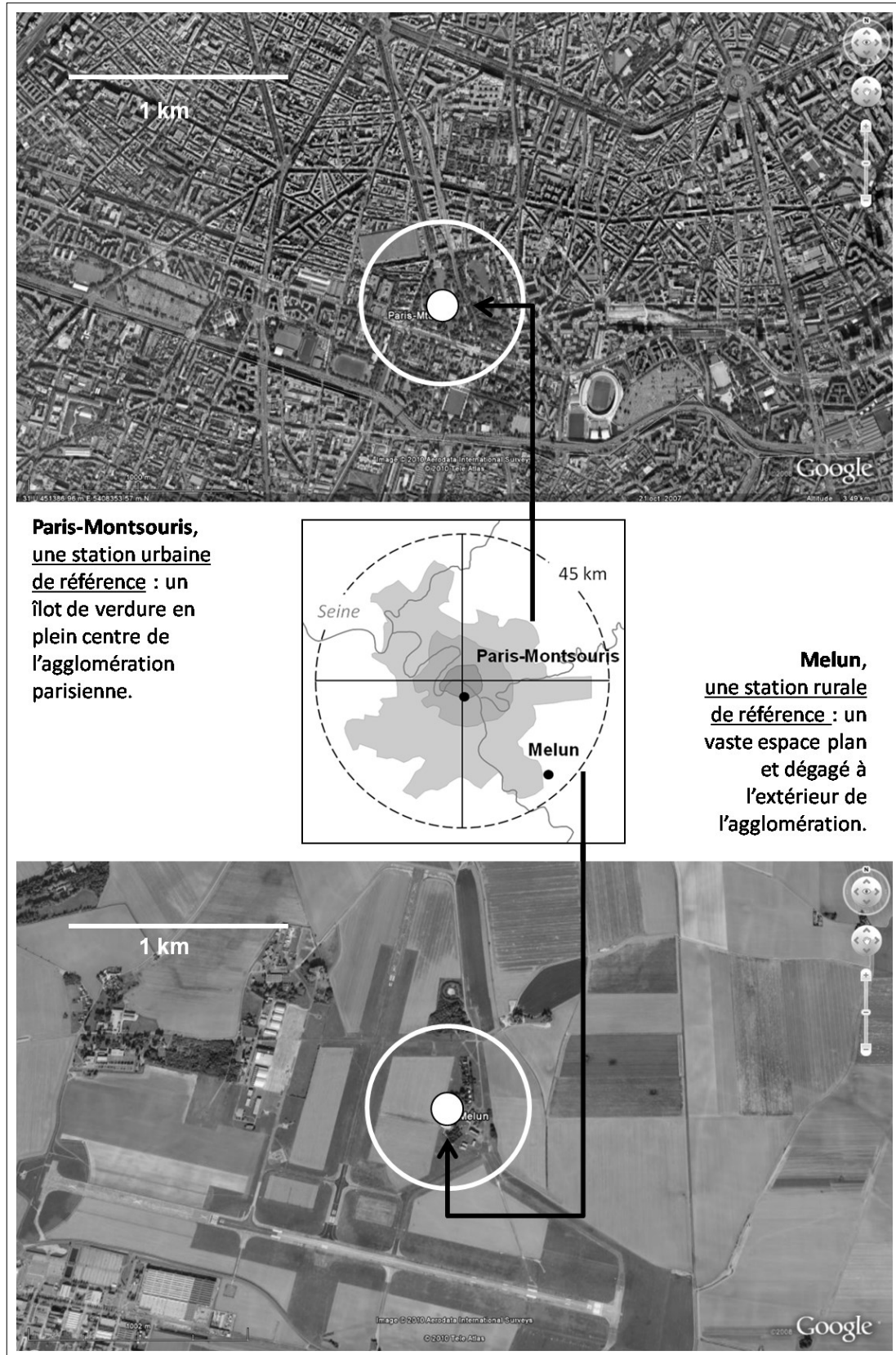


Figure 44 : La situation et le site des stations de Paris-Montsouris (référence urbaine, en haut) et de Melun (référence rurale, en bas). Fond de carte d'après photographies aériennes (Google Earth). La densité urbaine croissante de l'agglomération parisienne est globalement schématisée par des tons de gris de plus en plus soutenus dans la carte centrale.

	précipitations			insolation		
	RR cumulées	RR >= 1 mm	RR >= 10 mm	SIGMA moyen	SIGMA < 20%	SIGMA >= 80%
<i>Caen</i>	750 mm	126,1 jours	20,6 jours	37,1%	136,7 jours	46, 1 jours
<i>Deauville</i>	922 mm	139,0 jours	27,1 jours	34,8%	150,2 jours	42,1 jours

Tableau 11 : Comparaison pour les stations de *Caen* et *Deauville-St-Gatien* de la fréquence annuelle de plusieurs paramètres et indicateurs climatiques (période 1991-2010) (d'après données Météo-France)

Le « maillage » du territoire se compose donc de stations littorales (17) et continentales (43), de stations de plaine (55) et de montagne (5), et de stations rurales (59) et urbaine (1). Quelques stations – comme *Romorantin*, *Paris-Montsouris* et *Deauville* – ont été intégrées dans le but de pouvoir mettre en évidence des subdivisions climatiques significatives à l'intérieur du maillage régional en raison de caractéristiques géographiques locales originales (milieu forestier, très grande agglomération urbaine, arrière-côte littorale).

4. La collecte des informations météorologiques

Au final, la base de données nécessaire à une description exhaustive des *types de temps sensibles* sur la France métropolitaine se compose donc de 60 stations, chacune connue par 4 variables (fraction d'insolation, température moyenne, cumul pluviométrique et vent moyen) pour les 7.305 journées qui constituent la période d'étude allant du 1^{er} janvier 1991 au 31 décembre 2010. L'accès aux 1.753.200 données couvrant nos besoins (60 stations x 4 variables x 365,25 jours x 20 ans) a été rendue possible par **l'établissement d'une convention particulière de recherche auprès du Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM)** de Toulouse. Après l'accord de Météo-France, sur les bases de la présentation d'un dossier scientifique, le compte Publiothèque de l'Université de Caen a été crédité du nombre de points correspondant à la demande.

5. Le comblement des lacunes

Dans les bases de données climatologiques, il peut exister des lacunes en raison de l'arrêt définitif de la mesure d'un paramètre lors du changement de catégorie d'un poste, d'interruptions momentanées pendant la maintenance des instruments ou de problèmes techniques divers (que je n'évoquerai pas ici). En remontant dans le temps, le taux de remplissage des bases de données présente donc souvent des petites « faiblesses » qu'il faut combler artificiellement : la reconstitution s'effectue à partir de diverses procédures fondées sur des lois mathématiques (Bigot, 2002) et les relevés des stations voisines⁴³.

⁴³ Les discontinuités temporelles et la fiabilité des données sont des problèmes particulièrement préjudiciables pour la connaissance de l'évolution du climat car « *les études des variations climatiques à long terme doivent s'appuyer sur des séries exemptes de données manquantes et d'hétérogénéité* » (Bigot, 2002). Les statistiques permettent de construire des outils capables de combler les lacunes d'observations et de vérifier la fiabilité des données. Les logiciels de détection des discontinuités temporelles s'appuient sur l'usage de divers tests (tests d'ajustement, de conformité, d'autocorrélation et d'homogénéité. A Météo-France, la méthode de reconstitution repose sur l'adaptation des recherches de Mestre (2000), elles-mêmes inspirées de la règle bayésienne invariante optimale, dite de Causinus et Lyazrhi (1997).

D'un point de vue statistique, les méthodes de comblement permettent « *de remplacer les valeurs manquantes par des estimations présentant des qualités (vraisemblance) et des indices de confiance (variance d'estimation), mais toujours sous réserve de validité du modèle statistique retenu* » (Laborde, 2002). D'un point de vue spatial, les méthodes reposent sur le caractère *a priori* semblable du climat dans un espace proche de la station considérée. Ce postulat comporte des « risques » puisque, au gré de la topographie et de la nature des masses d'air, la proximité géographique n'est pas forcément le critère le plus pertinent à prendre en compte (Cantat et Brunet, 2001 : voir volume 2 « Publications » la sélection n°3).

Dans notre cas, ces **problèmes sont relativement réduits car la base de données concerne une période courte et récente (1991-2010)**. De plus, lors de notre sélection, nous connaissions au préalable les dates d'interruption des mesures pour certains paramètres grâce à l'analyse des métadonnées, ces « *données qui décrivent les données* ». En revanche nous ignorons les manques ponctuels de données – ceux liés à des dysfonctionnements techniques – car le taux de remplissage des séries n'est pas accessible sur la version actuelle de la *Publithèque*.

La finalité de notre étude n'étant pas une analyse évolutive – très sensible à la moindre hétérogénéité dans les séries – le comblement des lacunes s'est contenté ici de l'application d'une méthode « rustique » fondée sur le degré de « ressemblances » géographique et statistique entre des stations peu éloignées les unes des autres (Cantat, 2002). Le but du traitement est juste de proposer une valeur cohérente à l'échelle du *pays climatique*, sans nécessité d'une grande précision.

La figure 45 représente les deux méthodes que j'ai combinées dans cette étude : en haut, une carte traduisant l'approche géographique (par comparaison des valeurs enregistrées le même jour dans les stations voisines : plutôt pour les données manquantes ponctuelles) ; en-dessous, deux graphiques évoquant l'approche mathématique (fondée sur des ajustements à partir des rythmes « vrais » et des coefficients de corrélation : plutôt pour les longues séries).

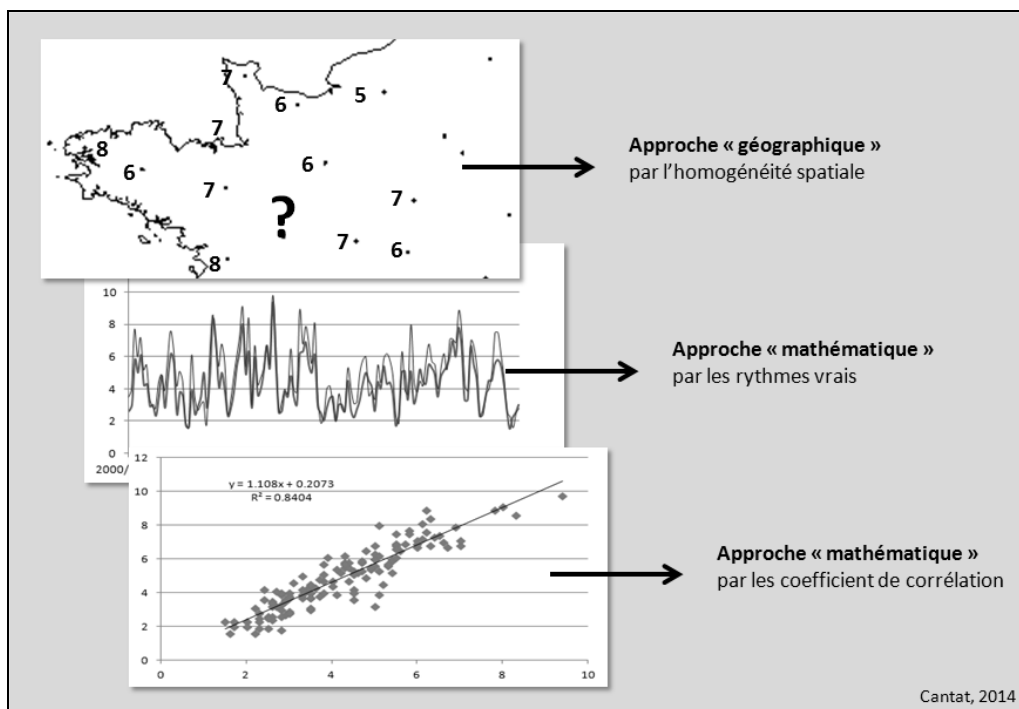


Figure 45 : Schématisation des 2 méthodes de comblement des lacunes utilisées dans l'étude.

station	RR	TN	TX	TM	FFM	SIGMA	TOTAL	TOTAL %
1_AJACCIO	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2_ALENCON	0	0	0	0	8	0	8	0.0%
3_ANGERS	0	0	0	0	0	1	1	0.0%
4_AURILLAC	0	0	0	0	5	0	5	0.0%
5_AUXERRE	0	0	0	0	8	0	8	0.0%
6_BALE-M.	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
7_BASTIA	0	0	0	0	3	0	3	0.0%
8_BERGERAC	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
9_BESANCON	0	0	0	0	14	0	14	0.0%
10_BIARRITZ	0	0	0	0	3	0	3	0.0%
11_BORDEAUX	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
12_BOURG ST M	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
13_BREST	0	0	0	0	7	0	7	0.0%
14_CAEN	0	0	0	0	3	0	3	0.0%
15_CARCASSONNE	0	0	0	0	3	30	33	0.1%
16_CHARLEVILLE-M	0	0	0	0	34	34	68	0.2%
17_CLERMONT FD	0	0	0	0	0	6	6	0.0%
18_COGNAC	0	0	0	0	16	0	16	0.0%
19_DEAUVILLE	0	0	0	0	1606	1379	2985	6.8%
20_DIJON	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
21_DINARD	0	0	0	0	8	0	8	0.0%
22_EMBRUN	0	0	0	0	21	6	27	0.1%
23_GRENOBLE	0	0	0	0	39	2	41	0.1%
24_LA ROCHELLE	0	0	0	0	12	0	12	0.0%
25_LANGRES	0	0	0	0	57	63	120	0.3%
26_LE PUY	0	0	0	0	1	0	1	0.0%
27_LE TOUQUET	0	0	0	0	74	0	74	0.2%
28_LILLE	0	0	0	0	2	6	8	0.0%
29_LIMOGES	0	0	0	0	0	1	1	0.0%
30_LORIENT	0	0	0	0	3	0	3	0.0%
31_LYON	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
32_MACON	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
33_MARSEILLE-M	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
34_METZ	0	0	0	0	8	0	8	0.0%
35_MILLAU	0	0	0	0	25	0	25	0.1%
36_MONT DE M	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
37_MONTELIMAR	0	0	0	0	3	0	3	0.0%
38_NANTES	0	0	0	0	1	0	1	0.0%
39_NEVERS	0	0	0	0	10	24	34	0.1%
40_NICE	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
41_NIMES	0	0	0	0	5	0	5	0.0%
42_ORLEANS	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
43_PARIS-MELUN	0	0	0	0	1	0	1	0.0%
44_PARIS-MONTS	0	0	0	0	3	0	3	0.0%
45_PERPIGNAN	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
46_POITIERS	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
47_REIMS	0	0	0	0	11	11	22	0.1%
48_RENNES	0	0	0	0	1	0	1	0.0%
49_ROMORANTIN	0	0	0	0	8	43	51	0.1%
50_ROSTRENE	0	0	0	0	3888	2	3890	8.9%
51_ROUEN	0	0	0	0	5	0	5	0.0%
52_SETE	0	0	0	0	161	7305	7466	17.0%
53_ST AUBAN	0	0	0	0	33	1	34	0.1%
54_ST DIZIER	0	0	0	0	21	40	61	0.1%
55_ST QUENTIN	0	0	0	0	34	30	64	0.1%
56_STRASBOURG	0	0	0	0	3	0	3	0.0%
57_TARBES	0	0	0	0	9	1	10	0.0%
58_TOULOUSE	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
59_TOURS	0	0	0	0	1	0	1	0.0%
60_VALOGNES	0	0	0	0	806	654	1460	3.3%

Tableau 12 : Nombre de données manquantes par paramètres et pourcentage pour le total (d'après les informations extraites de la Publiothèque : <http://publitheque.meteo.fr/okapi/WebPubli/index.jsp>).

Signification des abréviations : RR : précipitations ; TN : température minimale ; TX : température maximale ; TM : température moyenne ; FFM : force moyenne du vent ; SIGMA : pourcentage d'insolation.

Après récupération des informations météorologiques, j'ai répertorié pour les 60 séries de référence les lacunes « prévues » et « imprévues » (tableau 12). Notons immédiatement que celles-ci ne concernent que deux paramètres, l'insolation et le vent, les séries thermiques et pluviométriques fournies par Météo-France étant remplies à 100%.

5.1. Le traitement des lacunes « prévues »

Dans cette catégorie, nous incluons les stations pour lesquelles les métadonnées indiquaient d'importantes lacunes mais que j'ai souhaité toutefois intégrer dans la sélection en raison de leur intérêt géographique dans le découpage régional et subrégional. Il s'agit principalement de Deauville-St-Gatien (≈7%), Rostrenen (≈9%), Valognes (≈3%) et Sète (≈17%).

Pour Deauville-St-Gatien, par exemple, le comblement de la fraction d'insolation – variable météorologique présentant une relative homogénéité à l'échelle régionale – s'est effectué à partir des données croisées disponibles du Cap de la Hève (de l'autre côté de l'estuaire de la Seine) et de Caen et Rouen. Pour le vent, les données de Bouleville (en fonctionnement depuis mai 2004) permettent d'affiner la reconstitution grâce à un site proche et à la topographie ressemblante.

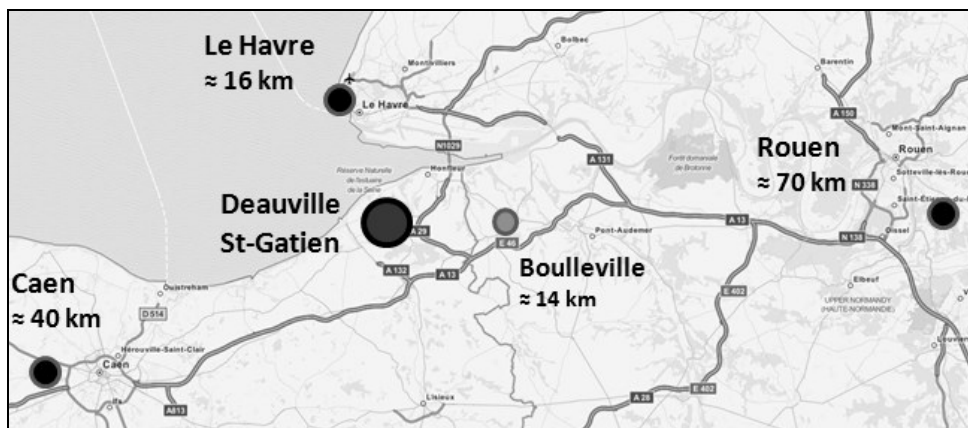


Figure 46 : Contexte géographique des stations météorologiques de Deauville St-Gatien par rapport au Havre Cap-de-la-Hève, à Caen-Carpiquet, à Rouen-Boos et à Bouleville (fond de carte OpenStreetMap).

Pour Rostrenen, au cœur de la Bretagne, la station étant positionnée sur les hauteurs dominant la ville (262 m alt.), j'ai retenu Kerpert pour compléter les lacunes de vent car c'est le seul site a présenté des analogies topographiques permettant de rapprocher ses valeurs (281 m alt.). L'écart des valeurs moyennes journalières y est le plus souvent compris entre ± 1 m/s avec Rostrenen.

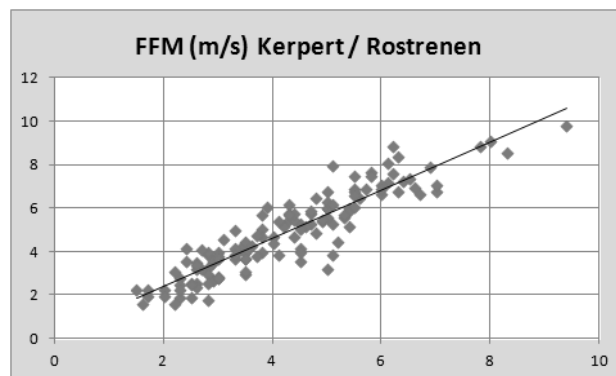


Figure 47 : Comparaison des données de vent moyen journalier sur une période de 5 mois (janvier à mai 2000) pour Kerpert par rapport à Rostrenen (d'après données Météo-France).

Pour Valognes, après une analyse des données à notre disposition sur le Nord-Ouest de la France, les lacunes de vent et d'ensoleillement ont été remplacées par une combinaison des observations de Caen et Dinard, stations qui par leur plus grande proximité géographique présentaient le maximum de ressemblances sur les périodes de données communes.

Enfin, pour la station de Sète, j'ai utilisé les données de Montpellier-Fréjorgues pour caractériser l'insolation de cette portion du littoral méditerranéen. Le site côtier de cette station (juste en arrière de l'Etang de l'Or et du cordon dunaire qui le sépare de la mer) et la faible distance (moins de 30 km à vol d'oiseau du Sémaphore de Sète) sont en effet garants d'une bonne représentativité pour ce paramètre.

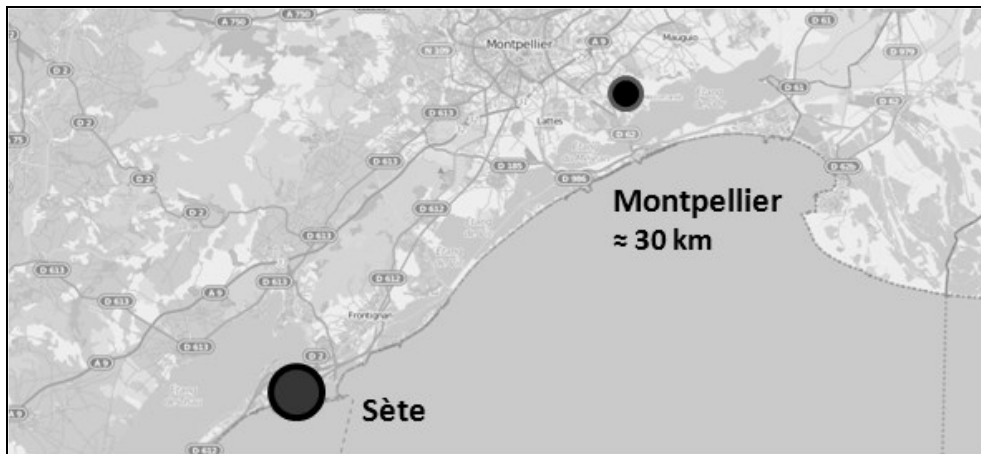


Figure 48 : Contexte géographique des stations météorologiques de Sète et de Montpellier-Fréjorgues (fond de carte OpenStreetMap).

5.2. Le traitement des lacunes « imprévues »

Si l'on excepte les quatre cas particuliers précédents, les autres stations retenues pour notre analyse comportent parfois quelques lacunes qu'il a été nécessaire de combler pour disposer d'une base de données complète. Leur nombre est généralement limité : 39 stations sur 60 ont moins de 10 lacunes sur 20 ans, contre seulement 6 qui en dénombrent entre 50 et 120 (figure 49).

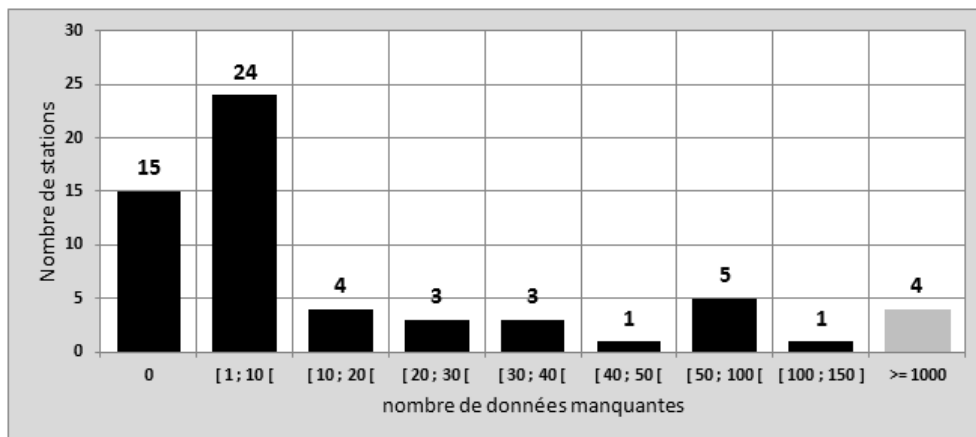


Figure 49 : Distribution du nombre de stations par classe de données manquantes dans les 60 stations de référence constituant la base de données (en grisé les 4 stations étudiées précédemment).

Pour ces dernières, lorsque les données manquantes se produisent en séries de plusieurs semaines consécutives, la méthode géographique/mathématique est appliquée. Pour Langres, par exemple, dont la fraction d'insolation est absente globalement sur la période du 16 mars au 16 mai 2005, les stations de Dijon, St-Dizier et Nancy ont servi de points d'appui pour proposer une valeur journalière.

Quand les **dates sont dispersées**, il s'agit fréquemment d'une interruption momentanée de la mesure et/ou de la transmission de la donnée durant une partie de la journée. Une analyse au cas par cas a été réalisée en étudiant les données horaires manquantes qui peuvent expliquer ces lacunes. En fonction des valeurs enregistrées dans les postes voisins et du type de situation synoptique, j'ai alors recomposé une chronologie plausible permettant le calcul d'une moyenne journalière.

Ci-dessous, voici l'exemple pour la force du vent à Tours le 14 décembre 2004 (tableau 13). L'extrapolation des données de la station d'Angers-Beaucouzé était facilitée par un type de temps hivernal classique très homogène sur une grande partie du Val de Loire intérieur (temps froid anticyclonique avec présence d'un brouillard dense toute la journée).

DATE	TOURS			ANGERS			TOURS (reconstitué) FF (m/s)
	FF (m/s)	T (°C)	HR (%)	FF (m/s)	T (°C)	HR (%)	
14/12/2004 00:00	2	-2.1	99	1	-0.4	100	2
14/12/04 1:00	1	-2.1	99	1	-0.9	100	1
14/12/04 2:00	1	-2.2	99	1	-1.2	100	1
14/12/04 3:00	1	-2.4	98	1	-1.2	100	1
14/12/04 4:00	?	-2.4	98	1	-1.3	100	1
14/12/04 5:00		-2.6	98	1	-1.3	100	1
14/12/04 6:00		-2.6	98	1	-1.6	100	1
14/12/04 7:00		-2.7	98	1	-1.4	100	1
14/12/04 8:00		-2.8	98	2	-1.5	100	2
14/12/04 9:00		-2.5	98	2	-1.3	100	2
14/12/04 10:00		-2.2	98	2	-1	100	2
14/12/04 11:00		-1.3	99	2	-0.3	100	1
14/12/04 12:00		-0.9	99	1	0.3	100	1
14/12/04 13:00		-0.4	99	2	1.1	100	1
14/12/04 14:00	0.2	99	2	1.3	100	1	
14/12/04 15:00	1	0.5	99	2	1.3	100	1
14/12/04 16:00	0	0.7	99	2	1	100	0
14/12/04 17:00	1	0.8	99	2	0.9	100	1
14/12/04 18:00	2	0.6	99	2	1	100	2
14/12/04 19:00	1	0.8	99	2	1	100	1
14/12/04 20:00	1	0.4	99	2	1	100	1
14/12/04 21:00	1	0.1	99	2	1.2	100	1
14/12/04 22:00	1	0	99	3	1.2	100	1
14/12/04 23:00	2	0	99	1	1.3	100	2
moyenne 00 à 03 h	1.3	-2.2	98.8	1.0	-0.9	100	1.3
moyenne 15 à 23 h	1.1	0.4	99.0	2.0	1.1	100	1.1
moyenne 00 à 23 h	X	-1.0	98.7	1.6	0.0	100.0	1.2

Tableau 13 : Reconstitution de la force moyenne journalière du vent à *Tours-Parçay-Meslay* le 14/12/2004 d'après les données horaires comparées de la station d'*Angers-Beaucouzé* (données Météo-France).

D'après le même principe, voici enfin l'exemple d'un comblement de lacunes lors d'une situation météorologique perturbée en hiver (front occlus circulant sous un anticyclone s'étendant de l'Angleterre à la Pologne, voir carte de la figure 50). Probablement en raison de la neige, les données de vent de la station d'Alençon sont absentes sur deux créneaux horaires en fin de nuit et en milieu de matinée. Elles ont été reconstituées en minorant les observations d'Orléans-Bricy dont le site est plus éventé par ces flux de NE à N (ouvert sur la Plaine de Beauce), comparativement à la position légèrement plus abritée de l'aérodrome d'Alençon, alors sous le vent des Collines du Perche.

DATE	ALENCON			ORLEANS			ALENCON (reconstitué) FF (m/s)
	FF (m/s)	DD (°)	T (°C)	FF (m/s)	DD (°)	T (°C)	
06/01/2009 00:00	6.3	50	-0.9	6.2	50	-2.4	6.3
06/01/2009 01:00	3.5	60	-0.8	7.1	40	-2.6	3.5
06/01/2009 02:00	5.6	60	-1.2	6.2	50	-2.8	5.6
06/01/2009 03:00	?		-1.5	5.6	40	-4.1	4
06/01/2009 04:00			-1.5	5.4	30	-2.5	4
06/01/2009 05:00			-1.8	6.4	40	-2.0	5
06/01/2009 06:00			-2.0	6.5	40	-2.2	5
06/01/2009 07:00			-2.1	6.0	40	-2.7	5
06/01/2009 08:00	6.0	30	-3.0	5.0	30	-3.5	6.0
06/01/2009 09:00	4.0	30	-4.0	6.6	20	-4.8	4.0
06/01/2009 10:00	?		-3.8	4.8	30	-4.8	3
06/01/2009 11:00			-3.6	5.3	20	-5.1	4
06/01/2009 12:00	4.3	40	-2.9	6.3	20	-5.1	4.3
06/01/2009 13:00	5.0	40	-2.5	6.3	20	-5.4	5.0
06/01/2009 14:00	5.3	50	-3.1	4.8	20	-5.0	5.3
06/01/2009 15:00	4.8	60	-3.7	4.6	20	-4.8	4.8
06/01/2009 16:00	4.1	60	-4.8	4.8	20	-5.2	4.1
06/01/2009 17:00	2.4	40	-7.0	3.6	10	-7.0	2.4
06/01/2009 18:00	2.7	30	-7.7	3.9	10	-8.5	2.7
06/01/2009 19:00	1.5	50	-8.1	4.3	20	-7.7	1.5
06/01/2009 20:00	3.0	40	-7.7	5.5	20	-7.4	3.0
06/01/2009 21:00	1.8	50	-8.5	2.3	30	-10.1	1.8
06/01/2009 22:00	0.8	60	-9.3	2.1	360	-10.3	0.8
06/01/2009 23:00	2.0	40	-10.0	3.9	360	-11.0	2.0
moyenne 00 à 02 h	5.1		-1.0	6.5		-2.6	5.1
moyenne 12 à 23 h	3.1		-6.3	4.4		-7.3	3.1
moyenne 00 à 23 h	X	46.5	-4.2	5.1	55.8	-5.3	3.9

Tableau 14 : Reconstitution de la force moyenne journalière du vent à Alençon le 06/01/2009 d'après les données horaires comparées de la station d'Orléans (données Météo-France).

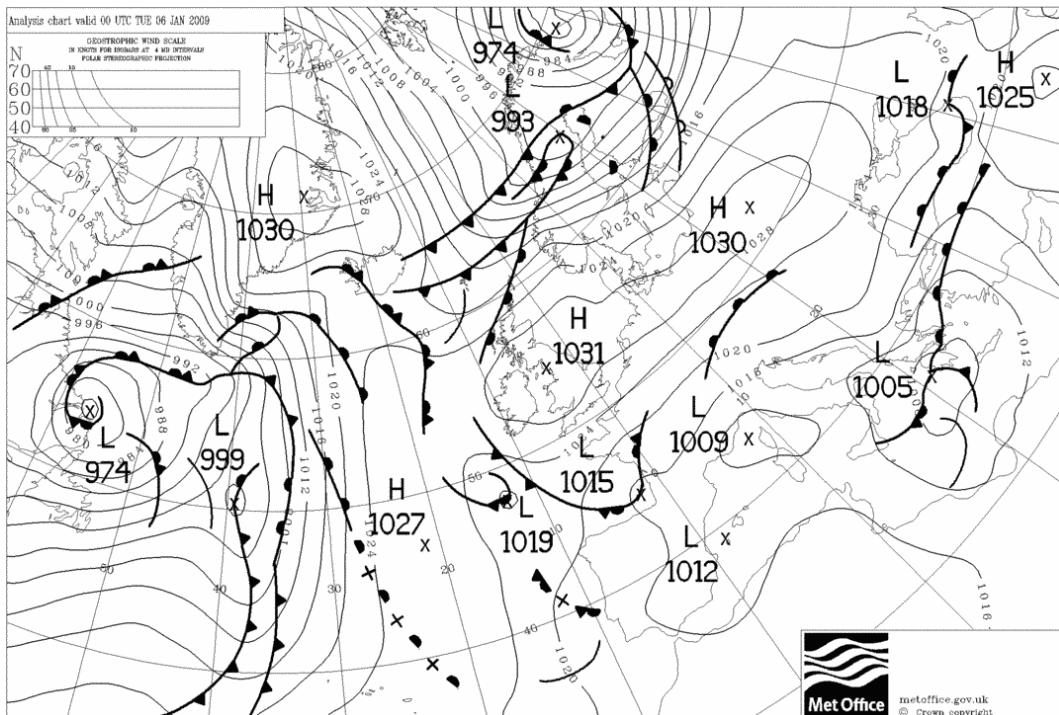


Figure 50 : Situation synoptique le 06/01/2009 à 00 UTC (d'après les archives du Met Office).

Chapitre 5

La classification des données météorologiques

Pour ne pas générer une infinité de *types de temps*, il s'agit au préalable de segmenter nos variables selon des seuils simples à interpréter, relativement au *climat tempéré* des latitudes moyennes. À partir des valeurs journalières des quatre variables retenues pour caractériser le « temps sensible » (état du ciel, température, précipitations, vent), le travail s'est donc d'abord focalisé sur la discrétisation de ces données en classes.

La figure ci-dessous présente les 10 classes qui serviront dans le chapitre suivant pour la détermination des *types de temps* (figure 51). Les principes et les méthodes qui ont présidé à leur établissement seront discutés dans les sous parties suivantes.

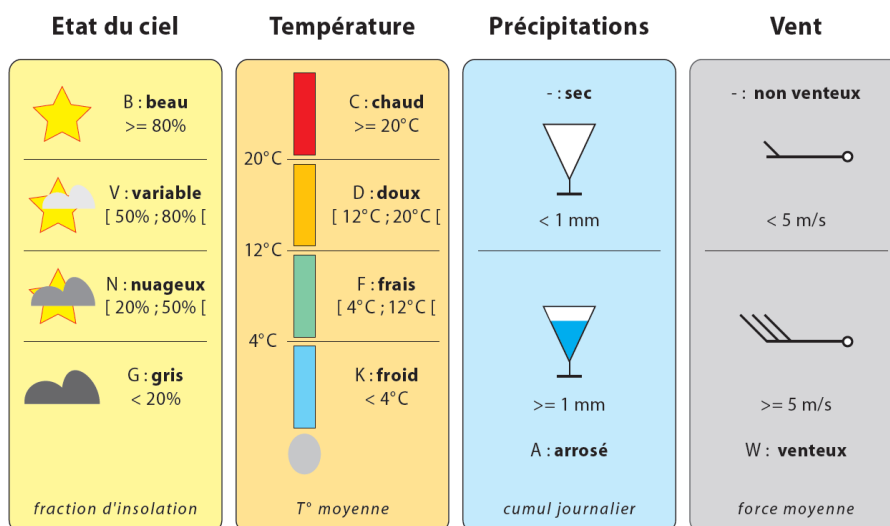


Figure 51 : Le découpage en 10 classes des 4 variables caractérisant le « temps sensible ».

1. Le choix des stations de référence pour la discrétisation

La discrétisation des quatre variables météorologiques sera réalisée à partir de l'analyse fréquentielle de huit stations représentatives des quatre sous ensembles géographiques précédemment définis par les deux axes coupant la France du Nord au Sud et d'Ouest en Est.

Le choix des stations a été fondé en premier lieu sur des critères permettant de prendre en compte deux facteurs majeurs influençant le climat, c'est-à-dire la zonalité (position latitudinale « nordique » ou « méridionale ») et la distance à la mer (influence « océanique » ou « continentale »). Pour disposer d'une image homogène sur l'ensemble du pays, j'ai choisi de ne prendre en compte que les espaces de « plaine ».

Les stations ont également été retenues en raison de leur pérennité largement supérieure aux vingt années requises 1991-2010, ce qui permettra d'effectuer ultérieurement des analyses évolutives (tout en tenant compte des problèmes météorologiques mentionnés précédemment concernant le vent et l'insolation). Enfin, elles devaient être garantes d'une certaine stabilité environnementale, les

mutations paysagères ou/et la modification de facteurs géographiques locaux pouvant entraîner des dérives parfois supérieures aux tendances « naturelles » (Escourrou, 1981).

Au total, le panel est constitué des stations de Brest et Orléans pour le Nord-Ouest, de Lille et Strasbourg pour le Nord-Est, de La Rochelle et Toulouse pour le Sud-Ouest et enfin de Marseille-Marignane et Lyon pour le Sud-Est (figure 52).

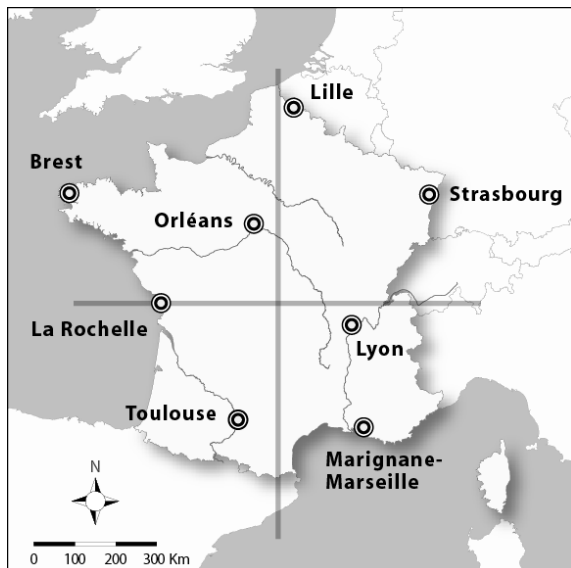


Figure 52 : La localisation des huit stations servant de référence pour la classification des quatre variables météorologiques

2. La discrétisation des quatre variables météorologiques

Du latin *discretus* (séparé), **discrétiser c'est découper en classes** pour rendre plus lisible un grand nombre de valeurs continues. Cette transformation mathématique peut s'appuyer sur différentes méthodes qui permettent de définir le **nombre** et les **bornes** des classes (voir encadré 6).

Encadré 6 : Les principes et méthodes de discrétisation des variables quantitatives

Discrétiser : « opération consistant à remplacer des relations portant sur des fonctions continues, dérivables, etc., par un nombre fini de relations algébriques portant sur les valeurs prises par ces fonctions en un nombre fini de points de leur ensemble de définition » (Dictionnaire Larousse).

Pour **déterminer le nombre de classes**, il existe des formules établies à partir du nombre N de données : les plus connues sont celles de *Huntsberger* et de *Sturges*. D'autres formules, plus complexes et *a priori* plus précises, comme celles de *Scott* et de *Freedman-Diaconis*, s'appuient sur des paramètres de dispersion (valeurs extrêmes, écart-type, écart inter-quartiles).

Pour **déterminer les bornes** plusieurs méthodes sont applicables, définies en fonction de différents critères : le choix à faire est souvent entre privilégier le même nombre de données par classe (*méthode des effectifs égaux*), ou privilégier le même intervalle entre chaque borne (*méthode des amplitudes égales*).

Enfin, il s'agit de **nommer chaque classe**. Le choix des termes est très important car ce sont eux qui seront systématiquement utilisés dans les commentaires. Les termes sont relatifs au contexte : en climatologie, par exemple, le nom donné aux classes de températures dépend de l'espace climatique (le « froid » et le « chaud » définis pour les latitudes moyennes « tempérées » car océanisées seront bornées différemment pour des régions à influences continentales, et *a fortiori* polaires ou tropicales).

Pour notre étude, après avoir testé différentes méthodes de classification automatique, il m'est apparu plus adapté de recourir à une **double classification supervisée** :

- la première a consisté en un « pré-découpage » en classes d'égales amplitudes (température, vent) ou selon une progression irrégulière (insolation, précipitations) pour offrir une vision plus claire de l'organisation générale des variables météorologiques ;
- la seconde a correspondu à la classification à proprement parler, par « découpage manuel » en fonction de l'allure générale de la distribution prédécoupée et de nos objectifs.

Ce double traitement s'applique sur les 58.440 données (7.305 jours * 8 stations) qui définissent chacune des 4 variables météorologiques.

En quelques mots il convient de présenter les critères qui ont présidé à notre découpage.

(1) pour réduire le nombre total de *types de temps*, j'ai limité au minimum le nombre de classes par variable, tout en restant dans des découpages permettant de rendre compte des principaux aspects caractérisant le temps. Concrètement, disposant de quatre variables à combiner, je me suis fixé comme maximum quatre classes pour l'insolation et les températures et deux classes pour les précipitations et le vent, soit soixante-quatre combinaisons possibles ($4 * 4 * 2 * 2$).

(2) pour faciliter l'interprétation et l'appropriation des classes, les bornes ont été choisies en privilégiant des seuils simples à mémoriser et si possible en accord avec des valeurs couramment utilisées en météorologie.

(3) pour affecter un nom à chaque classe, il convenait de choisir un adjectif qualifiant simplement le caractère dominant de la classe, avec comme souci pratique que son initiale soit différente de celles de toutes les autres classes en vue du codage ultérieur de l'information en *types de temps*.

Le *nombre*, les *bornes* et le *nom* de ces classes sont présentés et expliqués pour chaque variable météorologique dans les paragraphes ci-dessous.

2.1. Discrétisation de l'état du ciel

Pour donner un premier aperçu global des données à discrétiser, la fraction d'insolation (SIGMA) a été préalablement prédécoupée en classes d'égales amplitudes de 5%, excepté pour les valeurs d'insolation nulle qui présentent un pic de fréquence que j'ai souhaité matérialiser par une classe propre (figure 53). L'allure d'ensemble est en « U », avec des valeurs assez régulières sauf aux deux extrémités de la distribution, notamment pour les fractions les plus faibles.

► Fondé sur le principe d'une lecture « simple » et cohérente, deux premières classes s'imposaient d'office : celle qui caractérise le temps très couvert (soleil visible moins de 20% de la journée), et celle qui est synonyme du *grand beau temps* (soleil visible plus de 80% de la journée). Je ne disposais plus alors que d'un seuil pour diviser toutes les fractions d'insolation restantes comprises entre 20 et 80% : les fréquences de ces douze classes « prédécoupées » étant très homogènes, le curseur a été placé à mi-chemin (50%) entre la borne inférieure (20%) et la borne supérieure (80%).

Les quatre classes seront dénommées : « **GRIS** » (**G**) pour l'intervalle [0% ; 20%[(le C de *couvert* auquel nous avons pensé sera utilisé pour le caractère *chaud* des températures) ; « **NUAGEUX** » (**N**), pour l'intervalle [20% ; 50%[; « **VARIABLE** » (**V**), pour l'intervalle [50% ; 80%[; « **BEAU** » (**B**), pour l'intervalle [80% ; 100], le terme « beau » devant être pris dans son sens commun pour dire très ensoleillé (*dégagé* aurait été un terme plus approprié, car moins subjectif, mais l'initiale D sera reprise pour le caractère *doux* des températures).

La discrétisation finale s'appuie donc sur deux ensembles de classes d'amplitude égale, resserrés pour les « extrêmes » *gris* et *beau* (20% : 0-20 et 80-100) et étendus pour les valeurs « moyennes »

nuageux et *variable* (30% : 20-50 et 50-80). À l'intérieur de ces quatre classes, les effectifs sont assez équilibrés (entre 21 et 23%), sauf pour la classe inférieure nettement plus représentée (34,5%), reflet des influences océaniques perturbées sur la plus grande partie du pays.

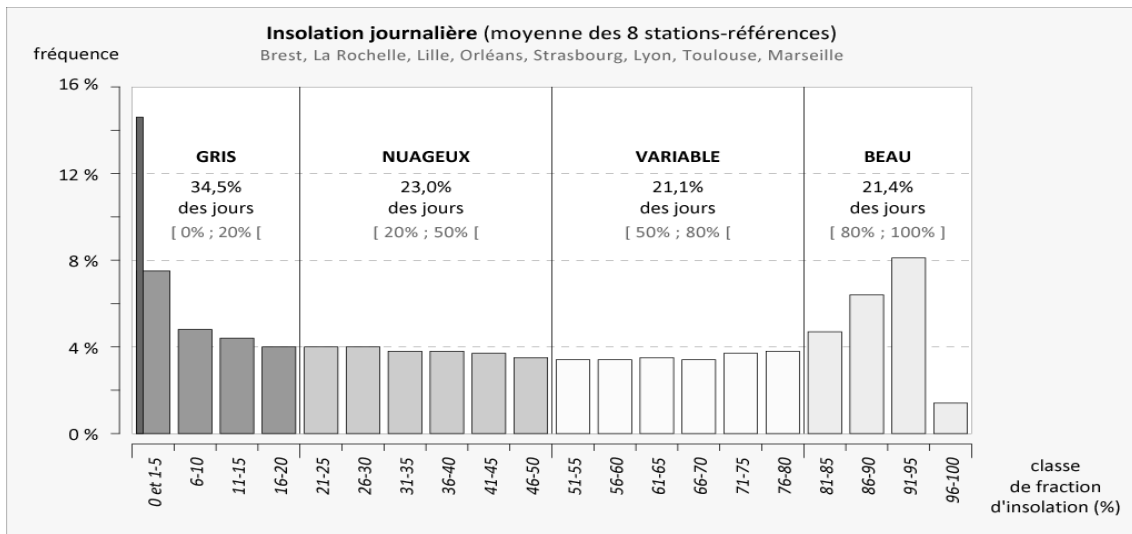


Figure 53 : Découpage en 4 classes de la fraction d'insolation journalière (d'après les 8 stations de référence, 1991-2010 ; données Météo-France).

► Pour mieux percevoir le « poids » de chacune des huit stations de référence dans cette approche globale, le tableau ci-après propose leurs pourcentages respectifs. Les valeurs traduisent une organisation spatiale à deux niveaux :

- le premier est formé par la nette dichotomie pour cette variable entre les climats « tempérés » constamment plus ou moins ennuagés et le monde méditerranéen, baigné d'un soleil omniprésent près de la moitié des jours de l'année (forte subsidence due aux influences subtropicales) ;
- le second oppose la *France du Nord* et la *France du Sud*, phénomène induit par la translation saisonnière des hautes pressions subtropicales vers le Nord en été et des basses pressions subpolaires vers le Sud en hiver. Les ciels *gris* sont ainsi très fréquents sur la moitié Nord (entre 38 et 43% du temps), et moins au Sud (entre 30 à 34%) ; et inversement pour les ciels très dégagés, le *beau temps* étant même particulièrement rare pour Brest et Lille (11 et 12%) en raison des débordements nuageux fréquents, même en été, en marge des perturbations circulant au Nord du 50^{ème} parallèle.

		QUART N-W		QUART N-E		QUART S-W		QUART S-E	
		BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBOURG	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE
BEAU	B	11%	17%	12%	16%	23%	23%	23%	47%
VARIABLE	V	19%	20%	21%	18%	25%	22%	21%	24%
NUAGEUX	N	27%	25%	26%	23%	23%	23%	22%	14%
GRIS	G	42%	38%	42%	43%	30%	32%	34%	16%

Tableau 15 : Fréquences de la fraction d'insolation moyenne journalière par classe pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (données Météo-France).

► Cette classification a été ensuite appliquée aux soixante stations (cf. les quatre cartes de la figure 54) pour voir à l'échelle de la France métropolitaine si elle permettait : (1) de bien mettre en évidence des ensembles différenciés, but de toute discrétisation ; et (2) de faire apparaître des comportements stationnels atypiques.

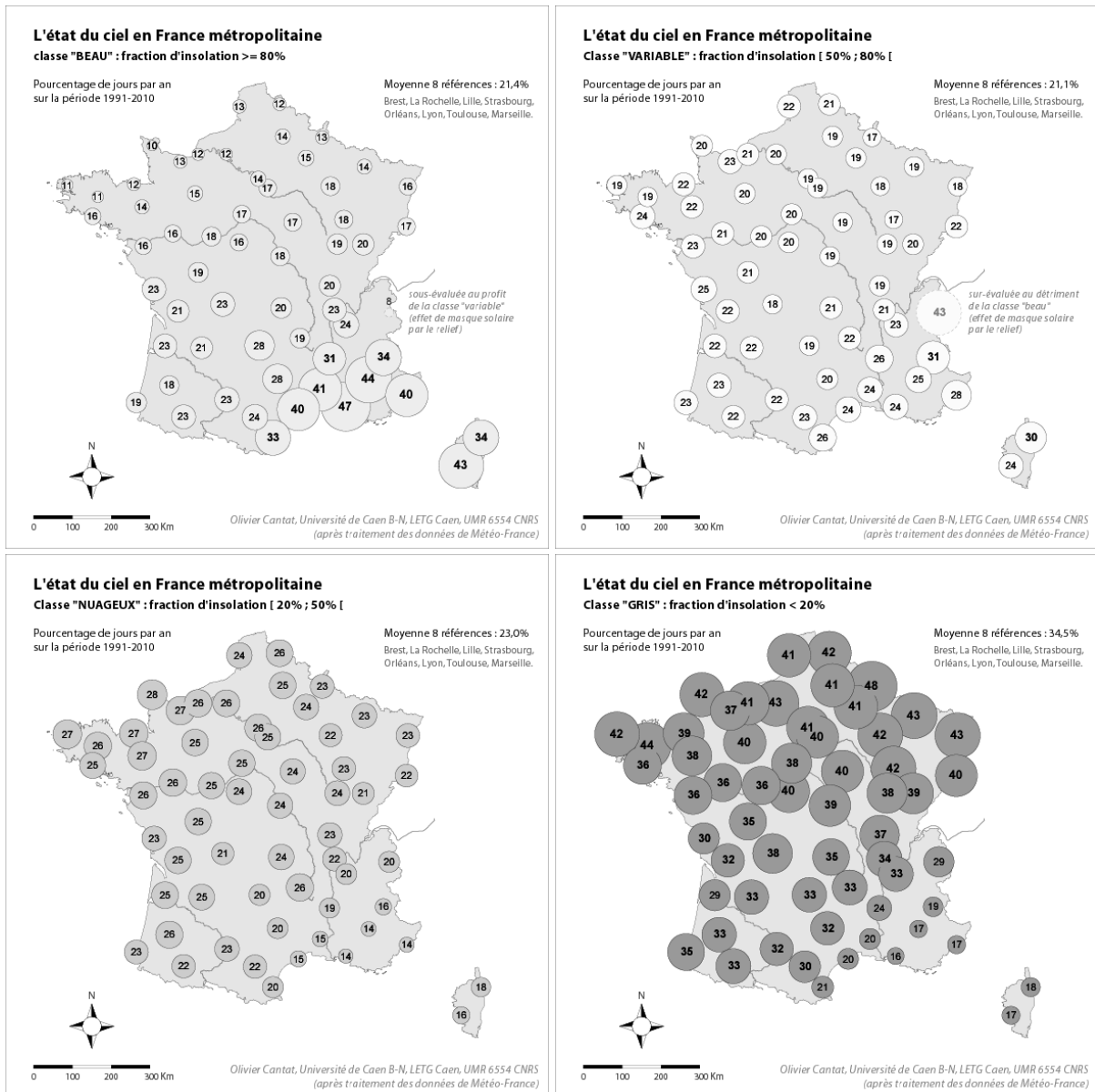


Figure 54 : Répartition géographique sur l'ensemble de la France du pourcentage des 4 classes de la fraction d'insolation journalière (1991-2010)

Ces cartes précisent les esquisses de la partition régionale évoquée précédemment, soulignant la façon dont se réalisent les transitions d'un espace à un autre.

Une seule station de la sélection pose problème : il s'agit de Bourg-St-Maurice. Dans cette localité savoyarde, la fréquence de *beau* temps y est largement sous évaluée (8%) en raison de sa position topographique encaissée entre des hauts reliefs (plus de 2.000 mètres d'altitude à moins de 6 km au SE et au SW de la station) qui la soustrait des rayons directs du soleil, notamment en hiver ainsi qu'aux premières et dernières du jour quelque soit la saison (voir figure 55). Ce phénomène entraîne un glissement vers la classe « variable » qui atteint ici la valeur record de 43% ! Il est vraisemblable que la station d'Embrun, dans les Hautes-Alpes, subisse un effet du même type mais largement moins prononcé grâce à la distance plus grande des reliefs dans les directions « stratégiques », notamment à sa large ouverture vers le Sud-Ouest le long du Lac de Serre-Ponçon (voir figure 56). Pour les stations de montagne du Massif Central, les sites des stations météorologiques sont relativement bien dégagés sur le parcours du soleil, ce qui n'entraîne pas d'effet de masque notable (voir pour rappel les photographies de la figure 39).

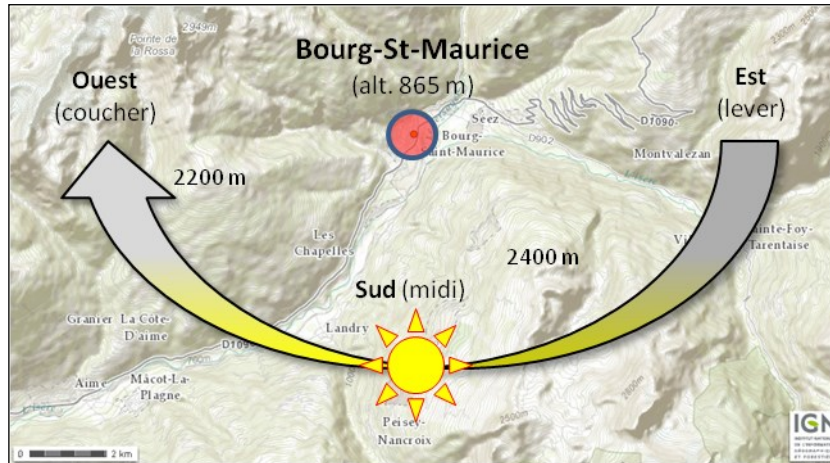


Figure 55 : Le contexte topographique autour de la station de *Bourg-St-Maurice* et la simulation du parcours du soleil en période d'équinoxe (fond de carte IGN, Géoportail).

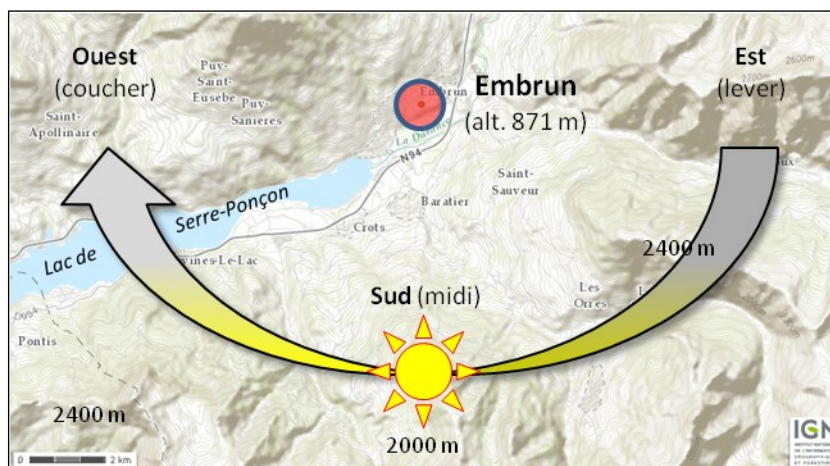


Figure 56 : Le contexte topographique autour de la station d'*Embrun* et la simulation du parcours du soleil en période d'équinoxe (fond de carte IGN, Géoportail).

2.2. Discrétisation des températures

La température moyenne journalière (TNTXM) a été préalablement prédécoupée en classes d'égales amplitudes de 2°C entre les valeurs extrêmes (de -14 à +34°C) enregistrées au cours des 20 années 1991-2010 sur les 8 stations de référence (figure 58). Rappelons que le choix des seuils thermiques est ici relatif au contexte climatique des latitudes moyennes à dominante océanisé et indépendant du cadre saisonnier (valeur absolue). Une approche par les écarts à la moyenne aurait permis de « coller » davantage au ressenti du temps mais ce choix avait l'inconvénient d'introduire une dimension relative difficilement compatible avec notre optique de fournir une typologie globale et « neutre ». En effet, dans ce cas, un même terme pouvait se rapporter à des niveaux très différents de température entre l'hiver et l'été, source de confusions dans l'interprétation. Ceci sans même aborder le choix difficile d'un vocabulaire unique pour qualifier des écarts identiques autour d'une classe centrale qui correspondrait à la Normale...

► À partir de cette répartition pseudo-gaussienne légèrement dissymétrique, nous avons choisi de déterminer 2 classes centrales d'égales amplitudes (8°C) pour faire ressortir l'essentiel des ambiances thermiques « tempérées » (près de 75% de l'effectif total). La classe de 4 à 12°C illustrera les jours *frais* et la classe de 12 à 20°C les jours *doux*. Encadrant ces 2 classes, les valeurs supérieures

Encadré 7 : Les conséquences du relief sur la fraction d'insolation à Bourg-St-Maurice

Les effets de masque solaire peuvent être facilement mis en évidence par une comparaison de la durée d'insolation théorique (calculée d'après les données astronomiques) avec celle effective enregistrée à la station les jours de grand beau temps. Pour quantifier la perte d'insolation due aux seules ombres portées, nous avons sélectionné deux dates proches du solstice d'hiver et du solstice d'été — pour envisager toutes les configurations possibles de hauteur du soleil — lors desquelles le soleil a brillé continuellement (figure 57).

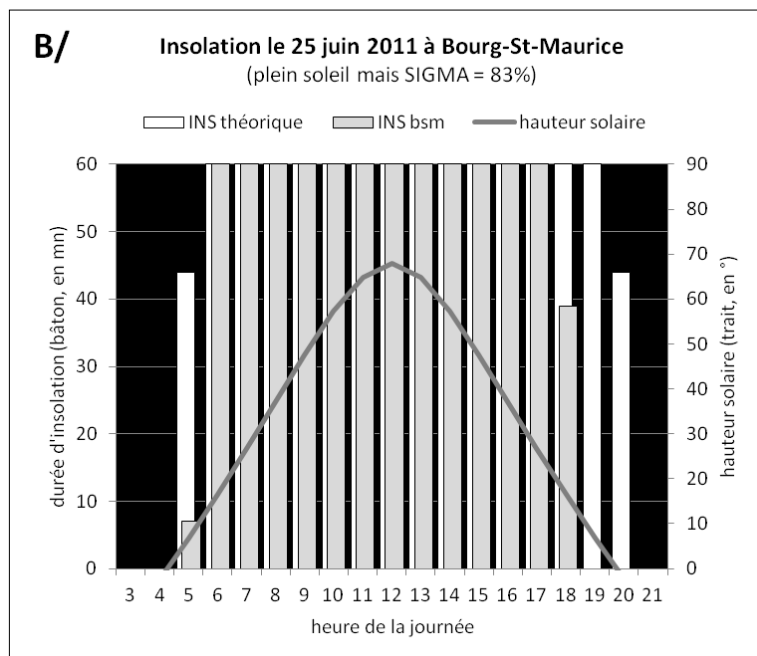
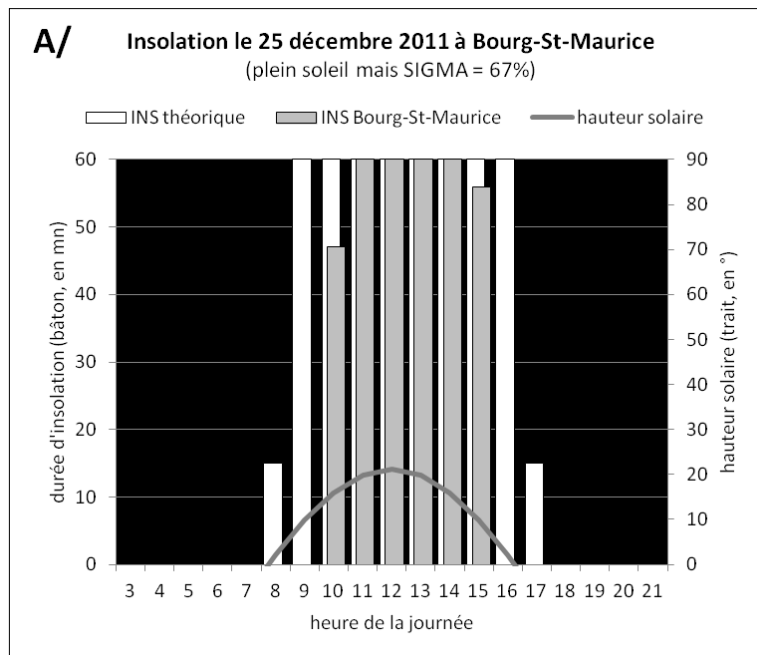


Figure 57 A et B : Déficit d'insolation dû aux ombres portées par le relief en hiver et en été à Bourg-St-Maurice.

Les pertes sont fonction du parcours du soleil par rapport à la géométrie du relief. Globalement, en raison de la plus grande élévation du soleil au-dessus de l'horizon en été, il apparaît un déficit proportionnellement plus important en hiver. La fraction d'insolation « plafonne » ainsi à une valeur maximale de 67% en décembre et de 83% en juin. Nota : dans les mêmes conditions d'absence de nuages, le site plus ouvert de Grenoble St-Geoirs enregistre des valeurs extrêmes de 91 et 96%.

En hiver (A), le masque créé par les reliefs agit de façon assez équilibrée entre les heures du petit matin (-88 mn) et celles du soir (-79 mn).

Eh été (B), le masque est beaucoup plus sensible le soir (-125 mn) que le matin (-37 mn) car la station est plus cloisonnée sur sa façade ouest et nord-ouest, direction dans laquelle le soleil d'été termine sa longue course journalière.

Ainsi, la fraction journalière d'insolation peut être notablement sous-évaluée par temps clair en raison de l'influence du relief lors du lever et du coucher du soleil.

En conséquence, l'état du ciel étant évalué par cette seule variable, il apparaîtra nécessaire de juger avec le plus grand discernement les types de temps obtenus pour la station de Bourg-St-Maurice.

à 20°C constitueront les journées *chaudes* et les valeurs inférieures à 4°C les journées *froides*. Pour ces dernières, le seuil de 0°C nous semblait *a priori* plus adapté de par les phénomènes liés au gel qu'il suppose (givre, neige) mais il nous est apparu trop restrictif d'un point de vue quantitatif (3,0% des journées) et qualitatif, au regard des sensations hivernales que l'on subit réellement⁴⁴.

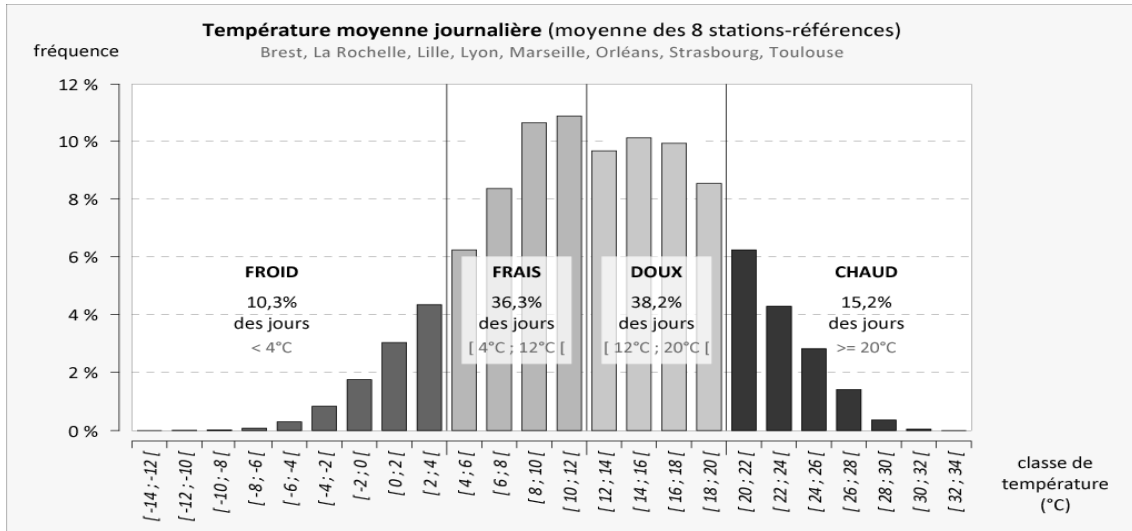


Figure 58 : Découpage en 4 classes des températures moyennes (d’après les 8 stations de référence, 1991-2010 ; données Météo-France).

Au final, les 4 classes seront dénommées : « **FROID** » (**K**) pour l’intervalle [-14°C ; +4°C], le **K** correspond à l’initiale du terme allemand *kalt*⁴⁵ car le **(F)** est réservé pour le caractère « **FRAIS** » [+4°C ; +12°C] de notre classification ; « **DOUX** » (**D**), pour l’intervalle [12°C ; 20°C] ; « **CHAUD** » (**C**), pour l’intervalle [+20°C ; +34°C]. Les pourcentages de chaque classe sont indiqués sur le graphique.

► Comme pour la fraction d’insolation, un regard sur les 8 stations de référence rend compte des grands traits de l’organisation spatiale des classes de température (tableau 16). En toute logique : les classes « tempérées » *fraiche* et *douce* sont l’apanage de *Brest* (cumul de 93%) ; le *froid* bénéficie avant tout de la contribution de *Strasbourg* (19%) mais peu devant le trio *Lille-Orléans-Lyon* (14%) ; tandis que le *chaud* est très fortement « tiré vers le haut » par *Marseille* (32%).

		QUART N-W		QUART N-E		QUART S-W		QUART S-E	
		BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBOURG	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE
CHAUD	C	2%	10%	7%	13%	14%	23%	20%	32%
DOUX	D	45%	38%	39%	35%	44%	36%	34%	35%
FRAIS	F	48%	38%	40%	33%	36%	34%	32%	29%
FROID	K	5%	14%	14%	19%	6%	7%	14%	4%

Tableau 16 : Fréquences des températures moyennes journalières par classe pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (données Météo-France).

⁴⁴ En climat océanique, le froid ressenti est accentué en raison de l’humidité et du vent, comparativement aux climats continentaux dans lesquels, à température sous abri équivalente, l’impression réfrigérante est moindre car l’air est généralement plus sec et plus calme.

⁴⁵ En anglais, le terme correspondant à « froid » (cold) ne pouvait convenir car son initiale C est utilisée pour les jours « chauds » ; idem avec l’espagnol (frio) et l’utilisation du F pour les jours « frais ».

► Nous donnerons quelques commentaires uniquement sur les cartes de France pour les classes « chaud » et « froid » car ce sont elles qui font ressortir le plus clairement le rôle combiné de la position latitudinale et des facteurs géographiques (figure 59).

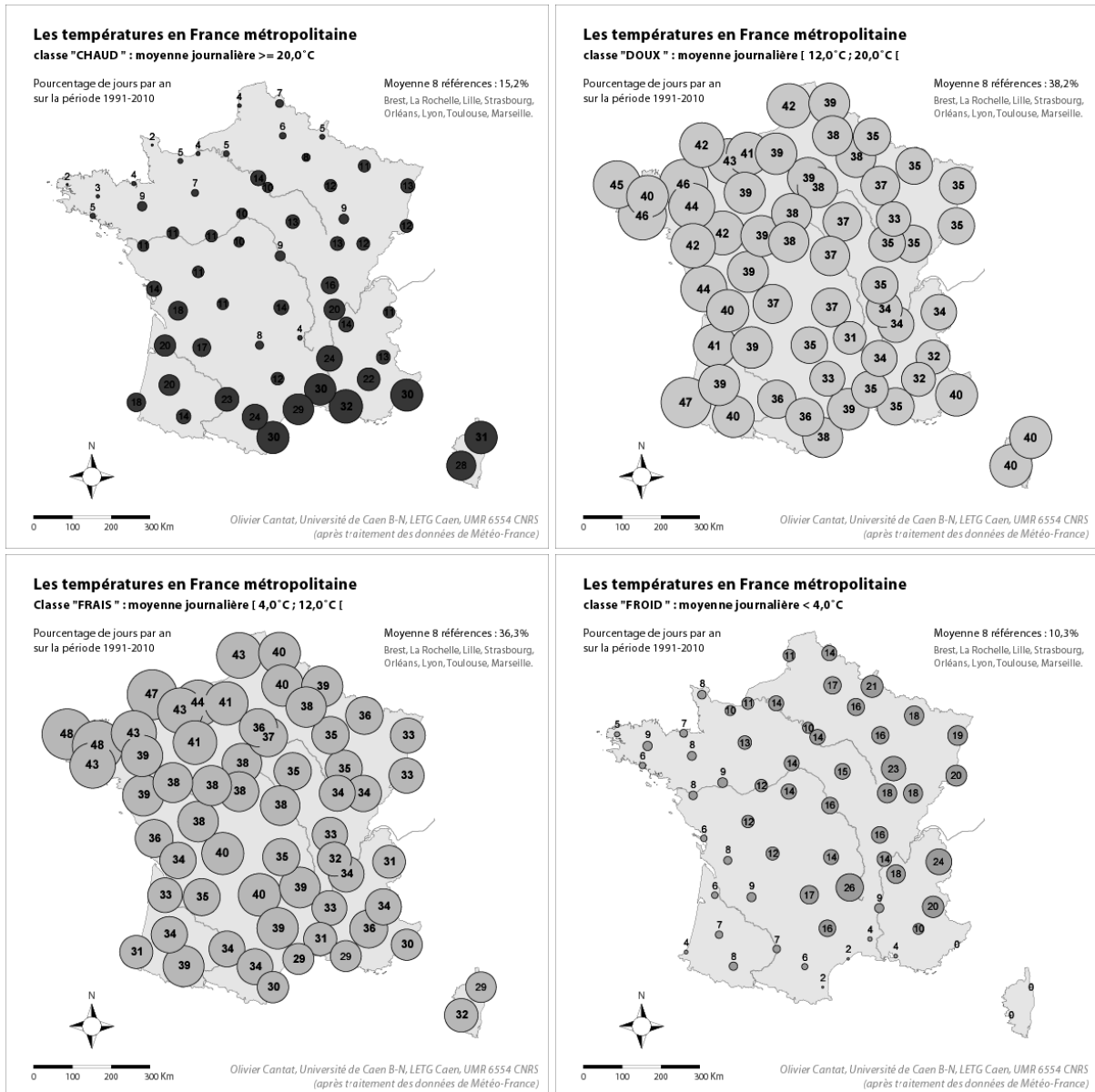


Figure 59 : Répartition géographique sur l'ensemble de la France du pourcentage des 4 classes de température moyenne journalière (1991-2010)

- pour le « **chaud** » (en haut et à gauche), si l'on exclut les stations d'altitude « victimes » du gradient thermique vertical, la répartition est fortement ressemblante à celle des jours très ensoleillés (« beau ») vue précédemment : le domaine méditerranéen ressort nettement avec environ 30% des jours de l'année, et de façon plus atténuée ses prolongements vers le Nord par la vallée du Rhône (24% à Montélimar et encore 20% à Lyon) et vers le Nord-Ouest par la vallée de la Garonne (23% à Toulouse et 20% à Bordeaux). Ces secteurs s'opposent à toutes les stations longeant la Manche (2 à 4% des jours à Brest et au Touquet, en passant par Dinard et Deauville) et à un degré moindre celles situées dans une bande parallèle à ses côtes s'étendant de la Bretagne (5% à Lorient) vers la Normandie (7% à Alençon et 5% à Rouen), la Picardie (6% à St-Quentin) et au nord de la Champagne-Ardenne (5% à Charleville-Mézières), jusqu'au Nord-Pas-de-Calais (7% à Lille).

- pour le « froid » (en bas et à droite), l'organisation est sous la triple dépendance de la zonalité, de la continentalité et de l'altitude.

Si l'on considère les stations de « plaine » (altitude inférieure à 500 mètres), la fréquence des journées froides est inférieure à 10% pour toutes les stations au sud de la Seine situées à moins d'une centaine de kilomètres des côtes (5% à *Brest*, 6% à *La Rochelle*, mais 8% à *Rennes*, *Nantes* et *Poitiers*, plus dans les terres) ; ces valeurs chutent même entre 0 et 4% des pourtours de la Méditerranée (0% en Corse et à *Nice* ; 2% à *Sète* et *Perpignan*) au Pays Basque (4% à *Biarritz*). À l'opposé, la « nordicité » et la continentalité se manifestent nettement dans une poche allant du Centre-Est vers le Nord-Est du pays : de 16% à 20% en Bourgogne, Franche-Comté, Alsace, Lorraine et Champagne-Ardenne. Ces valeurs sont naturellement aggravées sur les hauteurs, comme en témoigne la station de *Langres* dont l'altitude est de 466 mètres (23 jours).

Pour les secteurs de « montagne », l'altitude contrecarre l'effet modérateur de leurs positions méridionales⁴⁶ : *Aurillac* et *Millau*, les stations les moins élevées (639 et 712 m) et les plus à l'Ouest et au Sud de ce panel sont naturellement les moins affectées avec 17 et 16 jours (à latitude identique on compte 9 jours plus à l'Ouest à *Bergerac* et plus à l'Est à *Montélimar*, en vallée du Rhône). Pour *Le Puy* et *Bourg-St-Maurice*, situées toutes deux autour de 850 mètres d'altitude et plus à l'Est, le nombre de jours froids est voisin de 25. À une altitude comparable, *Embrun* n'en enregistre plus que 20 en raison de sa position plus méridionale (valeur à comparer aux 10 jours de *St-Auban*, seulement 60 kilomètres au Sud-Est mais à une altitude de 458 mètres).

Notons juste pour mémoire la visualisation de l'effet urbain (écarts de 4 jours entre *Paris* et *Melun*).

2.3. Discrétisation des précipitations

Les précipitations journalières (RR) ont été préalablement prédécoupées en classes d'amplitudes variables, selon une progression irrégulière (ni arithmétique, ni géométrique) pour rendre en compte le plus finement possible de la répartition des cumuls sur nos 8 stations de référence (figure 60).

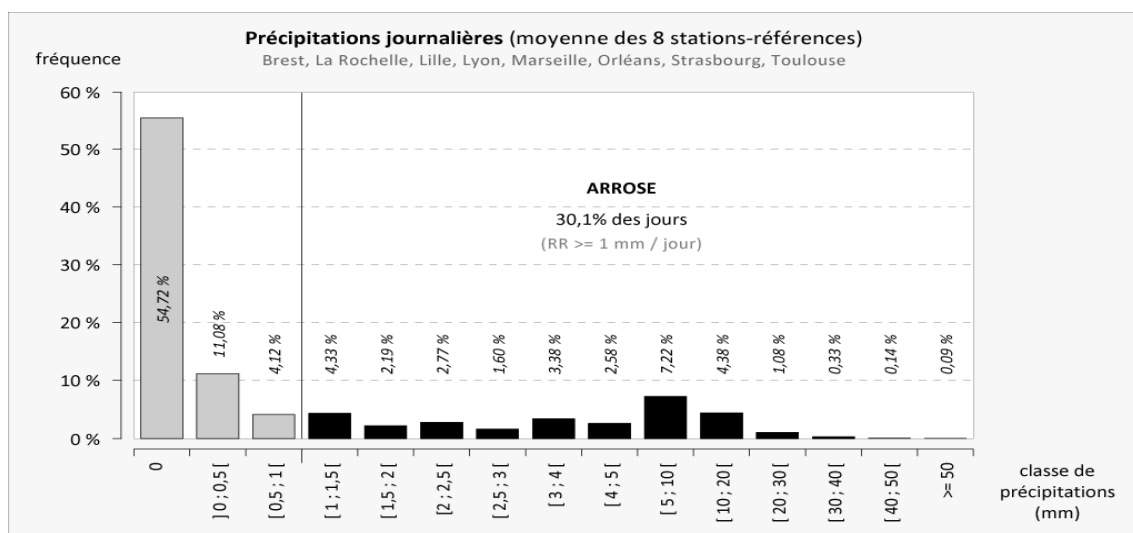


Figure 60 : Découpage en 2 classes des précipitations (d'après les 8 stations de référence, 1991-2010)

⁴⁶ Les relations entre froid et altitude ont déjà été évoquées dans le 1.3. lors du choix des stations « montagnardes ». Dans le tableau xx de la page xx, voir le nombre de jours avec gelées.

► L’histogramme de fréquence présente une distribution encore différente de celles des deux précédentes variables météorologiques. Elle est ici proche d’une décroissance exponentielle (l’interprétation visuelle directe du graphique est altérée par l’amplitude plus importante des classes supérieures, notamment le passage de 1 mm à 5 mm pour les cumuls de 5 mm).

Sur notre échantillon de référence, plus de la moitié des jours sont totalement secs (54,7%). Si l’on s’en tient à cette lecture, cela suppose qu’environ 45% des jours ont connu des précipitations. Cependant, pour notre analyse, le seuil de précipitations a été remonté à 1 mm de cumul dans la journée (soit 1 litre par m²). Ce choix résulte d’un point de vue thématique de la volonté de ne répertorier que les événements pluvieux ou neigeux sensibles et, d’un point de vue technique, d’éliminer certains cumuls compris entre 0 et 1 mm issus de phénomène de condensation (rosée ou gelée blanche) n’ayant rien à voir avec le passage d’un épisode précipitant⁴⁷.

Ce seuil unique de 1 mm par jour a été conservé pour qualifier les précipitations (ce que les météorologistes nomment « précipitations significatives »)⁴⁸.

Au final, la discrétisation des précipitations repose donc sur un découpage binaire : la journée sera considérée soit comme « **ARROSE** » (**A**) (1 mm ou plus), soit « **NON ARROSE** » (-), c’est-à-dire sans précipitations significatives. Pour simplifier la lecture, le symbole « - » remplacera une lettre dans notre nomenclature (il en sera de même pour le vent).

► Pour nos 8 stations de référence, la fréquence des jours « arrosés » s’établit à 30,1%. Cette valeur moyenne masque bien entendu d’importants écarts (tableau 17). Il en est ainsi notamment entre les régions à climat océanique très prononcé (44% à *Brest*, soit près de 1 jour sur 2...) et les régions méditerranéennes, marquées par une forte subsidence une grande partie de l’année (14% à *Marseille*). Entre ces deux « extrêmes », les valeurs oscillent autour de 30% : un peu plus dans le Nord et à l’Ouest (35% à *Lille*, 31% à *La Rochelle*), un peu moins dans la partie Sud (26% à *Toulouse*, 28% à *Lyon*).

		QUART N-W		QUART N-E		QUART S-W		QUART S-E	
		BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBOURG	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE
ARROSE	A	44%	30%	35%	31%	31%	26%	28%	14%

Tableau 17 : Fréquences des précipitations journalières pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (données Météo-France).

⁴⁷ Les pluviomètres des stations automatiques ne distinguent pas l’origine de l’eau (condensation ou précipitation météorique) qui vient faire basculer l’auge. Or, de nuit, par temps clair et calme, le refroidissement radiatif près du sol peut entraîner sur les parois du pluviomètre la condensation de l’équivalent d’une lame d’eau de 0,2 à 0,4 mm, parfois plus en cas de brouillard « mouillant » se déplaçant très lentement.

⁴⁸ Pour préciser l’intensité des phénomènes, nous avons testé un découpage en 3 classes en plaçant un second seuil à 5 mm par jour (pour différencier les jours secs, faiblement arrosés et fortement arrosés). Cette classification n’a pas été retenue car elle induisait une rupture dans la logique de lecture, un jour fortement arrosé (plus de 5 mm) recouvrant nécessairement un jour faiblement arrosé (entre 1 et 5 mm). Or, dans notre « cahier des charges », chaque classe de la typologie devait être unique, sans recouvrements qui perturbent les dénombrements ultérieurs. Une journée fortement arrosée est aussi une journée arrosée ! Rappelons que pour l’insolation et les températures le problème ne se pose pas car sur une journée les valeurs ne sont pas cumulatives : l’état du ciel est soit « gris », « nuageux », « variable » ou « beau » ; l’ambiance thermique est soit « froide », « fraîche », « douce » ou « chaude ».

► La carte de fréquence des journées « arrosées » confirme et précise la répartition entrevue à l'aide des 8 stations de référence (figure 61).

Comme pour l'état du ciel et l'ambiance thermique, les précipitations offre une partition très nette entre le monde méditerranéen (14 à 19%) et le reste du pays (généralement plus de 30 à 40%). Cependant, là encore, les prolongements des influences méditerranéennes sont sensibles vers le Nord dans la vallée du Rhône (21% à *Montélimar*) et vers le Nord-Ouest vers la vallée de la Garonne (26% à *Toulouse*), mais aussi en « montagne » dans le Sud des Alpes (20% à *St-Auban* et 23% à *Embrun*) et la bordure orientale du Massif Central (26% au *Puy*). On notera aussi l'effet d'abri dans la région de *Clermont-Ferrand* (24%), « coincée » au cœur de la Limagne, entre la Chaîne des Puys à l'Ouest, les Monts de la Madeleine et du Forez à l'Est, ainsi que le Livradois et le Cézallier dans sa partie Sud. Cette valeur est à comparer avec les 37% de Limoges, 140 kilomètres à l'Ouest, à une altitude assez comparable (402 m contre 331 m) mais ouvert aux flux d'Ouest...

À l'opposé, les deux « *finisterres* » que constituent la pointe de Bretagne et le Cotentin pâtissent de leur exposition maximale aux flux océaniques (plus de 40% à *Brest*, *Rostrenen* et *Valognes*), contrastant avec les secteurs plus abrités de la Bretagne intérieure (31% dans le Bassin de Rennes) et au Sud avec toute la partie aval du Val de Loire voisin (de 33% à *Nantes* à 30% en remontant vers *Angers*, *Tours* et *Orléans*).

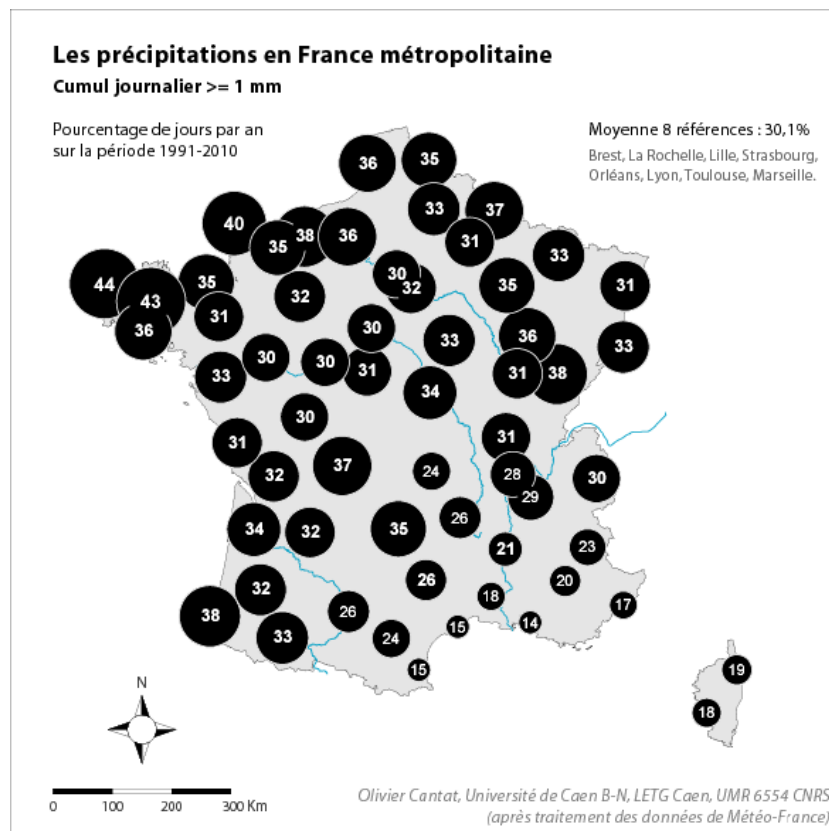


Figure 61 : Répartition géographique sur l'ensemble de la France du pourcentage de jours par an des précipitations journalières ≥ 1 mm : journées « arrosées » (période 1991-2010)

2.4. Discrétisation du vent

Les valeurs de vent moyen journalier (FFM) ont été prédécoupées en 10 classes d'égales amplitudes de 1 m/s, entre 0 et 10 m/s, et une classe ouverte pour les valeurs supérieures à 10 m/s.

► L'histogramme de fréquence présente une distribution dissymétrique autour de la classe modale [2 m/s ; 3 m/s] (figure 62). Le seuil choisi pour caractériser les vents forts a tenu compte du rythme diurne de cette variable météorologique, comme nous l'évoquions précédemment lors du choix des paramètres (voir explications dans l'encadré 8). Après examen de données horaires et tri-horaires se rapportant à de nombreuses situations synoptiques, il nous est apparu que la vitesse de 5 m/s discriminait bien les journées que nous qualifierons de « venteuses » (vent sensible de nuit comme de jour) des journées considérées comme « non venteuses », marquées par l'accélération classique de la force du vent liée aux effets radiatif différentiel du soleil sur les différentes natures de substratum.

Au total, comme pour les précipitations, la discrétisation du vent repose sur un découpage binaire : les journées à caractère « **VENTEUX** » (**W**) (5 m/s ou plus) représentent 25% de l'effectif total⁴⁹. Les journées considérées comme « **NON VENTEUSES** » sont assorties du symbole « - » (celui-ci remplace une lettre dans notre nomenclature).

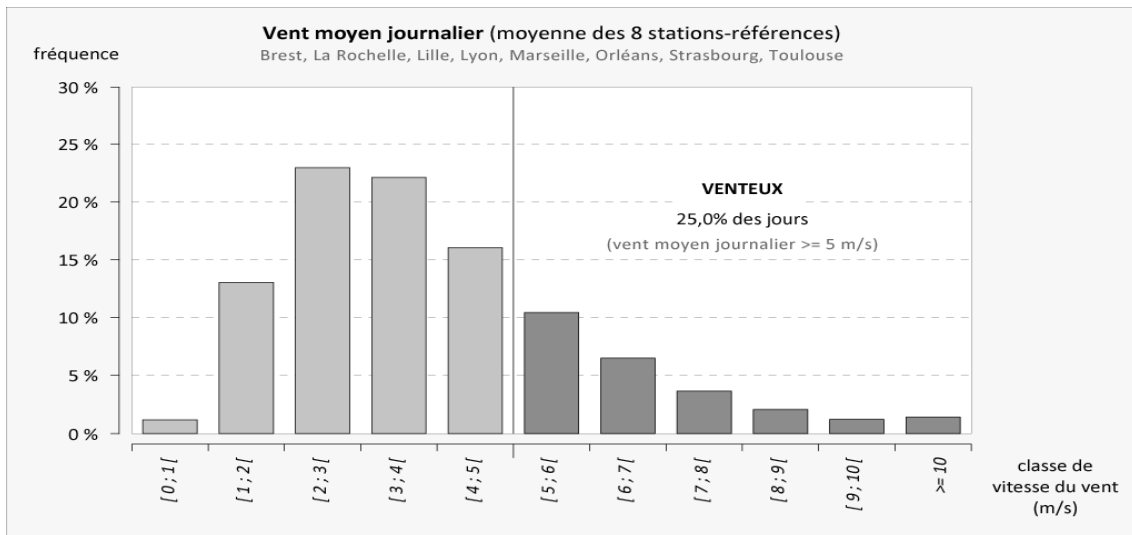


Figure 62 : Découpage en 2 classes du vent moyen (d'après les 8 stations de référence, 1991-2010).

► Les fréquences de journées venteuses pour chacune des 8 stations de référence montrent à quel point cette variable météorologique est sensible au contexte topographique d'échelle régionale (tableau 18). On opposera ainsi clairement *Marseille* (35%), qui « bénéficie » de la canalisation des vents dans la vallée du Rhône, à *Strasbourg* (11%), en Plaine d'Alsace, dont la position entre les Vosges à l'Ouest et la Forêt Noire à l'Est occasionne un effet d'abri marqué. Des facteurs d'échelle plus locale interviennent également pour expliquer des atténuations assez sensibles du vent dans des régions a priori bien exposées (cf. les 29% « seulement » de *Brest-Guipavas*).

		QUART N-W		QUART N-E		QUART S-W		QUART S-E	
		BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBOURG	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE
VENTEUX	W	29%	27%	31%	11%	24%	25%	17%	35%

Tableau 18 : Fréquences des précipitations journalières pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (données Météo-France).

⁴⁹ La lettre W correspond à l'initiale de « venteux » en anglais (*windy*) et en allemand (*windig*), la lettre V étant déjà affectée pour l'état du ciel « variable ».

Encadré 8 : La détermination des journées « venteuses » ou « non venteuses »

Les figures 63 et 64 expriment les fondements numériques et dynamiques de notre découpage, avec comme exemple le déroulement de 7 jours consécutifs de vent tri-horaire à Caen-Carpique en été, entre le 12 et le 18 juillet 2010. Trois types de configurations se dessinent :

(1) en début et en fin de semaine (les 12 et 19 juillet : soit avant et après le passage de la dépression venteuse), dans un champ de pression très uniforme (marais le 12 et anticyclone le 19), les vitesses sont faibles et assez régulières (entre ≈ 2 et 4 m/s) sans distinction franche jour/nuit : \rightarrow **catégorie « non venteux »** ;

(2) juste avant et juste après l'épisode venteux (les 13 et 17 juillet), un cycle diurne classique avec des valeurs assez élevées de jour (pics supérieurs à 6 m/s) mais nettement plus faibles de nuit, le matin et en fin de journée (entre ≈ 2 et 5 m/s maximum) : \rightarrow **catégorie « non venteux »** ;

(3) en milieu de semaine (les 14, 15 et 16 juillet : au passage de la dépression sur les Iles Britanniques), les vitesses présentent un pic diurne plus ou moins marqué les 14 et 16 (≈ 8 m/s) et elles restent élevées durant la nuit en raison du gradient barométrique accusé (généralement plus de 4 m/s). Le 15, après le passage du front froid, le vent est continuellement fort (≈ 8 à 10 m/s) : \rightarrow **catégorie « venteux »**

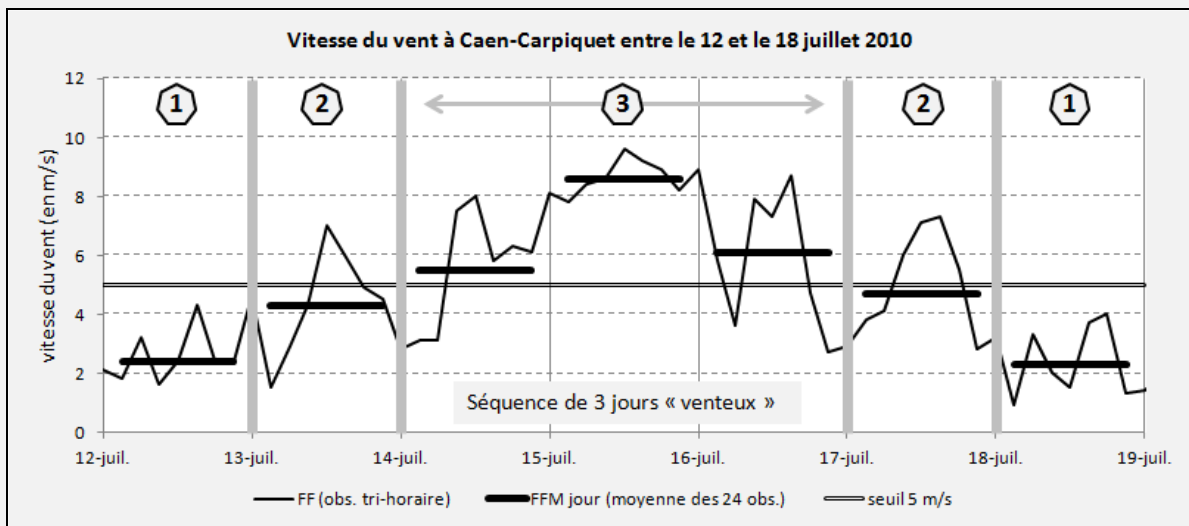


Figure 63 : Vitesse du vent à Caen-Carpique du 12 au 18 juillet 2010 (données Météo-France).

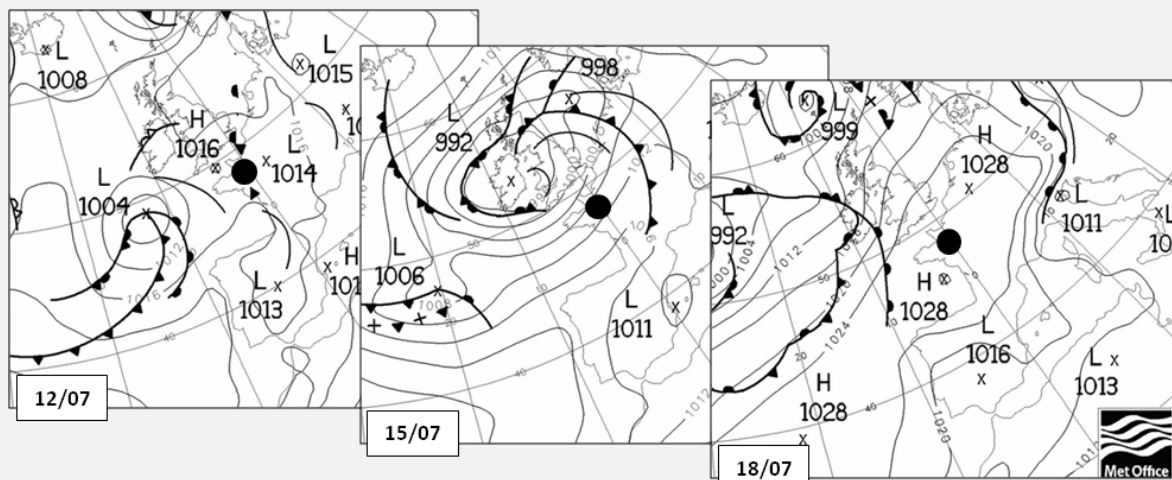


Figure 64 : Situations synoptiques les 12, 15 et 18 juillet sur l'Europe : passage d'une dépression puis retour à un temps anticyclonique. Le cercle noir représente la Basse-Normandie (d'après archives du Met Office).

► La carte des journées « venteuses » pour les 60 stations (figure 65) propose logiquement deux secteurs particulièrement exposés : le quart Nord-Ouest, en raison de son ouverture aux vents forts de dominante Ouest ; et la partie centrale et occidentale des parages de la Méditerranée, par canalisation des flux entre le Massif Central et les Alpes d'une part (35% à *Marseille*, aire d'influence du Mistral) et, d'autre part, entre le Massif Central et les Pyrénées (42% à *Carcassonne*, aire d'influence de la Tramontane).

Cette carte souligne également le poids remarquable des facteurs géographiques locaux sur la force du vent. Alors que les précipitations sont surtout sensibles au contexte topographique d'échelle régionale, le vent subit lui directement les effets de site géographique, tout obstacle présent dans un rayon de quelques kilomètres autour du pylône anémométrique venant « casser » sa vitesse.

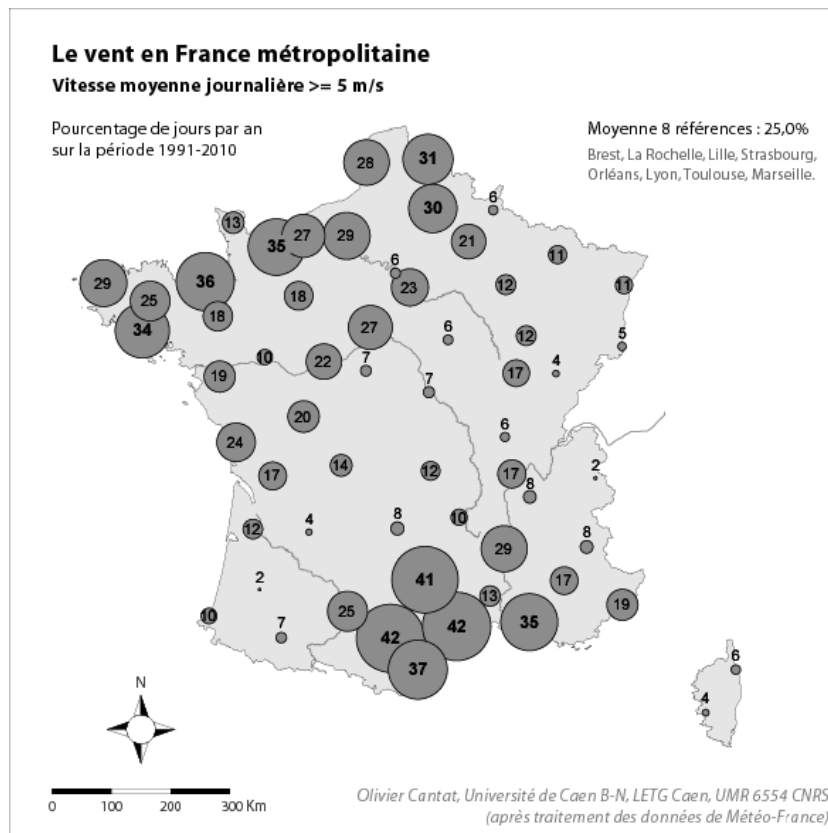


Figure 65 : Répartition géographique sur l'ensemble de la France du pourcentage des vents moyens journaliers ≥ 5 m/s sur l'ensemble de la France : journées « venteuses » (période 1991-2010).

Ainsi, à l'intérieur des deux grands ensembles éventés, certaines stations enregistrent curieusement des valeurs très faibles : c'est notamment le cas pour *Valognes* en Basse-Normandie (13%), pourtant non loin du site où les vents moyens sont les plus forts en France (*Cap de La Hague*)⁵⁰. Le contexte topographique local explique cette « anomalie », avec des hauteurs dominant Valognes d'une centaine de mètres, créant de ce fait un effet d'abri notable. La comparaison des roses des vents de *La Hague* et de *Valognes* est très démonstrative de ce point de vue-là (figure 66).

⁵⁰ Les côtes de l'Ouest du Cotentin enregistrent les vents les plus forts, notamment l'hiver. On relève ainsi plus de 140 jours de vent fort (rafales journalières ≥ 16 m/s) à *La Hague*, 110 à *Granville*, 74 à *Caen* et seulement 45 à *Alençon* (moyenne 1981-2000, d'après données Météo-France).

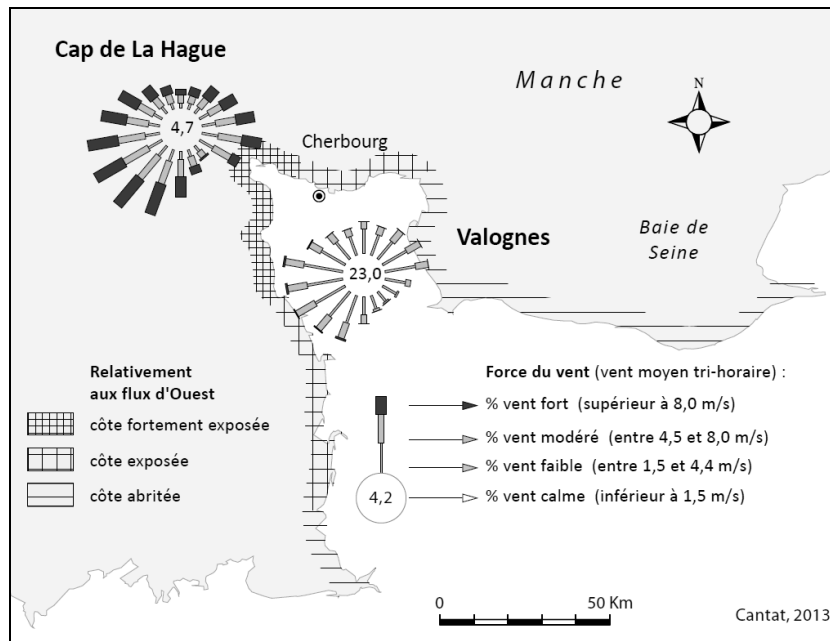


Figure 66 : Roses des vents sur le Nord du Cotentin : comparaison du site exposé de *La Hague* (période 1981-2000) et du site abrité de *Valognes* (période 1991-2010) (données Météo-France). Carte adaptée du *Profil Environnemental Régional de Basse-Normandie*, partie Climat (Cantat, 2014).

Dans le reste de la France, on retrouve ces mêmes conséquences avec la réduction de la fréquence des journées venteuses dès qu'un obstacle à l'écoulement naturel de l'air se place dans un rayon de quelques kilomètres de la station.

L'effet d'abri est ainsi majeur dans des sites très enclavés topographiquement, à l'image de *Bourg-St-Maurice* (2%), mais aussi dans des vallées beaucoup moins encaissées comme la Dordogne (4% à *Bergerac*) ou la Loire (7% à *Nevers*), ou bien encore des positions d'abri à l'intérieur d'espaces vallonnés (6% à *Auxerre*). Pour ces trois stations, l'effet d'un relief pourtant de faible énergie est aggravé par un environnement forestier. Parfois même, il arrive que la proximité de la forêt suffise à elle seule pour « couper » le vent, comme le démontre l'exemple déjà évoqué de *Mont-de-Marsan* (2%), la station étant placée en arrière de la grande forêt landaise, sur un site plan dominant de quelques mètres la Vallée de l'Adour. Dernier type de cas à évoquer, l'atténuation du vent dans les grandes agglomérations due à la rugosité des constructions. La station de *Paris-Montsouris* (6%) en est le témoin direct, comparativement aux observations de l'aérodrome de *Melun* (23%). Là encore, l'effet urbain est probablement accentué par la présence des arbres du Parc Montsouris (bien que l'anémomètre soit positionné en haut d'une tour qui émerge au-dessus de la cime des arbres, mais pas suffisamment pour éliminer toute perturbation...).

► En définitive, la sensibilité du vent aux facteurs locaux (relief, végétation, constructions) imposera une certaine prudence dans l'usage de cette variable météorologique pour la typologie finale, objet de la suite de notre propos. Cette précaution est d'autant plus importante que nous aurons à travailler sur des combinaisons simultanées de variables et en non plus en moyenne bi-décennale pour aborder les *types de temps* « vrais ». Pour illustrer ces aspects, nous avons calculé le pourcentage du nombre de jours avec des vents soutenus (≥ 5 m/s) concomitants par rapport à une station exposée (figures 63 et 64). Pour gommer les effets du déplacement des phénomènes atmosphériques pouvant entraîner un décalage dans la chronologie, nous avons considéré qu'il y avait concomitance si un vent soutenu était enregistré pour chaque station le jour même, bien sûr, mais aussi possiblement la veille ou le lendemain, comparativement à la station de référence.

L'exemple des vents entre la Vallée de la Loire et la Vallée de la Seine confirme cette influence des facteurs géographiques locaux pouvant rompre la continuité géographique établie à partir des trois autres variables. Le losange noir entouré d'un cercle en tirets matérialise la station de référence *Orléans-Bricy* et la valeur de 100% (ici = les 1994 journées de vent soutenu). On remarque qu'à *Romorantin* le vent est fort simultanément dans 41% des cas, chiffre faible en considérant la proximité de la station lors de conditions synoptiques similaires. Il en est de même pour *Nevers* (40%) et *Auxerre* (35%), ainsi que pour *Paris-ville* pour les raisons évoquées précédemment. Ces chiffres contrastent avec ceux des sites dégagés de *Tours* (86%) et de *Melun* (84%), et encore plus avec ceux de *Dinard* (91%), *Caen* (90%) et *Rouen* (90%) pourtant plus éloignées.

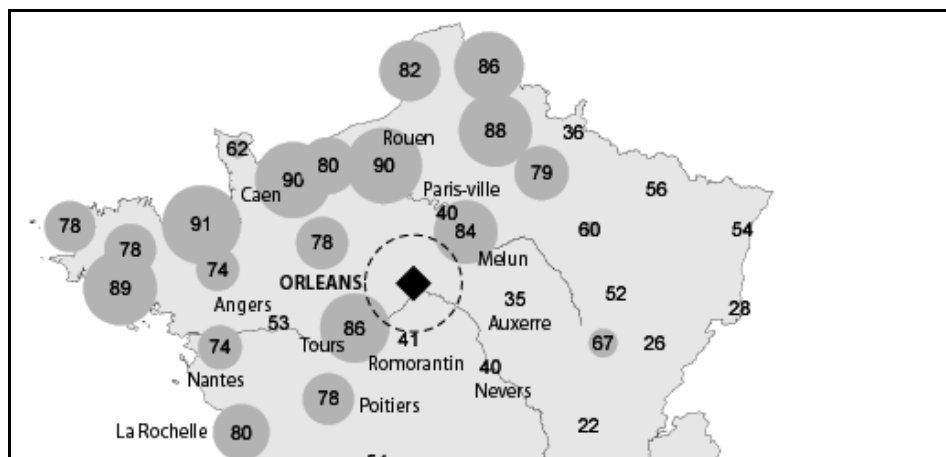


Figure 67 : Pourcentage de jours de vent soutenu (≥ 5 m/s) concomitants à ceux enregistrés dans la station d'Orléans-Bricy sur la période 1991-2010 (traitement d'après données Météo-France)

Les mêmes principes sont applicables dans la Vallée du Rhône, entre le site exposé de *Marseille-Marignane* (référence 100%, 2586 jours) et *Nîmes* en position d'abri relatif (46%). Bien que située largement plus au Nord, *Montélimar* enregistre 60% de concomitances en raison de son positionnement sur le parcours du Mistral, tout comme *St-Auban* sur le plateau de Provence (61%). Notons également le phasage marqué avec l'aire de la Tramontane, vent qui apparaît dans les mêmes conditions synoptiques (88% à *Carcassonne* et 86% à *Perpignan*), avec même un prolongement au-delà du seuil de Naurouze (encore 68% à *Toulouse*). Enfin, mentionnons les hauts plateaux des Causses ouverts à tous les vents, avec comme témoin la station de *Soulobres* surmontant la ville de Millau (92%).

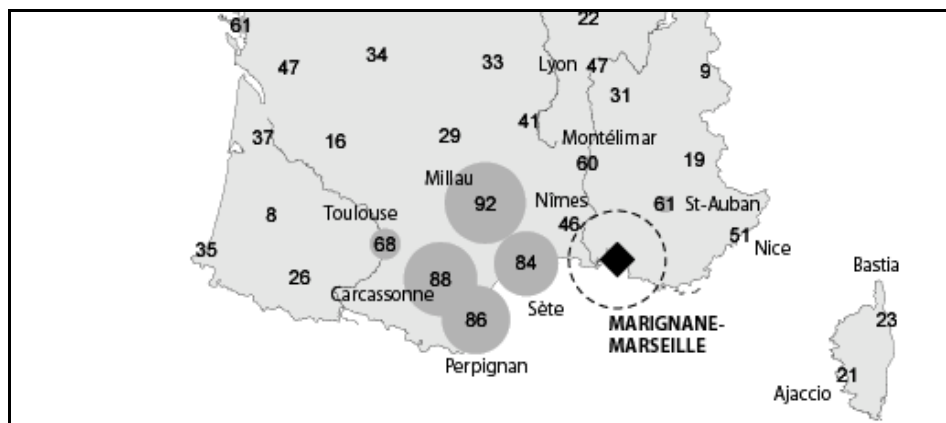


Figure 68 : Pourcentage de jours de vent soutenu (≥ 5 m/s) concomitants à ceux enregistrés dans la station de Marseille-Marignane sur la période 1991-2010 (traitement d'après données Météo-France).

Chapitre 6

La typologie simplifiée du « temps sensible »

La typologie simplifiée du « temps sensible » s'appuie sur l'association, dans un ordre déterminé, des douze classes obtenues à partir de la discrétisation des valeurs journalières des quatre paramètres météorologiques présentés précédemment (état du ciel, ambiance thermique, occurrence de précipitations et occurrence de vent soutenu). Le croisement de ces classes conduit à la création de 64 combinaisons ($4 \times 4 \times 2 \times 2$). Certains des *types de temps* ainsi définis apparaissent fréquemment, d'autres beaucoup moins, voire sont totalement absents dans certaines stations.

Les deux documents ci-dessous illustrent le passage de la classification à la détermination des *types de temps sensibles*, c'est-à-dire les multiples combinaisons qui animent l'atmosphère et dont l'action conditionne en partie le fonctionnement des milieux et le comportement des êtres vivants qui y sont soumis, homme compris (figure 69). Cette procédure est explicitée plus en détails dans les paragraphes suivants. Elle est accompagnée au besoin de commentaires thématiques et de cartes explicatives de la situation synoptique associée.

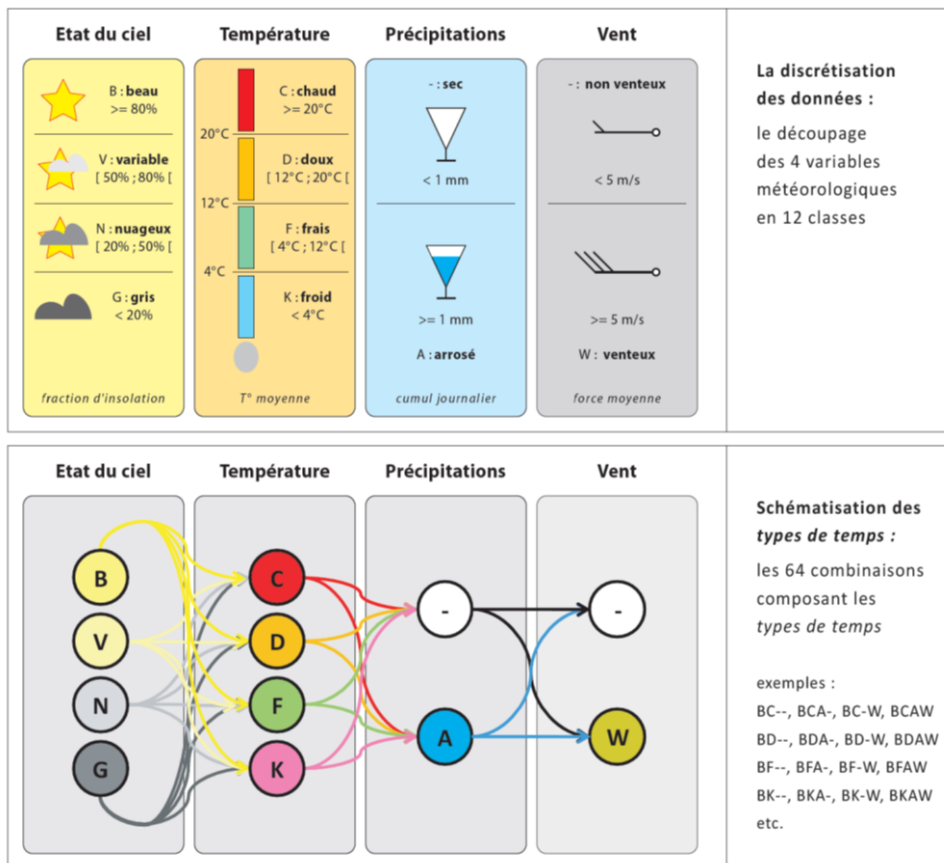


Figure 69 : Rappel sur la discrétisation des 4 variables météorologiques en 12 classes (en haut) et représentation schématisée des 64 combinaisons issues du croisement de ces classes (en bas).

Les lettres correspondent aux initiales des variables ; les codes de « type de temps » se construisent en combinant les lettres de la gauche vers la droite de la figure (1 lettre par variable).

1. Le codage des *types de temps*

La procédure menant à la typologie simplifiée du temps sensible sur la France métropolitaine repose sur le principe que l'initial des classes des quatre variables météorologiques servant à la constitution des codes sont toujours placées dans le même ordre :

- en **première position** (à la gauche du code), l'état du ciel, avec une lettre parmi les 4 suivantes : B (beau), V (variable), N (nuageux) ou G (gris) ;
- en **deuxième position**, l'ambiance thermique, avec une lettre parmi les 4 suivantes : C (chaud) ; D (doux) ; F (frais) et K (froid) ;
- en **troisième position**, l'occurrence de précipitations, avec une lettre ou un symbole : A (arrosé) ou « - » (sec, ou plus exactement, précipitations non significatives)
- en **quatrième position** (à la droite du code), l'occurrence de vent, avec une lettre ou un symbole : W (venteux, pour *windig* en allemand ou *windy* en anglais) ou « - » (calme, ou plus exactement vent non soutenu).

Cet ordre dépend des caractéristiques intrinsèques des variables que nous avons choisies et de la classification que nous avons établie préalablement. S'agissant d'une typologie dont la vocation est d'être facilement appropriable et adaptable à diverses thématiques, l'ordre tient compte également d'un élément plus subjectif, avec le ressenti plus ou moins direct des variables retenues.

Le choix repose d'abord sur le souci de privilégier le caractère continu ou discontinu de la variable : une distinction apparaît immédiatement entre, d'une part, l'état du ciel et l'ambiance thermique qui sont toujours caractérisés par une valeur (données continues) et, d'autre part, les précipitations et le vent que nous avons préalablement définis par leur occurrence ou non (données discontinues, avec un codage « - » si le phénomène n'apparaît pas).

À partir de ce premier ordonnancement, **l'état du ciel** a été placé en premier car c'est généralement l'élément le plus souvent évoqué lorsque l'on doit définir le temps par un seule variable (cf. « *il fait beau* » ou « *il fait gris* »...). Cette position provient du fait que l'état du ciel est le premier élément concret et facilement appréciable que l'on ait du temps et qu'il conditionne une grande partie de la journée des personnes dont l'activité dépend des conditions extérieures (agriculture, travaux publics, tourisme, transports...), ou pour tout à chacun pour se rendre quotidiennement à son travail. Vient ensuite **l'ambiance thermique**, paramètre qui lui est d'ailleurs habituellement associé mais qui, à l'inverse du précédent, nécessite de se placer en extérieur pour en évaluer la valeur.

Les précipitations et **le vent** ont été positionnés après car, contrairement à l'état du ciel et à la température qui présentent un continuum, ces deux paramètres ne sont mentionnés que lorsqu'ils apparaissent de façon notable au cours de la journée (d'où leur codage binaire dans notre classification). **Le vent** a été placé en dernier car sa sensibilité aux facteurs géographiques locaux rend son interprétation plus délicate et limitée spatialement (pour cette raison la hiérarchisation et la spatialisation des types de temps ne tiendront pas compte de cette variable car, en fonction des sites de chaque station, elle peut introduire des irrégularités non représentatives de la dominante régionale).

Au total, chaque jour de l'année est qualifié par un code de 4 lettres (ou 3 lettres plus un symbole « - »), défini par la juxtaposition des initiales se rapportant à la classe du paramètre considéré, comme illustré dans la figure 70. Il s'agit ici d'une situation assez classique lors du passage de temps perturbés en période froide. Le code « GFAW » correspond à un temps *gris, frais, pluvieux* et *venteux*, c'est-à-dire la concomitance d'un ensoleillement faible (< 20%), d'une température moyenne assez basse (entre 4 et 12°C), de précipitations significatives (>= 1 mm) et d'un vent moyen soutenu (>= 5 m/s). Sa fréquence moyenne pour les 8 stations de référence françaises est de 4,49%, variant entre 8,95% à *Brest*, sous climat océanique, et 1,41% à *Marseille*, en domaine méditerranéen.

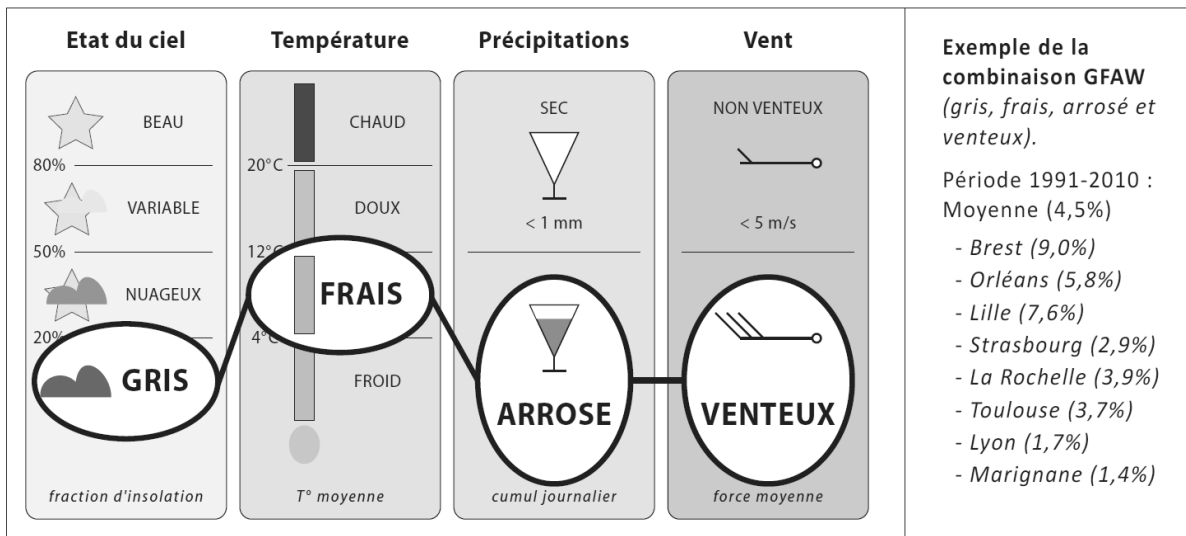


Figure 70 : Exemple d'une combinaison parmi les 64 possibles : le temps *gris, frais, arrosé* et *venteux* (GFAW).

2. Le calendrier des types de temps

Toutes les analyses sur les types de temps présentées dans la suite de ce travail découleront de traitements numériques effectués sur les 64 combinaisons que peut prendre l'association des douze classes obtenues à partir des quatre variables météorologiques de base. Les huit stations de référence serviront au cadrage climatique général, soit 58 440 codes synthétiques des types de temps (7 305 jours * 8 stations) ; les nuances régionales et locales seront ensuite perçues en s'appuyant sur le réseau complet des 60 stations représentatives de la diversité spatiale du climat, soit 438 300 codes (7 305 jours * 60 stations). Ces données de base peuvent être regroupées sous la forme d'un **calendrier des types de temps** propre à chaque station.

Nous présentons dans le tableau 19 deux exemples régionaux contrastés pour l'année 2010, avec les stations de Brest (climat océanique) et de Marseille (climat méditerranéen). La signification du code est placée dans le tableau 20. Ce document comptabilise pour chaque mois le nombre de jours d'occurrence des soixante-quatre combinaisons possibles, le classement vertical étant organisé en fonction de la nébulosité (de la classe « beau » en haut, vers la classe « gris » en bas).

CALENDRIER DES TYPES DE TEMPS ANNEE 2010 BREST												
	J	F	M	A	M	JN	JL	A	S	O	N	D
1	NK-	VKA-	GK-	VFAW	GFA-	NDA-	NDAW	GD-	BD-	GDAW	VDA-	GKA-
2	VK-	GFAW	VF-	VFAW	GFA-	VD-	GDA-	ND-	BD-	GDA-	GD-W	GKA-
3	GK-W	GF-W	VF-	GFAW	VF-W	BD-	VD-	GD-	BD-	NDAW	GDAW	VKA-
4	BK-	GFAW	VF-W	VF-	BF-W	BD-	NDA-	NDA-	VD-	VDAW	ND-W	GFAW
5	GKA-	NFAW	BK-	VF-W	VF-	ND-	ND-	ND-	VD-	GDAW	GDAW	GFA-
6	GKA-	NF-W	VK-W	VFAW	GF-	ND-	VD-	GDAW	NDAW	BD-	GFA-	GF-
7	VK-	NF-	BK-W	NF-	GFA-	GDAW	BD-	GD-	GDA-	ND-	NFA-	GK-W
8	NKA-	GKA-	BK-W	BF-	NF-W	GD-W	VC-	VD-	VDA-	VD-W	NFAW	GF-W
9	GKAW	GK-	BK-W	BF-	NF-W	GDA-	VD-	NDA-	ND-	GCAW	GFAW	BK-
10	GKA-	NKA-	BF-W	BF-W	NF-W	GDAW	NDAW	GDAW	ND-W	ND-W	BFA-	GF-
11	VK-	GK-W	GF-W	VF-W	BF-W	GD-W	GDA-	ND-	GDA-	BD-W	GFAW	BF-
12	GKAW	GKA-	NF-	VF-W	VF-	ND-	GDA-	ND-	VD-	BD-W	GDAW	GK-
13	NFA-	GK-	GF-	VF-W	VF-	NDA-	GDAW	GD-	ND-	VD-W	GFA-	BK-
14	NF-	NK-	GF-	VF-W	GFA-	ND-W	NDAW	ND-	NDAW	GF-	VFA-	VKA-
15	NFAW	GKA-	BF-	VF-W	VF-	ND-W	NDAW	ND-	ND-	NFA-	VF-	NF-
16	GFAW	NF-W	VF-W	BF-W	GF-	VD-W	GDAW	VD-	ND-	VF-	NFA-	GFAW
17	NFA-	NFA-	NF-	BF-	VF-	BD-	VD-	GDA-	BD-	BF-	NFAW	NKA-
18	GF-	NFA-	GDAW	BF-	VD-	VD-	BD-	VD-	BD-	GF-	NF-	NKA-
19	GFAW	VKA-	GFAW	BF-	GD-	ND-	VD-	VD-W	BF-	ND-	GFA-	NFAW
20	VF-	NFA-	GFAW	BF-	GD-	VD-	GDA-	GDAW	VD-	VF-	NF-W	NFA-
21	GFAW	NFAW	VF-	VF-W	BD-	VD-	NDA-	GDAW	BD-	GFA-	NFA-	VK-
22	GFA-	GFA-	NFAW	VF-W	BD-W	VD-	NDA-	GDAW	VDA-	GFA-	GFA-	GK-
23	GF-	VF-W	GFAW	BF-	BD-	VD-	ND-	NDA-	GDA-	GFAW	NFA-	GKAW
24	VFA-	GFAW	GFAW	NFA-	BD-	BD-	GDA-	NDA-	ND-W	VF-	NFA-	VK-
25	NKA-	GFAW	GFAW	GD-	ND-	BD-	ND-	GDAW	VF-	VF-	NFA-	NK-
26	GK-	VFAW	NFAW	GD-	GDA-	BD-	ND-	GDAW	NF-	GFAW	NKA-	NK-W
27	VFA-	GFAW	GFAW	BD-	ND-	VD-	GD-	GD-	VF-	NDAW	NKA-	GFAW
28	GFA-	VFAW	GFAW	VD-	VFA-	BD-	GDA-	VD-	GD-W	ND-W	NKA-	GF-
29	GFAW		GFAW	GDA-	GDAW	BD-	ND-	VD-	NDA-	GDAW	VK-W	GFA-
30	NK-		NFAW	NFA-	GDAW	ND-	GD-	BD-	NDA-	NFAW	VK-	VF-
31	GKA-		VF-W		GDA-		GD-	BD-		ND-		GF-

CALENDRIER DES TYPES DE TEMPS ANNEE 2010 MARSEILLE

	J	F	M	A	M	JN	JL	A	S	O	N	D
1	GFAW	BK-	VF-	BF-W	GDA-	BD-W	VC-	BCA-	BD-	VD-	GDA-	NFA-
2	VF-W	BF-	BFA-	BF-	NDA-	BC-W	BC-	NCA-	BC-	BD-	VD-W	VK-
3	GKA-	BF-	GFAW	GDAW	GDA-	BC-	BC-	BC-W	BC-	BC-W	BD-	VK-W
4	GF-	GFA-	NF-W	ND-W	GDAW	BC-	BC-W	BC-W	BC-	GCAW	BD-	BK-W
5	NF-	VFAW	BF-W	BD-W	GFAW	BC-	BC-W	BC-W	BC-	BD-	BD-	GFAW
6	BK-	VF-	BF-W	BD-	GD-W	NC-	BC-W	BC-W	VCA-	BC-	GF-	GD-W
7	GKA-	BF-W	GFA-	GDA-	VDA-	VC-	BC-	BC-	NCAW	BC-	ND-	ND-
8	GKAW	VFA-	GF-W	GF-	GDA-	VC-W	BC-	BC-	BC-W	VC-	NFA-	ND-
9	GK-W	GF-W	VK-W	BD-	GDAW	NC-W	VC-	BC-	BC-W	NC-	NFA-	VF-W
10	NK-W	BK-W	NK-	BD-	VD-	VC-W	VC-	BC-	BC-W	GDAW	GD-	BF-W
11	VK-	NK-W	BF-W	VD-W	ND-	NCA-	BC-	BC-	BC-	GDAW	BF-W	BF-
12	VKA-	BK-W	BF-	GF-	NDA-	VC-	VC-	VC-	BC-	BD-	BD-	VF-W
13	VFA-	GK-	BF-	BF-	VD-	VC-	VC-	BC-W	BC-W	GD-	BD-	NF-W
14	GFAW	GK-	BF-W	BD-	ND-	VCA-	BC-	GCA-	VD-	BD-	GD-W	NK-W
15	BF-	NK-	VF-W	BF-	BD-W	GDA-	BC-	VC-	BC-	VD-	GDAW	GK-W
16	GF-	GFAW	BF-	VDA-	BD-W	VDA-	BC-	BC-W	VCA-	VD-W	NF-W	BK-W
17	GF-	GFAW	BF-	BD-	BD-W	VD-	BC-W	BC-W	GCA-	VD-W	VF-	GF-W
18	BF-	VDA-	NF-	BD-	BD-W	BC-W	BC-W	BC-	VD-W	BD-W	VF-	BK-
19	NF-	GFAW	BD-	BD-	BD-W	VC-W	BC-	VCA-	BD-W	BD-W	VFA-	GF-
20	GFA-	BF-W	GD-	VD-	BD-	BD-W	BC-	VC-	BD-	BD-W	GFAW	NF-
21	BF-W	NFA-	NDA-	BD-	BD-	BD-W	VC-	BC-	GD-	BF-	NDAW	GFAW
22	BF-	GFAW	GDA-	VD-	BD-	BC-W	VCA-	BC-	BC-	BD-	VF-W	NDAW
23	VF-	VD-	ND-	GD-	BD-	BC-	VC-W	NC-	VC-	GD-	BF-W	GDA-
24	GF-	VDA-	ND-	ND-	BC-	BC-	BC-W	BC-	GC-	GDA-	BF-W	BF-W
25	GF-	NF-W	GD-W	VD-	BC-	BC-	BC-W	BC-	BD-W	NF-W	VFA-	NK-W
26	BFA-	VD-	VD-	VD-	BC-	BC-	BC-W	BC-	BD-W	BF-	BF-W	VK-W
27	VK-W	GFAW	VD-W	BD-	BC-	BC-	BC-W	NC-W	BD-W	BF-	GKA-	NK-
28	VK-W	GD-	VD-	BD-	NC-	VC-	BC-	BC-W	BD-W	BF-	GF-W	NF-
29	VF-W		VD-W	BD-	BC-	BC-	VC-W	BC-W	BD-	BD-W	VK-	GF-
30	BF-W		NFAW	ND-	VC-W	VC-	VC-W	BC-W	BD-	GDAW	GFA-	GF-
31	BK-W		VFA-		BC-W		BC-	BC-		GDAW		GF-

Tableau 19: Calendrier des types de temps à Brest et à Marseille pour l'année 2010. Signification des codes des 64 combinaisons sur la figure suivante.

		BREST												MARSEILLE											
		NB JOURS / TYPES TEMPS 2010												NB JOURS / TYPES TEMPS 2010											
		J	F	M	A	M	JN	JL	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JN	JL	A	S	O	N	D
beau chaud	BC--																	5	9	12	12	8	2		
beau chaud venteux	BC-W																	1	3	9	10	4	1		
beau chaud arrosé	BCA-																				1				
beau chaud arrosé venteux	BCAW																								
beau doux	BD--				1	3	8	2	2	6	1						1	11	4			4	5	5	
beau doux venteux	BD-W				1						2						1	5	3			5	4		
beau doux arrosé	BDA-																								
beau doux arrosé venteux	BDAW																								
beau frais	BF--			1	7						1	1	1				3	2	4	3			4		1
beau frais venteux	BF-W			1	2	2											2	2	4	1				4	2
beau frais arrosé	BFA-											1				1	1								
beau frais arrosé venteux	BFAW																								
beau froid	BK--	1		1									2				1	1							1
beau froid venteux	BK-W			3													1	2							2
beau froid arrosé	BKA-																								
beau froid arrosé venteux	BKAW																								
variable chaud	VC--							1											5	6	3	1	1		
variable chaud venteux	VC-W																	1	3	3					
variable chaud arrosé	VCA-																		1	1	1	2			
variable chaud arrosé venteux	VCAW																								
variable doux	VD--				1	1	7	5	5	4							2	2	4	2	1		1	2	
variable doux venteux	VD-W						1		1		2						2	1				1	2	1	
variable doux arrosé	VDA-											1					2		1	1	1				
variable doux arrosé venteux	VDAW																								
variable frais	VF--	1		3	1	5					2	4	1	1			1	1	1					2	
variable frais venteux	VF-W		1	3	8	1											2							1	2
variable frais arrosé	VFA-	2				1						1					1	1	1					2	
variable frais arrosé venteux	VFAW		2		3													1							
variable froid	VK--	3										1	2				1						1	1	
variable froid venteux	VK-W			1								1					2	1						2	
variable froid arrosé	VKA-			2									2				1								
variable froid arrosé venteux	VKAW																								
nuageux chaud	NC--																	1	1		1	1			
nuageux chaud venteux	NC-W																		1		1				
nuageux chaud arrosé	NCA-																		1		1				
nuageux chaud arrosé venteux	NCAW																					1			
nuageux doux	ND--				2	5	5	6	4	3							2	2	2				1	2	
nuageux doux venteux	ND-W					2				2	2	1					1								
nuageux doux arrosé	NDA-					2	3	4	2								1		2						
nuageux doux arrosé venteux	NDAW						4		2	2														1	1
nuageux frais	NF--	1	1	2	1						1	1	1				2		1					2	
nuageux frais venteux	NF-W		2			3						1					1	1					1	1	1
nuageux frais arrosé	NFA-	2	3		2							1	6	1			1						2	1	
nuageux frais arrosé venteux	NFAW	1	2	3								1	2	1				1							
nuageux froid	NK--	2	1										1				1	1	1					1	
nuageux froid venteux	NK-W												1				1	1						2	
nuageux froid arrosé	NKA-	2	1										3	2											
nuageux froid arrosé venteux	NKAW																								
gris chaud	GC--																					1			
gris chaud venteux	GC-W																								
gris chaud arrosé	GCA-																					1	1		
gris chaud arrosé venteux	GCAW												1											1	
gris doux	GD--				2	2		3	5								1	1	1				1	2	1
gris doux venteux	GD-W						2				1	1					1		1					1	1
gris doux arrosé	GDA-				1	2	1	6	1	3	1						1	1	3	1			1	1	1
gris doux arrosé venteux	GDAW			1		2	2	2	7		3	3						1	2				4	1	
gris frais	GF--	2		2		2					2	4					5		2					1	4
gris frais venteux	GF-W		1	1									1				1	1						1	1
gris frais arrosé	GFA-	2	1			4					2	4	2				1	1	1					1	
gris frais arrosé venteux	GFAW	4	5	8	1						2	2	3				2	5	1		1			1	2
gris froid	GK--	1	2	1								2													
gris froid venteux	GK-W	1	1									1					1							1	
gris froid arrosé	GKA-	4	3									2					2							1	
gris froid arrosé venteux	GKAW	2											1				1								

Tableau 20 : Occurrences des types de temps à Brest et à Marseille pour l'année 2010 (64 combinaisons).

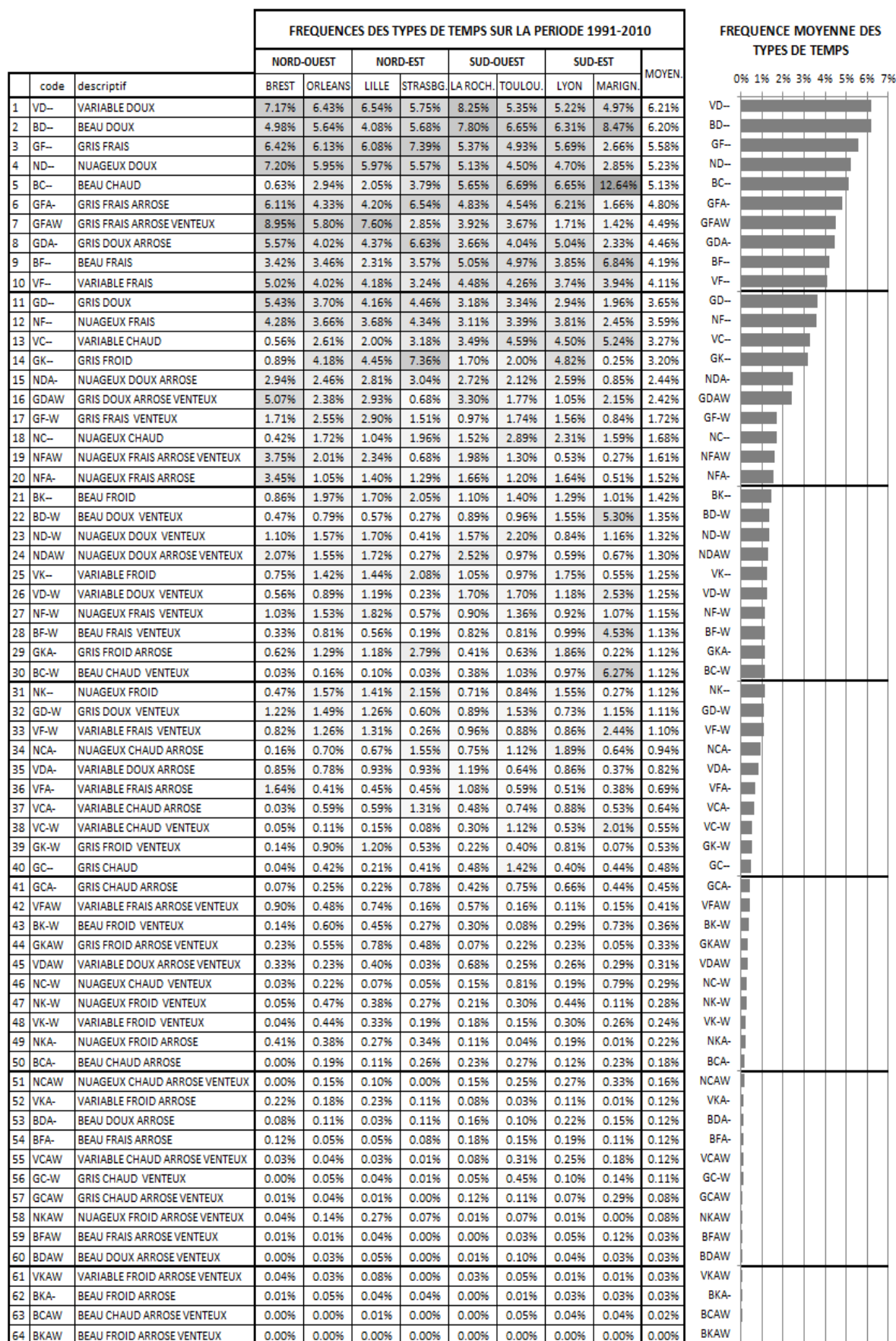
3. Le traitement numérique des *types de temps* en France métropolitaine

Toutes les analyses sur les *types de temps* présentées dans la suite de ce travail découleront de traitements numériques effectués sur les soixante-quatre combinaisons que peut prendre l'association des dix classes obtenues à partir des quatre variables météorologiques de base. Les stations de référence serviront au cadrage climatique général, soit 58.440 codes (7.305 jours * 8 stations) ; les nuances régionales et locales seront ensuite perçues en s'appuyant sur le réseau des soixante stations représentatives de la diversité spatiale du climat, soit 438.300 codes (7.305 jours * 60 stations).

3.1. La hiérarchisation des *types de temps* en France métropolitaine

Le tableau 21 résume pour les huit stations de référence la fréquence des soixante-quatre combinaisons possibles. Conformément à la position géographique de la France métropolitaine, il ressort de ce graphique la grande diversité des *types de temps* (ouverture à toutes les masses d'air) et la surreprésentation des combinaisons marquées par des conditions modérées (influences océaniques dominantes). Le *type variable* et *doux* (code VD--) domine ce classement avec 6,21% des cas annuels et une assez grande homogénéité spatiale (5 à 8% environ) ; il arrive en tête à quasi égalité avec le *type de temps beau* et *doux* (code BD-- = 6,20%).

► Dans le détail, on constate que plus de la moitié des *types de temps* (50,41%) sont concentrés dans les dix premières combinaisons. L'état du ciel est alors équitablement partagé entre des luminosités élevées (30% *beau* et 20% *variable*) et des nébulosités marquées (40% *gris* et 10% *nuageux*), dans des ambiances thermiques tempérées (50% *frais*, 40% *doux*) et avec une occurrence de précipitations de 30%. Dans ces *types* les plus fréquents, les caractères plus tranchés du temps sont rares (10% de *chaud*, 10% de *venteux*) ou même absent (0% de *froid*). Enfin, parmi ces dix premières combinaisons, notons que deux proposent une forte différenciation spatiale : le *beau temps chaud* (code BC-- = 5,13%) est très présent à *Marseille* (12,64%) mais exceptionnel à *Brest* (0,63%) ; inversement, le temps *gris, frais, arrosé et venteux* (code GFAW = 4,49%), est bien connu en Bretagne (8,95%) mais rare sur les bords de la Méditerranée (1,41%), comme nous le soulignons précédemment.



FREQUENCE MOYENNE DES TYPES DE TEMPS

0% 1% 2% 3% 4% 5% 6% 7%

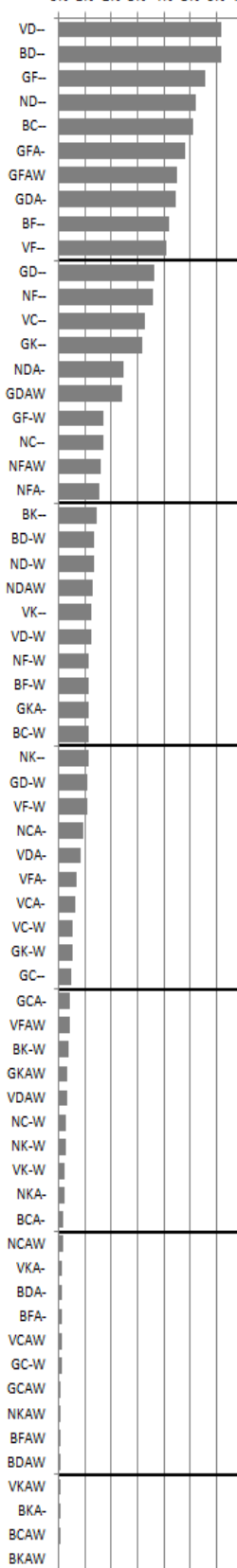


Tableau 21 : Fréquence des 64 types de temps pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010.

► À l’opposé, les combinaisons proposées dans la seconde partie du tableau (classement entre les 33^{ème} et 64^{ème} positions) rassemblent moins de 10% de la totalité des *types de temps*. Leur caractère beaucoup plus occasionnel s’explique par l’association de conditions atmosphériques *a priori* peu compatibles simultanément, mais toutefois réalisables lors de changement de masses d’air et en raison du découpage au pas de temps journalier de notre typologie.

La combinaison très improbable d’un temps *beau, chaud, arrosé* et *venteux* (code BCAW = 0,02%) s’est tout de même produite 4 fois en 20 ans à *Toulouse* (0,055%), 3 fois à *Lyon* et *Marseille* (0,041%) et 1 fois à *Lille* (0,014%), mais jamais à *Brest*, *Orléans*, *La Rochelle* et *Strasbourg*. C’est l’exemple typique en été du basculement brutal en fin de journée entre une période de « beau temps anticyclonique » et l’arrivée d’un « temps cyclonique perturbé » par l’Atlantique. Le 15 août 2007, *Toulouse* illustre cette situation (figure 71) : la région vit une journée ensoleillée et très chaude mais avec un vent fort de Sud, signe annonciateur de changement (gradient de pression resserré) ; puis on assiste à l’arrivée de nuages en toute fin d’après-midi et de précipitations instables en soirée, au passage du front froid associé à la profonde dépression centrée au large des côtes écossaises. Le vent tourne alors au Nord-Ouest et la température chute d’une dizaine de degrés centigrades (tableau 22).

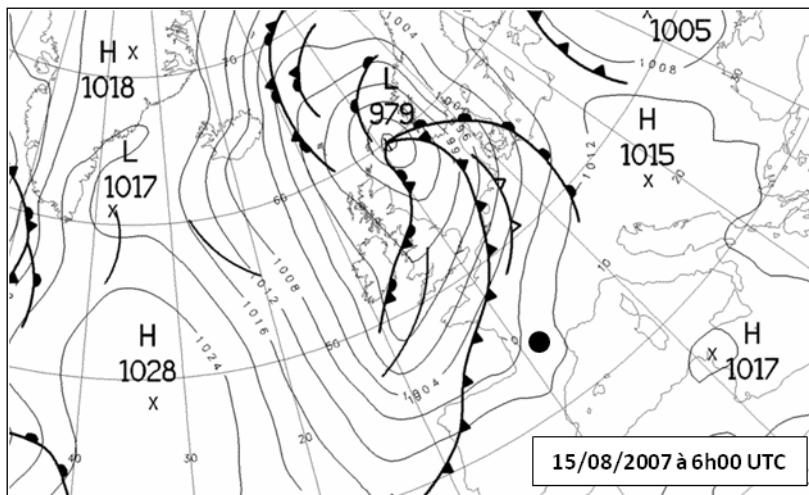


Figure 71 : Situation synoptique du 15 août 2007 sur l’Europe à 06:00 UTC (d’après archives du Met Office).

	TN	TX	TM	RR	FFM	FXI	INSO	CODE TT
TOULOUSE	21,4°C	32,5°C	27,0°C	5,0 mm	6,6 m/s	15,0 m/s	89%	BCAW
			T	RR	FF	DD	NEBUL	
TOULOUSE	15:00 UTC		32,1°C	0 mm	7 m/s	SUD	1/8	
TOULOUSE	17:00 UTC		31,0°C	0 mm	5 m/s	SUD	2/8	
TOULOUSE	19:00 UTC		22,3°C	3 mm	9 m/s	NW	7/8	

Tableau 22 : Principales valeurs météorologiques journalières et horaires à *Toulouse* (d’après Météo-France).

De manière plus générale, malgré leur fréquence d’apparition très réduite⁵¹ et leur durée généralement courte, ces combinaisons sont importantes à prendre en compte car elles sont parfois synonymes de risques environnementaux et sociétaux – relativement au climat habituel des latitudes moyennes –, en relation avec l’absence de préparation des hommes et des milieux à ces différents genres de contraintes atmosphériques.

⁵¹ Notons qu’à peine 0,5% des *types de temps* sont regroupés dans les 10 dernières combinaisons. Par ailleurs, une seule des 64 combinaisons possibles ne s’est encore jamais produite : BKAW (*beau, froid, arrosé* et *venteux*).

Pour rendre concrète cette affirmation, considérons un temps *gris, froid*, accompagné de *précipitations* et de *vent* (code GKAW = 0,33%). Cette combinaison inclut des situations à l'origine de dégâts pour la végétation (prise au vent et poids de la neige) et de sérieuses difficultés pour les transports, notamment dans les secteurs exposés au risque de formations de congères.

Tel est le cas à la fin de la première décade de janvier 2010, en raison du conflit entre l'air froid continental véhiculé sous les puissants anticyclones nordiques (≈ 1040 hPa) et les remontées douces et humides en provenance de la Méditerranée, tournant autour d'un minimum dépressionnaire (figure 72). Dans la zone de contact, les chutes de neige par « retours d'Est » sont parfois abondantes (de 30 à 60 cm sur les hauteurs entre le Tarn et l'Hérault) et d'autant plus gênantes qu'elles affectent aussi des secteurs de plaine qui n'y sont pas habitués, ni préparés (cf. encadré 9).

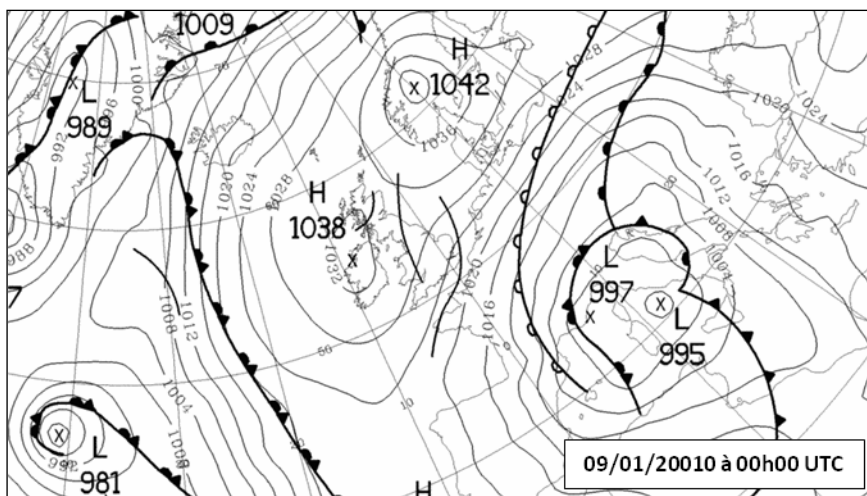


Figure 72 : Situation synoptique du 9 janvier 2009 sur l'Europe à 00:00 UTC (d'après archives du Met Office)

	TN	TX	TM	RR	FFM	FXI	INSO	NEIGE	CODE TT
TOULOUSE	-4,4	-3,0	-3,7°C	5,0 mm	6,6 m/s	11,7 m/s	0%	<i>oui</i>	GKAW
LYON	-4,0°C	-3,2°C	-3,6°C	2,4 mm	5,7 m/s	11,1 m/s	0%	<i>oui</i>	GKAW
BREST	-1,4°C	+1,6°C	+0,1°C	9,2 mm	5,4 m/s	15,4 m/s	13%	<i>oui</i>	GKAW
STRASBOURG	-4,8°C	-2,7°C	-3,8°C	1,6 mm	5,5 m/s	11,5 m/s	0%	<i>oui</i>	GKAW
ORLEANS	-5,3°C	-1,7°C	-3,5°C	0,6 mm	6,2 m/s	13,0 m/s	0%	<i>oui</i>	GK-W
MARSEILLE	-0,9°C	0,7°C	-0,1°C	0 mm	10,3 m/s	23,0 m/s	1%	<i>oui</i>	GK-W
LA ROCHELLE	-4,4°C	-0,7°C	-2,6°C	0 mm	4,0 m/s	13,0 m/s	24%	<i>non</i>	NK--
LILLE	-4,9°C	-0,5°C	-2,7°C	0 mm	8,7 m/s	17,9 m/s	0%	<i>oui</i>	GK-W

Tableau 23 : Principales valeurs météorologiques journalières pour les 8 stations de référence (d'après Météo-France), avec cases en grisé quand les conditions requises sont présentes pour obtenir un code GKAW.

Encadré 9 : L'épisode de neige des 8 et 9 janvier 2010 dans le Vaucluse

Tout le sud-est du pays a été touché par cet épisode neigeux d'une intensité tout à fait remarquable.

[...] Bien que les températures au sol fussent rigoureuses, en altitude, il en est autrement. Cette masse d'air est chaude et est surtout chargée en humidité. [...] Le front chaud entre ces deux masses d'air provoque des précipitations abondantes qui, sous l'effet du froid, se transformèrent en neige dans les terres. [...] Très vite, un Mistral puissant transforme la bordée de neige en un blizzard collant, figeant dans la nuit l'anémomètre de la station. À Caritat, on relève des rafales à 65 km/h, avec une moyenne se situant à 50 km/h [...].

L'intensité de cet épisode a surpris toutes les administrations. Prises par le temps et la quantité de neige, il fut quasiment impossible de circuler à travers le département pendant toute la durée de l'épisode.

Extraits du site METEOrange (http://www.meteororange.fr/neige_vaucluse_janvier_2010.php)

► Etant donné le caractère souvent local de la force du vent (cf. 2.2.4.), pour ne pas introduire de discontinuités dans la représentativité spatiale des *types de temps*, une autre hiérarchie a été définie en fonction des 3 premières variables (fraction d'insolation, température et précipitations), soit trente-deux combinaisons (4*4*2). Pour autant, le vent n'a pas été oublié mais il est considéré ici comme une variable complémentaire, qui s'ajoute aux trois autres (figure 73).

Dans ce document, les soixante-quatre *types de temps* sont donc représentés par la superposition sous forme d'une bande noire des cas venteux aux trente-deux combinaisons de base. Les cas venteux apparaissent essentiellement lors des passages perturbés arrosés : GFA, GDA, NFA. Ce principe de dissociation du vent sera repris souvent dans la suite de l'étude, notamment lorsque nous envisagerons les ressemblances entre stations (3.2.4.) et la persistance des *types de temps* (3.2.5).

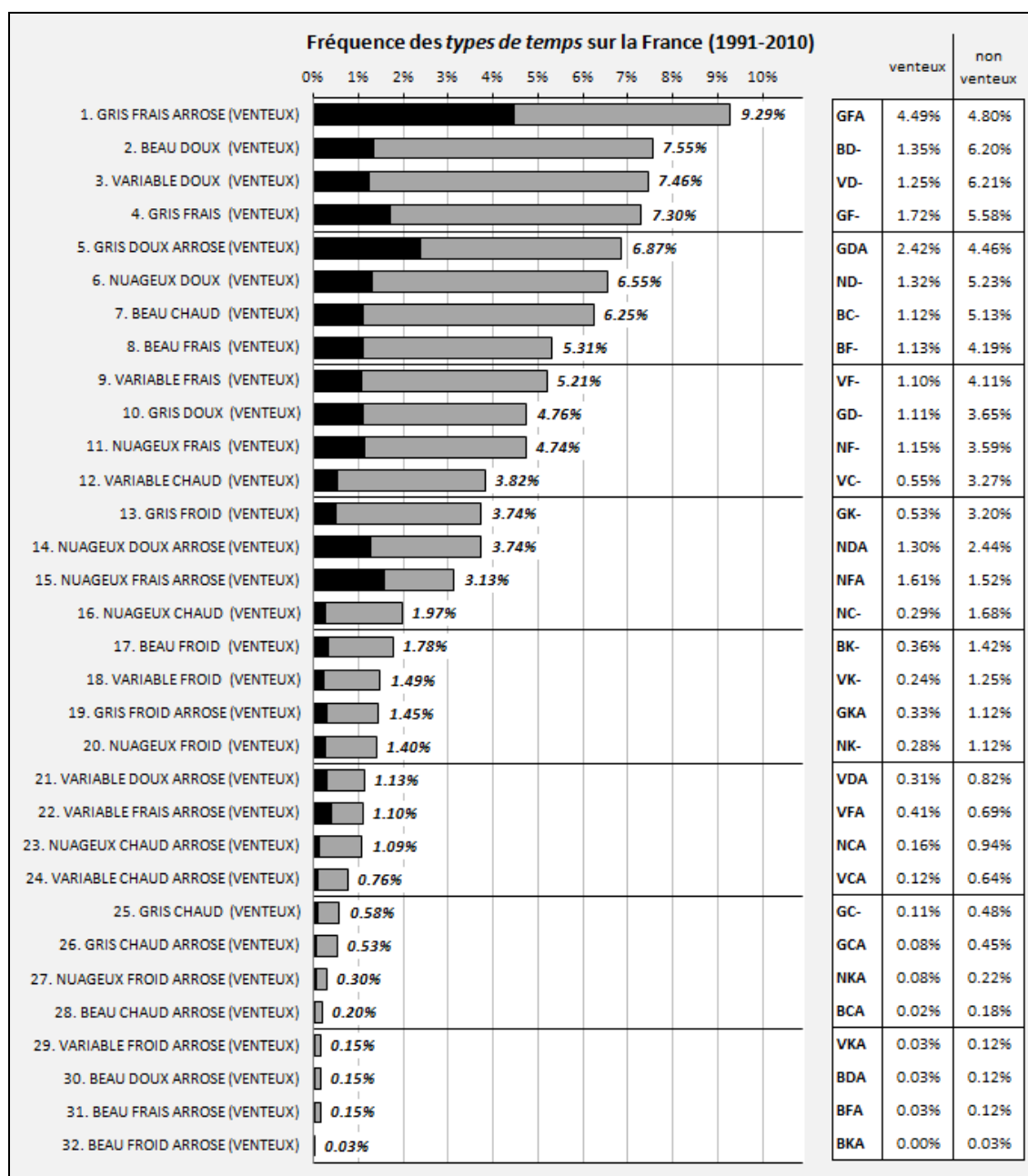


Figure 73 : Fréquence moyenne des *types de temps* en France métropolitaine, par ordre décroissant. Valeurs calculées à partir des 8 stations de référence (*Brest, Orléans, Lille, Strasbourg, La Rochelle, Toulouse, Lyon et Marseille*), avec dissociation des cas venteux (bande noire) (traitement d'après données Météo-France).

► Une représentation spatiale pour les huit stations de référence permet d'apprécier les grandes dominantes régionales calculées à partir des trois premières composantes de notre typologie (état du ciel, température et occurrence de précipitations).

Pour illustrer ces contrastes, voici l'exemple de deux *types de temps* de fréquence moyenne annuelle assez proche mais dont la répartition géographique est bien différenciée (figures 74 et 75) : le temps *gris, doux et arrosé* (5^{ème} rang avec 6,87%) et le temps *beau, chaud et sec* (7^{ème} rang avec 6,25%)⁵².

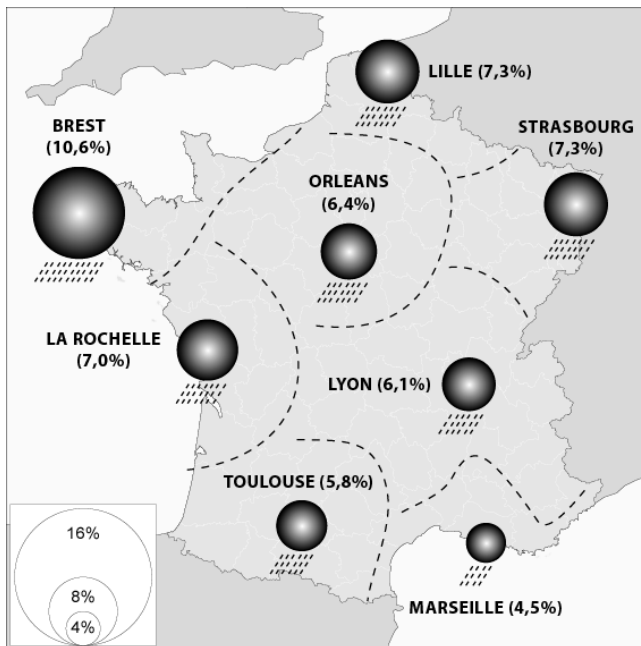


Figure 74 : Fréquence des *types de temps* « gris, doux et arrosé » (GDA) en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

L'hyper-océanité de la station bretonne se manifeste par un pourcentage nettement plus élevé que pour les autres stations. Plus globalement, on observe une diminution du Nord-Ouest vers le Sud-Est du pays.

La combinaison suivante (BC-) est le négatif de celle-ci (GDA), en plus accentuée.

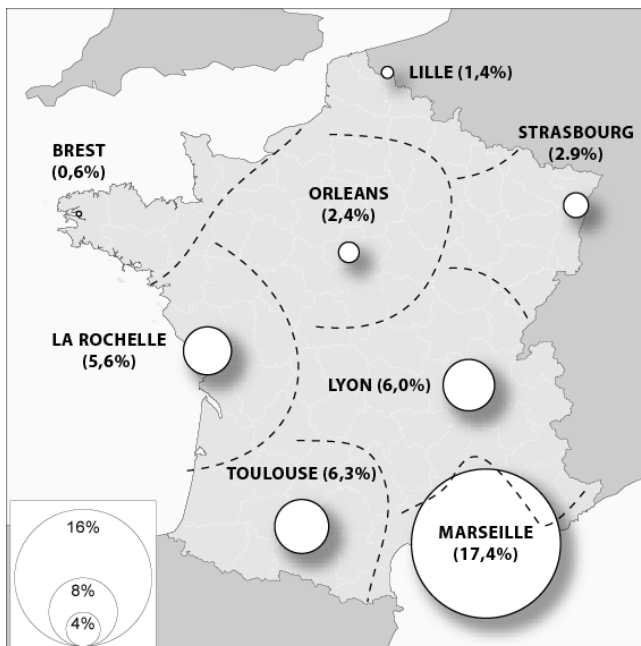


Figure 75 : Fréquence des *types de temps* « beau, chaud et sec » (BC-) en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

*Cette combinaison présente les plus grands contrastes spatiaux parmi les 32 types de temps (4*4*2) définis par le croisement de l'état du ciel, des températures et de l'occurrence des précipitations.*

Le domaine méditerranéen se distingue fortement de tous les autres climats. À un degré moindre, on observe une césure assez nette entre le Sud et le Nord de la France, beaucoup moins favorisé.

⁵² Le rendu visuel des oppositions climatiques est ici accentué par le choix d'une dimension des cercles dont l'échelle est proportionnelle au diamètre (linéaire) et non à la surface (racine carrée).

Des cartes sur la totalité des soixante stations sont présentées dans la troisième partie de ce mémoire. Elles sont par ailleurs complétées par la superposition des cas venteux, ce qui présente un intérêt pour exprimer plus précisément le *temps sensible* et ses conséquences. En voici une illustration concrète correspondant aux deux types de temps présentés précédemment (figure 76 et 77).

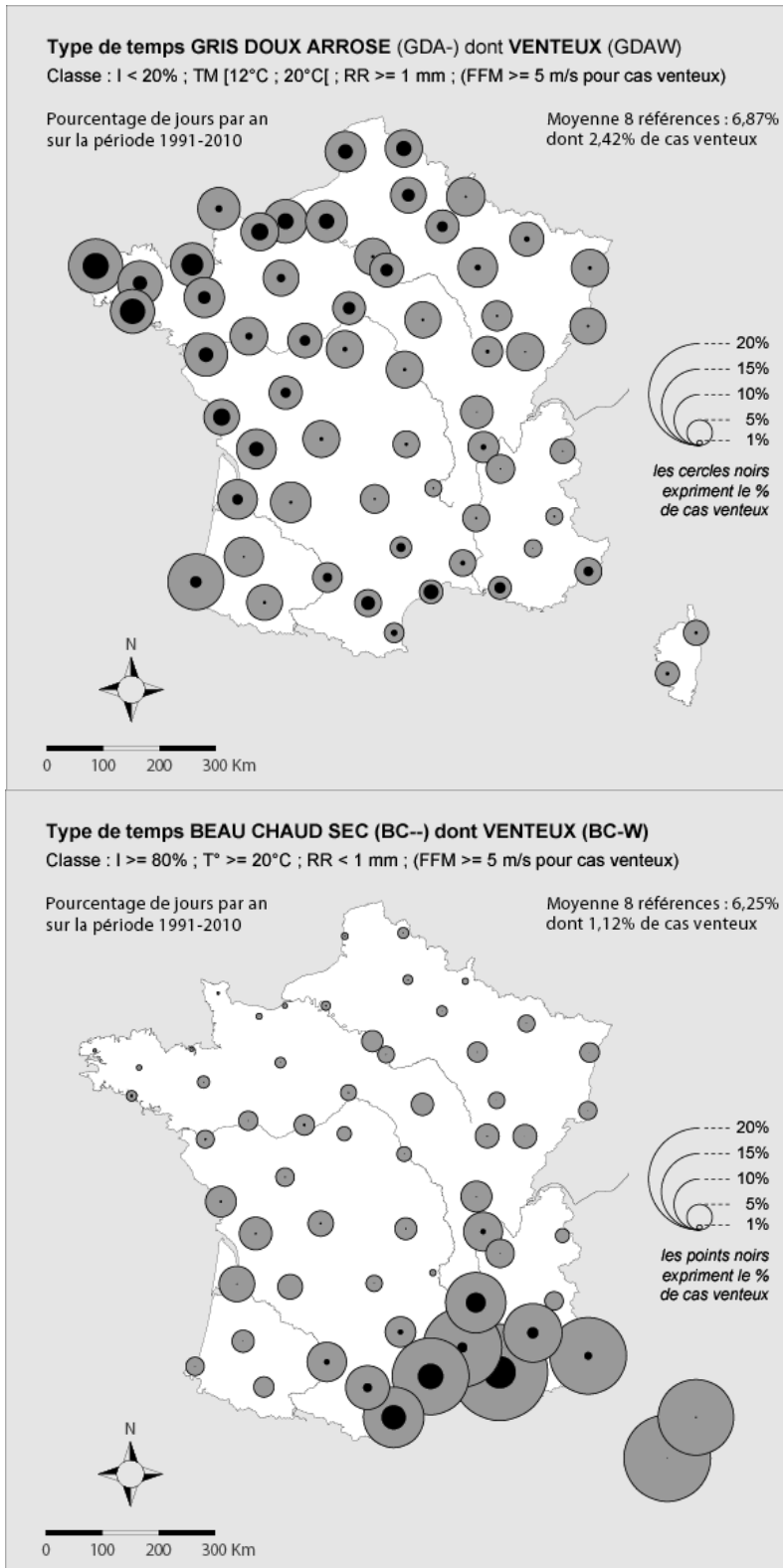


Figure 76 : Fréquence des *types de temps* « gris, doux et arrosé » (GDA) en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

Superposition des cas venteux, exprimée par des cercles noirs.

Les régions du Nord-Ouest, les plus affectées par la grisaille et la pluie dans une ambiance douce, sont également les plus venteuses (excepté pour les sites abrités comme Valognes). Cela correspond au passage des perturbations, accompagnées généralement par des vents soutenus de composante Ouest.

Figure 77 : Fréquence des *types de temps* « beau, chaud et sec » (BC-) en France métropolitaine sur la période 1991-2010. Superposition des cas venteux, exprimée par des cercles noirs.

Cette carte permet de différencier le beau temps chaud et sec en Méditerranée. Pour certaines stations (cf. Perpignan, Sète, Marseille et Montélimar), il s'accompagne fréquemment d'un vent marqué (exposition à la Tramontane et au Mistral), alors que pour d'autres ce paramètre est rare (cf. en Corse et à Nice, mais aussi à Nîmes en raison de sa position d'abri d'échelle locale).

3.2. La saisonnalité des *types de temps* en France métropolitaine

Parmi les quatre variables retenues, la température est celle qui présente le rythme saisonnier le plus affirmé. Dans le tableau de mensuel (tableau 24), les soixante-quatre *types* ont donc été disposés du chaud (en haut) vers le froid (en bas) pour rendre compte plus simplement de cette caractéristique.

			HIVER			PRINTEMPS			ÉTÉ			AUTOMNE		
			DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV
CHAUD	BEAU	BC-				0.15%	4.19%	12.25%	17.48%	18.79%	7.56%	0.69%		
		BCA-				0.10%		0.40%	0.67%	0.75%	0.21%			
		BC-W				0.02%	0.85%	2.83%	4.38%	3.35%	1.54%	0.38%		
		BCAW						0.02%	0.04%	0.12%	0.04%			
	VARIABLE	VC-				0.06%	2.28%	7.81%	12.36%	11.59%	4.10%	0.73%		
		VCA-					0.48%	1.75%	2.54%	1.96%	0.77%	0.16%		
		VC-W				0.06%	0.40%	1.54%	1.85%	1.55%	0.63%	0.46%		
		VCAW					0.14%	0.17%	0.30%	0.46%	0.25%	0.06%		
	NUAGEUX	NC-				0.04%	0.89%	3.79%	6.03%	6.83%	1.98%	0.42%	0.02%	
		NCA-					0.38%	2.42%	3.87%	3.17%	1.13%	0.18%		
		NC-W					0.36%	0.38%	1.11%	0.73%	0.60%	0.26%		
		NCAW					0.10%	0.25%	0.34%	0.54%	0.50%	0.12%		
COUVERT	GC-				0.02%	0.18%	1.06%	1.69%	1.96%	0.65%	0.12%			
	GCA-					0.14%	0.79%	1.45%	2.10%	0.69%	0.16%			
	GC-W					0.06%	0.19%	0.36%	0.32%	0.17%	0.16%			
	GCAW					0.04%	0.02%	0.18%	0.28%	0.29%	0.16%			
DOUX	BEAU	BD-	0.12%	0.14%	0.31%	3.85%	10.96%	13.06%	9.04%	5.24%	6.37%	15.71%	8.00%	1.50%
		BDA-				0.10%	0.15%	0.36%	0.10%	0.08%	0.14%	0.38%	0.10%	0.02%
		BD-W	0.12%	0.10%	0.18%	1.59%	2.85%	3.57%	1.98%	0.44%	0.63%	2.35%	1.73%	0.63%
		BDW		0.02%		0.06%	0.10%	0.06%	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%	0.04%	0.02%
	VARIABLE	VD-	0.14%	0.26%	0.49%	3.63%	7.04%	11.65%	11.23%	7.06%	8.61%	13.13%	9.09%	1.98%
		VDA-	0.08%	0.02%	0.09%	0.22%	1.15%	2.24%	1.13%	0.63%	0.81%	1.58%	1.53%	0.33%
		VD-W	0.30%	0.14%	0.35%	1.09%	2.40%	2.36%	1.96%	1.09%	1.03%	1.65%	1.96%	0.63%
		VDW	0.06%	0.06%	0.09%	0.18%	0.54%	0.50%	0.27%	0.26%	0.34%	0.44%	0.73%	0.21%
	NUAGEUX	ND-	0.52%	0.32%	0.35%	2.38%	5.00%	8.77%	9.48%	7.70%	7.90%	9.83%	8.43%	1.85%
		NDA-	0.12%	0.02%	0.13%	0.81%	2.13%	5.24%	4.25%	3.29%	3.87%	4.88%	3.63%	0.81%
		ND-W	0.42%	0.18%	0.22%	0.91%	1.35%	2.78%	2.42%	1.77%	1.15%	1.79%	1.92%	0.85%
		NDW	0.28%	0.10%	0.13%	0.54%	1.04%	2.34%	1.81%	2.02%	1.45%	2.48%	2.26%	1.02%
COUVERT	GD-	0.79%	0.32%	0.42%	1.37%	2.63%	5.60%	6.33%	5.18%	4.58%	6.21%	7.78%	2.35%	
	GDA-	0.44%	0.12%	0.09%	1.33%	3.31%	8.59%	7.88%	6.57%	5.54%	9.13%	7.88%	2.35%	
	GD-W	0.52%	0.58%	0.51%	1.21%	0.81%	1.73%	1.54%	1.27%	0.69%	1.31%	1.79%	1.29%	
	GDW	1.63%	0.69%	0.42%	1.21%	1.69%	2.74%	2.73%	2.70%	2.34%	3.27%	5.63%	3.83%	
FRAIS	BEAU	BF-	3.95%	4.94%	9.60%	12.94%	7.02%	0.91%	0.06%		0.77%	4.80%	5.60%	
		BFA-	0.20%	0.06%	0.31%	0.26%	0.19%	0.02%			0.14%	0.25%		
		BF-W	1.35%	1.57%	2.54%	3.15%	2.04%	0.36%	0.02%		0.06%	0.77%	1.79%	
		BFAW	0.02%	0.10%	0.07%	0.04%	0.04%					0.02%	0.13%	
	VARIABLE	VF-	4.96%	5.93%	7.68%	8.39%	6.83%	2.64%	0.31%		0.60%	4.88%	7.38%	
		VFA-	0.93%	0.75%	1.15%	1.11%	1.33%	0.36%	0.10%		0.13%	0.97%	1.50%	
		VF-W	1.51%	1.71%	1.97%	2.62%	2.67%	0.77%	0.04%		0.10%	0.30%	1.56%	
		VFAW	0.46%	0.75%	0.95%	0.79%	1.19%	0.10%				0.20%	0.54%	
	NUAGEUX	NF-	4.72%	5.24%	6.22%	6.77%	5.85%	2.22%	0.31%	0.04%	0.79%	3.71%	7.44%	
		NFA-	2.28%	1.90%	1.86%	2.38%	3.48%	1.05%	0.23%		0.27%	1.67%	3.25%	
		NF-W	1.90%	1.75%	2.26%	2.40%	2.40%	0.58%	0.13%		0.15%	0.99%	1.33%	
		NFAW	2.24%	2.74%	3.23%	2.92%	3.98%	1.07%			0.06%	0.87%	2.35%	
COUVERT	GF-	11.57%	9.78%	9.80%	9.07%	5.00%	2.56%	0.27%		0.60%	5.28%	13.33%		
	GFA-	9.13%	7.46%	6.46%	7.12%	6.83%	2.50%	0.42%	0.02%	0.81%	5.16%	11.90%		
	GF-W	3.43%	4.31%	3.50%	3.43%	1.98%	0.97%	0.06%		0.08%	0.89%	2.08%		
	GFAW	9.90%	11.39%	9.87%	7.32%	4.75%	1.67%	0.21%		0.31%	1.90%	6.85%		
FROID	BEAU	BK-	4.90%	4.68%	3.87%	1.55%	0.08%				0.28%	1.79%		
		BKA-	0.04%	0.10%	0.11%	0.02%							0.06%	
		BK-W	1.21%	0.87%	1.06%	0.79%	0.15%					0.06%	0.19%	
		BKAW												
	VARIABLE	VK-	4.03%	5.10%	3.43%	0.81%	0.17%					0.04%	1.54%	
		VKA-	0.42%	0.20%	0.42%	0.08%	0.06%					0.02%	0.27%	
		VK-W	0.67%	0.95%	0.60%	0.44%	0.06%						0.13%	
		VKAW	0.04%	0.06%	0.18%	0.06%							0.06%	
	NUAGEUX	NK-	3.47%	3.85%	3.63%	1.05%	0.06%					0.10%	1.42%	
		NKA-	0.56%	0.42%	1.00%	0.32%	0.04%						0.35%	
		NK-W	0.95%	0.81%	1.08%	0.38%	0.04%						0.13%	
		NKAW	0.16%	0.20%	0.33%	0.10%	0.02%						0.13%	
COUVERT	GK-	12.64%	12.52%	7.61%	1.31%	0.13%					0.24%	4.13%		
	GKA-	3.55%	3.75%	2.90%	1.05%	0.10%					0.12%	2.10%		
	GK-W	2.08%	2.12%	1.33%	0.50%							0.40%		
	GKAW	1.17%	0.91%	1.22%	0.34%						0.02%	0.31%		

Tableau 24 : La saisonnalité mois par mois des types de temps en France métropolitaine. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

On retrouve assez logiquement dans ce document les conséquences des principales configurations synoptiques saisonnières. Pour simplifier la lecture, le commentaire s'appuiera principalement sur une version du tableau limitée aux trois premières variables (cas venteux et non venteux confondus) et aux 4 saisons (tableau 25).

Tableau 25 : La saisonnalité des *types de temps* en France métropolitaine. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

		HIVER	PRINTEMPS	ÉTÉ	AUTOMNE
CHAUD	BC-		1.74%	19.69%	3.39%
	BCA		0.03%	0.66%	0.08%
	VC-		0.94%	12.24%	1.97%
	VCA		0.21%	2.39%	0.41%
	NC-		0.43%	6.29%	1.10%
	NCA		0.16%	3.53%	0.64%
DOUX	GC-		0.09%	1.86%	0.36%
	GCA		0.06%	1.61%	0.43%
	BD-	0.32%	11.96%	7.90%	9.98%
	BDA	0.01%	0.28%	0.13%	0.19%
	VD-	0.56%	9.39%	10.32%	9.47%
	VDA	0.13%	1.61%	1.14%	1.61%
FRAIS	ND-	0.68%	7.06%	10.14%	8.23%
	NDA	0.26%	4.03%	5.56%	5.02%
	GD-	1.05%	4.45%	6.53%	6.91%
	GDA	1.13%	6.29%	9.25%	10.70%
	BF-	7.99%	8.81%	0.03%	4.60%
	BFA	0.25%	0.18%		0.18%
FROID	VF-	7.92%	7.97%	0.12%	4.94%
	VFA	1.66%	1.63%	0.03%	1.11%
	NF-	7.36%	6.74%	0.16%	4.80%
	NFA	4.75%	4.96%	0.08%	2.83%
	GF-	14.13%	7.67%	0.11%	7.42%
	GFA	18.07%	10.06%	0.22%	8.98%
FROID	BK-	5.53%	0.86%		0.77%
	BKA	0.08%	0.01%		0.02%
	VK-	4.92%	0.49%		0.57%
	VKA	0.44%	0.07%		0.12%
	NK-	4.59%	0.51%		0.55%
	NKA	0.89%	0.16%		0.16%
FROID	GK-	12.76%	0.65%		1.59%
	GKA	4.50%	0.50%		0.85%

Voyons ce qu'il en est plus précisément pour les deux saisons opposées (hiver et été), puis pour les deux saisons intermédiaires (automne et printemps).

3.2.1. en hiver, on observe une très forte proportion de temps *gris* et *frais*, le plus souvent *arrosés* (GFA = 18,07%) mais aussi fréquemment *secs* (GF- = 14,13%). Cela correspond à l'influence dominante des masses d'air polaire maritime à cette époque de l'année, rythmée par le passage des perturbations pluvieuses. Le temps *gris*, *froid* et *sec* apparaît également souvent (GK- = 12,76%), plus rarement *arrosé* (GKA = 4,50%), avec alors des possibilités de chutes de neige.

À cette saison, les périodes de temps clair sont associées majoritairement à des temps *frais* (BF- = 7,99%) ou froids (BK- = 5,53%), situations caractéristiques de l'installation temporaire de hautes pressions qui rompent les trains de perturbations.

Il se produit quelques fois des journées *douces* mais celles-ci sont le plus souvent *grises* et *arrosées* (GDA = 1,13%) ou *sans pluie significatives* (GD- = 1,05%), ce qui correspondant le plus souvent au passage du secteur chaud des perturbations. Les cas de temps *doux* et *ensoleillé* (BD- = 0,32%) ou *doux* et *variable* (VD- = 0,56%) se produisent généralement en fin de saison, c'est-à-dire comme l'amorce d'un « beau » printemps dès la fin février.

3.2.2. en été, la remontée des hautes pressions subtropicales imposent une très forte proportion de *beau* temps *chaud* (BC- = 19,69%). Les temps *variables* et *chauds* sont également très fréquents (VC- = 12,24%), cette restriction au plein ensoleillement (SIGMA >= 80%) étant liée bien souvent à des débordements faiblement nuageux présents au Nord de la Loire ou à des cumulifications en cours de journée quand la situation en altitude est propice à la convection (résidus d'air froid). Il arrive d'ailleurs que ces évolutions diurnes aboutissent en fin de journée à des précipitations instables (averses, voire orages), comme le suggère le pourcentage non négligeable de temps *variable chaud* et *arrosé* (VCA = 2,39%). Mais à cette saison, les passages pluvieux sont majoritairement associés à des temps *gris* et *doux* (GDA = 9,25%), c'est-à-dire lorsque les dépressions atlantiques circulent sur des trajectoires anormalement « basses », alors qu'elles sont habituellement rejetées sur les Iles Britanniques, voire encore plus au Nord de l'Europe.

On notera la persistance de quelques *types de temps frais* (0,74%), notamment lors des journées entièrement pluvieuses qui freinent l'évolution diurne des températures (GFA = 0,22%). Ces combinaisons ne se produisent qu'en début d'été, en juin.

3.2.3. *en automne*, selon les années, on conserve parfois durant de longues périodes des conditions estivales (3,39% de *beau temps chaud* BC-), essentiellement en début de saison : BC-- = 7,56% en septembre), mais plus souvent des temps *beau* et « seulement » *doux* car les nuits sont plus longues et le soleil moins haut (BD- = 9,98%). *A contrario*, on assiste quelquefois à une arrivée précoce de sensations hivernales, avec l'installation en fin de saison de conditions anticycloniques propices au refroidissement radiatif et à la formation de brouillards qui limitent le réchauffement diurne (1,59% de temps *gris* et *froid* GK-). Ce cas est fréquent en novembre (voir tableau précédent : 4,13% de GK-).

Mais en automne le classement est dominé par une combinaison pluvieuse, marque du changement de saison avec le recul des hautes pressions qui inhibaient jusqu'alors les précipitations sur une grande partie du pays (GDA = 10,70%). Au gré de la position des systèmes frontaux et de l'avancée dans la saison, l'ambiance douce évolue vers des combinaisons également plus fraîches (GFA = 8,98%). Ceci est nettement visible sur le tableau mensuel 25 : entre septembre et novembre le temps *gris*, *doux* et *arrosé* diminue de 9,13% à 2,35%, alors que la fréquence du temps *gris*, *frais* et *arrosé* augmente de 0,81% à 11,90%.

3.2.4. *au printemps*, on enregistre comme en automne des journées pour les quatre ambiances thermiques. Les conditions rappelant la fin d'hiver ou le début d'été s'opposent nettement avec 10,06% de temps *gris*, *frais* et *arrosé* (GFA) et 11,94% de *beau temps doux* et *sec* (BD-).

On notera que les journées *chaudes* sont beaucoup plus rares qu'en automne (3,65% contre 8,40%), les facteurs astronomiques pourtant nettement plus favorables à cette saison ne parvenant pas à compenser rapidement la masse de froid emmagasinée en sortie d'hiver⁵³. Curieusement, les journées *froides* sont un peu moins fréquentes au printemps qu'en automne (3,24% contre 4,63%). Cette anomalie est probablement due à un effet de seuil dans la discrétisation des températures. Ce phénomène provoquerait un « basculement » de nombreuses combinaisons *froides* vers la catégorie *fraîche*, ce que confirment les chiffres (48,02% de temps *frais* au printemps contre seulement 34,86% en automne). Le cumul des combinaisons [froides + fraîches] d'une part, et [douces + chaudes] d'autre part, confirme cette hypothèse et rappelle le rôle essentiel de l'inertie thermique du système climatique au cours des intersaisons (cf. tableau 26) :

	<i>chaud</i>	<i>doux</i>	<i>frais</i>	<i>froid</i>	<i>chaud+doux</i>	<i>frais+froid</i>
Printemps	3,65%	45,08%	48,02%	3,24%	48,73%	51,27%
Automne	8,40%	52,11%	34,86%	4,63%	60,51%	39,49%

Tableau 26 : Comparaison de la fréquence des classes thermiques au printemps et en automne (1991-2010)

En observant le comportement de *Brest*, *Strasbourg* et *Marseille*, la saisonnalité des *types de temps* s'affirme plus nettement que sur la moyenne qui a naturellement tendance à répartir les combinaisons en raison des climats différents (tableau 27 et figure 78). Le détail mois par mois pour ces trois stations est placé en annexe 4, 5 et 6.

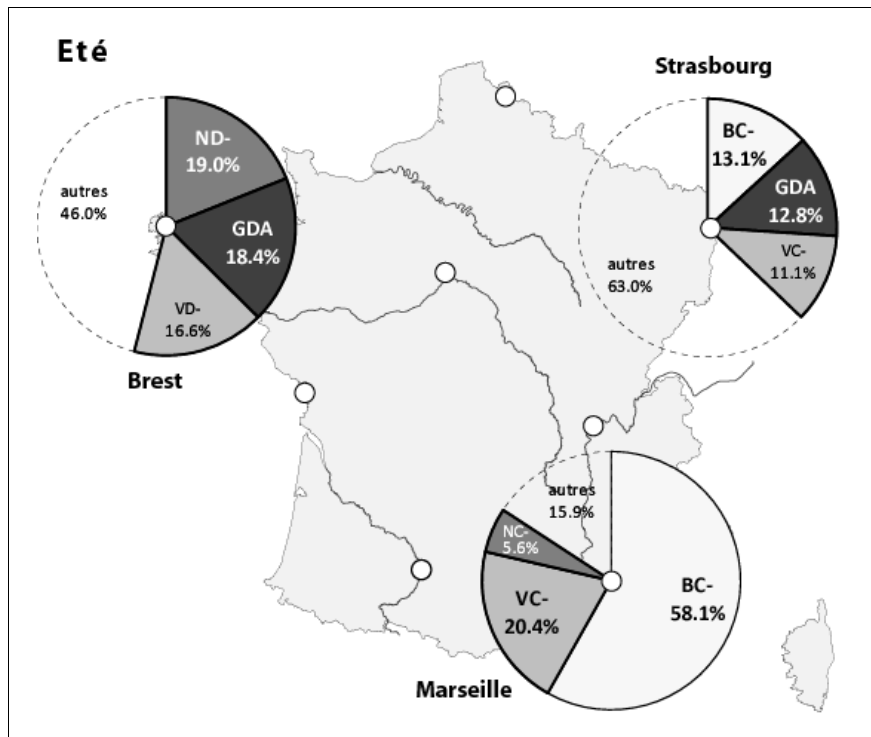
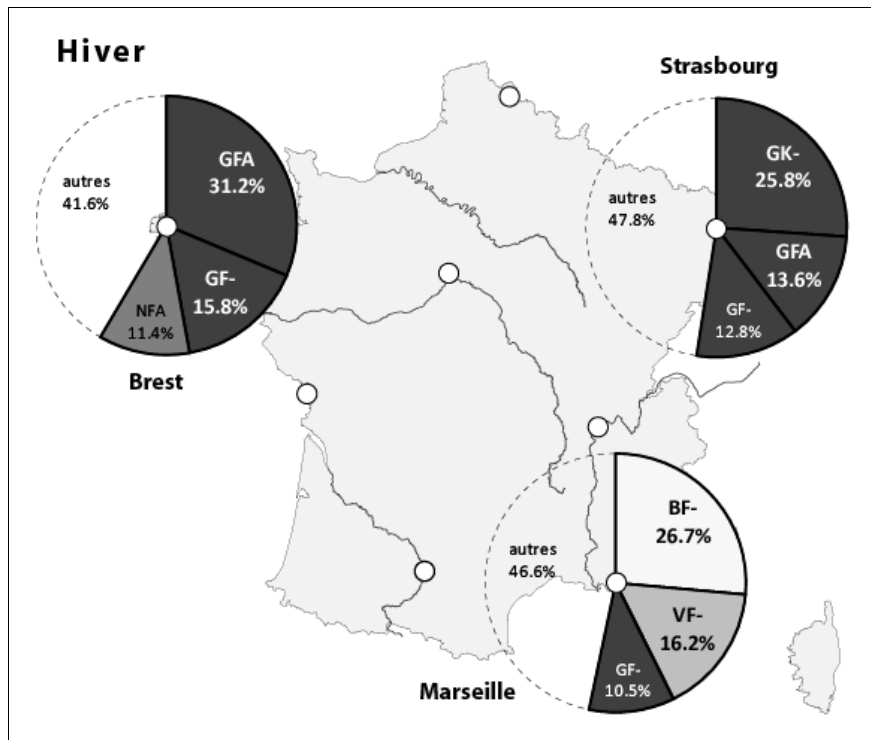
⁵³ D'après les lois de la trigonométrie sphérique, on peut calculer en fonction de la latitude la position du soleil et la durée du jour pour n'importe quelle journée de l'année. Voici par exemple les résultats par 45° Nord :

- le 15 avril (moitié du printemps) : hauteur solaire à midi = 54,6° durée du jour = 13,3 heures
 - le 15 octobre (moitié de l'automne) : hauteur solaire à midi = 35,2° durée du jour = 10,7 heures

BREST						STRASBOURG					
		HIVER	PRINT.	ÉTÉ	AUTOM.			HIVER	PRINT.	ÉTÉ	AUTOM.
CHAUD	BC-BCA		0.05%	2.27%	0.28%	CHAUD	BC-BCA		0.92%	13.15%	1.05%
	VC-VCA		0.05%	1.95%	0.44%		VC-VCA		1.24%	11.07%	0.61%
	NC-NCA			1.56%	0.22%		NC-NCA		0.54%	6.78%	0.66%
	GC-GCA			0.16%			GC-GCA		0.16%	5.64%	0.33%
				0.27%	0.05%				0.11%	1.62%	0.06%
DOUX	BD-BDA	0.11%	4.66%	10.91%	6.07%	DOUX	BD-BDA		9.58%	8.06%	6.14%
	VD-VDA	0.05%	5.20%	16.65%	8.97%		VD-VDA	0.05%	7.89%	8.89%	7.05%
	ND-NDA	0.22%	5.52%	18.96%	8.29%		ND-NDA	0.34%	5.55%	9.48%	8.49%
	GD-GDA	0.67%	3.57%	14.07%	8.17%		GD-GDA	0.50%	5.14%	6.59%	7.94%
		1.68%	5.96%	18.41%	16.24%			0.33%	7.16%	12.83%	8.78%
FRAIS	BF-BFA	4.41%	7.41%	0.17%	3.07%	FRAIS	BF-BFA	2.52%	8.40%		4.20%
	VF-VFA	6.15%	11.77%	0.50%	5.04%		VF-VFA	3.37%	6.37%	0.06%	4.32%
	NF-NFA	7.39%	8.48%	0.44%	5.06%		NF-NFA	4.80%	7.64%	0.16%	7.12%
	GF-GFA	15.85%	11.45%	0.22%	5.13%		GF-GFA	12.76%	9.72%	0.06%	13.13%
		31.22%	17.09%	0.66%	11.54%			13.56%	11.53%	0.11%	12.46%
FROID	BK-BKA	3.67%	0.27%		0.06%	FROID	BK-BKA	6.08%	1.99%		1.32%
	VK-VKA	2.69%	0.27%		0.22%		VK-VKA	7.29%	1.03%		0.83%
	NK-NKA	1.89%	0.16%		0.06%		NK-NKA	7.36%	1.34%		1.11%
	GK-GKA	3.74%	0.22%		0.17%		GK-GKA	25.85%	1.14%		4.71%
		2.82%	0.32%		0.28%			10.06%	1.35%		1.77%

MARIGNANE-MARSEILLE					
		HIVER	PRINT.	ÉTÉ	AUTOM.
CHAUD	BC-BCA		4.73%	58.09%	12.28%
	VC-VCA		0.11%	0.54%	0.44%
	NC-NCA		2.37%	20.37%	6.12%
	GC-GCA		0.11%	1.79%	0.94%
			1.51%	5.59%	2.36%
			0.16%	1.96%	1.77%
DOUX	BD-BDA	2.06%	29.15%	3.97%	19.98%
	VD-VDA	2.26%	15.20%	2.15%	10.38%
	ND-NDA	0.28%	1.37%	0.06%	0.93%
	GD-GDA	1.97%	7.50%	0.94%	5.56%
		0.49%	2.95%	0.28%	2.36%
		3.03%	3.59%	0.94%	5.36%
FRAIS	BF-BFA	2.24%	6.38%	1.05%	8.21%
	VF-VFA	26.66%	10.77%		8.57%
	NF-NFA	0.49%	0.16%		0.28%
	GF-GFA	16.23%	5.26%		4.21%
		1.33%	0.38%		0.44%
		9.77%	2.49%		1.88%
FROID	BK-BKA	1.67%	0.59%		0.89%
	VK-VKA	10.55%	1.52%		1.94%
	NK-NKA	8.31%	2.46%		1.66%
	GK-GKA	6.36%	0.27%		0.39%
		0.05%			0.06%
		2.84%	0.05%		0.33%
FROID	BK-BKA	0.05%			0.06%
	VK-VKA	0.05%			0.06%
	NK-NKA	1.42%	0.05%		0.06%
	GK-GKA	1.26%			0.22%
		0.87%			

Tableau 27 : La saisonnalité des *types de temps* en France métropolitaine. Calcul pour 3 stations représentatives des climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).



Signification des codes utilisés :

BC- : beau et chaud ; BF- : beau et frais ; VC- : variable et chaud ; VD- : variable et doux ; VF- : variable et frais
 NC- : nuageux et chaud ; ND- : nuageux et doux ; NFA : nuageux, frais et arrosé ;
 GDA : gris, doux et arrosé ; GF- : gris et frais ; GFA : gris, frais et arrosé ; GK- : gris et froid

Figure 78 : La saisonnalité des types de temps en France métropolitaine. Fréquence des 3 premiers types de temps pour 3 stations représentatives des climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

Les deux *types de temps* les plus fréquents pour chacune des stations en été et en hiver différencient bien les trois grands ensembles climatiques de la France métropolitaine (tableau 28).

	BREST (océanique)	STRASBOURG (semi-continental)	MARSEILLE (méditerranéen)
HIVER (déc- jan-fév)	1. Gris, frais, arrosé GFA (31,32%) 2. Gris, frais, sec GF- (15,85%)	1. Gris, froid, sec GK- (25,85%) 2. Gris, frais, arrosé GFA (13,56%)	1. Beau, frais, sec BF- (26,66%) 2. Variable, frais, sec VF- (16,23%)
ETE (jun-jul- août)	1. Nuageux, doux, sec ND- (18,96%) 2. Gris, doux, arrosé GDA (18,41%)	1. Beau, chaud, sec BC- (13,15%) 2. Gris, doux, arrosé GDA (12,83%)	1. Beau, chaud, sec BC- (58,09%) 2. Variable, chaud, sec VC- (20,37%)

Tableau 28 : Les *types de temps* dominants en hiver et en été sous les trois principaux climats de France métropolitaine sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

L'exemple le plus saisissant est celui de la station de *Marseille*, avec un *type de temps* très nettement dominant pour chaque saison, notamment en été. À cette saison, le *beau temps chaud* occupe à lui seul près de 6 jours sur 10, complété par 2 jours sur 10 de temps *variable* et *chaud*. Cette « concentration » remarquable est en lien direct avec la subsidence imposée par les hauts géopotentiels d'origine subtropicale qui viennent recouvrir le domaine méditerranéen à cette saison. Pour les autres saisons, c'est la canalisation des flux entre le Massif Central et les Alpes qui crée une diffluence en basse vallée du Rhône, avec en corollaire le dégagement du ciel.

Ceci contraste avec les climats océanique de Brest ou semi-continental de Strasbourg dans lesquels l'été présente une plus grande diversité de *types de temps*. Un tableau résume la fréquence des cas communément qualifiés de « beau temps » pour cette saison (tableau 29).

	« beau temps » estival			
	chaud C	beau B	variable V	BC- ou VC-
Marseille	91,00%	62,71%	24,37%	78,46%
Strasbourg	46,68%	22,19%	25,85%	24,23%
Brest	7,03%	13,51%	20,83%	4,22%

Tableau 29 : Le « beau temps ». Comparaison Marseille, Strasbourg et Brest sur la période 1991-2010.

Le « beau temps » correspondra ici aux deux combinaisons de temps *chaud* avec un ciel dégagé ou un ciel variable : près de 80% des jours sont concernées en Méditerranée mais moins de 5% en Bretagne.

3.3 La variabilité interannuelle des *types de temps* en France métropolitaine

Aux latitudes moyennes, la variabilité du temps est une caractéristique majeure du climat.

► En témoignent les pourcentages entre 1991 et 2010 pour les vingt premières combinaisons enregistrées dans les huit stations de référence (tableau 28). Pour des questions de lisibilité, le tableau complet (les soixante *types*) est présenté en annexe en deux parties (annexe 7a et 7b).

La 5^{ème} ligne du tableau – celle correspondant au *beau temps chaud sec* et *non venteux* (BC--) – illustre par exemple cette variabilité d'une année à l'autre à l'échelle du pays, entre étés radieux (cf. 9,1% en 2003) et étés « pourris » (cf. 2,9% en 1993 ou 3,6% en 2007).

code	descriptif	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	moy.	éc.-typ
1	VD- VARIABLE DOUX	5.1%	6.0%	6.8%	5.8%	6.4%	6.5%	5.5%	5.2%	5.9%	5.9%	7.1%	7.5%	5.8%	7.2%	6.5%	6.8%	6.8%	6.8%	6.5%	5.2%	6.21%	0.70%
2	BD- BEAU DOUX	5.7%	4.5%	4.9%	5.7%	6.3%	6.6%	8.8%	5.7%	4.9%	5.0%	6.0%	6.5%	5.7%	6.3%	7.3%	5.2%	7.3%	7.0%	7.1%	7.8%	6.20%	1.11%
3	GF- GRIS FRAIS	5.9%	7.1%	6.8%	7.1%	5.2%	6.0%	5.6%	5.3%	5.2%	5.8%	5.1%	6.6%	4.6%	6.4%	4.6%	4.4%	5.3%	5.8%	4.2%	4.8%	5.58%	0.88%
4	ND- NUAGEUX DOUX	4.6%	4.8%	5.7%	5.1%	5.8%	6.2%	3.9%	4.7%	5.2%	6.0%	5.4%	5.5%	4.3%	5.0%	5.4%	5.6%	5.5%	5.4%	5.5%	5.3%	5.23%	0.57%
5	BC- BEAU CHAUD	5.9%	4.3%	2.9%	4.5%	5.0%	4.7%	5.9%	5.2%	5.0%	5.0%	6.0%	4.0%	9.1%	4.7%	5.8%	6.0%	3.6%	3.8%	6.0%	5.3%	5.13%	1.28%
6	GFA- GRIS FRAIS ARROSE	4.8%	6.1%	3.8%	5.6%	4.8%	5.6%	4.7%	4.6%	4.6%	6.0%	5.5%	5.7%	4.9%	5.5%	3.8%	3.4%	3.9%	4.4%	4.6%	3.7%	4.80%	0.82%
7	GFAW GRIS FRAIS ARROSE VENTEUX	3.8%	4.4%	5.3%	5.4%	5.9%	3.4%	3.8%	4.2%	6.0%	5.5%	5.3%	5.1%	3.4%	4.1%	3.0%	3.7%	4.7%	5.1%	4.3%	3.3%	4.49%	0.52%
8	GDA- GRIS DOUX ARROSE	3.7%	4.8%	4.7%	4.8%	4.0%	4.3%	4.0%	4.9%	4.5%	5.2%	4.6%	4.8%	3.5%	3.4%	4.9%	4.4%	4.8%	5.5%	3.9%	4.5%	4.46%	0.56%
9	BF- BEAU FRAIS	4.1%	3.3%	3.6%	2.5%	4.1%	3.2%	7.4%	4.9%	3.8%	4.3%	2.9%	3.8%	5.7%	3.3%	3.4%	3.9%	5.8%	5.7%	4.3%	3.6%	4.19%	1.18%
10	VF- VARIABLE FRAIS	5.5%	5.8%	5.1%	3.7%	4.0%	4.5%	3.9%	4.5%	3.7%	4.3%	2.8%	4.5%	4.0%	4.2%	3.2%	4.1%	3.8%	3.9%	3.5%	3.5%	4.11%	0.75%
11	GD- GRIS DOUX	2.9%	4.3%	3.9%	4.2%	3.7%	4.0%	3.3%	3.3%	3.6%	4.2%	2.6%	4.6%	3.5%	3.7%	3.5%	3.8%	4.1%	3.4%	3.4%	3.0%	3.65%	0.50%
12	NF- NUAGEUX FRAIS	3.5%	3.8%	4.1%	3.8%	3.4%	4.0%	3.2%	3.5%	2.9%	3.8%	3.2%	4.1%	3.0%	3.8%	3.0%	3.5%	4.3%	4.3%	3.7%	2.8%	3.59%	0.47%
13	VC- VARIABLE CHAUD	3.7%	3.2%	3.1%	4.2%	3.9%	2.6%	4.5%	2.4%	3.8%	2.5%	2.8%	2.2%	5.4%	3.2%	3.4%	4.0%	2.5%	1.9%	3.5%	2.6%	3.27%	0.88%
14	GK- GRIS FROID	5.4%	4.0%	4.7%	1.5%	2.2%	4.4%	4.0%	2.9%	2.0%	1.5%	2.6%	1.5%	2.8%	3.8%	4.0%	4.3%	2.5%	2.2%	2.9%	4.7%	3.20%	1.20%
15	NDA- NUAGEUX DOUX ARROSE	2.1%	2.5%	3.5%	2.8%	2.2%	2.0%	2.1%	2.4%	2.5%	2.6%	2.7%	2.4%	1.8%	2.3%	2.7%	2.9%	2.8%	2.4%	2.1%	2.3%	2.44%	0.38%
16	GDW GRIS DOUX ARROSE VENTEUX	2.3%	1.8%	2.6%	2.8%	1.8%	2.2%	3.0%	3.4%	2.4%	2.8%	2.7%	3.5%	2.0%	1.9%	1.7%	2.9%	2.7%	2.0%	1.9%	1.8%	2.42%	0.56%
17	GF-W GRIS FRAIS VENTEUX	1.9%	2.7%	2.0%	2.3%	1.5%	1.4%	1.0%	2.1%	2.6%	2.1%	1.7%	2.1%	1.1%	1.6%	1.4%	0.9%	1.7%	1.9%	1.2%	1.2%	1.72%	0.51%
18	NC- NUAGEUX CHAUD	1.5%	1.2%	1.4%	2.4%	1.9%	0.7%	2.1%	1.3%	2.4%	1.5%	1.7%	1.4%	1.9%	1.9%	1.5%	2.3%	1.6%	1.5%	2.0%	1.5%	1.68%	0.42%
19	NFAW NUAGEUX FRAIS ARROSE VENTEUX	1.4%	2.0%	1.0%	2.3%	2.1%	1.4%	1.1%	2.0%	1.9%	1.9%	1.7%	1.4%	1.3%	1.4%	0.9%	1.5%	1.6%	2.1%	1.9%	1.4%	1.61%	0.40%
20	NFA- NUAGEUX FRAIS ARROSE	1.8%	1.4%	1.2%	1.6%	1.5%	1.1%	1.0%	1.9%	1.4%	2.3%	1.5%	1.2%	1.6%	1.3%	1.3%	1.6%	1.6%	1.9%	1.3%	1.9%	1.52%	0.32%

1er type de temps sur la France métropolitaine : VARIABLE DOUX



Tableau 30 : La variabilité interannuelle des 20 premiers types de temps en France métropolitaine. Valeurs annuelles, moyenne et écart-type pour les 20 types de temps les plus fréquents. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

nota : la totalité des 60 types de temps est placée en annexe 7a et 7b

Figure 79 (à droite du tableau 30) : Evolution annuelle du type de temps beau, doux et sec entre 1991 et 2010 en France métropolitaine

► À l'échelle régionale, les contrastes interannuels sont naturellement beaucoup plus accusés car les compensations entre stations n'interviennent plus pour lisser les écarts. Les graphiques pour les combinaisons apparaissant au premier rang des types de temps pour 3 stations représentatives des grands types de climat français illustrent cette affirmation (figure 80).

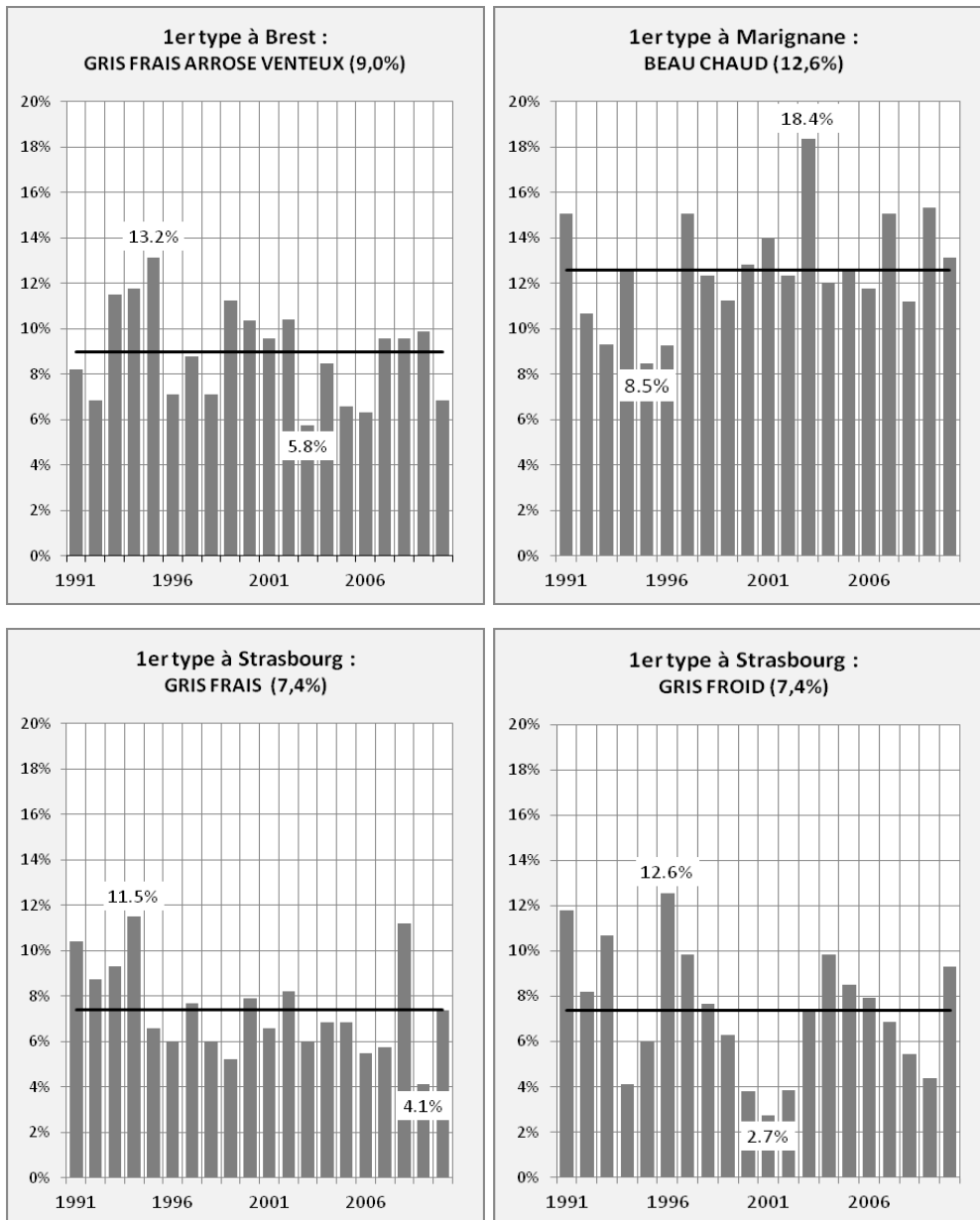


Figure 80 : La variabilité interannuelle des *types de temps* en France métropolitaine. Calcul pour 3 stations représentatives des climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

Ainsi à *Brest*, le temps *gris, frais, arrosé et venteux* (GFAW = 9,0%), caractéristique de l'océanité bretonne en période froide, présente des variations notables puisque sur vingt ans les valeurs extrêmes fluctuent entre 5,8% en 2003 (année de la Canicule qui affecta l'ensemble du pays) et 13,2% en 1995 (année de sévères inondations sur le quart Nord-Ouest du pays dans le courant de l'hiver).

À *Marseille*, l'image emblématique de la région méditerranéenne baignée sous un soleil très généreux et des températures élevées est confirmée (BC-- = 12,6%), ce qui n'exclut pas certaines années où le beau temps a plus de mal à s'imposer (cf. 8,5% en 1995) ou au contraire perdue remarquablement (cf. 18,4% en 2003).

Pour *Strasbourg*, continentalité et effet d'abri marquent leurs empreintes en période froide, avec des fréquences dominantes de temps *gris et frais* ou *gris et froid* ; la variabilité est plus sensible au cœur de l'hiver, en lien avec le caractère incertain d'une année à l'autre de l'intrusion de masses d'air continental par l'Est ou océanique par l'Ouest.

3.4 La « ressemblance » des *types de temps* en France métropolitaine

La fréquence des *types de temps* identiques a été calculée en prenant en compte les trois premières variables météorologiques (état du ciel, température et occurrence de précipitations) et non le vent dont la valeur est possiblement très influencée par des facteurs géographiques locaux (relief, végétation, constructions...), comme nous l'avons expliqué précédemment. À partir de comparaisons entre stations, il est possible de mettre en évidence les transitions variables dans l'espace entre les grandes entités climatiques (tableau 31)⁵⁴. Cette approche permettra de développer en troisième partie un essai de régionalisation des climats à partir des *types de temps*.

► Dans ce tableau, si l'on considère exclusivement **les *types de temps* identiques observés le jour même (J)**, les valeurs extrêmes de « ressemblance » varient de 7,1% entre *Brest* et *Marseille* et 32,7% entre *Lille* et *Orléans*. La distance entre les stations explique en premier lieu ces forts contrastes (la vitesse moyenne de déplacement des masses d'air fait qu'un *type de temps* met souvent plus d'une journée pour traverser ou s'établir sur la France) mais aussi l'appartenance à des climats différents. *Brest* et *Marseille* cumulent ces deux effets, avec environ 930 km entre le Finistère océanique et les Bouches-du-Rhône méditerranéennes, contre seulement 300 km entre le Loiret et le Nord, tous deux présentant par ailleurs de simples nuances dans la dégradation d'un même climat à dominante océanique. Cependant, pour des distances « à vol d'oiseau » assez comparables, certains pourcentages diffèrent sensiblement, ce qui souligne alors l'existence de transitions climatiques plus ou moins affirmées selon la direction dans laquelle on se dirige. En prenant à nouveau *Orléans* comme référence – en raison de sa position centrale – les contrastes de « ressemblance » s'accroissent différemment que l'on se déplace vers l'Est (28,4% avec *Strasbourg* à ≈ 440 km) ou vers le Sud-Ouest (19,4% avec *Toulouse* à ≈ 480 km).

Ces éléments rappellent, s'il en était besoin, que l'espace climatique n'est pas isotrope : les pourcentages fléchissent lentement dans les régions climatiques globalement homogènes (cf. 23,2% entre *Brest* et *Lille* éloignées pourtant d'environ 600 km), alors que la décroissance est parfois brutale quand les facteurs géographiques et dynamiques imposent des climats contrastés (cf. 9,6% entre *Marseille* et *Strasbourg* situées également à environ 600 km de distance).

	BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBOURG	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE
BREST		23.7%	23.2%	14.6%	22.7%	13.4%	13.2%	7.1%
ORLEANS	23.7%		32.7%	28.4%	28.9%	19.4%	24.8%	10.5%
LILLE	23.2%	32.7%		25.4%	18.5%	12.8%	18.2%	7.5%
STRASBOURG	14.6%	28.4%	25.4%		17.1%	15.9%	28.8%	9.6%
LA ROCHELLE	22.7%	28.9%	18.5%	17.1%		23.8%	22.4%	16.8%
TOULOUSE	13.4%	19.4%	12.8%	15.9%	23.8%		30.2%	24.7%
LYON	13.2%	24.8%	18.2%	28.8%	22.4%	30.2%		21.3%
MARIGNANE	7.1%	10.5%	7.5%	9.6%	16.8%	24.7%	21.3%	

Fréquence des *types de temps* identiques le même jour exclusivement

Distance entre stations (en km)	BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBOURG	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE
BREST								
ORLEANS	461							
LILLE	593	302						
STRASBOURG	888	437	397					
LA ROCHELLE	354	303	585	713				
TOULOUSE	698	487	784	730	345			
LYON	771	349	556	374	474	367		
MARIGNANE	931	575	812	605	588	312	258	

Tableau 31 : Les ressemblances des *types de temps* en France métropolitaine le jour même. Calcul pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 à partir des 3 premières variables météorologiques : état du ciel, température et occurrence de précipitations (d'après données Météo-France).

⁵⁴ En annexe 8 on trouvera un tableau complet des similarités des types de temps en France métropolitaine.

► Dans le tableau 32, le concept de *types de temps* identiques a été élargi avec la prise en compte d'une similarité observée soit le jour même, ou bien la veille ou le lendemain (J, J-1 ou J+1). Cette manipulation permet de mieux discerner les effets purement climatiques des effets dus à la seule vitesse de propagation des masses d'air qui minore les ressemblances potentielles plus on s'éloigne entre stations.

Fort de cette fenêtre temporelle plus longue, les pourcentages sont logiquement plus élevés. La ressemblance moyenne passe de 19,8% pour le Jour J exclusivement à 36,9% avec les deux journées supplémentaires introduites dans la requête. Les pourcentages s'étalent alors de 14,6% entre *Lille* et *Marseille* (au lieu de 7,5%), jusqu'à 52,1% entre *Orléans* et *Strasbourg* (au lieu de 32,7%)⁵⁵.

	BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBOURG	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE
BREST		44.8%	44.6%	32.9%	41.8%	30.1%	30.7%	15.6%
ORLEANS	43.7%		52.0%	49.5%	47.1%	37.5%	45.2%	19.6%
LILLE	43.6%	52.1%		45.9%	36.4%	28.3%	36.7%	14.6%
STRASBOURG	32.1%	49.3%	47.0%		35.1%	32.7%	47.8%	18.5%
LA ROCHELLE	40.9%	46.4%	36.2%	34.5%		44.4%	42.8%	30.4%
TOULOUSE	29.6%	37.8%	28.0%	32.3%	44.3%		47.9%	38.5%
LYON	30.1%	46.1%	36.8%	47.2%	43.0%	48.6%		33.4%
MARIGNANE	16.1%	21.8%	16.1%	20.7%	34.2%	44.2%	37.3%	

Distance entre stations (en km)	BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBOURG	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE
BREST								
ORLEANS	461							
LILLE	593	302						
STRASBOURG	888	437	397					
LA ROCHELLE	354	303	585	713				
TOULOUSE	698	487	784	730	345			
LYON	771	349	556	374	474	367		
MARIGNANE	931	575	812	605	588	312	258	

Fréquence des *types de temps* identiques le jour, ou la veille, ou le lendemain

Tableau 32 : Les ressemblances des *types de temps* en France métropolitaine dans une fenêtre de 3 jours.

Calcul pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 à partir des 3 premières variables météorologiques : état du ciel, température et occurrence de précipitations (d'après données Météo-France).

Le gain de ressemblance entre les stations est assez homogène, avec en moyenne d'environ +17% entre les deux méthodes. La seule originalité très apparente est celle de *Marseille*, puisque l'ajout de deux journées n'augmente son résultat que de 11,9%. Cette « faiblesse » est significative d'une forme d'indépendance plus affirmée de la dynamique des *types de temps* en domaine méditerranéen, comparativement aux autres régions françaises.

⁵⁵ Nota : étant donné l'ouverture du traitement à la veille et au lendemain, les valeurs obtenues entre deux stations peuvent légèrement différer de l'une vers l'autre et inversement (la matrice n'est pas carrée symétrique) : par exemple, le 5 janvier 1991, la condition est valide pour Orléans (GFA) par rapport à Brest (GFA à J+1 le 6) ; alors qu'elle n'est pas valide pour Brest (NFA) par rapport à Orléans (pas de NFA le 5, ni le 4 (J-1), ni le 6 (J+1))

	BREST	ORLEANS	validité		ORLEANS	BREST	validité
1/1/1991	GFA	BFA	x		BFA	GFA	x
2/1/1991	GFA	GFA	1		GFA	GFA	1
3/1/1991	GFA	GFA	1		GFA	GFA	1
4/1/1991	NFA	VFA	0		VFA	NFA	0
5/1/1991	NFA	GFA	0		GFA	NFA	1
6/1/1991	GFA	GFA	1		GFA	GFA	1
7/1/1991	NFA	VFA	x		VFA	NFA	x

Ceci explique que nous ayons 44,8% pour la relation Brest-Orléans et 43,7% pour Orléans-Brest.

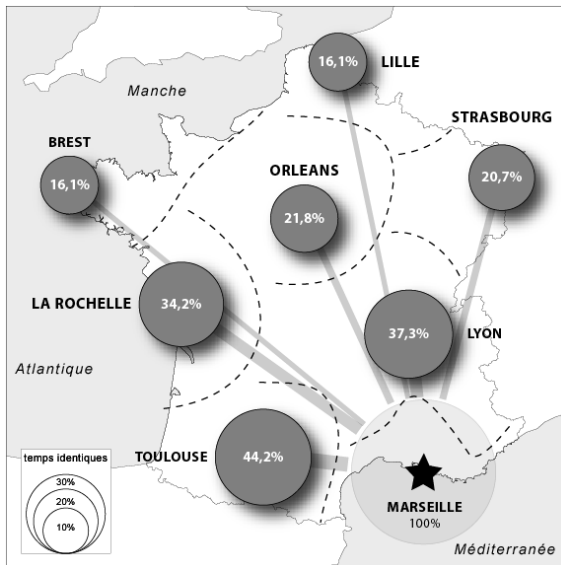


Figure 81 : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de *Marseille* (climat méditerranéen). Traitement établi à partir des 3 premières variables météorologiques (état du ciel, température et occurrence de précipitations) sur la période 1991-2010.

La carte permet de visualiser les différents degrés de ressemblance avec *Marseille*. Un traitement analogue entrepris à partir des 60 stations permet de faire apparaître avec plus de clarté les continuités et les ruptures spatiales dans l'organisation des climats vues à travers les *types de temps* (figures 82). Cette base cartographique sera reprise dans le catalogue des *types de temps* (cf. Partie 3).

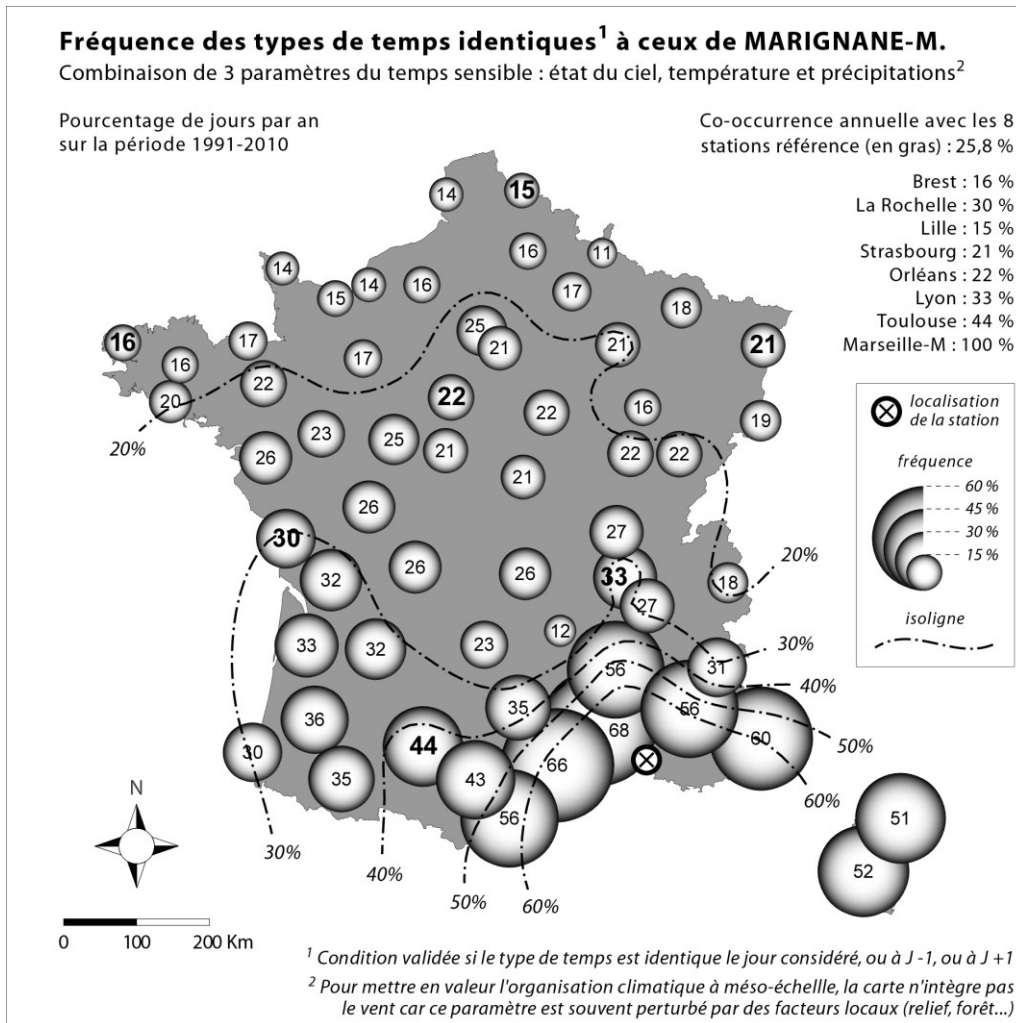


Figure 82 : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de *Marseille* (climat méditerranéen) établie à partir de la comparaison avec les 59 autres stations du réseau. La légende détaillée est incorporée dans le document.

De cette cartographie, il ressort principalement un cantonnement des *types de temps* fortement similaires à ceux de *Marseille* dans une aire correspondant à la bordure méditerranéenne, mais aussi deux amorces secondaires en vallée du Rhône et en vallée de la Garonne matérialisées par l'isoligne 30% :

- dans la vallée du Rhône, un décrochage important apparaît au Nord de *Montélimar* (encore 56% de « ressemblances »). Cependant, les influences méditerranéennes « profitent » de cet axe topographique pour se faire sentir jusqu'à *Lyon* (33%), avant de décliner en continuant de remonter vers le Nord par la vallée de la Saône (27% à *Macon*) puis se diluer autour de 20% passé le 47^{ème} parallèle environ (22% à *Dijon*) ;

- dans la vallée de la Garonne, la décroissance est moins brutale et les *types de temps* similaires à ceux de *Marseille* franchissent allègrement le seuil de Naurouze (56% à Perpignan, 43% à *Carcassonne* mais encore 44% à *Toulouse*). En raison de l'absence de contrainte topographique majeure, ces influences peuvent s'étaler sur un grand Sud-Ouest, avec des valeurs supérieures à 30% sur un plus vaste espace borné entre le Massif Central, l'Atlantique et les Pyrénées (triangle *Millau, La Rochelle, Biarritz*).

Sur le même modèle cartographique, les exemples de *Brest* et *Strasbourg* sont placés en annexes 9 et 10.

3.5. La persistance des *types de temps* en France métropolitaine

Pour appréhender pleinement les potentialités et les risques d'origine météo-climatiques sur les milieux « naturels » et pour divers secteurs d'activités (transports, agriculture, tourisme, pollution, santé...), il est nécessaire d'envisager la manière dont se déroulent les séquences météorologiques. En effet, à l'échelle d'une saison, les conséquences d'un *type de temps* varieront notablement si les combinaisons identiques sont regroupées sur quelques jours consécutifs ou bien dispersées sur la période considérée.

Imaginons par exemple les répercussions sur les prairies normandes d'une fréquence de 33% de *beau temps chaud et sec* en été. Si ce total résulte d'un rythme relativement régulier d'environ un jour sur trois de « belles journées », entrecoupées par des épisodes quelquefois arrosés, cela ne prête pas à conséquences sur la pousse de l'herbe ; en revanche, si cette valeur de 33% est principalement le produit d'une très longue séquence chaude et sèche durant le mois de juin, cela peut entraîner rapidement une situation problématique pour les activités d'élevage, avec recours à l'irrigation ou à l'importation de fourrages. *A contrario*, la persistance d'un temps *gris, frais et arrosé* au printemps peut nuire au développement de la végétation et hypothéquer la qualité et la quantité des productions agricoles à venir. Autre exemple, les combinaisons froides et humides peuvent entraîner des dégâts pour les végétaux les plus fragiles si des épisodes de neige lourde s'enchaînent durant plusieurs jours consécutifs, sans séquence plus douce permettant la fonte.

► La variabilité dans l'organisation des séquences météorologiques est illustrée ici par l'exemple du type *beau et chaud* à *La Rochelle*, pour 3 années au nombre de jours total identique (figure 83). En 1995, la « belle saison » commence tôt (4 jours consécutifs début mai) mais se termine tôt également (peu après la mi-août), avec des épisodes de jours groupés entrecoupés de longues périodes sans concomitance de ces éléments, comme entre le 8 mai et le 22 juin : au bilan de cette année-là, on comptabilise 27 jours BC- répartis en 11 séquences. En 1999, on observe des séquences plus courtes mais revenant plus régulièrement, entre la fin mai et la mi-septembre : on dénombre aussi 27 jours BC- mais étalés cette fois-ci sur 16 séquences. En 2009, la situation est semblable dans ses grandes lignes à celle de 1995 mais décalée d'environ 1 mois (27 jours sur 13 séquences).

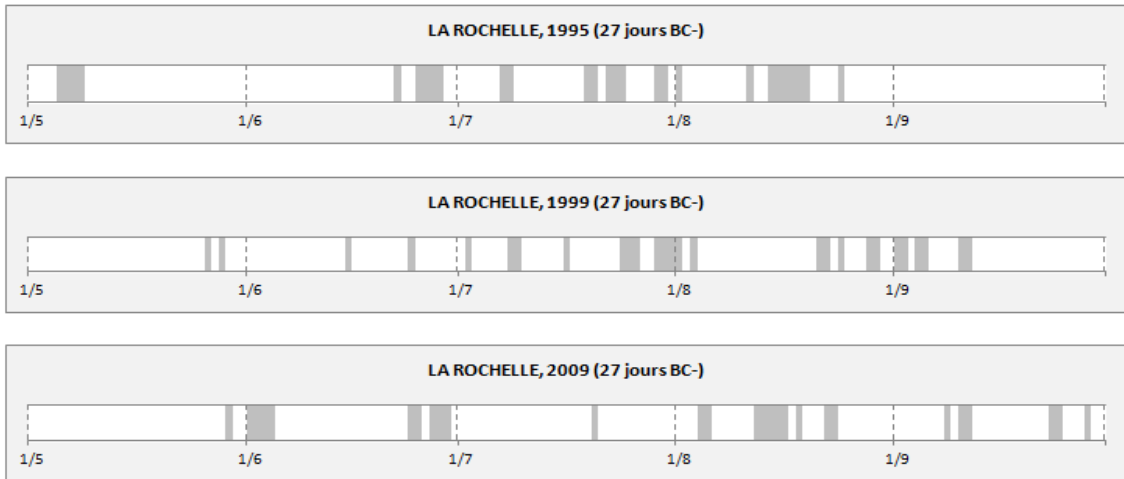


Figure 83 : Distribution journalière des séquences de temps *beau* et *chaud* entre mai et septembre à La Rochelle pour 3 années au total identique (27 jours).

En définitive, sous des aspects numériques globaux semblables, cette représentation sous la forme de « codes barres » montre bien la diversité dans le déroulement « vrai » de ces trois saisons chaudes.

Pour la côte atlantique, les plus longues périodes consécutives de *beau* temps *chaud* et *sec* correspondent à des situations synoptiques classiques lors des « beaux étés » (figure 84). En altitude, des masses d'air d'origine tropicale continentale recouvrent l'Ouest de l'Europe (cf. advection véhiculée par la crête de hauts géopotentiels), tandis qu'au sol l'anticyclone centré sur le Royaume-Uni entraîne un léger flux de composante Est apportant des vents de terre suffisant pour contrer l'établissement de brises marines rafraîchissantes dans la journée. Dans cet exemple du 16 août 1995, pratiquement tout le pays enregistrait d'ailleurs des conditions « BC- » ; seul le flanc Nord-Est du pays était soumis à des conditions un peu plus nébuleuses et moins chaudes, en raison des débordements nuageux d'un petit front occlus circulant autour la « goutte froide » centrée sur la Pologne (temps *variable*, *doux* et *sec* (VD-) à Strasbourg).

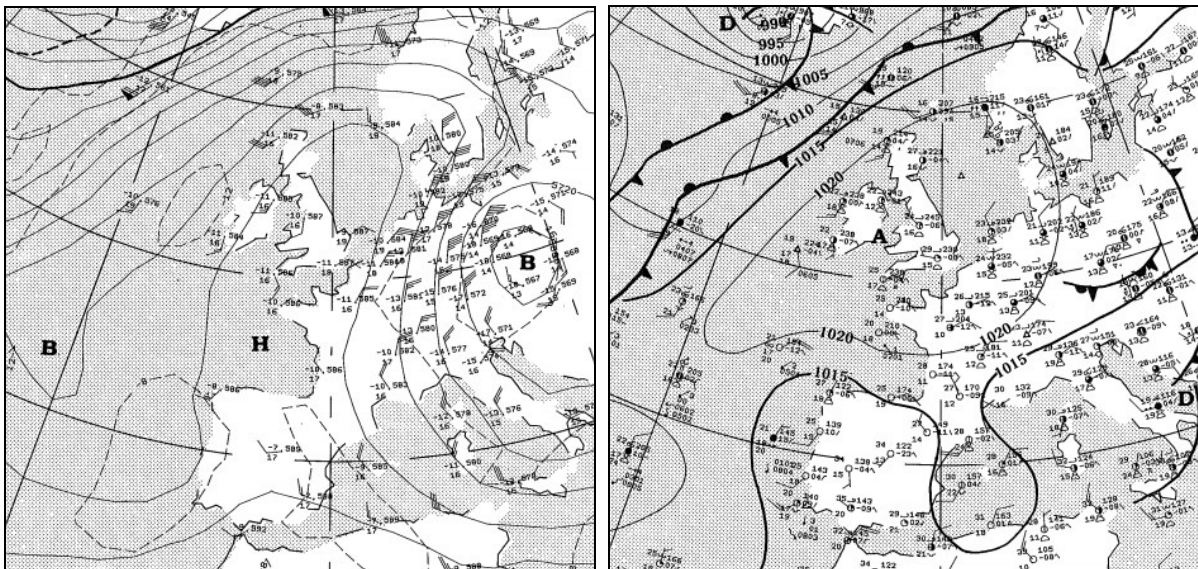


Figure 84 : Situation synoptique sur l'Europe le 16 août 1995 : en altitude (surface 500 hPa, à gauche) et analyse au sol (à droite) (d'après Météo-France : <https://donneespubliques.meteofrance.fr>).

► En reprenant comme référence nos 3 stations à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*), la durée des plus longues séries met en évidence des disparités régionales dans le séquençage du climat (tableau 33).

BREST				STRASBOURG				MARIGNANE			
BC-	période continue			BC-	période continue			BC-	période continue		
	durée	début	fin		durée	début	fin		durée	début	fin
n°1	3	16/07/2006	18/07/2006	n°1	7	01/08/2003	07/08/2003	n°1	15	10/08/2009	24/08/2009
n°2	3	18/07/1996	20/07/1996	n°2	7	30/07/1995	05/08/1995	n°2	14	13/06/2002	26/06/2002
n°3	2	08/08/2003	09/08/2003	n°3	6	08/09/1999	13/09/1999	n°3	14	17/06/1998	30/06/1998
n°4	2	17/06/2000	18/06/2000	n°4	5	15/07/2006	19/07/2006	n°4	13	05/07/2005	17/07/2005
n°5	2	26/07/1999	27/07/1999	n°5	5	30/06/2006	04/07/2006	n°5	11	25/06/2004	05/07/2004
n°6	2	17/06/1996	18/06/1996	n°6	5	18/06/2005	22/06/2005	n°6	11	16/09/1997	26/09/1997
n°7	2	21/08/1995	22/08/1995	n°7	5	22/08/2003	26/08/2003	n°7	11	03/07/1994	13/07/1994
n°8	2	16/08/1995	17/08/1995	n°8	5	22/08/2001	26/08/2001	n°8	11	23/07/1992	02/08/1992
				n°9	5	29/07/1999	02/08/1999	n°9	10	10/07/2007	19/07/2007
				n°10	5	07/08/1998	11/08/1998	n°10	10	et 4 autres cas antérieurs	
2.4	moy. 5 + longues séquences			6.0	moy. 5 + longues séquences			13.4	moy. 5 + longues séquences		
2.0	moy. 10 + longues séquences			5.5	moy. 10 + longues séquences			12.0	moy. 10 + longues séquences		
1.5	moy. 20 + longues séquences			4.5	moy. 20 + longues séquences			10.5	moy. 20 + longues séquences		

BREST				STRASBOURG				MARIGNANE			
GFA	période continue			GFA	période continue			GFA	période continue		
	durée	début	fin		durée	début	fin		durée	début	fin
n°1	8	28/03/2000	04/04/2000	n°1	6	20/12/1995	25/12/1995	n°1	4	14/02/2002	17/02/2002
n°2	6	31/12/2000	05/01/2001	n°2	5	02/05/2010	06/05/2010	n°2	4	01/01/1997	04/01/1997
n°3	6	22/12/1998	27/12/1998	n°3	4	24/02/2007	27/02/2007	n°3	4	27/02/1993	02/03/1993
n°4	6	26/11/1997	01/12/1997	n°4	4	15/02/2006	18/02/2006	n°4	3	22/01/2009	24/01/2009
n°5	6	22/01/1994	27/01/1994	n°5	4	01/05/2002	04/05/2002	n°5	3	14/12/2008	16/12/2008
n°6	6	28/12/1993	02/01/1994	n°6	4	25/11/2001	28/11/2001	n°6	3	26/01/2006	28/01/2006
n°7	5	09/02/2007	13/02/2007	n°7	4	10/11/1996	13/11/1996	n°7	3	31/01/1996	02/02/1996
n°8	5	09/01/2004	13/01/2004	n°8	4	23/01/1995	26/01/1995	n°8	3	05/12/1995	07/12/1995
n°9	5	22/01/2002	26/01/2002	n°9	4	05/02/1994	08/02/1994	n°9	3	23/04/1995	25/04/1995
n°10	5	et 6 autres cas antérieurs		n°10	4	et 2 autres cas antérieurs		n°10	2	24 cas	
6.4	moy. 5 + longues séquences			4.6	moy. 5 + longues séquences			3.6	moy. 5 + longues séquences		
5.8	moy. 10 + longues séquences			4.3	moy. 10 + longues séquences			3.2	moy. 10 + longues séquences		
5.2	moy. 20 + longues séquences			3.7	moy. 20 + longues séquences			2.6	moy. 20 + longues séquences		

BREST				STRASBOURG				MARIGNANE			
GK-	période continue			GK-	période continue			GK-	période continue		
	durée	début	fin		durée	début	fin		durée	début	fin
n°1	3	27/01/1992	29/01/1992	n°1	14	22/11/1991	05/12/1991	n°1	2	13/02/2010	14/02/2010
n°2	3	26/01/1991	28/01/1991	n°2	11	06/02/1993	16/02/1993				
n°3	2	25/02/2006	26/02/2006	n°3	10	05/01/1997	14/01/1997				
n°4	2	12/12/2004	13/12/2004	n°4	9	20/12/2007	28/12/2007				
n°5	2	09/12/2002	10/12/2002	n°5	8	13/01/1996	20/01/1996				
n°6	2	27/11/1993	28/11/1993	n°6	8	25/11/1993	02/12/1993				
n°7	2	23/01/1991	24/01/1991	n°7	7	10/12/2004	16/12/2004				
				n°8	7	13/01/2002	19/01/2002				
				n°9	7	06/12/1996	12/12/1996				
				n°10	7	06/12/1995	12/12/1995				
2.4	moy. 5 + longues séquences			10.4	moy. 5 + longues séquences			1.2	moy. 5 + longues séquences		
1.9	moy. 10 + longues séquences			8.8	moy. 10 + longues séquences			1.1	moy. 10 + longues séquences		
1.5	moy. 20 + longues séquences			6.8	moy. 20 + longues séquences			1.1	moy. 20 + longues séquences		

Tableau 33 : Durée et date des plus longues séries continues de *beau temps chaud* et *sec* (BC- in tableau du haut), de temps *gris, frais* et *arrosé* (GFA in tableau central) et de temps *gris, froid* et *sec* (GK- in tableau du bas) en France métropolitaine. Calcul pour 3 stations représentatives des climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010.

Après analyse des chiffres, le nombre de jours consécutifs avec un même *type de temps* montre le caractère très changeant de l'atmosphère dans l'Ouest, avec une série continue maximale de seulement 8 jours à *Brest* pour le type GFA (*gris, frais et arrosé*), malgré la fréquence importante de cette combinaison (1^{er} rang national avec 9,3% et 1^{er} rang local avec 15,1%).

Les persistances les plus longues sont paradoxalement enregistrées pour des combinaisons plus rares à l'échelle du pays : pour *Strasbourg*, on observe ainsi 14 jours de temps *gris, froid et sec* (GK- : 13^{ème} rang national avec 3,7% et 3^{ème} rang local avec 7,9%) ; pour *Marseille*, une série de 15 jours de temps *beau, chaud et sec* (BC- : 7^{ème} rang national avec 6,2% mais 1^{er} rang local avec 18,9%) constitue la plus longue séquence.

Les cartes de la figure 85 précisent ces contrastes régionaux pour les trois *types de temps* précités et confirment que la persistance des *types de temps* n'est pas proportionnelle à leur fréquence d'apparition totale. Ceci s'explique par la dynamique des masses d'air associée aux différents *types de temps* : les conditions de temps *gris, frais et arrosés* correspondent généralement à des passages de perturbations, donc par nature à évolution rapide, contrairement au temps *gris et froid* et au temps *beau et chaud* dont la présence est souvent liée à des conditions atmosphériques plus stables.

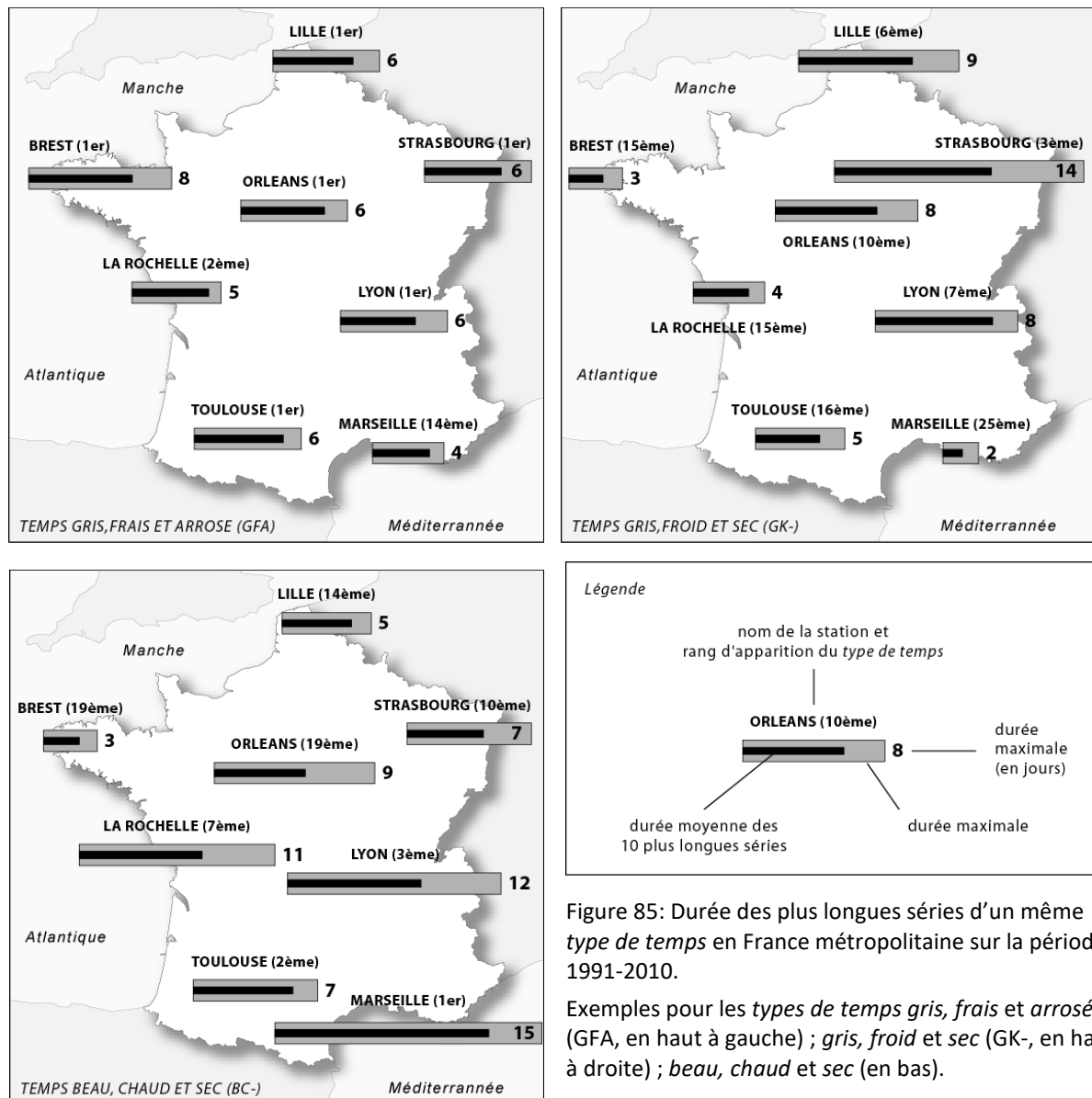


Figure 85: Durée des plus longues séries d'un même *type de temps* en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

Exemples pour les *types de temps gris, frais et arrosé* (GFA, en haut à gauche) ; *gris, froid et sec* (GK-, en haut à droite) ; *beau, chaud et sec* (en bas).

La durée moyenne des dix plus longues séquences d'un *type de temps* permet d'approfondir l'analyse car elle gomme les effets possibles d'une année exceptionnelle, pour ne faire ressortir que les tendances « lourdes ». En ce sens, ces valeurs sont plus révélatrices de chaque espace climatique et de ses nuances intra-régionales (tableau 34).

		NORD-OUEST		NORD-EST		SUD-OUEST		SUD-EST	
		BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBOURG	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE
Gris, frais, arrosé	GFA maxi	8	6	6	6	5	6	6	4
	GFA moy. 10	5.8	4.7	4.5	4.3	4.3	5.0	4.2	3.2
Gris, froid, sec	GK- maxi	3	8	9	14	4	5	8	2
	GK- moy. 10	1.9	5.7	6.4	8.8	3.1	3.6	6.6	1.1
Beau, chaud, sec	BC- maxi	3	9	5	7	11	7	12	15
	BC- moy. 10	2.0	5.1	3.9	5.5	6.9	5.6	7.5	12.0

Tableau 34 : Durée des plus longues séries continues et de la moyenne des 10 plus longues séquences pour trois *types de temps* en France métropolitaine sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

- la combinaison *gris, frais et arrosé* (GFA) – qui arrive en tête dans 6 des 8 stations – présente des durées maximales assez homogènes et relativement faibles (de 5 à 6 jours) sur l'ensemble du territoire ; un peu plus en Bretagne en raison de son hyper-océanité (8 jours) et un peu moins sur les bords de la Méditerranée, en marge des systèmes perturbés venant de l'Atlantique (4 jours). Les moyennes sur les 10 plus longues séquences sont également homogènes et confirment la hiérarchie vue à travers les valeurs extrêmes ;

- la persistance des temps *gris, froid et sec* (GK-) apparaît comme un bon marqueur des effets conjoints de la continentalité et de la « nordicité ». Les valeurs sont de fait les plus élevées à *Strasbourg* et d'une façon plus générale dans un grand quart Nord-Est (de *Lille* à *Lyon* en passant par *Orléans*). Ce vaste espace est en opposition avec l'océanité de *Brest* et *La Rochelle* ou la « méridionalité » de *Toulouse* et surtout *Marseille*. La moyenne des 10 séquences les plus longues nuance la primauté de *Strasbourg*, faisant apparaître les 14 jours consécutifs du 22 novembre au 5 décembre 1991 comme un cas assez isolé⁵⁶ (les autres valeurs sont entre 7 et 11 jours) ;

- concernant le temps *beau, chaud et sec* (BC-), les moyennes sur les 10 plus longues séquences renforcent l'idée d'une supériorité de *Marseille* par rapport à toutes les autres stations, la différence avec la valeur maximale étant de seulement 20% (12,0 jours contre 15 de maximum). Comparativement, pour les stations qui enregistraient une série maximale voisine ou supérieure à 10 jours, on observe un décrochage assez net entre les deux valeurs : pour *Lyon*, près de 38% (7,5 jours contre 12) ; environ 37% pour *La Rochelle* (6,9 jours contre 11) ; et plus de 43% pour *Orléans* (5,1 jours contre 9). Le cas de *Toulouse* est particulier car si le temps *beau, chaud et sec* arrive au second rang des *types de temps*, la persistance de cette combinaison reste relativement faible (maximum de 7 jours, comme *Strasbourg*, et moyenne des 10 séquences les plus longues de 5,6 jours, soit une valeur sensiblement équivalente à celles de *Strasbourg* et *Orléans*). La position de la *ville rose*, entre influences atlantiques et méditerranéennes, expliquent certainement la rupture de continuité dans les périodes de beau temps estival.

⁵⁶ Cette plus longue période consécutive de jours gris, froids et secs s'est imposée à la faveur de la mise en place de hautes pressions sur l'Europe, au sol comme en altitude (voir encadré 2.5, page suivante). Durant ces 14 jours, la température moyenne a peu évolué (TM entre -1 et +3°C) en raison d'un ciel bouché (11 jours de SIGMA = 0) et d'un vent très faible ne pouvant pas brasser les basses couches (FFM moyenne ≈ 1,5 m/s). Le contexte continental et enclavé de la Plaine d'Alsace a favorisé la persistance de ce *type de temps*.

Encadré 10 : Le déroulement de la plus longue séquence de temps gris, froid et sec (GK-) à Strasbourg

Après une période de temps agité et pluvieux (cartes du haut, 13/11/1991), les hautes pressions s'imposent par le Sud-Ouest puis couvrent l'ensemble de l'Europe (cartes du centre, 29/11/1991), imposant dans les basses couches de l'atmosphère un temps calme, froid (nuit longue) et nébuleux (blocage de l'humidité près du sol). La situation se débloque par la migration des hauts géopotentiels et des hautes pressions vers l'Ecosse (cartes du bas, 5/12/1991), entraînant un flux plus dynamique de NNE dégageant le ciel mais restant froid et sec durant encore 10 jours.

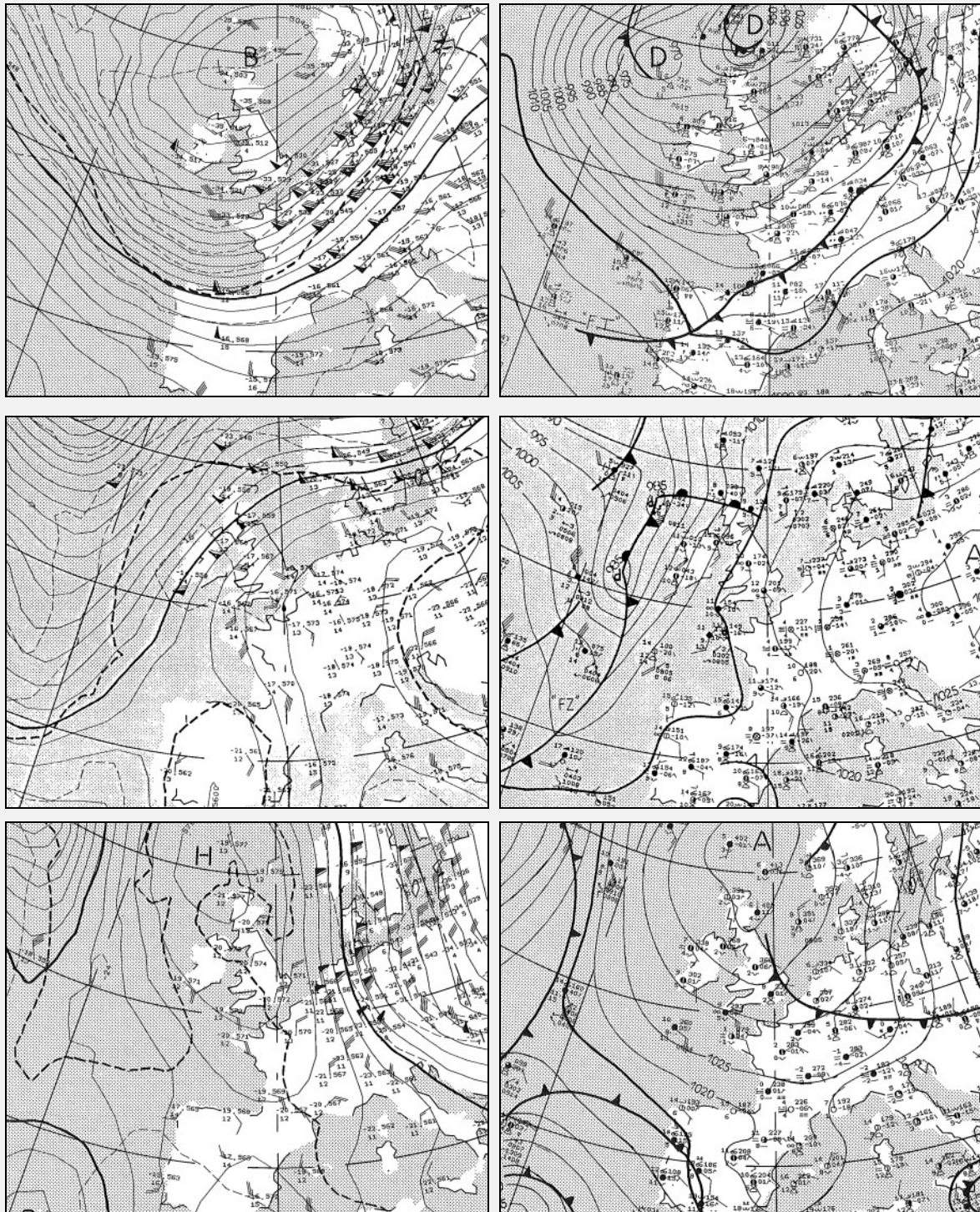


Figure 86 : Situation synoptique sur l'Europe en altitude (surface 500 hPa, à gauche) et analyse au sol (à droite).
 Le 13/11/1991 (en haut) ; le 29/11/1991 (au centre) et le 05/12/1991 (en bas)
 (d'après Météo-France : <https://donneespubliques.meteofrance.fr>).

► Parmi nos trois premiers paramètres constitutifs des *types de temps*, il arrive parfois que la persistance de l'un d'entre eux, indépendamment des autres, entraînent des conséquences environnementales et/ou sociétales importantes.

Le tableau 35 résume l'ensemble des principaux critères marquants du temps, avec : pour les températures, la *chaleur* (TM $\geq 20^{\circ}\text{C}$) et le *froid* (TM $< 4^{\circ}\text{C}$) ; pour l'état du ciel, le temps *beau* (SIGMA $\geq 80\%$) ou *gris* (SIGMA $< 20\%$) ; pour les précipitations, les journées *arrosées* (RR ≥ 1 mm) ou « sèches », c'est-à-dire *sans pluie significatives* (RR < 1 mm).

			NORD-OUEST		NORD-EST		SUD-OUEST		SUD-EST		
			BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBG.	LA ROCHEL.	TOULOUSE	LYON	MARIGNA.	
Température	1	chaleur C	maxi	7	34	23	39	31	69	56	100
			maxi 10+	4.8	17.4	14.7	23.9	20.9	43.4	35.4	88.8
	2	froid K	maxi	17	29	30	40	19	19	31	14
			maxi 10+	10.0	20.3	21.0	29.1	12.3	11.9	22.3	8.3
Etat du ciel	3	beau B	maxi	11	12	10	16	18	10	12	23
			maxi 10+	7.7	8.8	6.5	8.8	10.8	8.2	10.0	15.5
	4	gris G	maxi	13	15	17	18	13	13	17	6
			maxi 10+	10.2	10.9	13.8	14.9	8.6	10.3	12.5	5.3
Précipitations	5	arrosé A	maxi	21	14	13	10	19	12	12	9
			maxi 10+	18.4	10.2	10.6	8.5	11.9	8.9	8.4	5.8
	6	"sec" -	maxi	28	36	37	32	43	36	36	83
			maxi 10+	23.5	27.7	27.6	26.6	30.0	31.2	28.3	59.7

Tableau 35 : Les *types de temps* dominés par la persistance d'un seul caractère en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

3.5.1 Les températures

La durée et la géographie des plus longues séquences chaudes ou froides est étroitement dépendante de la latitude et des facteurs géographiques que sont l'océanité (due à l'Atlantique) et la continentalité. Ces effets se combinent avec les fluctuations saisonnières de la dynamique générale des masses d'air. Les conséquences de l'altitude ne sont pas ici prises en compte.

Cas n°1 : la chaleur persistante (C). Ce paramètre est important d'un point de vue sanitaire car la persistance de températures élevées constitue un risque majeur, notamment dans les régions qui n'y sont pas habituées en raison de l'absence de préparation des populations (Besancenot, 2002).

La chaleur coutumière dans laquelle baigne la bordure méditerranéenne entre le printemps et l'automne se manifeste par de longues périodes chaudes sans discontinuer (dans la subsidence anticyclonique d'origine subtropicale en été). Le maximum a atteint 100 jours à *Marseille* (du 7 juin au 14 septembre 2009) et la moyenne des 10 plus longues séquences présente une valeur encore remarquablement élevée de près de 3 mois ! Le contraste est marqué avec *Brest* (7 jours de maximum) qui pâtit de sa position « nordique » et du contact des eaux fraîches en Bretagne. *Toulouse* et *Lyon* bénéficient à des degrés variables des effets combinés de la continentalité et de la méridionalité. Sur la moyenne des 10 plus longues séquences, la continentalité de *Strasbourg* s'affirme nettement (23,9 jours) par rapport aux autres stations du nord du pays (14,7 jours à *Lille* et 17,4 jours à *Orléans*). *La Rochelle* occupe une place particulière car sa position latitudinale favorise l'installation de périodes chaudes mais la proximité de l'Atlantique occasionne souvent des rentrées maritimes, par effet de brise notamment, qui bloquent l'élévation thermique en journée.

Cas n°2 : le froid persistant (K). Des combinaisons variées, mais où le froid est l'élément récurrent, peuvent entraîner des dégâts pour les végétaux les plus fragiles si le gel est persistant durant plusieurs jours consécutifs, alors que des températures négatives d'une fréquence totale identique, mais isolées au milieu de séquences plus douces, n'auront aucun impact. De nombreux secteurs d'activités sont également impactés directement ou indirectement par le froid durable.

Avec ce paramètre, on retrouve le « négatif » en quelque sorte de la géographie de la chaleur. On oppose ainsi sans surprise les froidures habituelles dans un grand quart Nord-Est de la France, avec *Strasbourg* en tête de liste (série maximale de 40 jours entre le 13 janvier et le 21 février 1991), et les régions traditionnellement épargnées par les rigueurs hivernales que sont les bords de l'Atlantique et de la Méditerranée (maximum de 14 jours à *Marseille* et de 17 jours à *Brest*, et une moyenne pour les 10 plus longues séquences inférieure ou égale à 10 jours seulement contre trois fois plus longtemps à *Strasbourg*).

3.5.2 L'état du ciel

La durée et la géographie des plus longues séquences de *beau temps* et de temps *gris* dépendent principalement de la trajectoire des systèmes perturbés, en relation directe avec les fluctuations saisonnières du positionnement des centres d'action barométrique et des variations irrégulières de la circulation atmosphérique générale aux latitudes moyennes. Ce paramètre est un indicateur important pour le développement des activités de loisirs et le tourisme, mais aussi pour tous ceux dont l'activité se déroule en extérieur (agriculture, métiers du bâtiment...).

Cas n°3 : le beau temps persistant (B). L'installation durable du « grand beau temps » (SIGMA \geq 80%) est fortement corrélée à la présence de hautes pressions au sol comme en altitude ; c'est donc un phénomène avant tout estival, bénéficiant de la balance saisonnière vers le Nord des hauts géopotentiels subtropicaux⁵⁷. Pour ce paramètre, la distinction entre le bassin méditerranéen et le reste du pays est encore le fait marquant.

Sur la majeure partie du pays les séquences de grand beau temps n'excèdent en général pas plus de 5 à 10 jours en raison de débordements nuageux toujours possibles, soit en provenance d'Espagne (à l'avant de perturbation), soit de l'Atlantique ou de la Mer du Nord (en marge de systèmes perturbés sur les Iles britanniques). Dans ces conditions, seuls les abords de la Méditerranée échappent à ces dégradations plus ou moins marquées du temps (maximum de 23 jours et moyenne des 10 séquences les plus longues de 15,5 jours à *Marseille*). Entre les « remontées » souvent pré-orageuses par le Sud-Ouest et les « descentes » nuageuses par le Nord-Ouest, la station de *La Rochelle* semble « tirer son épingle du jeu » grâce à sa position en angle mort (18 jours de maximum), contrairement à *Toulouse* (10 jours) et *Brest* (11 jours).

Cas n°4 : le temps gris persistant (G). Ce type de temps, synonyme de la « mauvaise saison », est particulièrement durable dans les secteurs subissant prioritairement les passages perturbés (Nord de la France) et une stagnation dans l'avancée des fronts (continentalité). De ce fait, *Strasbourg* est au 1^{er} rang (18 jours de maximum et moyenne des 10 séries les plus longues de 14,9 jours), devançant

⁵⁷ En période froide, les conditions de ciel clair sont généralement imposées par l'extension de hautes pressions pelliculaires d'origine continentale (anticyclone thermique). Elles ont des durées plus courtes car le refroidissement par rayonnement nocturne entraîne au bout de quelques jours la formation de brouillards. Il arrive aussi fréquemment que des anticyclones d'origine atlantique viennent se positionner sur la France (« anticyclone français »), l'humidité enfermée dans les basses couches interdit alors l'établissement du beau temps malgré des pressions élevées.

logiquement *Lille* (17 et 13,8 jours) et *Lyon* (17 et 12,5 jours), puis *Orléans* (15 et 10,9 jours). Les stations sur le littoral atlantique sont moins longuement bloquées sous des ciels gris car la proximité de l'océan entraîne plus de mouvements et le renouvellement rapide des masses d'air, comme nous le prouve *La Rochelle* (13 et 8,6 jours) et même *Brest* malgré son positionnement des plus défavorables en période perturbée (13 et 10,2 jours). De façon assez inattendue, ce sont quasi exactement les mêmes valeurs que pour *Toulouse* (13 et 10,3 jours) ! Mais, encore une fois, c'est *Marseille* qui se différencie le plus nettement (6 et 5,3 jours), notamment grâce à la diffluence des vents en basse vallée du Rhône qui disperse les nuages, avec en contrepartie la présence d'un vent fort de composante Nord (canalisation du vent d'Ouest nébuleux dans l'axe rhodanien et transformation en Mistral).

3.5.3 Les précipitations

La durée et la géographie des plus longues séquences *avec ou sans précipitations significatives* répondent globalement à la même logique explicative que celle évoquée pour l'état du ciel, les pluies ou la neige étant associées naturellement à des systèmes nuageux. Parmi les trois paramètres composant les *types de temps*, les précipitations occupent une place particulière car elles peuvent se manifester « sournoisement » par leur effet cumulatif. De fait, elles génèrent parfois des dommages importants, même sans intensité remarquable associée à des types de temps « exceptionnels ». C'est le cas en hiver, quand la consommation d'eau par les phénomènes évapotranspiratoires n'intervient plus et que des épisodes pluvieux perdurent assez longuement (ruissellement, inondations...). Inversement, l'absence prolongée des précipitations engendre aussi des problèmes (sécheresses printanière et/ou estivale néfastes à l'agriculture ; sécheresses automnale et/ou hivernale préjudiciables pour la recharge des nappes phréatiques).

Cas n°5 : les précipitations significatives persistantes (A). La provenance océanique de la majorité des précipitations sur le pays ressort naturellement par la présence des plus longues séries pour les deux stations faisant directement face à l'Atlantique. Dans ce cas, nul n'est besoin que le ciel reste bouché constamment (cf. cas n°4). Le cas de *Brest* entre le 19 novembre et le 9 décembre 2009 illustre la possibilité de longues séquences pluvieuses (21 jours), issue de la répétition de passages frontaux actifs (212,8 mm) durant trois semaines consécutives. Le déroulement de cette séquence est développé dans l'encadré 10.

La durée moyenne des 10 plus longues séquences arrosées permet de distinguer assez facilement la dégradation progressive de l'aire d'influence des passages perturbés atlantiques en rentrant dans les terres pour une même latitude (18,4 jours à *Brest*, 10,2 jours à *Orléans* et 8,4 jours à *Strasbourg*). Cette réduction est également sensible en se déplaçant vers le Sud, plus en marge lors de ce type de séquence (8,9 jours à *Toulouse*). Le rôle de barrage des reliefs accentue aussi cet effet (11,9 jours à *La Rochelle* pleinement exposés aux flux d'Ouest, contre seulement 8,4 jours à *Lyon* « cachée » derrière la partie Nord-Est du Massif Central, avec notamment les Monts du Lyonnais et les Monts du Beaujolais). Enfin, on observe toujours un net décrochage pour *Marseille* avec seulement 5,8 jours et un maximum de 9 jours durant le printemps 1993 (du 24 avril au 5 mai), lié à un profond talweg sur le proche atlantique évoluant par cut-off en goutte froide sur l'Espagne, puis se déplaçant sur la Méditerranée avant de se combler. Pour le domaine méditerranéen, ces longues séquences pluvieuses se déroulent préférentiellement en automne et sont associées à une dynamique atmosphérique différente de celle observée pour les autres stations. Sur les 18 séquences supérieures ou égales à 5 jours consécutifs de précipitations, 10 se sont produites en automne, contre 4 au printemps et 4 en hiver.

Encadré 11 : Le déroulement de la plus longue séquence de temps *pluvieux* à Brest

Entre la fin de l'automne 2009 et le début de l'hiver 2009/2010, l'installation de bas géopotentiels centrés dans les parages du Royaume-Uni entraîne une circulation perturbée d'Ouest dans laquelle se succèdent les ondes pluvieuses. L'enchaînement des perturbations est associé à des basses pressions mobiles se déplaçant selon une trajectoire zonale à hauteur de l'Europe Occidentale durant 3 semaines. La situation du 4 décembre 2009 donne un exemple de ces trains de perturbations, avec ici la succession rapprochée d'un front chaud, d'un front froid et d'un front occlus (figure 87). Le 5 décembre on comptabilisera 24 mm de précipitations.

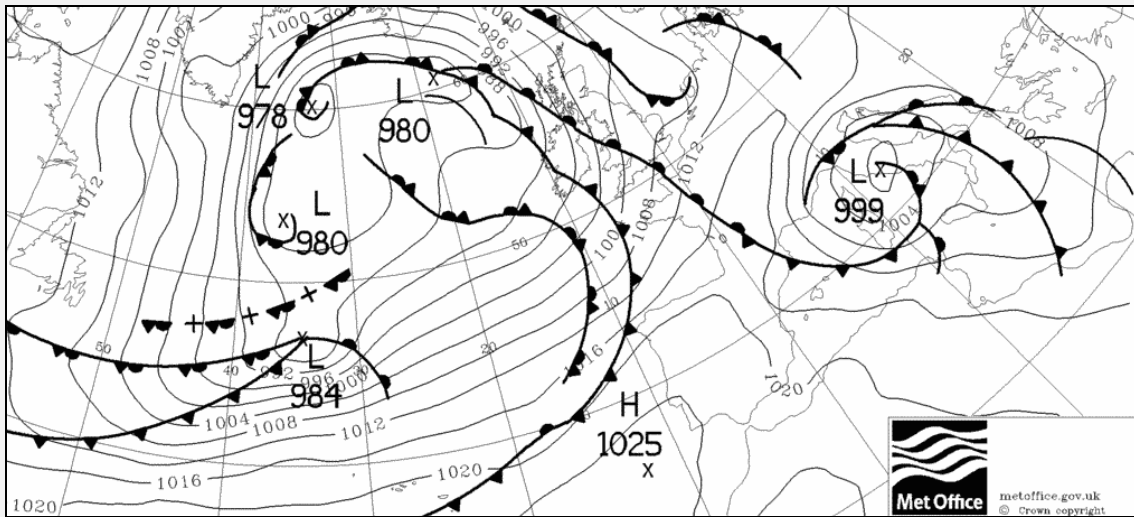


Figure 87 : Situation synoptique. Analyse au sol du 04/12/2009 à 18h UTC (d'après MetOffice).

Cette période remarquable est matérialisée par l'évolution des données journalières de pluie, de fraction d'insolation, de température, de vent et de pression atmosphérique à la station de Brest-Guipavas (figure 88). Le temps se dégrade à partir du 19 novembre avec l'arrivée dans la nuit de pluies abondantes (13 mm) succédant à une belle journée d'automne. Durant ces trois semaines, certaines journées voient revenir le soleil (cf. 57% le 6 décembre) mais les répits sont de courtes durées. La séquence pluvieuse se termine grâce à la poussée d'une crête chaude par le Sud-Ouest et à la formation d'un anticyclone sur le pays.

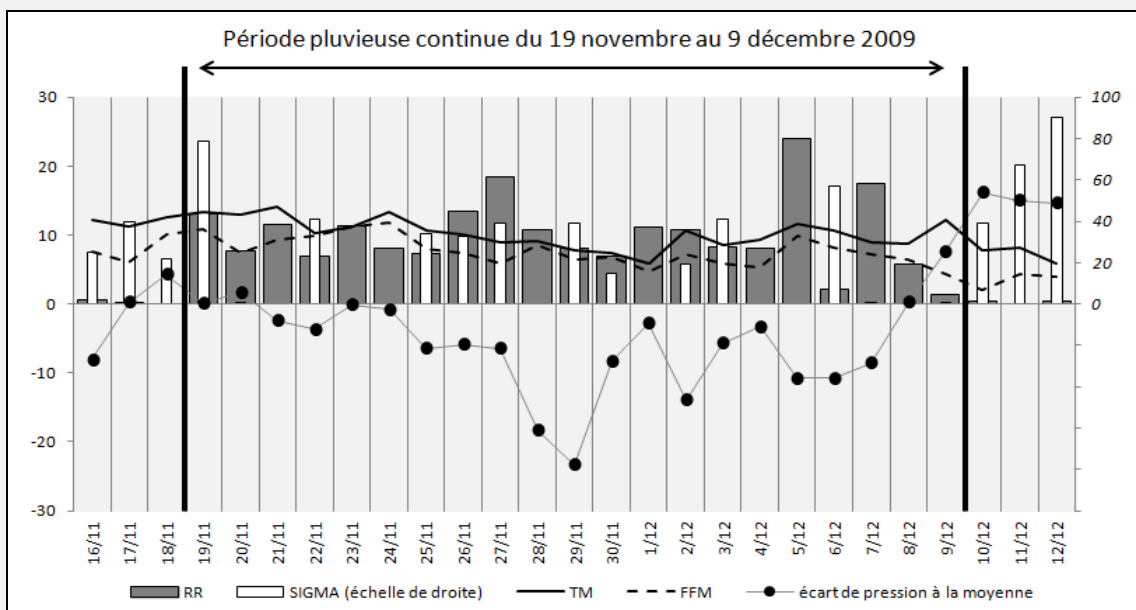


Figure 88 : Les principaux caractères du *temps sensible* et la pression atmosphérique à *Brest* durant la période du 16 novembre au 12 décembre 2009 (d'après données Météo-France).

Cas n°6 : l'absence de précipitations significatives persistantes (-). Les longues séquences « sèches » sont globalement assez similaires en durée sur une grande partie du pays avec un maximum de l'ordre de 30 à 40 jours et une moyenne sur les 10 événements majeurs d'environ 25 à 30 jours. Seule *Marseille* se différencie franchement avec une durée maximale de 83 jours (du 26 mai au 16 août 2003) et près de 60 jours sur les 10 séquences les plus longues. À l'opposé, et à un degré moindre, *Brest* s'individualise également avec 28 jours (du 27 mars au 23 avril 1997) et 23,5 jours.

La supériorité méditerranéenne trouve son origine dans les facteurs précédemment évoqués, à savoir le contexte barométrique favorable à la subsidence et les caractères géographiques imposant fréquemment une diffuence des flux de surface. Pour *Brest*, l'avancée de la Bretagne au plus près des perturbations océaniques défavorise la région. Parmi les six autres stations, si les durées sont assez proches, en revanche nous pouvons les structurer en deux ensembles selon la saisonnalité d'occurrence du phénomène (tableau 36).

	NORD-OUEST		NORD-EST		SUD-OUEST		SUD-EST	
	BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBG.	LA ROCHEL.	TOULOUSE	LYON	MARIGNA.
Hiver	1	3	2	6	2	3	4	2
Printemps	3	3	3	2	3	1	4	1
Eté	4	2	4	0	5	4	1	5
Automne	2	2	1	2	0	2	1	2

Tableau 36 : Répartition saisonnière de l'apparition des 10 plus longues séquences sèches en France métropolitaine sur la période 1991-2010. Nota : le cas de *Marseille* est à traiter à part car la persistance de ces séquences « sèches » entraîne fréquemment un débordement d'une saison sur l'autre.

1^{er} groupe : les stations les plus océanisées (*Brest, La Rochelle*)

Les séquences sèches ont une prédilection avérée pour la fin de printemps et surtout l'été, c'est-à-dire lorsque les flux perturbés sont rejetés plus au Nord et que la proximité des eaux relativement froides concoure à la stabilisation des masses d'air. *Lille* se rapproche de ce type de comportement.

2^{ème} groupe : les stations les plus continentalisées (*Strasbourg, Lyon*)

Dans ce cas, la saisonnalité s'inverse car le réchauffement des masses d'air par la base au-dessus des surfaces continentales entraîne fréquemment une instabilité occasionnant des averses. *A contrario*, la période hivernale est plus favorable à l'établissement des temps durablement sec à la faveur des avancées de hautes pressions de surface par l'Est et des effets de substratum (stabilisation sur sol froid). *Orléans* se rapproche de ce type de comportement.

La station de *Toulouse* semble un peu à part car elle combine une fois encore plusieurs influences : la continentalité relative engendre d'une part des séquences sèches durables en hiver mais, d'autre part, les influences méditerranéennes se font également sentir ce qui privilégie alors la saison estivale (subsidence dynamique).

Conclusion de la deuxième partie

Au terme de cette deuxième partie, il est utile de rappeler les principaux points qui ont guidé la démarche et les premiers enseignements qui en découlent.

✓ Les objectifs et les méthodes décrits précédemment ont conduit à **la création d'une typologie globale et objective**. Cette typologie n'en est pas moins *relative* à un contexte géoclimatique donné. Le terme *global* ne doit pas être assimilé à *universel*. Il se rapporte à la prise en compte de toutes les combinaisons possibles de l'atmosphère sur un territoire donné, et donc potentiellement au traitement d'une multitude de thématiques propre à ce territoire. Rappelons à ce propos que, pour le géographe, les *types de temps* présentent un intérêt majeur car les combinaisons de l'atmosphère conditionnent en partie le fonctionnement des milieux et le comportement des êtres vivants qui y sont soumis, homme compris.

✓ **La typologie est fondée sur une double classification emboîtée**. La première pour définir des classes pour chaque variable météorologique (segmentation en 2 ou 4 groupes des 4 variables) et la seconde combinant entre elles ces différentes classes pour former un **type**.

✓ **La typologie est fondée sur le traitement numérique de quelques stations régulièrement réparties pour être représentatives de la diversité géographique du territoire considéré**. Ce maillage géométrique sans *a priori* climatique a permis de faire ressortir, au *pro rata* de leur extension spatiale, les grandes *provinces* climatiques⁵⁸

✓ **L'étude des types de temps s'appuie sur un panel plus large de stations**. Une sélection complémentaire de stations a été nécessaire pour représenter la diversité des contextes géographiques car les *types de temps* s'apprécient à l'échelle régionale⁵⁹.

✓ La typologie proposée dans ce mémoire n'a pas vocation à s'appliquer en tous lieux à la surface de la Terre. Cependant, **les principes sur lesquels elle a été établie sont eux transposables à d'autres espaces géographiques**. Leur application conduirait à la création d'une autre typologie — globale, objective et relative elle aussi — après étude du contexte climatique domaniale d'appartenance. Ainsi, pour les latitudes moyennes, une simple translation de la classe « froid » vers des valeurs négatives de la température moyenne pourrait s'avérer suffisante pour adapter cette typologie au climat des pays à tendance continentale (cf. est de l'Europe). Pour les autres zones climatiques, il s'agirait de reconsidérer la typologie en fonction des variables météorologiques du temps sensible.

* *
*

⁵⁸ Dans notre cas, huit stations de référence. Le **climat tempéré océanique de l'Europe de l'Ouest** est logiquement le plus représenté (cf. Brest pour la *province armoricaine*, Toulouse pour la *province aquitaine*, La Rochelle pour la transition entre les deux, Orléans pour la *province parisienne* et Lille pour la *province flamande*). Les **nuances semi-continentales** apparaissent pour les frontières nord-est du pays (cf. Strasbourg) ainsi que dans leur version méridionale (cf. Lyon). Enfin, sont également pris en compte les **caractères climatiques très atypiques de la frange nord du bassin méditerranéen occidental** (cf. Marseille). Ce découpage de l'espace climatique est emprunté à J.-P. Vigneau (2005).

⁵⁹ Dans notre cas, un total de **soixante stations** est nécessaire pour prendre en compte toute la diversité régionale des *types de temps*. Chaque station représente en moyenne un espace de l'ordre de 10 000 km², soit l'ordre de grandeur retenu pour caractériser un climat régional, échelle spatiale correspondant à l'analyse des types de temps.

– PARTIE 3 –

**RÉSULTATS MAJEURS
ET APPORTS À LA GÉOGRAPHIE :**

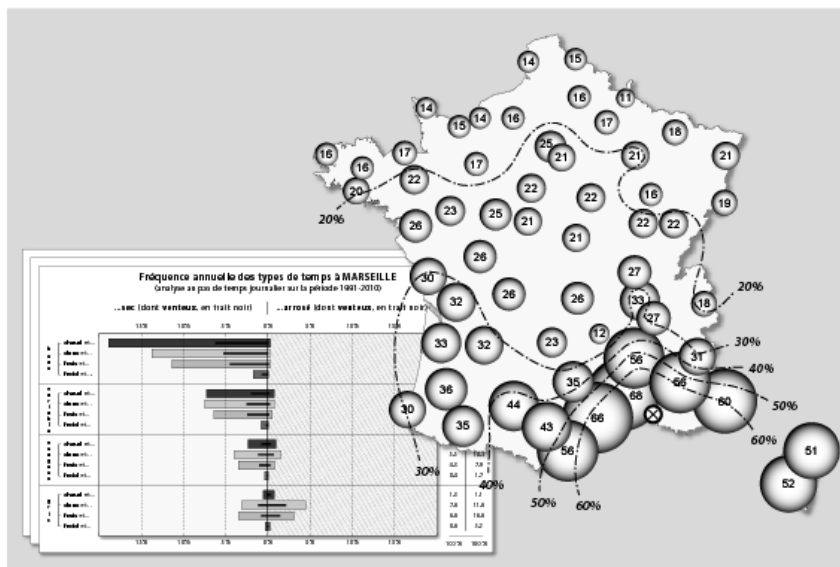
**LE CATALOGUE DES *TYPES DE TEMPS*
ET SES APPLICATIONS**

Dans cette partie nous exposerons la création d'un catalogue des *types de temps* pour la France métropolitaine sur la période récente, 1991-2010 (figure 89). Sous la forme de statistiques organisées en fiches, l'objet de ce catalogue est de fournir rapidement et simplement des informations sur les conditions atmosphériques au-dessus d'un lieu, pour en étudier les multiples formes et la dynamique, comme pour en envisager les conséquences sur l'espace géographique.

Après avoir présenté en détail les éléments constitutifs de ce catalogue dans le chapitre 7, un extrait composé des huit stations de référence (en format papier) et la totalité des soixante stations (en format numérique, dans un CD-ROM) seront proposés dans une annexe du chapitre 8. Enfin, dans le chapitre 9, trois applications à finalités spatiale et temporelle (deux relevant de la recherche fondamentale et une de la recherche appliquée) illustreront de façon concrète l'usage et les apports possibles à la géographie du catalogue des *types de temps*.

**Annexe du Volume 3 de l'H.D.R.
"contribution inédite"**

**Catalogue des types de temps
en France métropolitaine (1991-2010)**



Olivier CANTAT
LETG-Caen GÉOPHEN, UMR 6554 CNRS
Université de Caen Basse-Normandie

Figure 89 : Reproduction en noir et blanc de la couverture du catalogue des *types de temps* en France métropolitaine (période 1991-2010).
(voir annexe du volume 3 de l'HDR)

Chapitre 7

La constitution du catalogue des types de temps

Pour chacune des soixante stations, le catalogue est constitué de quatre fiches (figure 90) : la première offre une approche globale des *types de temps* (fiche a) ; les deux suivantes indiquent successivement leur saisonnalité (fiche b) et leur variabilité interannuelle (fiche c) ; enfin, la dernière se compose de deux parties, l'une trace l'aire d'influence des stations et l'autre chiffre la persistance temporelle des *types de temps* (fiche d). Dans les pages suivantes, un « guide de lecture » et des exemples expliciteront le contenu de chacune de ces fiches, en prenant comme support la station de Dijon-Longvic.

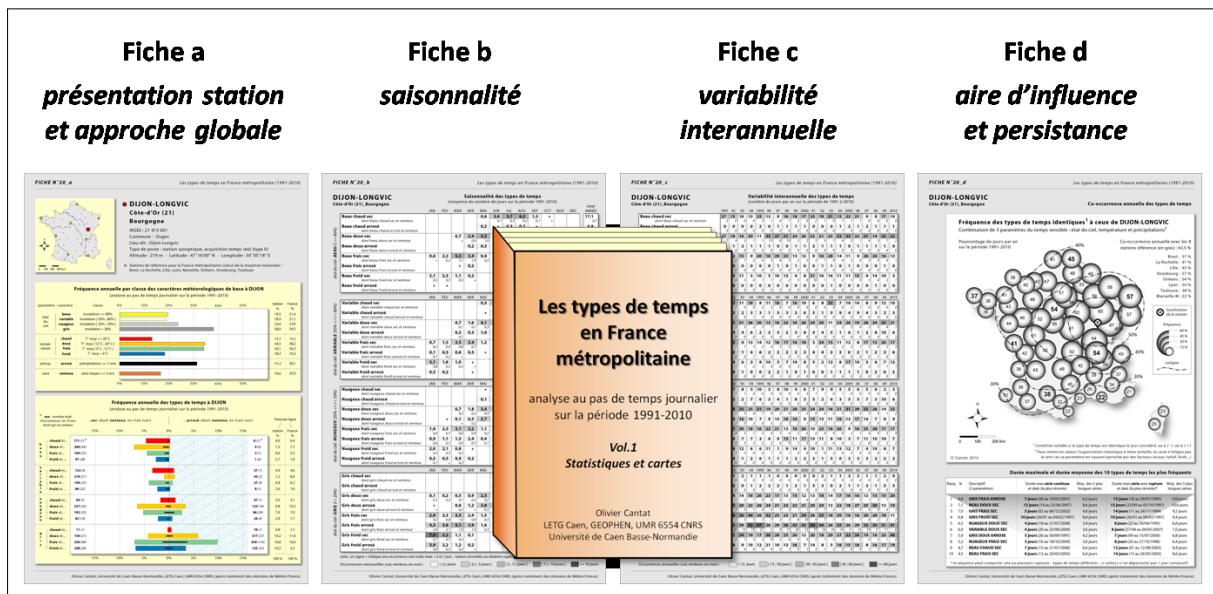


Figure 90 : Les 4 fiches constitutives du catalogue des types de temps en France métropolitaine (période 1991-2010), exemple de la station de *Dijon-Longvic*.

1. L'approche globale des *types de temps* : fiche a

Cette première fiche est visible dans sa totalité sur la figure 92. Elle a la triple fonction de renseigner sur les principaux éléments concernant la station, d'exposer les caractères météorologiques de base servant à la typologie et enfin de présenter les *types de temps* dans leur globalité, à partir de leur observation sur vingt années. Pour plus de simplicité, les informations utiles à la compréhension du document sont mentionnées à partir d'extractions de la figure générale ; de brefs commentaires complètent les indications directement portées à l'intérieur de ces « zooms ».

1.1 La présentation de la station

Le haut de la **fiche a** fournit des informations sur la localisation de la station (cf. le point rouge sur la carte) et des indications sur ses caractéristiques générales (administratives, physiques et météorologiques).

Pour plus de renseignements, il est bien sûr possible de consulter gratuitement la rubrique « tout sur les stations » du site de Météo-France⁶⁰. De nouvelles applications cartographiques permettent notamment de se faire une idée assez précise de l'environnement immédiat de la station (grâce au lien direct avec le site *OpenStreetMap*). Cette possibilité est très intéressante lors du choix de stations de référence, dans la mesure où cette fonction donne des informations pouvant en partie compenser l'absence d'accès aux « codes qualités » attribués en interne à chaque station par Météo-France.

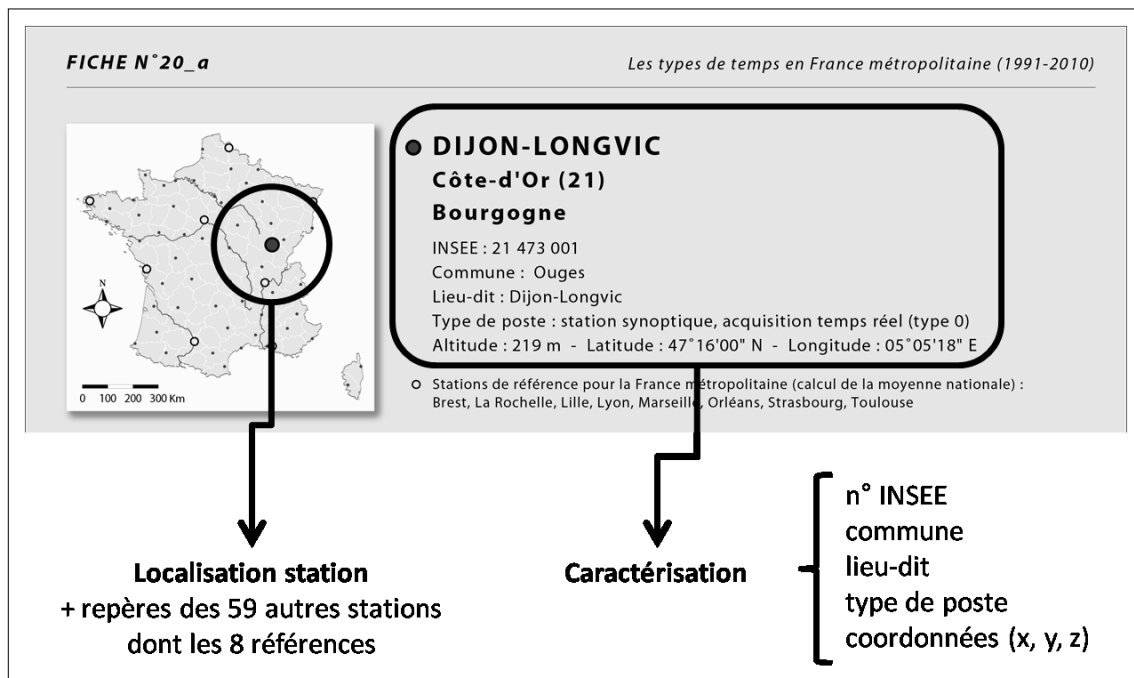
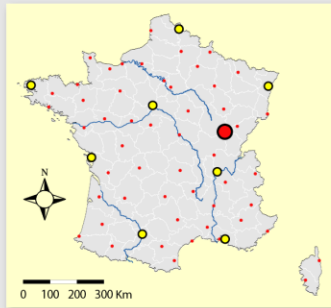


Figure 91 : Présentation de la station de *Dijon-Longvic* (haut de la fiche a).

⁶⁰ Rubrique « tout sur les stations » : <http://publitheque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebPubli/index.jsp?idRubrique=clim>

FICHE N° 20_a

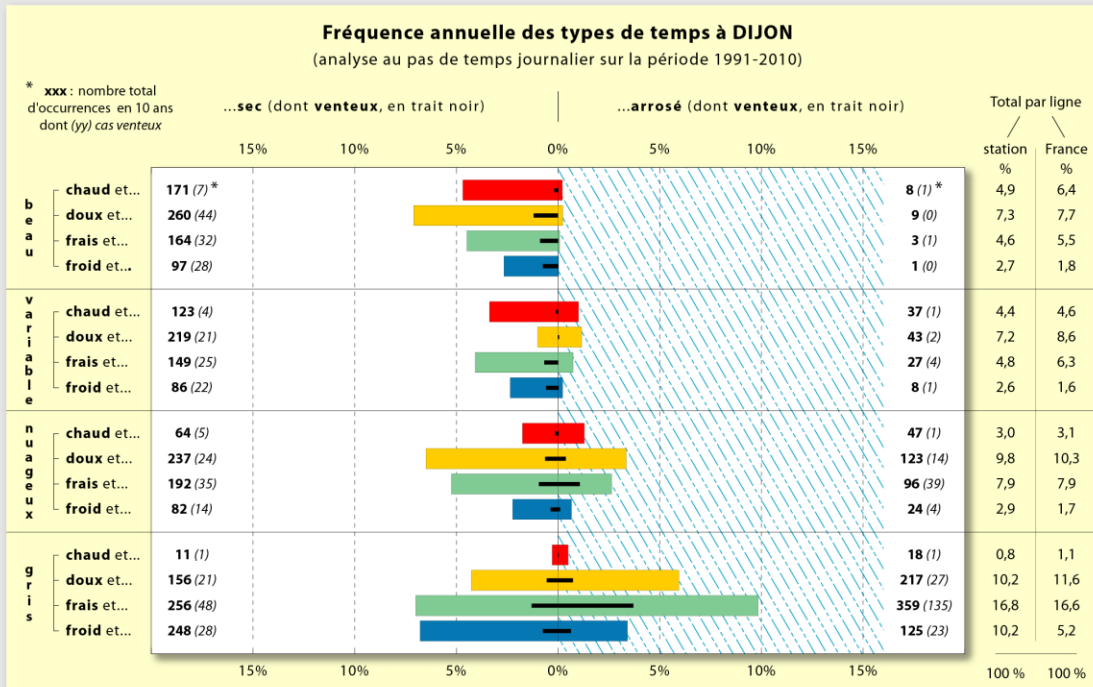
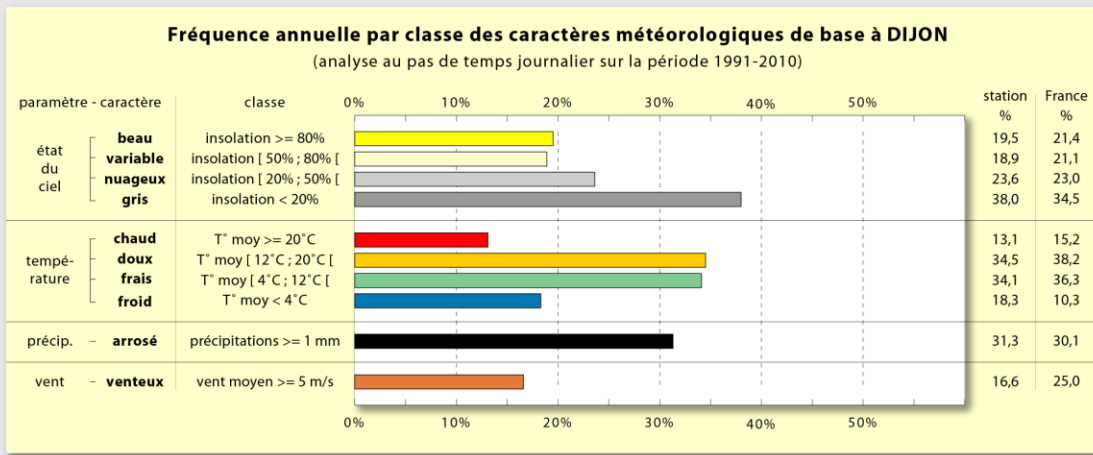
Les types de temps en France métropolitaine (1991-2010)



● DIJON-LONGVIC
Côte-d'Or (21)
Bourgogne

INSEE : 21 473 001
 Commune : Ouges
 Lieu-dit : Dijon-Longvic
 Type de poste : station synoptique, acquisition temps réel (type 0)
 Altitude : 219 m - Latitude : 47°16'00" N - Longitude : 05°05'18" E

● Stations de référence pour la France métropolitaine (calcul de la moyenne nationale) : Brest, La Rochelle, Lille, Lyon, Marseille, Orléans, Strasbourg, Toulouse



Olivier Cantat, Université de Caen Basse-Normandie, LETG Caen, UMR 6554 CNRS (après traitement des données de Météo-France)

Figure 92 : Fiche a des types de temps à Dijon-Longvic (période 1991-2010). Présentation de la station, des caractères météorologiques de base et de la synthèse des types de temps.

1.2. Les caractères météorologiques de base de la station

Dans la partie centrale de la *fiche a*, un rappel de la fréquence des quatre variables météorologiques servant de base à la typologie du temps est proposé sous forme de barres horizontales colorées, assorties de leurs valeurs chiffrées et de la « moyenne française » dans la partie droite du document.

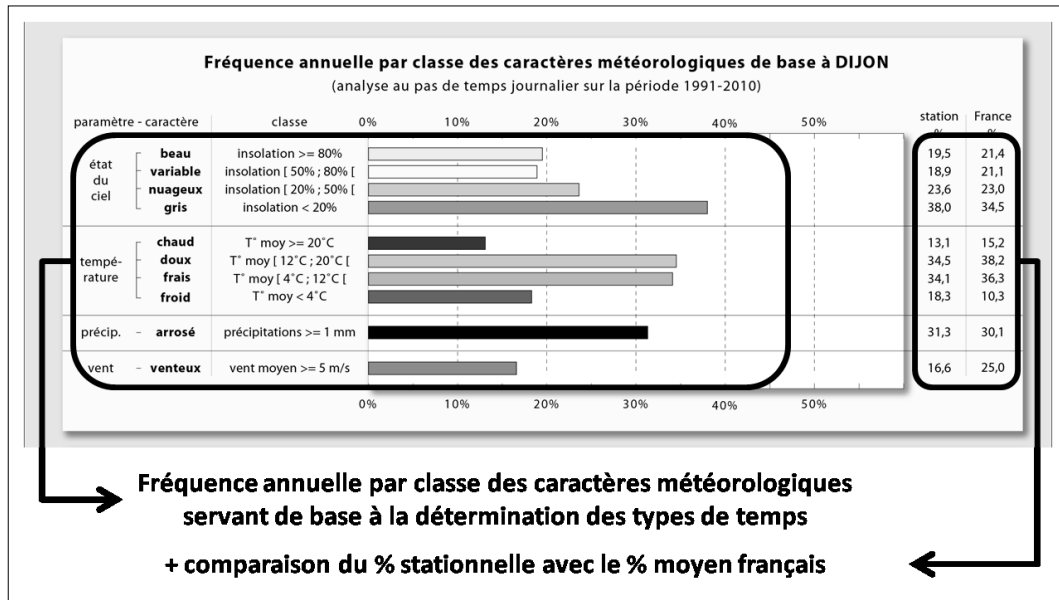


Figure 93 : Caractères météorologiques de base de la station de Dijon-Longvic (centre de la fiche a).

Cette information s'avère souvent utile pour vérifier si un des quatre paramètres de base ne présente pas une valeur « anormale » pouvant fausser ultérieurement l'analyse globalisante par *types de temps*. Ce cas de figure s'est présenté notamment pour la fraction d'insolation dans la station montagnarde de Bourg-St-Maurice évoqué dans la partie 2, en raison des effets de masque liés aux hauts reliefs qui encadrent la station ; ici, la topographie entraine une diminution de la classe « beau » (seulement 8,5% contre 21,4% de moyenne nationale) au profit de la classe « variable » (42,7% contre 21,1% de moyenne nationale).

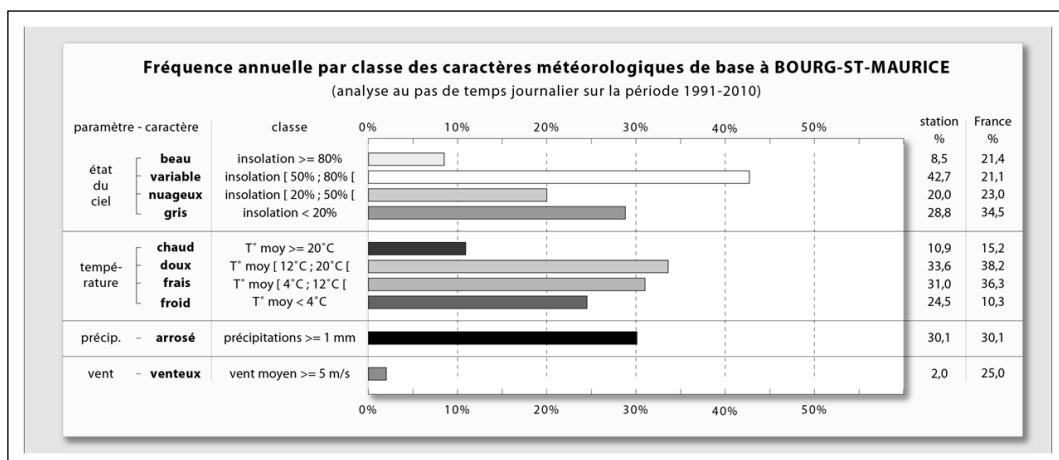


Figure 94 : Caractères météorologiques de base de la station de *Bourg-St-Maurice* (centre de la fiche a). Mise en évidence du masque topographique locale (transfert de la classe « beau » vers la classe « variable »).

1.3. La représentation synthétique des types de temps

La partie basse de la *fiche a* est la plus complexe à décrypter de tout le document car elle présente en un seul graphique toute l'information relative aux *types de temps* sur la période 1991-2010. Pour faciliter sa compréhension, nous avons décomposé en plusieurs parties sa lecture.

► En premier lieu, on distingue une trame horizontale principale qui fait ressortir l'état du ciel, allant de la catégorie « gris » en bas du document, à la catégorie « beau » en haut (figure 95). À l'intérieur de ces 4 bandes, on a inséré une distinction thermique allant du « froid » (en bas) au « chaud » (en haut). La couleur des barres est relative à la température selon une gamme logique (bleu = froid ; vert = frais ; orange = doux ; rouge = chaud).

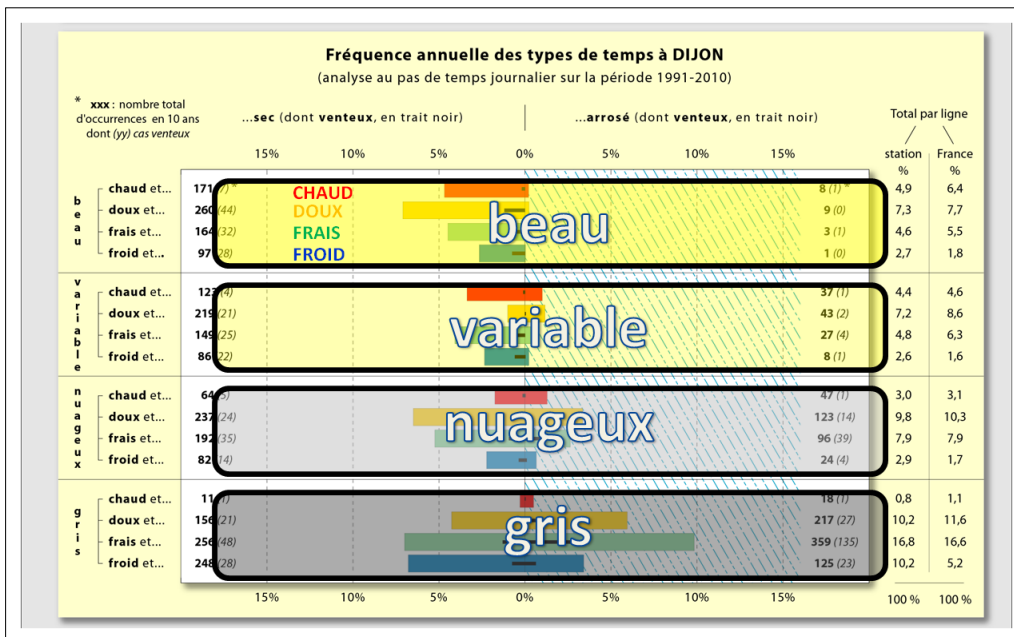


Figure 95 : Les types de temps à la station de Dijon-Longvic (bas de la fiche a) : la trame horizontale.

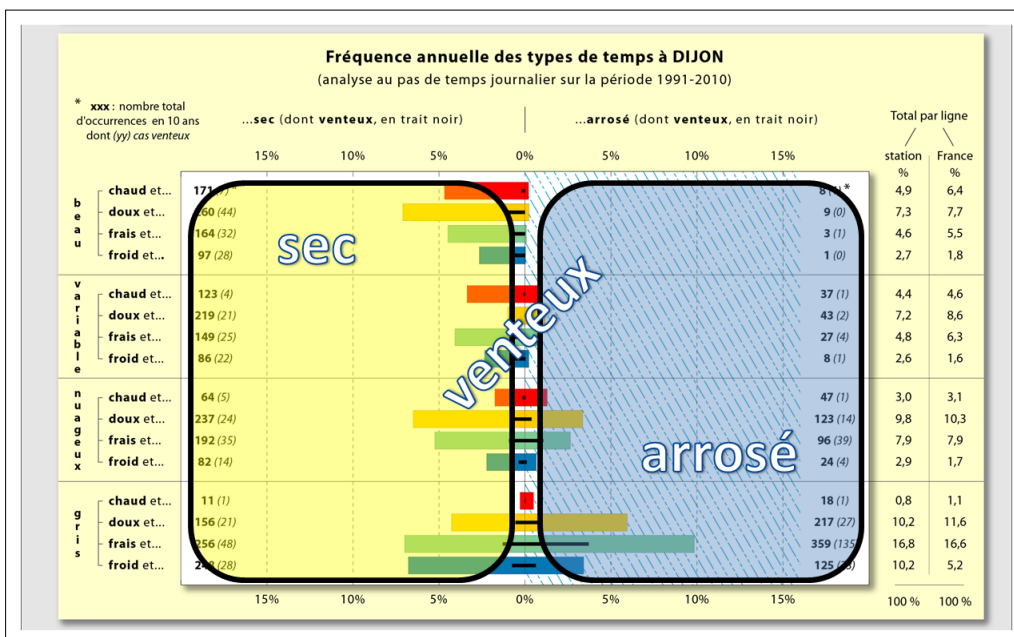


Figure 96 : Les types de temps à la station de Dijon-L. (bas de la fiche a) : trame verticale et superposition.

- La trame verticale permet de distinguer les types « arrosés » dans la partie droite du graphique, des types « secs » dans sa partie gauche (figure 96). Conformément à notre positionnement discuté dans la partie 2, la variable « vent » a été superposée aux barres larges représentant la fréquence des *types de temps*. Les vents moyens soutenus (FFM \geq 5 m/s) sont représentés par une bande noire étroite qui permet de rendre compte de ce paramètre en fonction des 3 autres paramètres.
- Parallèlement à ces informations graphiques, le document est complété par des valeurs chiffrées permettant de préciser l'analyse visuelle et d'effectuer des traitements numériques (figure 97).

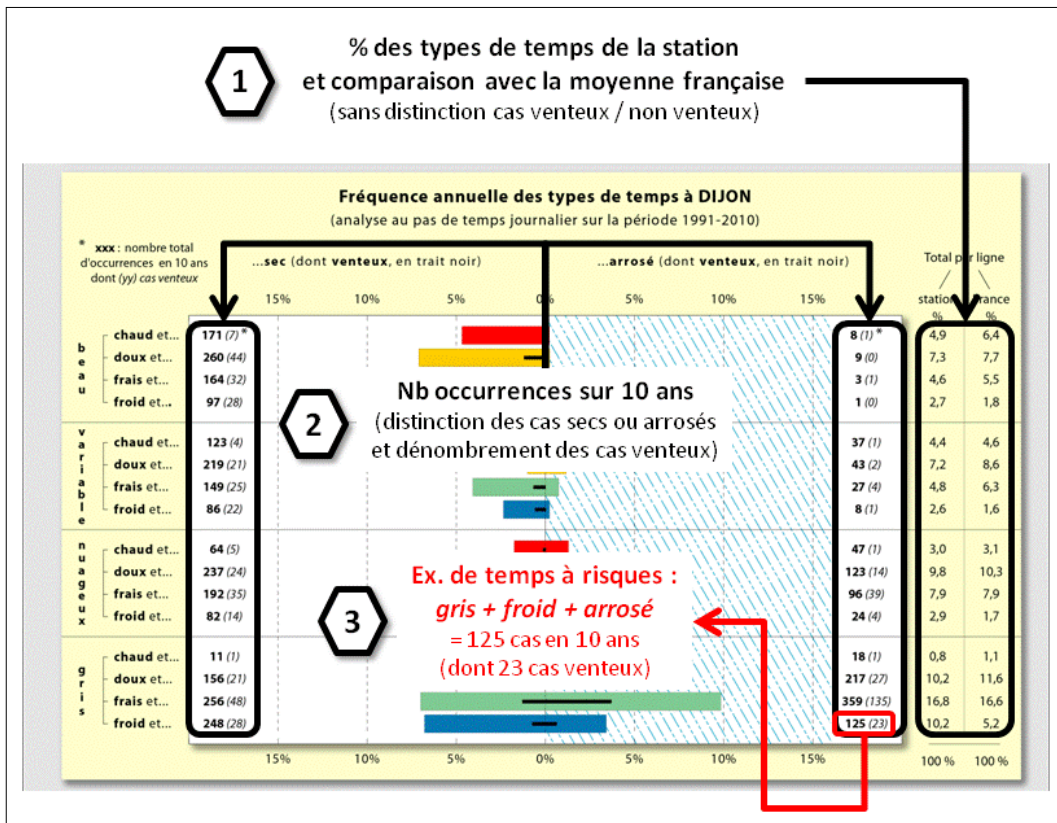


Figure 97 : Les *types de temps* à la station de *Dijon-Longvic* (bas de la fiche a) : informations numériques

À droite du document (n°1 de la figure), on a noté le pourcentage total des *types de temps* en fonction des trois premières composantes (sans distinction des cas venteux ou non venteux). Cette valeur stationnelle est comparée à la moyenne des 8 références nationales.

De part et d'autre de chaque barre colorée matérialisant une combinaison (n°2 de la figure), on a distingué le nombre de cas « secs » (à gauche) ou « arrosés » (à droite), assorti du nombre de cas venteux entre parenthèses. Pour faciliter l'interprétation, le nombre a été ramené à une période de 10 ans (il suffit alors de diviser par dix pour avoir une fréquence annuelle).

Enfin, pour illustrer par un cas concret ce document, un petit rectangle rouge focalise l'attention sur un exemple de combinaison « à risques » (n°3 de la figure) : le temps *gris, froid et arrosé*, synonyme de possibilité de chutes de neige (125 cas = 12,5 jours/an), voire de formation de congères en cas de vent (23 cas = 2,3 jours/an).

◆ À titre d'exemple, par le jeu des couleurs et des positions dans le graphique, la comparaison de *Dijon* et *Brest* montre instantanément les principales différences de *types de temps* enregistrés entre les régions de climat semi-continental ou océanique. En voici quelques brefs éléments.

Le point commun aux deux stations est la surreprésentation du cadre inférieur droit dans des tons vert et orange, c'est-à-dire la matérialisation de fréquentes combinaisons de temps gris, tempérés et arrosés. À cette observation vient toutefois se greffer un facteur de différenciation majeur : le vent, beaucoup plus présent en Bretagne qu'en Bourgogne (longues barres noires pour Brest).

Un autre élément important dans la discrimination climatique des deux stations est la visualisation immédiate de la gamme variée et plus moins équilibrée des couleurs pour Dijon (contrastes thermiques qui marquent la continentalité), comparativement à la quasi omniprésence des bandes orange et vert pour Brest (rares combinaisons chaudes ou froides qui traduisent l'océanité).

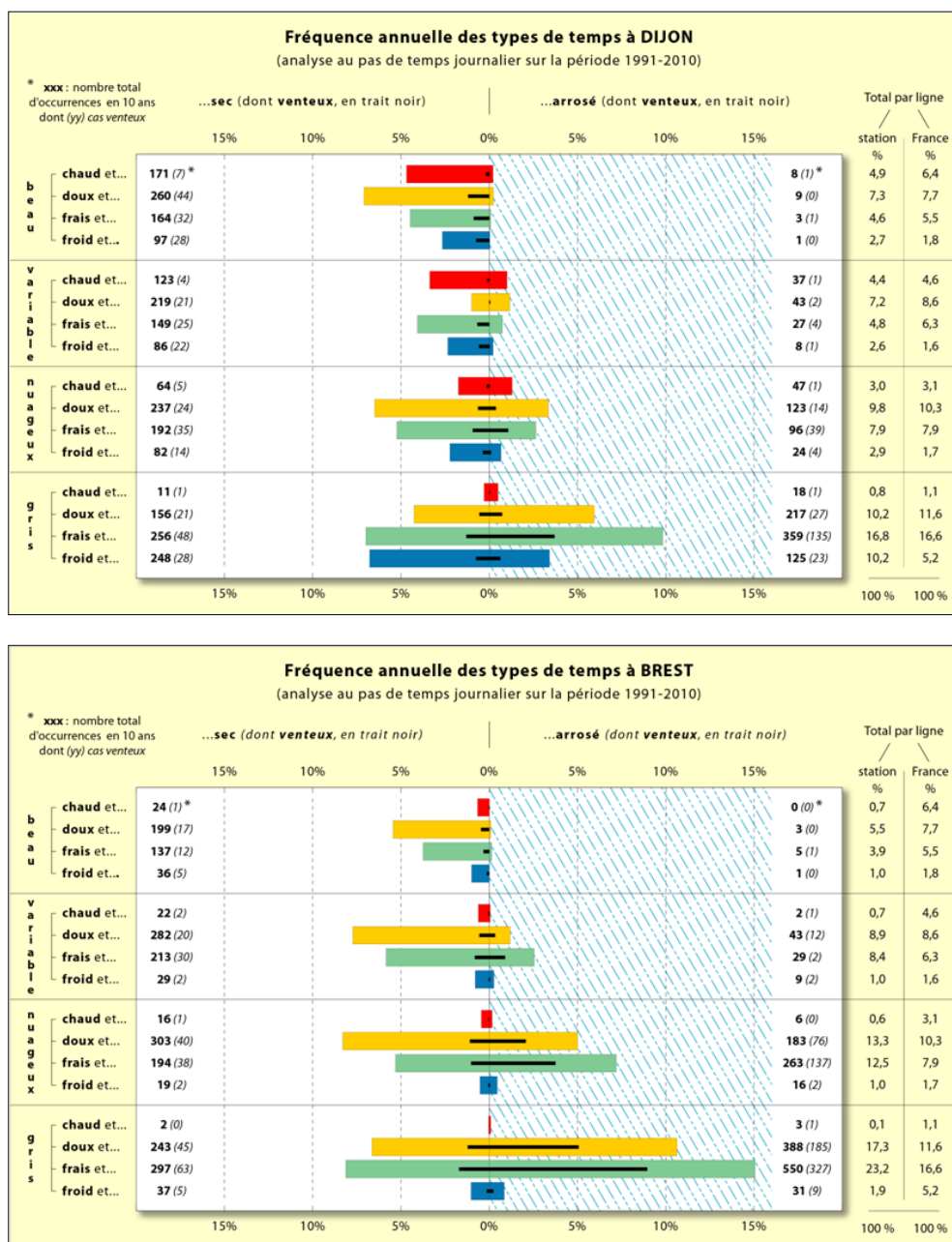


Figure 98 : La fréquence annuelle des *types de temps* à Brest et Dijon (période 1991-2010).

2. La saisonnalité des types de temps : fiche b

Cette deuxième fiche est présentée dans sa totalité sur la page suivante (figure 100) ; elle a été établie selon la même logique graphique que la fiche de synthèse.

► Dans le plan horizontal, le document est constitué de 4 rectangles superposés matérialisant les états du ciel (de *gris* en bas, à *beau* en haut). À l'intérieur de ces cadres, chaque ensemble est lui-même subdivisé en sous rectangles traduisant les ambiances thermiques (de *froid* en bas, à *chaud* en haut). Dans ces sous rectangles, on distingue alors les cas *secs* (en haut) des cas *arrosés* (en bas), eux-mêmes étant assortis d'une précision sur le nombre de cas *venteux* (en dessous, en italique).

► Dans le plan vertical, la saisonnalité est définie à partir d'un découpage mensuel de l'année civile, soit de janvier (à gauche) à décembre (à droite). Une colonne supplémentaire à droite du tableau principal comptabilise le total annuel de chaque *type de temps*.

Les valeurs sont exprimées en nombre de jours, à partir d'un calcul issu des 3 variables météorologiques de base (état du ciel, température et précipitations). Les cas venteux sont inscrits en dessous et en italique. Un ombrage en grisé plus ou moins soutenu permet de visualiser rapidement les différences pour les occurrences mensuelles (en dehors des cas venteux). La forme pyramidale, ou en V inversé, dans chaque rectangle matérialisant l'état du ciel reflète la saisonnalité de la température (fréquence des combinaisons « chaudes » en haut et au centre de chaque cadre).

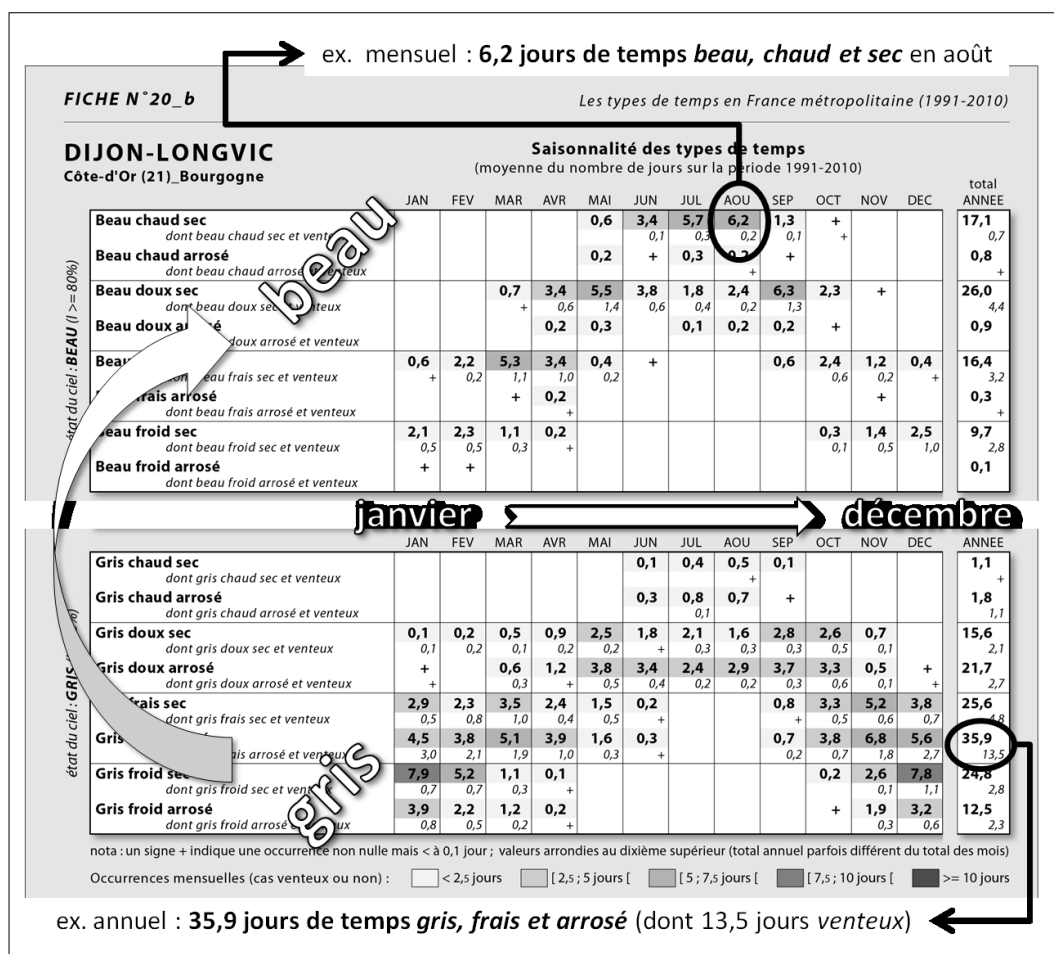


Figure 99 : La saisonnalité des types de temps à la station de Dijon-Longvic (haut et bas de la fiche b).

FICHE N° 20_b

Les types de temps en France métropolitaine (1991-2010)

DIJON-LONGVIC
Côte-d'Or (21)_Bourgogne

Saisonnalité des types de temps
(moyenne du nombre de jours sur la période 1991-2010)

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	total ANNEE	
état du ciel : BEAU (I >= 80%)	Beau chaud sec <i>dont beau chaud sec et venteux</i>				0,6	3,4	5,7	6,2	1,3	+			17,1	
	<i>dont beau chaud arrosé et venteux</i>					0,1	0,3	0,2	0,1				0,7	
	Beau chaud arrosé <i>dont beau chaud arrosé et venteux</i>				0,2	+	0,3	0,2	+				0,8	
	<i>dont beau chaud arrosé et venteux</i>												+	
	Beau doux sec <i>dont beau doux sec et venteux</i>			0,7	3,4	5,5	3,8	1,8	2,4	6,3	2,3	+		26,0
	<i>dont beau doux arrosé et venteux</i>			+	0,6	1,4	0,6	0,4	0,2	1,3				4,4
	Beau doux arrosé <i>dont beau doux arrosé et venteux</i>				0,2	0,3		0,1	0,2	0,2		+		0,9
	<i>dont beau doux arrosé et venteux</i>													
	Beau frais sec <i>dont beau frais sec et venteux</i>	0,6	2,2	5,3	3,4	0,4	+			0,6	2,4	1,2	0,4	16,4
<i>dont beau frais arrosé et venteux</i>	+	0,2	1,1	1,0	0,2				0,6	0,2	+	+	3,2	
Beau frais arrosé <i>dont beau frais arrosé et venteux</i>			+	0,2							+		0,3	
<i>dont beau frais arrosé et venteux</i>				+									+	
Beau froid sec <i>dont beau froid sec et venteux</i>	2,1	2,3	1,1	0,2						0,3	1,4	2,5	9,7	
<i>dont beau froid arrosé et venteux</i>	0,5	0,5	0,3	+						0,1	0,5	1,0	2,8	
Beau froid arrosé <i>dont beau froid arrosé et venteux</i>	+	+											0,1	
<i>dont beau froid arrosé et venteux</i>														
état du ciel : VARIABLE (50% <= I < 80%)	Variable chaud sec <i>dont variable chaud sec et venteux</i>				0,5	3,1	4,4	4,0	0,4				12,3	
	<i>dont variable chaud arrosé et venteux</i>					+	0,3	0,1					0,4	
	Variable chaud arrosé <i>dont variable chaud arrosé et venteux</i>				+	1,0	1,1	1,1	0,5				3,7	
	<i>dont variable chaud arrosé et venteux</i>								+				+	
	Variable doux sec <i>dont variable doux sec et venteux</i>			0,7	1,6	4,1	3,8	2,4	2,7	4,0	2,6	0,3		21,9
	<i>dont variable doux arrosé et venteux</i>			0,1	0,1	0,3	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2			2,1
	Variable doux arrosé <i>dont variable doux arrosé et venteux</i>			0,2	0,5	1,6	0,7	0,2	0,1	0,5	0,5	0,1		4,3
	<i>dont variable doux arrosé et venteux</i>			0,1			+				+			0,2
	Variable frais sec <i>dont variable frais sec et venteux</i>	0,7	1,5	3,5	3,4	1,2	+			0,5	1,8	1,6	0,8	14,9
<i>dont variable frais arrosé et venteux</i>	0,2	0,4	0,8	0,7		+			0,1	0,2	0,1	0,2	2,5	
Variable frais arrosé <i>dont variable frais arrosé et venteux</i>	0,1	0,5	0,6	0,5	+	+				0,3	0,4	0,3	2,7	
<i>dont variable frais arrosé et venteux</i>	0,1	0,2								+			0,4	
Variable froid sec <i>dont variable froid sec et venteux</i>	3,1	1,8	1,0	+						+	1,1	1,6	8,6	
<i>dont variable froid arrosé et venteux</i>	0,8	0,3	0,5	+							0,3	0,4	2,2	
Variable froid arrosé <i>dont variable froid arrosé et venteux</i>	0,5	0,2		+							+	0,1	0,8	
<i>dont variable froid arrosé et venteux</i>				+								0,1	0,1	
état du ciel : NUAGEUX (20% <= I < 50%)	Nuageux chaud sec <i>dont nuageux chaud sec et venteux</i>				+	1,2	2,7	2,3	0,2				6,4	
	<i>dont nuageux chaud arrosé et venteux</i>					0,1	0,3	0,1					0,5	
	Nuageux chaud arrosé <i>dont nuageux chaud arrosé et venteux</i>				0,1	1,0	1,9	1,4	0,4					4,7
	<i>dont nuageux chaud arrosé et venteux</i>							0,1						0,1
	Nuageux doux sec <i>dont nuageux doux sec et venteux</i>			0,7	1,8	3,4	3,7	3,1	3,4	4,6	3,0	0,2		23,7
	<i>dont nuageux doux arrosé et venteux</i>			0,2	0,2	0,4	0,6	0,2	0,3	0,4	0,4	+		2,4
	Nuageux doux arrosé <i>dont nuageux doux arrosé et venteux</i>		+	0,1	0,5	2,7	2,1	1,7	1,7	2,1	1,2	0,2		12,3
	<i>dont nuageux doux arrosé et venteux</i>			+	0,2		0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2		1,4
	Nuageux frais sec <i>dont nuageux frais sec et venteux</i>	1,6	2,5	3,1	3,2	1,1	0,2			0,5	2,5	3,3	1,5	19,2
<i>dont nuageux frais arrosé et venteux</i>	0,4	0,7	0,6	0,9	0,2				0,2	0,4	0,4	0,3	3,5	
Nuageux frais arrosé <i>dont nuageux frais arrosé et venteux</i>	0,9	1,1	1,3	2,4	0,4	0,2			0,2	0,9	1,5	1,0	9,6	
<i>dont nuageux frais arrosé et venteux</i>	0,6	0,7	0,4	0,7	0,1	+			+	0,3	0,4	0,8	3,9	
Nuageux froid sec <i>dont nuageux froid sec et venteux</i>	2,0	2,1	0,8	+						0,2	1,0	2,1	8,2	
<i>dont nuageux froid arrosé et venteux</i>	0,3	0,5	0,2							0,2	0,2	0,2	1,4	
Nuageux froid arrosé <i>dont nuageux froid arrosé et venteux</i>	0,5	0,5	0,4	0,2						0,1	0,2	0,7	2,4	
<i>dont nuageux froid arrosé et venteux</i>	0,1	+	0,2										0,4	
état du ciel : GRIS (I < 20%)	Gris chaud sec <i>dont gris chaud sec et venteux</i>					0,1	0,4	0,5	0,1				1,1	
	<i>dont gris chaud arrosé et venteux</i>							+					+	
	Gris chaud arrosé <i>dont gris chaud arrosé et venteux</i>					0,3	0,8	0,7	+				1,8	
	<i>dont gris chaud arrosé et venteux</i>						0,1						1,1	
	Gris doux sec <i>dont gris doux sec et venteux</i>	0,1	0,2	0,5	0,9	2,5	1,8	2,1	1,6	2,8	2,6	0,7		15,6
	<i>dont gris doux arrosé et venteux</i>	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	+	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1		2,1
	Gris doux arrosé <i>dont gris doux arrosé et venteux</i>	+		0,6	1,2	3,8	3,4	2,4	2,9	3,7	3,3	0,5	+	21,7
	<i>dont gris doux arrosé et venteux</i>	+		0,3	+	0,5	0,4	0,2	0,2	0,3	0,6	0,1	+	2,7
	Gris frais sec <i>dont gris frais sec et venteux</i>	2,9	2,3	3,5	2,4	1,5	0,2			0,8	3,3	5,2	3,8	25,6
<i>dont gris frais arrosé et venteux</i>	0,5	0,8	1,0	0,4	0,5	+			+	0,5	0,6	0,7	4,8	
Gris frais arrosé <i>dont gris frais arrosé et venteux</i>	4,5	3,8	5,1	3,9	1,6	0,3			0,7	3,8	6,8	5,6	35,9	
<i>dont gris frais arrosé et venteux</i>	3,0	2,1	1,9	1,0	0,3	+			0,2	0,7	1,8	2,7	13,5	
Gris froid sec <i>dont gris froid sec et venteux</i>	7,9	5,2	1,1	0,1						0,2	2,6	7,8	24,8	
<i>dont gris froid arrosé et venteux</i>	0,7	0,7	0,3	+						0,1	1,1		2,8	
Gris froid arrosé <i>dont gris froid arrosé et venteux</i>	3,9	2,2	1,2	0,2						+	1,9	3,2	12,5	
<i>dont gris froid arrosé et venteux</i>	0,8	0,5	0,2	+							0,3	0,6	2,3	

nota : un signe + indique une occurrence non nulle mais < à 0,1 jour ; valeurs arrondies au dixième supérieur (total annuel parfois différent du total des mois)
Occurrences mensuelles (cas venteux ou non) : □ < 2,5 jours □ [2,5 ; 5 jours [□ [5 ; 7,5 jours [□ [7,5 ; 10 jours [□ >= 10 jours

Olivier Cantat, Université de Caen Basse-Normandie, LETG Caen, UMR 6554 CNRS (après traitement des données de Météo-France)

Figure 100 : Fiche b des types de temps à Dijon-Longvic (période 1991-2010) : saisonnalité.

◆ À titre d'exemple, nous présentons ci-dessous la saisonnalité de la combinaison *beau, chaud et sec* (BC-) dont les fréquences mensuelles et les dates d'occurrence discriminent fortement l'espace méditerranéen de tous les autres milieux géographiques français (figure 101).

DIJON-LONGVIC Côte-d'Or (21)_Bourgogne		Saisonnalité des types de temps (moyenne du nombre de jours sur la période 1991-2010)												total
		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNÉE
Beau chaud sec	dont beau chaud sec et venteux					0,6	3,4	5,7	6,2	1,3	+			17,1
							0,1	0,3	0,2	0,1	+			0,7
BREST-GUIPAVAS Finistère (29)_Bretagne		Saisonnalité des types de temps (moyenne du nombre de jours sur la période 1991-2010)												total
Beau chaud sec	dont beau chaud sec et venteux					+	0,5	1,0	0,7	0,3				2,4
							+	+						0,1
STRASBOURG-ENTZHEIM Bas-Rhin (67)_Alsace		Saisonnalité des types de temps (moyenne du nombre de jours sur la période 1991-2010)												total
Beau chaud sec	dont beau chaud sec et venteux					+	0,8	2,5	4,2	5,5	0,9	+		14,0
							+	+						0,1
MARSEILLE-MARIGNANE Bouches-du-Rhône (13)_PACA		Saisonnalité des types de temps (moyenne du nombre de jours sur la période 1991-2010)												total
Beau chaud sec	dont beau chaud sec et venteux					+	4,4	14,2	20,6	18,9	9,7	1,4		69,1
							1,4	4,5	7,6	6,4	2,7	0,4		22,9

Figure 101 : Saisonnalité de la combinaison BC- (beau, chaud et sec), avec distinction des cas venteux, pour *Dijon* et 3 stations représentatives de la diversité régionale : climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010.

La saisonnalité des configurations estivales (au sens commun et touristique du terme) rapprochent logiquement *Dijon* de *Strasbourg*, le Centre-Est et l'Est de la France connaissant, en dehors des périodes de temps perturbé de composantes Ouest et Sud possibles même en été, de fortes affinités liées à leur continentalité. La position plus méridionale de *Dijon* accroît légèrement la fréquence de cette combinaison entre juin et septembre.

Comparativement, l'appartenance à des climats totalement différents pour *Brest* et *Marseille* est flagrante :

- l'océanité de la station bretonne se manifeste par le caractère exceptionnel de ce *type de temps* dont l'occurrence suppose l'établissement simultané de conditions déjà rarement rencontrées, même prises séparément pour les régions au Nord de la France et qui plus est en bordure de l'Atlantique ;
- les influences subtropicales s'étendant sur le bassin méditerranéen en été confèrent à *Marseille* une fréquence remarquable de conditions chaudes et sèches qui commencent ici plus tôt et se terminent plus tard qu'à *Dijon*. En termes de fréquence mensuelle, ce qui est exceptionnel à *Brest*, rare à *Strasbourg* et *Dijon* (4 à 6 jours en juillet et août) devient habituel sur les bords de la Méditerranée (de l'ordre de 15 à 20 jours en juin, juillet et août). Seul « bémol » à ce tableau estival, la fréquence élevée des journées venteuses qui affectent les secteurs exposés de la région (par beau temps chaud et sec, le Mistral est présent en moyenne 1 jour sur 3 à *Marseille*).

3. La variabilité interannuelle des types de temps : fiche c

Cette troisième fiche est présentée dans sa totalité sur la page suivante (figure 103) ; elle a été établie selon la même logique graphique que les deux fiches précédentes.

► [idem au cas précédent] Dans le plan horizontal, le document est constitué de quatre rectangles superposés matérialisant les états du ciel (de *gris* en bas, à *beau* en haut). À l'intérieur de ces cadres, chaque ensemble est lui-même subdivisé en sous rectangles traduisant les ambiances thermiques (de *froid* en bas, à *chaud* en haut). Dans ces sous rectangles, on distingue alors les cas *secs* (en haut) des cas *arrosés* (en bas), eux-mêmes étant assortis d'une précision sur le nombre de cas *venteux* (en dessous, en italique).

► Dans le plan vertical, la variabilité est définie à partir de la succession des vingt années de référence, soit de 1991 (à gauche) à 2010 (à droite). Une colonne supplémentaire à droite du tableau principal comptabilise le total annuel de chaque *type de temps*.

Les valeurs sont exprimées en nombre de jours, à partir d'un calcul issu des trois variables météorologiques de base (état du ciel, température et précipitations). Les cas venteux sont inscrits en dessous et en italique. Un ombrage en grisé plus ou moins soutenu permet de visualiser rapidement les différences pour les occurrences annuelles (cas venteux ou non).

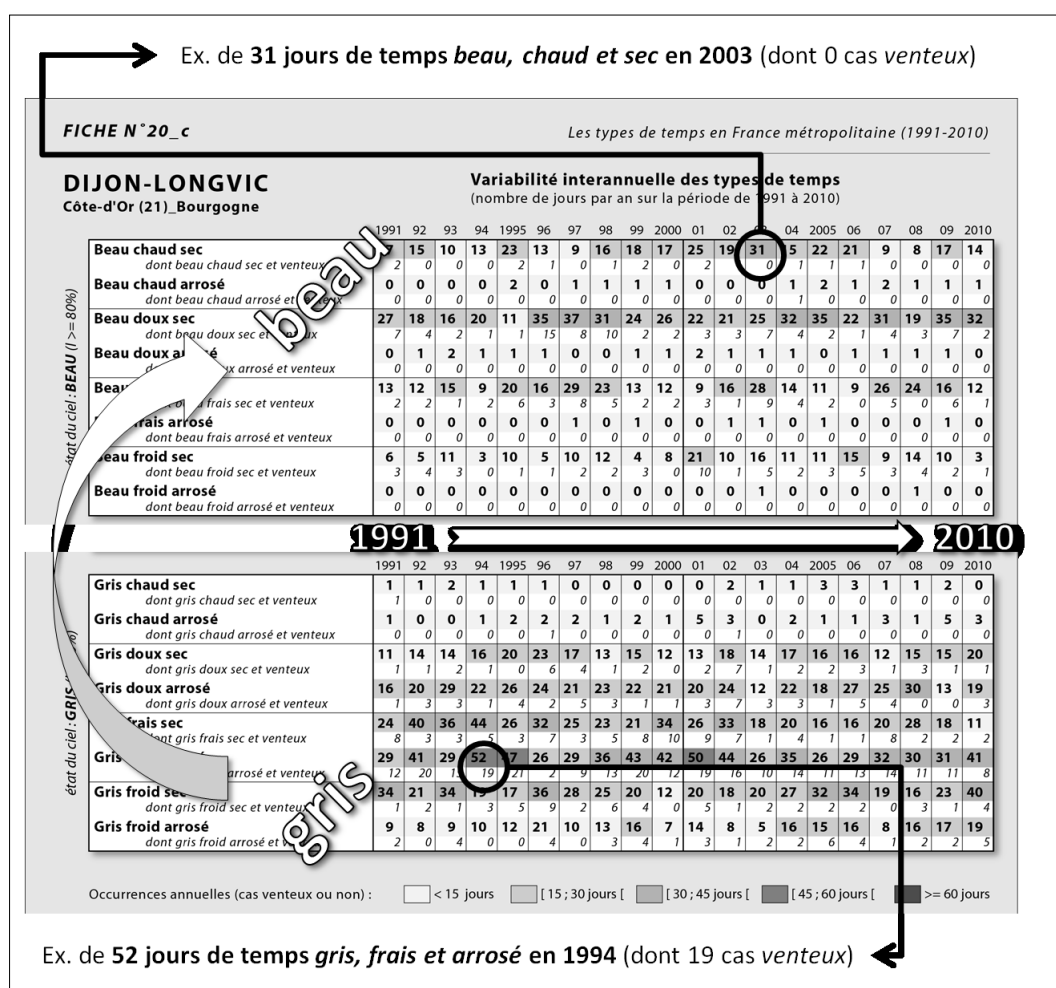


Figure 102 : La variabilité interannuelle des types de temps à la station de *Dijon-Longvic* sur la période 1991-2010 (haut et bas de la fiche c).

FICHE N° 20_c

Les types de temps en France métropolitaine (1991-2010)

DIJON-LONGVIC
Côte-d'Or (21) Bourgogne

Variabilité interannuelle des types de temps
(nombre de jours par an sur la période de 1991 à 2010)

	1991	92	93	94	1995	96	97	98	99	2000	01	02	03	04	2005	06	07	08	09	2010	
état du ciel : BEAU (I >= 80%)	Beau chaud sec <i>dont beau chaud sec et venteux</i>	27	15	10	13	23	13	9	16	18	17	25	19	31	15	22	21	9	8	17	14
	<i>dont beau chaud arrosé et venteux</i>	2	0	0	0	2	1	0	1	2	0	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0
	Beau chaud arrosé <i>dont beau chaud arrosé et venteux</i>	0	0	0	0	2	0	1	1	1	1	0	0	0	1	2	1	2	1	1	1
	<i>dont beau chaud arrosé et venteux</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Beau doux sec <i>dont beau doux sec et venteux</i>	27	18	16	20	11	35	37	31	24	26	22	21	25	32	35	22	31	19	35	32
	<i>dont beau doux arrosé et venteux</i>	7	4	2	1	1	15	8	10	2	2	3	3	7	4	2	1	4	3	7	2
	Beau doux arrosé <i>dont beau doux arrosé et venteux</i>	0	1	2	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1	0
	<i>dont beau doux arrosé et venteux</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Beau frais sec <i>dont beau frais sec et venteux</i>	13	12	15	9	20	16	29	23	13	12	9	16	28	14	11	9	26	24	16	12
	<i>dont beau frais arrosé et venteux</i>	2	2	1	2	6	3	8	5	2	2	3	1	9	4	2	0	5	0	6	1
Beau frais arrosé <i>dont beau frais arrosé et venteux</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	
<i>dont beau frais arrosé et venteux</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Beau froid sec <i>dont beau froid sec et venteux</i>	6	5	11	3	10	5	10	12	4	8	21	10	16	11	11	15	9	14	10	3	
<i>dont beau froid arrosé et venteux</i>	3	4	3	0	1	1	2	2	3	0	10	1	5	2	3	5	3	4	2	1	
Beau froid arrosé <i>dont beau froid arrosé et venteux</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
<i>dont beau froid arrosé et venteux</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
état du ciel : VARIABLE (50% <= I < 80%)	Variable chaud sec <i>dont variable chaud sec et venteux</i>	13	17	11	19	8	11	18	7	16	10	6	8	32	7	10	14	8	9	12	10
	<i>dont variable chaud arrosé et venteux</i>	0	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
	Variable chaud arrosé <i>dont variable chaud arrosé et venteux</i>	2	3	2	3	3	1	5	3	2	6	3	1	5	9	4	9	4	3	2	3
	<i>dont variable chaud arrosé et venteux</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variable doux sec <i>dont variable doux sec et venteux</i>	22	21	21	26	20	15	16	23	16	26	24	20	11	24	26	19	28	24	35	21
	<i>dont variable doux arrosé et venteux</i>	0	2	3	2	5	1	2	1	2	2	1	3	1	2	3	0	2	5	4	1
	Variable doux arrosé <i>dont variable doux arrosé et venteux</i>	2	4	4	6	2	2	5	2	3	8	4	4	5	1	6	1	2	8	10	6
	<i>dont variable doux arrosé et venteux</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Variable frais sec <i>dont variable frais sec et venteux</i>	23	15	9	13	14	12	16	17	16	18	5	24	15	11	12	8	17	15	20	17
	<i>dont variable frais arrosé et venteux</i>	3	1	1	3	2	0	3	5	1	3	1	8	2	2	2	1	3	4	2	3
Variable frais arrosé <i>dont variable frais arrosé et venteux</i>	2	2	1	4	6	2	2	2	3	4	4	3	3	4	0	2	1	2	3	6	
<i>dont variable frais arrosé et venteux</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	
Variable froid sec <i>dont variable froid sec et venteux</i>	16	14	6	3	9	10	5	7	10	8	5	2	12	8	17	10	5	6	7	12	
<i>dont variable froid arrosé et venteux</i>	3	1	1	2	4	0	4	3	0	1	1	3	3	7	2	3	1	4	1	1	
Variable froid arrosé <i>dont variable froid arrosé et venteux</i>	1	0	1	0	0	2	2	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	2	0	2	
<i>dont variable froid arrosé et venteux</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
état du ciel : NUAGEUX (20% <= I < 50%)	Nuageux chaud sec <i>dont nuageux chaud sec et venteux</i>	10	7	8	5	10	3	8	10	4	6	7	9	9	5	5	6	5	6	2	3
	<i>dont nuageux chaud arrosé et venteux</i>	2	1	1	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	Nuageux chaud arrosé <i>dont nuageux chaud arrosé et venteux</i>	6	2	2	7	6	3	4	1	8	3	5	2	6	3	5	5	7	3	10	6
	<i>dont nuageux chaud arrosé et venteux</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Nuageux doux sec <i>dont nuageux doux sec et venteux</i>	12	18	35	25	31	19	20	21	28	25	24	24	16	21	31	29	33	26	14	22
	<i>dont nuageux doux arrosé et venteux</i>	3	1	3	4	1	0	2	4	1	2	0	4	0	5	2	3	5	4	1	2
	Nuageux doux arrosé <i>dont nuageux doux arrosé et venteux</i>	8	19	16	10	7	9	13	16	16	9	15	13	11	16	12	17	14	7	8	9
	<i>dont nuageux doux arrosé et venteux</i>	1	2	0	2	0	3	2	3	2	1	2	2	1	3	0	2	2	0	0	0
	Nuageux frais sec <i>dont nuageux frais sec et venteux</i>	23	27	20	18	16	22	21	13	16	26	10	23	16	20	9	16	25	28	17	17
	<i>dont nuageux frais arrosé et venteux</i>	3	4	5	1	3	4	5	4	2	6	2	4	4	4	2	1	4	4	3	4
Nuageux frais arrosé <i>dont nuageux frais arrosé et venteux</i>	14	9	7	7	3	8	9	15	11	17	13	11	8	10	3	7	11	10	10	7	
<i>dont nuageux frais arrosé et venteux</i>	4	4	5	3	2	2	6	9	5	5	4	2	6	4	1	2	8	2	2	2	
Nuageux froid sec <i>dont nuageux froid sec et venteux</i>	9	8	12	6	6	11	1	9	14	4	10	1	11	13	12	7	4	10	8	7	
<i>dont nuageux froid arrosé et venteux</i>	0	1	5	0	1	0	1	4	0	0	0	0	2	6	5	0	0	0	1	1	
Nuageux froid arrosé <i>dont nuageux froid arrosé et venteux</i>	4	4	1	2	6	1	1	1	2	2	3	1	5	0	3	3	3	2	2	2	
<i>dont nuageux froid arrosé et venteux</i>	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
état du ciel : GRIS (I < 20%)	Gris chaud sec <i>dont gris chaud sec et venteux</i>	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	1	3	3	1	1	2	0
	<i>dont gris chaud arrosé et venteux</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gris chaud arrosé <i>dont gris chaud arrosé et venteux</i>	1	0	0	1	2	2	2	1	2	1	5	3	0	2	1	1	3	1	5	3
	<i>dont gris chaud arrosé et venteux</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gris doux sec <i>dont gris doux sec et venteux</i>	11	14	14	16	20	23	17	13	15	12	13	18	14	17	16	16	12	15	15	20
	<i>dont gris doux arrosé et venteux</i>	1	1	2	1	0	6	4	1	2	0	2	7	1	2	2	3	1	3	1	1
	Gris doux arrosé <i>dont gris doux arrosé et venteux</i>	16	20	29	22	26	24	21	23	22	21	20	24	12	22	18	27	25	30	13	19
	<i>dont gris doux arrosé et venteux</i>	1	3	3	1	4	2	5	3	1	1	3	7	3	3	1	5	4	0	0	3
	Gris frais sec <i>dont gris frais sec et venteux</i>	24	40	36	44	26	32	25	23	21	34	26	33	18	20	16	16	20	28	18	11
	<i>dont gris frais arrosé et venteux</i>	8	3	3	5	3	7	3	5	8	10	9	7	1	4	1	1	8	2	2	2
Gris frais arrosé <i>dont gris frais arrosé et venteux</i>	29	41	29	52	47	26	29	36	43	42	50	44	26	35	26	29	32	30	31	41	
<i>dont gris frais arrosé et venteux</i>	12	20	15	19	21	2	9	13	20	12	19	16	10	14	11	13	14	11	11	8	
Gris froid sec <i>dont gris froid sec et venteux</i>	34	21	34	19	17	36	28	25	20	12	20	18	20	27	32	34	19	16	23	40	
<i>dont gris froid arrosé et venteux</i>	1	2	1	3	5	9	2	6	4	0	5	1	2	2	2	2	0	3	1	4	
Gris froid arrosé <i>dont gris froid arrosé et venteux</i>	9	8	9	10	12	21	10	13	16	7	14	8	5	16	15	16	8	16	17	19	
<i>dont gris froid arrosé et venteux</i>	2	0	4	0	0	4	0	3	4	1	3	1	2	2	6	4	1	2	2	5	

Occurrences annuelles (cas venteux ou non) : □ < 15 jours □ [15 ; 30 jours [□ [30 ; 45 jours [□ [45 ; 60 jours [□ >= 60 jours

Olivier Cantat, Université de Caen Basse-Normandie, LETG Caen, UMR 6554 CNRS (après traitement des données de Météo-France)

Figure 103 : Fiche c des types de temps à Dijon-Longvic (période 1991-2010) : variabilité interannuelle.

- ◆ À titre d'illustration sur la variabilité interannuelle des *types de temps*, reprenons l'exemple de la combinaison BC- (beau, chaud et sec) qui est un excellent marqueur des « Grands étés » ou des « étés pourris » que nous pouvons connaître dans les climats des latitudes moyennes (figure 104).



Figure 104 : Variabilité interannuelle de la combinaison BC- (beau, chaud et sec), avec distinction des cas venteux, pour *Dijon* et 3 stations représentatives de la diversité régionale : climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010.

Pour les mêmes raisons que celles exposées précédemment pour la saisonnalité des *types de temps*, la variabilité interannuelle des conditions estivales marquées par des épisodes de *beau temps chaud et sec* rapprochent plus *Dijon* de *Strasbourg* que de *Brest* ou *Marseille*. Seule l'année 1991 différencie assez nettement *Dijon* de *Strasbourg* (27 jours contre 13) en raison principalement de températures un peu plus basses en Alsace ou de nuages un peu plus présents dans le ciel qui ont transformé bon nombre de journées « BC- » de *Dijon* en « BD- » ou en « VC- » à *Strasbourg* cette année-là. À *Dijon*, comme sur toute la France et une grande partie de l'Europe, l'année 2003 pointe au 1^{er} rang d'un classement sur les 20 années de 1991 à 2010 en raison de conditions synoptiques propices à l'installation durable de la chaleur et de la sécheresse (Cantat, 2004). Cette année de la Canicule contraste avec des quelques étés médiocres qui ont suivi (31 jours de BC- en 2003 contre seulement 9 et 8 en 2007 et 2008).

Sinon, en toute logique, la station de *Brest* enregistre des valeurs très faibles (de 0 jour près d'une année sur deux à un maximum de 7 jours) en raison de son océanité peu propice à la chaleur et à un plein ensoleillement. Inversement, *Marseille* compte chaque année un minimum d'une cinquantaine de jours « beau, chaud et sec » et le plus souvent l'équivalent d'environ 2 à 3 mois en cumulant les jours répondant à ces conditions estivales (maximum de 87 jours en 2003). En contrepartie, le vent est souvent présent (35 jours de temps BC-W en 2004 sur les 79 jours de BC-), refroidissant les eaux côtières et favorisant alors le déclenchement et l'extension des feux de forêt...

4. L'aire d'influence d'une station et la persistance des types de temps : fiche d

Cette quatrième fiche est présentée dans sa totalité sur la page suivante (figure 106) ; elle est composée de deux parties totalement distinctes.

4.1. L'aire d'influence d'une station (haut de la fiche d)

L'aire d'influence a été définie en comparant les *types de temps* de la station donnée à ceux enregistrés au même moment dans les 59 autres stations. Comme nous l'expliquons dans la partie précédente, la fenêtre temporelle de comparaison du jour (J) a été élargie à la veille (J-1) et au lendemain (J+1) pour « laisser le temps » aux masses d'air de concerner l'ensemble du pays, le cas échéant. L'analyse s'appuie sur la combinaison des 3 premières variables météorologiques uniquement, comme nous le mentionnions également dans la partie précédente, pour neutraliser les particularités de la géographie du vent, trop dépendante de facteurs locaux non représentatifs à méso-échelle.

Au final, la carte est donc formée de cercles dont le diamètre est proportionnel aux pourcentages de cas identiques plus ou moins simultanément (entre 21% pour *Nice* par rapport à *Dijon*, et 67% pour *Besançon*). La lecture globale de l'aire d'influence est facilitée par le tracé d'isolignes⁶¹ de 10 en 10% ; les déformations de ces lignes permettent de discerner les différences de climat : si l'espace climatique était isotrope, on aurait des cercles concentriques décroissant de l'intérieur vers la périphérie, la probabilité d'avoir un *type de temps* différent augmentant logiquement avec la distance. Cette approche sera exploitée pour la régionalisation des *types de temps* (voir Partie 3).

◆ Sur une carte simplifiée des relations entre stations (figure 105), il est manifeste que dans certaines directions la décroissance est beaucoup plus rapide que pour d'autres. Ainsi, à égale distance approximativement de *Dijon* (≈ 430 km), le taux de ressemblance est de 46% avec *Angers-Beaucouzé* (vers l'Ouest), de 41% avec *Le Touquet* (vers le Nord) mais il « tombe » à 22% seulement avec *Marseille* (vers le Sud).

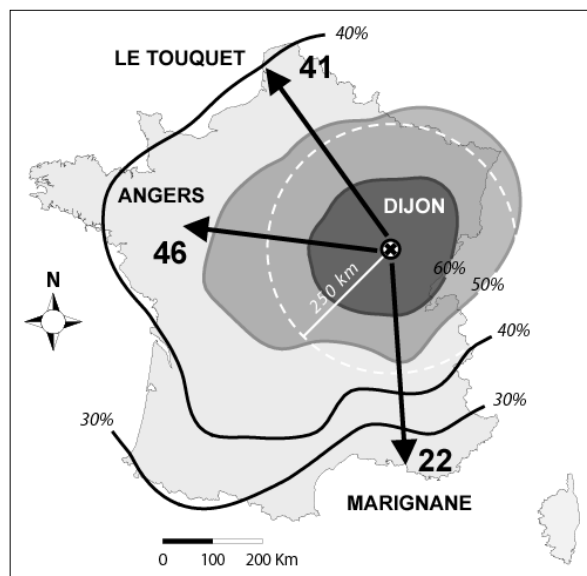


Figure 105 : L'aire d'influence de la station de *Dijon-Longvic* (d'après 3 paramètres météorologiques : état du ciel, température et précipitations, sur la période 1991-2010). Adaptée d'après le bas de la fiche d.

À proximité de la station de *Longvic*, l'aire est relativement circulaire, traduisant l'absence de « forçages » majeurs sur le climat. Au seuil de 50%, une déformation d'axe SW-NE apparaît, cet étirement matérialisant le rôle des masses d'air maritime « tassant » l'extension des influences continentales vers le NW. Le phénomène le plus remarquable est toutefois le gradient accusé dans la vallée du Rhône, marquant une très nette transition de climat avec le domaine méditerranéen.

⁶¹ les isolignes sont tracées par simple krigeage, cette méthode étant suffisante en raison de la densité et de l'homogénéité spatiale du semis de stations météorologiques servant de support à la spatialisation des données ponctuelles (cf. la carte page suivante).

DIJON-LONGVIC

Côte d'Or (21)_Bourgogne

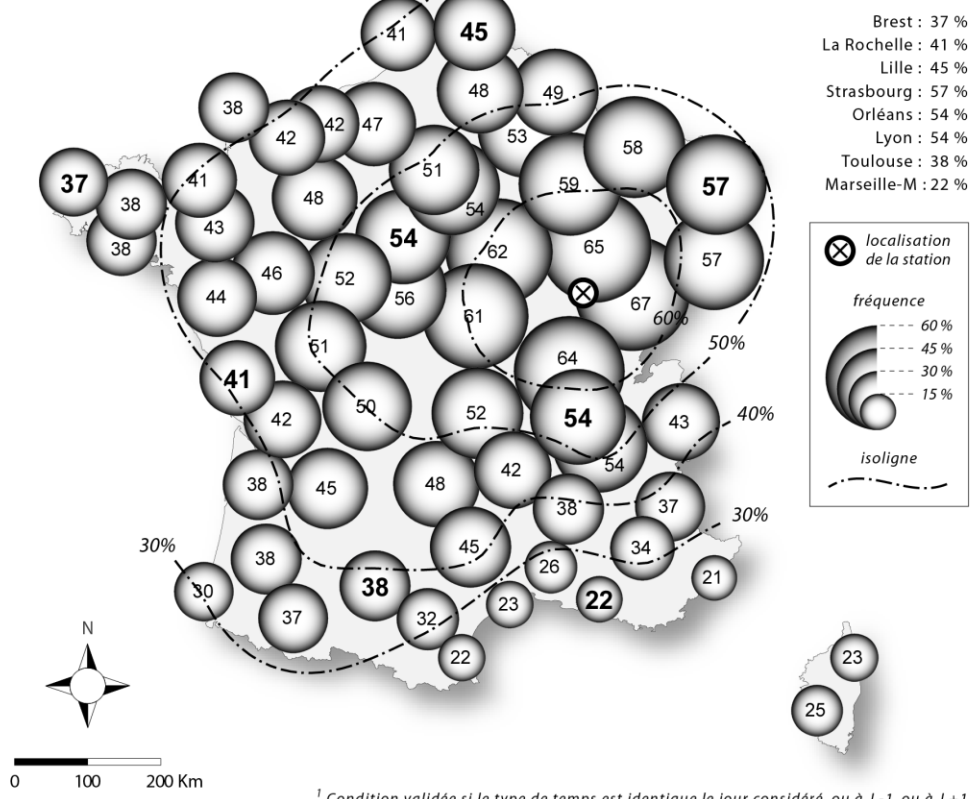
Co-occurrence annuelle des types de temps

Fréquence des types de temps identiques¹ à ceux de DIJON-LONGVIC

Combinaison de 3 paramètres du temps sensible : état du ciel, température et précipitations²

Pourcentage de jours par an sur la période 1991-2010

Co-occurrence annuelle avec les 8 stations référence (en gras) : 43,5 %



O. Cantat, 2014

¹ Condition validée si le type de temps est identique le jour considéré, ou à J-1, ou à J+1

² Pour mettre en valeur l'organisation climatique à méso-échelle, la carte n'intègre pas le vent car ce paramètre est souvent perturbé par des facteurs locaux (relief, forêt...)

Durée maximale et durée moyenne des 10 types de temps les plus fréquents

Rang	%	Descriptif (3 paramètres)	Durée max série continue et date (la plus récente)	Moy. des 5 plus longues séries	Durée max série avec rupture et date (la plus récente)*	Moy. des 5 plus longues séries
1	9,8	GRIS FRAIS ARROSE	7 jours (08 au 14/03/2001)	6,2 jours	13 jours (18 au 30/01/1995)	10,8 jours
2	7,1	BEAU DOUX SEC	12 jours (14 au 25/04/2007)	8,6 jours	13 jours (23/09 au 05/10/1997)	10,6 jours
3	7,0	GRIS FRAIS SEC	5 jours (02 au 06/12/2002)	4,8 jours	14 jours (11 au 24/11/1994)	9,2 jours
4	6,8	GRIS FROID SEC	10 jours (26/01 au 04/02/1997)	8,4 jours	10 jours (26/01 au 04/02/1997)	9,4 jours
5	6,5	NUAGEUX DOUX SEC	4 jours (18 au 21/07/2008)	3,4 jours	8 jours (23 au 30/04/1993)	6,8 jours
6	6,0	VARIABLE DOUX SEC	4 jours (20 au 23/06/2009)	3,6 jours	8 jours (27/04 au 04/05/2007)	7,0 jours
7	5,9	GRIS DOUX ARROSE	5 jours (26 au 30/09/1991)	4,2 jours	7 jours (09 au 15/07/2000)	6,8 jours
8	5,2	NUAGEUX FRAIS SEC	3 jours (16 au 18/10/2009)	3,0 jours	8 jours (20 au 27/10/1996)	6,4 jours
9	4,7	BEAU CHAUD SEC	7 jours (15 au 21/07/2006)	6,6 jours	12 jours (01 au 12/08/2003)	8,4 jours
10	4,5	BEAU FRAIS SEC	8 jours (13 au 20/03/2003)	6,4 jours	14 jours (13 au 26/03/2003)	8,6 jours

* la séquence peut comporter une ou plusieurs ruptures - types de temps différents - si celle(s)-ci ne dépasse(nt) pas 1 jour consécutif

Olivier Cantat, Université de Caen Basse-Normandie, LETG Caen, UMR 6554 CNRS (après traitement des données de Météo-France)

Figure 106 : Fiche d des types de temps à Dijon-Longvic (période 1991-2010). Aire d'influence des types de temps de la station (en haut) et persistance des types de temps (en bas).

4.2. La persistance des types de temps d'une station (bas de la fiche d)

La persistance des *types de temps* (tableau 37) reprend les traitements vus dans la partie précédente. Elle a été envisagée ici à partir des dix premières combinaisons de chaque station (cf. les 3 colonnes de gauche : rang, pourcentage, descriptif), en calculant la plus longue série consécutive apparue au cours des vingt années 1991-2010, ainsi que la moyenne des cinq plus longues séries pour mieux percevoir le caractère habituelle ou non de ces séquences (partie centrale : durée, date, moyenne).

À la manière de la prise en compte des jours encadrant la date considérée pour établir les « ressemblances » entre stations des *types de temps*, nous avons élargi notre approche des « persistance » en calculant en plus des durées intégrant la possibilité de ruptures d'un jour maximum dans la série (partie de droite : durée, date, moyenne). Cette **souplesse dans le concept de continuité temporelle** permet de mieux discerner les grandes séquences homogènes car elle supprime les risques de ruptures dues à la faiblesse passagère, et parfois anecdotique, d'une ou plusieurs des variables du temps, ne changeant pas fondamentalement l'ambiance générale.

Durée maximale et durée moyenne des 10 types de temps les plus fréquents						
Rang	%	Descriptif (3 paramètres)	Durée max série continue et date (la plus récente)	Moy. des 5 plus longues séries	Durée max série avec rupture et date (la plus récente)*	Moy. des 5 plus longues séries
1	9,8	GRIS FRAIS ARROSE	7 jours (08 au 14/03/2001)	6,2 jours	13 jours (18 au 30/01/1995)	10,8 jours
2	7,1	BEAU DOUX SEC	12 jours (14 au 25/04/2007)	8,6 jours	13 jours (23/09 au 05/10/1997)	10,6 jours
3	7,0	GRIS FRAIS SEC	5 jours (02 au 06/12/2002)	4,8 jours	14 jours (11 au 24/11/1994)	9,2 jours
4	6,8	GRIS FROID SEC	10 jours (26/01 au 04/02/1997)	8,4 jours	10 jours (26/01 au 04/02/1997)	9,4 jours
5	6,5	NUAGEUX DOUX SEC	4 jours (18 au 21/07/2008)	3,4 jours	8 jours (23 au 30/04/1993)	6,8 jours
6	6,0	VARIABLE DOUX SEC	4 jours (20 au 23/06/2009)	3,6 jours	8 jours (27/04 au 04/05/2007)	7,0 jours
7	5,9	GRIS DOUX ARROSE	5 jours (26 au 30/09/1991)	4,2 jours	7 jours (09 au 15/07/2000)	6,8 jours
8	5,2	NUAGEUX FRAIS SEC	3 jours (16 au 18/10/2009)	3,0 jours	8 jours (20 au 27/10/1996)	6,4 jours
9	4,7	BEAU CHAUD SEC	7 jours (15 au 21/07/2006)	6,6 jours	12 jours (01 au 12/08/2003)	8,4 jours
10	4,5	BEAU FRAIS SEC	8 jours (13 au 20/03/2003)	6,4 jours	14 jours (13 au 26/03/2003)	8,6 jours

* la séquence peut comporter une ou plusieurs ruptures - types de temps différents - si elle(s)-ci ne dépasse(nt) pas 1 jour consécutif

**Descriptif
des 10 T.T.
les plus
fréquents**

**Durée maxi continue
(et date)

Moyenne des
5 + longues séries**

**Durée maxi avec rupture
(et date)

Moyenne des
5 + longues séries**

Tableau 37 : La persistance des *types de temps* à la station de Dijon-L. (bas de la fiche d).

◆ Pour *Dijon-Longvic*, ce mode de calcul appliqué pour les dix premières combinaisons a pour effet d'ajouter environ quatre jours à la durée des plus longues séquences continues de temps identiques (de 5,5 à 9,8 jours). Pour la moyenne des cinq plus longues séries, un léger lissage s'opère naturellement mais l'augmentation est tout de même de l'ordre de 3 jours (de 4,6 à 7,7 jours).

Le « saut » le plus remarquable concerne le type de temps *gris, frais* et *sec*, avec une progression de 5 à 14 jours (+9) pour la série continue maximum, et de 4,8 à 9,2 jours (+4,4) pour la moyenne des 5 plus longues séries. En comparant ces valeurs avec celles des 8 références nationales (tableau xx), on constate que pour ce *type de temps* (GF-) le cas de *Dijon* se retrouve en plus accentué pour Strasbourg. L'introduction des ruptures différencie en effet nettement cette station de toutes les autres, puisque la région nord alsacienne voit son nombre d'occurrences maximal et moyen progresser de 12 et 8,6 jours contre de 2 à 4 jours pour *Brest, Orléans, Lille, La Rochelle, Toulouse, Lyon et Marseille*. Cette originalité prononcée s'explique par la position de la station lors des périodes automnales propices à l'établissement de ce *type de temps* sur l'Alsace. À cette saison, alors

que le pays est affecté par le passage de fronts pluvieux par l'Ouest (dépressions atlantiques) et par le Sud (remontées méditerranéennes), les reliefs vosgiens font obstacle ou atténuent les précipitations. En contrepartie de cette position plus en marge des systèmes perturbés, la fraîcheur et l'humidité ambiantes maintiennent un ciel généralement couvert (cf. encadré 12).

<i>gris, frais et sec (GF-)</i>		NORD-OUEST		NORD-EST		SUD-OUEST		SUD-EST		centre-est
		BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBG.	LA ROCHEL.	TOULOUSE	LYON	MARIGNA.	DIJON
valeur maximale	continue	8	6	6	5	5	6	8	4	5
	avec ruptures	10	10	10	17	7	8	9	6	14
gain		+2	+4	+4	+12	+2	+2	+1	+2	+9
moyenne des 5 + longues séquences	continue	5.8	4.8	5.0	4.6	4.2	4.8	5.6	3.2	4.8
	avec ruptures	8.4	8.2	8.4	13.2	6.8	7.6	8.2	5.2	9.2
gain		+2.6	+3.4	+3.4	+8.6	+2.6	+2.8	+2.6	+2.0	+4.4

Tableau 38 : Durée des plus longues séquences de temps *gris, frais et sec* en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

Encadré 12 : Le déroulement de la plus longue séquence de temps *gris, frais et sec* (avec ruptures)

L'exemple de la plus longue série, avec ruptures possibles, de temps *gris, frais et sec* à Strasbourg (17 jours, du 19 novembre au 5 décembre 2002) est révélateur de ce comportement atypique. La série est composée de 12 journées réellement grises, fraîches et sèches, entrecoupée ponctuellement par 5 journées avec des précipitations significatives (voir tableau 39). Cette période correspond à la succession sur la France de passages perturbés venant de l'Atlantique et de remontées méditerranéennes qui affectent à cadence régulière l'ouest européen. Si l'on excepte Marseille, le temps est globalement frais et couvert durant toute cette période. Mais la série des temps *gris, frais et sec* (cases avec écriture blanche sur fond gris foncé) est interrompue dans la plupart des stations par la succession plus d'un jour consécutif de précipitations (cases gris clair) et/ou d'améliorations temporaires de la nébulosité, en fonction des passages frontaux.

	STRASBOURG	BREST	ORLEANS	LILLE	LA ROCHELLE	TOULOUSE	LYON	MARIGNANE	DIJON
19/11/2002	GF-	GFA	GF-	GF-	NF-	VF-	GF-	BF-	GF-
20/11/2002	GF-	VFA	GF-	GFA	GFA	GF-	NF-	GD-	NF-
21/11/2002	GFA	NFA	GFA	GF-	GFA	NFA	GFA	GDA	GFA
22/11/2002	GF-	GFA	VFA	NF-	GFA	BF-	NF-	BF-	NF-
23/11/2002	VFA	NF-	GFA	GFA	GFA	ND-	GFA	GDA	NFA
24/11/2002	GF-	VF-	VFA	VF-	VF-	GFA	GFA	NDA	GFA
25/11/2002	GFA	NF-	GFA	GFA	NF-	VF-	GF-	GDA	NFA
26/11/2002	GF-	NFA	GK-	GF-	GK-	GF-	GF-	GDA	GF-
27/11/2002	GF-	GDA	NF-	VFA	VFA	VF-	VF-	BD-	GF-
28/11/2002	GFA	NFA	NFA	GFA	GFA	GFA	NFA	GDA	GFA
29/11/2002	GF-	VF-	GF-	GF-	GFA	NFA	NF-	VF-	NF-
30/11/2002	GF-	GFA	GF-	GF-	GFA	GFA	GF-	BF-	GF-
01/12/2002	VFA	NFA	GFA	GFA	GDA	GFA	GFA	NFA	GFA
02/12/2002	GF-	NFA	GF-	GFA	GFA	GFA	NFA	VF-	GF-
03/12/2002	GF-	GFA	VF-	GK-	VF-	GF-	GF-	BF-	GF-
04/12/2002	GF-	NFA	GFA	GFA	GFA	GFA	GF-	BF-	GF-
05/12/2002	GF-	VF-	GF-	NF-	VF-	GF-	GF-	NF-	GF-

Nombre de jours cumulés sur la séquence de 17 jours									
B : beau	0	0	0	0	0	1	0	6	0
V : variable	2	4	3	2	4	3	1	2	0
N : nuageux	0	8	2	2	2	3	5	3	5
G : gris	15	5	12	13	11	10	11	6	12
D : doux	0	1	0	0	0	1	0	8	0
F : frais	17	16	16	16	16	16	17	9	17
K : froid	0	0	1	1	1	0	0	0	0
A : arrosé	5	12	8	8	11	8	6	7	6

Tableau 39 : la succession vraie des *types de temps* sur la France du 19/11/2002 au 05/12/2002 (en haut). Nombre de jours en fonction des classes de l'état du ciel, de températures et de précipitations (en bas).

Sur ces 17 journées consécutives, le principal discriminant entre Strasbourg et le reste du pays est constitué par les précipitations.

Alors que la capitale alsacienne est arrosée de façon espacée (les 21, 23, 25, 28 novembre et le 1^{er} décembre) par 5 épisodes significatifs, le reste du pays est affecté plus durablement (plus de 8 jours de pluie en général et jusqu'à 12 dans l'Ouest). Ce phénomène se combine paradoxalement à une grisaille se déchirant plus facilement, contribuant à « casser » plus facilement qu'à Strasbourg la série de « GF- ».

◆ Parallèlement, j’ai calculé les mêmes durées maximales pour la **combinaison la plus commune** issue de la typologie fondée sur les trois premiers paramètres météorologiques : le temps *gris, frais et arrosé* (GFA).

Pour cette combinaison assez homogène spatialement à la vue des séries continues (exceptée *Marseille* légèrement en deçà des autres stations), ce sont *Brest* et de *Lille* qui sont les plus concernées par l’allongement des séquences de ce type de temps : +15 et +20 jours pour les valeurs extrêmes, contre des gains de 4 à 8 jours seulement pour les autres stations. Le même phénomène se retrouve globalement mais à un degré moindre pour les moyennes des 5 plus longues séquences, avec notamment +12,4 jours à *Brest* et +9,2 jours à *Lille*, contre +4 à +5 jours en moyenne pour *Strasbourg, Toulouse, Orléans, Lyon et La Rochelle* (ainsi que *Dijon*) et seulement +2 jours à *Marseille*.

<i>gris, frais, arrosé</i> (GFA)		NORD-OUEST		NORD-EST		SUD-OUEST		SUD-EST		centre-est
		BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBG.	LA ROCHEL.	TOULOUSE	LYON	MARIGNA.	DIJON
valeur maximale	continue	8	6	6	6	5	6	6	4	7
	avec ruptures	23	13	26	10	13	11	12	9	13
		+15	+7	+20	+4	+8	+5	+6	+5	+6
moyenne des 5 + longues séquences	continue	6.4	5.2	5	4.6	4.6	5.6	4.6	3.6	6.2
	avec ruptures	18.8	10.4	14.2	8.6	10.0	9.8	10.0	5.6	10.8
gain		+12.4	+5.2	+9.2	+4.0	+5.4	+4.2	+5.4	+2.0	+4.6

Tableau 40 : Durée des plus longues séquences de temps *gris, frais et arrosé* en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

Ainsi, la possibilité de ruptures dans les séries permet de justifier l’image traditionnelle sombre, fraîche et pluvieuse des régions allant de la Bretagne au Nord à la mauvaise saison, en raison de leur exposition maximale aux flux perturbés atteignant généralement le pays par les côtes de la Manche. Cette particularité était jusqu’alors en grande partie masquée par l’approche sous forme d’une continuité stricte des *types de temps* car, comme nous l’avons déjà mentionné, la dynamique de l’atmosphère impose à l’intérieur d’un contexte général dominé par les nuages, la fraîcheur et la pluie des « changements de temps » fréquents, au gré du passage des différents secteurs des perturbations successives (encadré 13).

Encadré 13 : Le déroulement d’une longue séquence de temps *gris, frais et arrosé* à Brest (avec ruptures)

La séquence de 20 jours consécutifs de temps *gris, frais et arrosé* à *Brest*, entre le 16 janvier et le 4 février 1995, illustre les ruptures temporaires de continuité *stricto sensu* de ce *type de temps*, sans changer toutefois l’ambiance générale et en infléchir les conséquences dramatiques en raison des 264 mm de précipitations tombés sur ces deux décades (sévères inondations dans tout le Nord-Ouest, cf. Cantat, 1995).

	16/1	17/1	18/1	19/1	20/1	21/1	22/1	23/1	24/1	25/1	26/1	27/1	28/1	29/1	30/1	31/1	1/2	2/2	3/2	4/2
	GFA	GFA	NFA	GFA	GFA	GFA	GFA	VFA	GFA	GFA	NFA	GFA	NFA	GFA	GF-	GFA	GFA	VF-	GFA	GFA
%INSO	G	G	N	G	G	G	G	V	G	G	N	G	N	G	G	G	G	V	G	G
TM	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
RR	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	-	A	A	-	A	A
	traîne active			traîne				traîne active		traîne	poussée A		poussée A							

Tableau 41 : La succession vraie des *types de temps* à Brest du 16/01/1995 au 04/02/1995.

Au cours des 20 jours, ces 6 ruptures temporaires ont été dues 4 fois à un éclaircissement léger du ciel lors du passage dans le secteur froid (ciel de traîne) et 2 fois à l’interruption provisoire des précipitations liée à une amorce de poussée anticyclonique sur le pays (voir les cartes de la situation synoptique page suivante)

a) les 2 cartes ci-dessous illustrent des **situations synoptiques caractéristiques du temps gris, frais et arrosé** sur la Bretagne en fin d'automne et durant l'hiver.

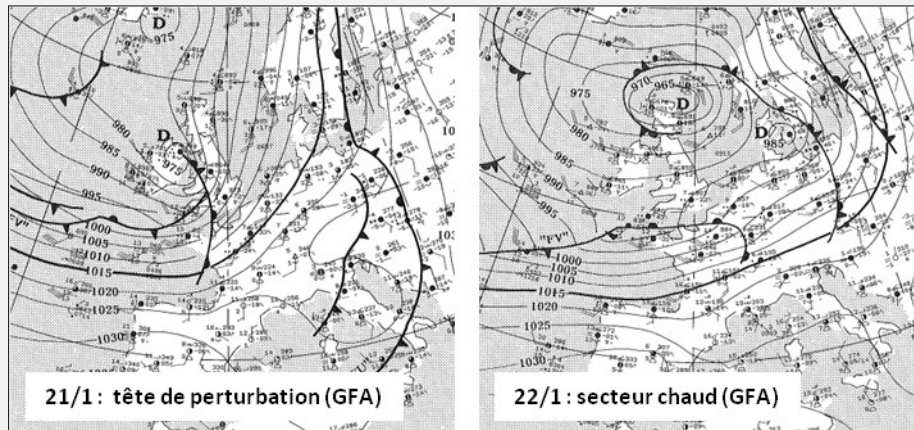


Figure 107 : Situations synoptiques sur l'Europe. Analyse au sol des 21 et 22 janvier 1995 (d'après Météo-France : <https://donneespubliques.meteofrance.fr>).

- **le 21 janvier** (à gauche), la France est à l'avant d'une perturbation classique des latitudes moyennes : le passage du front chaud est en cours sur la Bretagne et le temps est totalement gris (SIGMA = 0%), frais (TNTXM = 7,8°C) et pluvieux (RR = 28,2 mm). Une nouvelle ondulation se profile déjà sur l'Atlantique ;

- **le 22 janvier** (à droite), la perturbation de la veille s'est rapidement évacuée vers l'Est et une autre a pris place. La France est dans un vaste secteur chaud : à Brest, le temps est encore uniformément gris (SIGMA = 0%), la température en hausse mais toujours fraîche (TNTXM = 10,7°C) et les pluies abondantes (23,0 mm).

b) les 2 cartes ci-dessous représentent les **2 types de configurations possibles entraînant une coupure temporaire** dans le temps strictement gris, frais et arrosé.

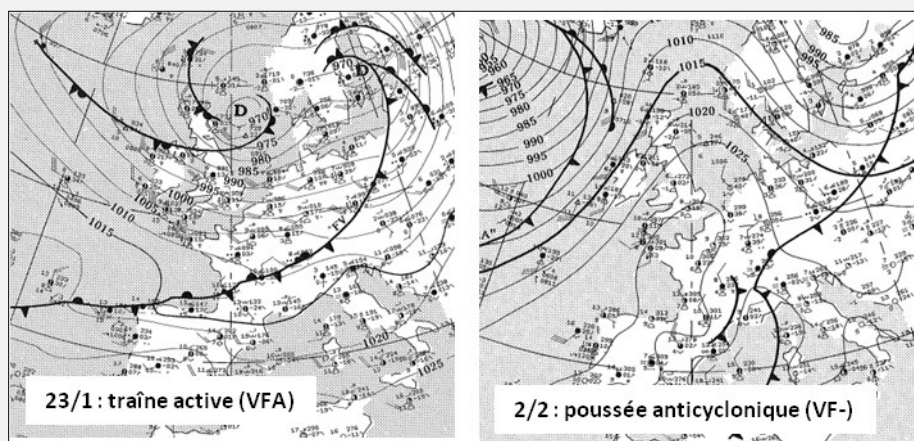


Figure 108 : Situations synoptiques sur l'Europe. Analyse au sol du 23 janvier 1995 et du 2 février 1995 (d'après Météo-France : <https://donneespubliques.meteofrance.fr>).

- **le 23 janvier** (à gauche) : exemple d'un ciel de traîne plus lumineux mais avec de l'instabilité (VFA)
À l'arrière du front froid un ciel de traîne actif se met en place (RR = 3,0 mm) en liaison avec l'arrivée d'air polaire maritime : ceci a pour conséquences de ramener temporairement de larges éclaircies sur Brest (SIGMA = 54%), avant le retour d'un temps couvert et très pluvieux dès le lendemain (SIGMA = 0% et RR = 28,0 mm le 24) ;

- **le 2 février** (à droite) : exemple d'une poussée anticyclonique plus claire et sèche (VF-)
À la faveur du développement d'une crête chaude en altitude à partir des Açores, une dorsale anticyclonique se met en place de l'Espagne à la Scandinavie : l'atmosphère reste fraîche (TNTXM = 7,2°C) mais le ciel se dégage (SIGMA = 54 %) et les pluies cessent (RR = 0 mm), avant le retour des perturbations par l'Ouest dès le lendemain (le 3 février : SIGMA = 0% ; TNTXM = 10,2°C ; RR = 15 mm)

◆ Pour finir cet aperçu sur les persistances temporelles, nous allons reprendre un *type de temps* déjà évoqué car très contrasté dans sa géographie et sa temporalité à l'échelle de la France : le temps *beau, chaud et sec* (BC-).

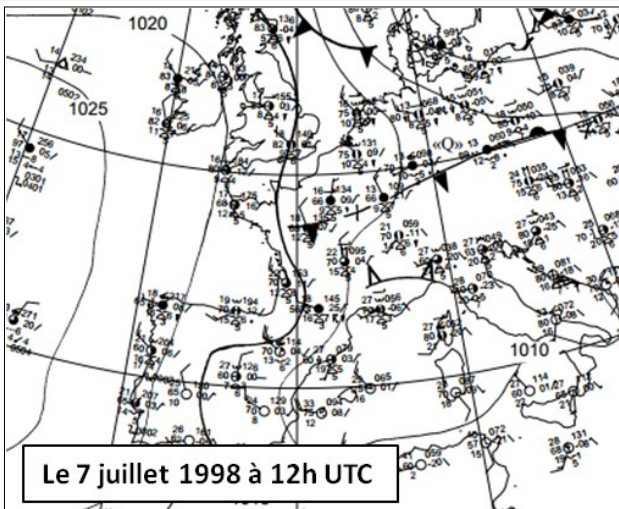
Nous avons vu précédemment que cette combinaison discriminait très fortement le domaine méditerranéen de toutes les autres régions françaises en raison de la migration vers le Nord des influences subtropicales chaudes et sèches durant la « belle saison ». En introduisant la possibilité de ruptures temporelles d'un maximum d'une journée consécutive, les contrastes sont encore plus marqués entre les régions du Nord et de la partie médiane de la France pour lesquelles le gain n'est pas considérable (de 0 à 3 jours) et les régions méridionales qui elles voient leurs durées significativement augmenter (+8 jours à *Toulouse*), voire « exploser » (+27 jours à *Marseille*). Ces changements se répercutent également, mais de façon plus atténuée, sur les moyennes des 5 plus longues séquences avec près de 4 jours de plus à *Toulouse* et plus de 20 jours supplémentaires pour *Marseille*. Dans toutes les autres stations, le gain est inférieur ou égal à 1 jours dans une grande moitié nord du pays (entre +0,6 jour à *Lille* et +1,0 jour à *Brest* et *Strasbourg*) et proche de 2% dans sa partie médiane (+1,6 et +1,8 jour à *La Rochelle* et *Lyon*).

<i>beau, chaud et sec</i> (BC-)		NORD-OUEST		NORD-EST		SUD-OUEST		SUD-EST		centre-est
		BREST	ORLEANS	LILLE	STRASBG.	LA ROCHEL.	TOULOUSE	LYON	MARIGNA.	DIJON
valeur maximale	continue	3	9	5	7	11	7	12	15	7
	avec ruptures	5	12	6	8	11	15	12	42	12
		+2	+3	+1	+1	+0	+8	+0	+27	+5
moyenne des 5 + longues séquences	continue	2.4	6.2	4.6	6.0	8.0	6.2	8.6	13.4	6.6
	avec ruptures	3.4	7.0	5.2	7.0	9.6	10.0	10.4	33.8	8.4
		+1.0	+0.8	+0.6	+1.0	+1.6	+3.8	+1.8	+20.4	+1.8

Tableau 42 : Durée des plus longues séquences de temps *beau, chaud et sec* en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

Encadré 14 : Le déroulement de la plus longue série de temps *beau, chaud et sec* à *Marseille* (avec ruptures)

Concernant la série maximale avec ruptures de *beau temps chaud et sec* à *Marseille* (42 jours entre le 15 juin et le 26 juillet 1998), 5 journées seulement viennent interrompre cette remarquable séquence, traduisant la stabilité possible des conditions atmosphériques sur le bassin méditerranéen. Cette affirmation est renforcée par l'étude des variables météorologiques qui ont rompu la série :



- dans 1 cas, la température moyenne était de 19,3°C (donc seulement 7 dixièmes sous le seuil de la chaleur le 16 juin 1998) ;
- dans 3 cas, il s'est agi d'une légère faiblesse de la fraction d'insolation (73, 75 et 78%), soit quelques pourcents uniquement sous la barre des 80% nécessaires à la qualification de « beau » temps ;
- enfin, dans 1 cas on observe un « décrochement » véritablement significatif d'une variable. Le 7 juillet 1998, la fraction d'insolation fut de 45% en raison d'entrées maritimes qui se sont imposées sur le littoral de la Provence à la Côte-d'Azur.

Figure 109 : Situation synoptique sur l'Europe. Analyse au sol du 07/07/1998 (d'après Météo-France : <https://donneespubliques.meteofrance.fr>).

Chapitre 8

Exemples de fiches des *types de temps* sur la France métropolitaine

Pour faciliter la lecture et le maniement de ce volume, nous avons choisi de placer dans une annexe séparée les fiches des huit stations météorologiques qui ont servi de référence pour l'établissement de la classification simplifiée des *types de temps*.

Ce choix permet d'illustrer la diversité météo-climatique en France métropolitaine – en dehors des secteurs trop spécifiques de montagne – avec la prise en compte d'espaces marqués par des influences océaniques, océaniques dégradées, continentales et méditerranéennes (figure 110).

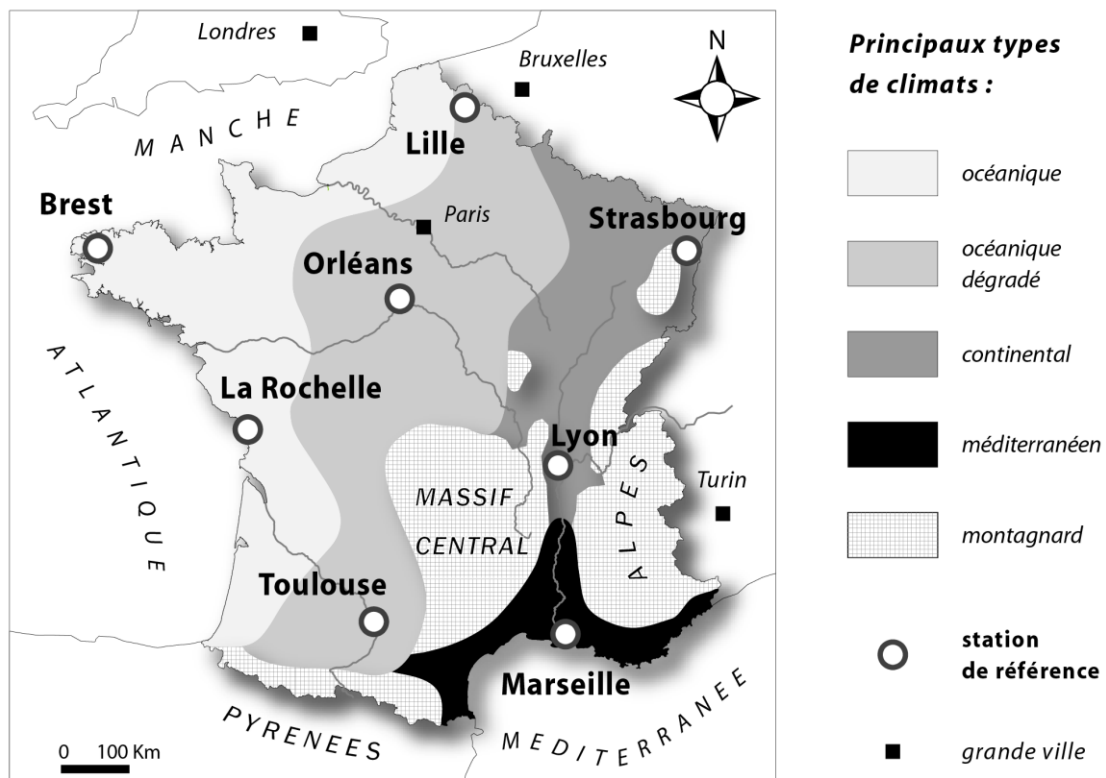


Figure 110 : Carte de localisation des huit stations météorologiques de référence présentées sous format papier dans l'annexe du volume 3 (Catalogue des *types de temps en France métropolitaine, 1991-2010*) et aperçu des principaux types de climats. D'après le zonage de l'*Atlas climatique de la France* (édition Météo-France).

Cette annexe peut se lire indépendamment du volume 3 grâce à un rappel préliminaire en quatre points condensant les principales informations relatives à notre approche des *types de temps* et quelques références bibliographiques.

Le plan de cette annexe est le suivant :

1. Une approche de la climatologie par les *types de temps*
2. La classification journalière des *types de temps*
3. Guide de lecture des fiches de *types de temps*
4. Du concept de *type de temps* à ses applications

La version complète du « *Catalogue des types de temps en France métropolitaine* » est fournie dans un CD ROM qui regroupe les soixante stations, soit un total de deux-cent-quarante fiches (60 * 4). L'accès aux fiches d'une station donnée se fait automatiquement grâce à des liens dynamiques établis à partir d'une carte de France ou d'une liste (par simple clic sur le nom de la station). Cette présentation des résultats sous format *pdf* préfigure un futur catalogue interactif, conçu comme une base de données, permettant des requêtes spécialisées par station, par paramètre, par mois ou toute combinaison de critères voulue.

Chapitre 9

Exemples d'applications spatiale et temporelle des *types de temps*.

Dans ce chapitre, nous présenterons trois exemples de traitements de l'information issue de la combinaison des paramètres météorologiques. Le premier mettra en avant la dimension spatiale (essai de **régionalisation du climat**) ; le deuxième sera centré sur la dimension temporelle (regard sur **l'évolution du climat** en Normandie). Enfin, le dernier exemple proposera une application thématique (analyse géographique des **conditions favorables au tourisme balnéaire**).

1. Essai de régionalisation des *types de temps* sur la France métropolitaine

La question de la régionalisation est au cœur de la démarche géographique (Grasland, 1997). En effet, la régionalisation des objets et phénomènes (naturels ou anthropiques) est une des préoccupations essentielles du géographe car cette procédure vise à fournir une information synthétique, plus facilement assimilable et exploitable par des utilisateurs variés, non nécessairement spécialistes du thème étudié. Rappelons que cette démarche ne doit pas être confondue avec les opérations de classification que nous avons évoquées en début de deuxième partie de ce mémoire (cf. encadré 15).

En ce qui concerne notre essai de régionalisation climatique, cette démarche s'insère pleinement dans la recherche actuelle en géographie car la connaissance des *types de temps* apparaît « capitale sur le plan du découpage climatique, puisque c'est leur fréquence qui commande en définitive les oppositions entre les climats régionaux » (Godard et Tabeaud, 2009).

Encadré 15 : Différence entre classification et régionalisation (applications dans l'encadré 16)

« La **classification** des lieux en fonction de leurs degrés de ressemblances peut déboucher dans certains cas sur une forme particulière de **régionalisation** (régions homogène) mais les deux concepts de régionalisation et de classification doivent être clairement distingués. En effet :

- **certains types de régionalisation utilisent des critères autres que la ressemblance des lieux** (régions fonctionnelles, régions polarisées) et ne relèvent donc pas du domaine de la classification [...]

- **une classification ne débouche pas obligatoirement sur une régionalisation**. En effet, les lieux qui appartiennent à la même classe (ressemblance) peuvent être dispersés dans l'espace et n'autorisent pas dans ce cas là l'établissement de régions homogènes. *Pour parler de région homogène, il faut rassembler des lieux qui soient à la fois ressemblants et proches spatialement (voire contigus).* »

(d'après Claude Grasland, sur le site : <http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/agreg/module4/index.htm>)

Après ce bref rappel méthodologique, il est manifeste que la régionalisation suppose au préalable le choix de références spatiales judicieusement choisies pour être représentatives de la diversité des contextes possibles, relativement à l'objet d'étude (cf. Partie 2). La régionalisation peut alors se réaliser de différentes manières :

- *une approche « manuelle » et empirique* : quand le réseau de mesures caractérisant l'objet d'étude est dense et harmonieusement réparti, une analyse visuelle est parfois suffisante pour dégager les grandes lignes de son organisation géographique. La pertinence des résultats dépend alors tout à la fois de la qualité du réseau que de l'intégration implicite d'éléments de « terrain » connus par l'opérateur (cf. notamment le relief en géographie physique). Cette association mesures / connaissances permet de dégager des espaces homogènes et de préciser le tracé des limites entre ces différentes entités régionales. Une part de subjectivité demeure nécessairement ;

- *une approche « automatique » et objective* : l'analyse typologique bénéficie depuis quelques décennies de l'avènement des outils et techniques informatiques qui permettent de procéder de façon rationnelle et objective en s'appuyant sur des algorithmes divers (Chandon et Pinson, 1981). Mais attention, cette procédure automatisée n'enlève pas la part essentielle de l'opérateur dans les résultats, par le choix des techniques et des paramètres conduisant à la classification puis à la régionalisation.

Dans notre essai typologique, les différents climats seront définis *a posteriori* par le regroupement des stations dont les combinaisons météorologiques seront les plus proches (Sanders et Durand-Dastès, 1984). La recherche des régions climatiques homogènes s'appuiera dans un premier temps sur une lecture directe de la répartition des *types de temps*, selon leur fréquence et leur rang d'apparition. Dans un second temps, on procédera à une analyse de la matrice des ressemblances et dissemblances de nos soixante stations, calculées sur vingt ans en fonction des co-occurrences des *types de temps* définis par le croisement des trois paramètres météorologiques de base (trente-deux combinaisons).

1.1. La régionalisation du climat vue à travers la fréquence des différents *types de temps*

À partir des combinaisons météorologiques précédemment définies, il est possible de dessiner des cartes matérialisant la fréquence des *types de temps* sur le pays. La figure 111 fait ainsi apparaître des entités climatiques homogènes, séparées par des discontinuités nettes ou par des zones de transition assez floues moins propices à l'établissement d'une typologie.

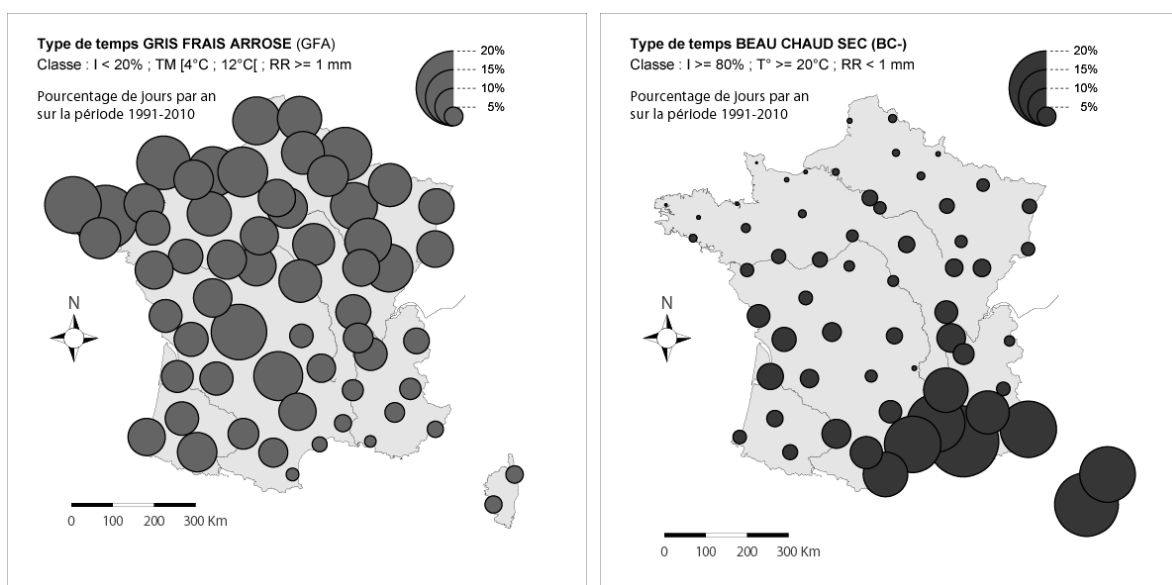


Figure 111 : Fréquence de 2 types de temps contrastés en France métropolitaine sur la période 1991-2010 : le type *gris, frais et arrosé* (à gauche) et le type *beau, chaud et sec* (à droite).

On notera que la fréquence totale annuelle des *types de temps* n'apparaît pas nécessairement comme un point de départ intéressant pour la recherche des entités climatiques homogènes : le 1^{er} *type de temps* rencontré en France métropolitaine (*gris, frais et arrosé*) ne se prête guère en effet à un découpage climatique nuancé, en dehors de la très forte discontinuité qu'il souligne entre le domaine méditerranéen et le reste du pays. Ce constat peut s'expliquer par le fait que ce *type de temps* très fréquent correspond à des masses d'air polaire maritime, synonymes de conditions aérologiques agitées⁶² et nébuleuses qui tendent à une homogénéisation du temps sensible.

Comme il est mentionné dans l'encadré 15, la « *classification ne débouche pas obligatoirement sur une régionalisation. En effet, les lieux qui appartiennent à la même classe (ressemblance) peuvent être dispersés dans l'espace et n'autorisent pas dans ce cas là l'établissement de régions homogènes* » : c'est le cas ici pour ce *type de temps* dont les fréquences sont assez voisines pour la Bretagne, le Limousin ou la Franche-Comté, par exemple...

Il semble que la recherche des discontinuités spatiales franches soit au contraire plus pertinente sur des combinaisons plus rares car celles-ci sont naturellement plus sensibles aux nuances régionales imposées par le cadre géographique. Dans la carte de droite de la figure 111, en voici un exemple avec la répartition du *beau temps chaud et sec* qui paraît plus révélatrice d'ensembles homogènes. On distingue bien évidemment tout le domaine méditerranéen mais aussi d'autres structures secondaires hiérarchisées : en premier les deux axes de propagation correspondant à la vallée du Rhône et à la vallée de la Garonne, puis la limite que forme approximativement la Loire et enfin une large frange Nord-Ouest.

Une représentation du rang d'apparition pour chaque station précise cette organisation spatiale en rendant compte de la prééminence effective du *type de temps* considéré, au-delà de sa fréquence brute (figure 112). Pour dégager plus clairement cette information, seuls ont été figurés ici les rangs quand le *type de temps* considéré est placé dans les 5 premiers du classement global.

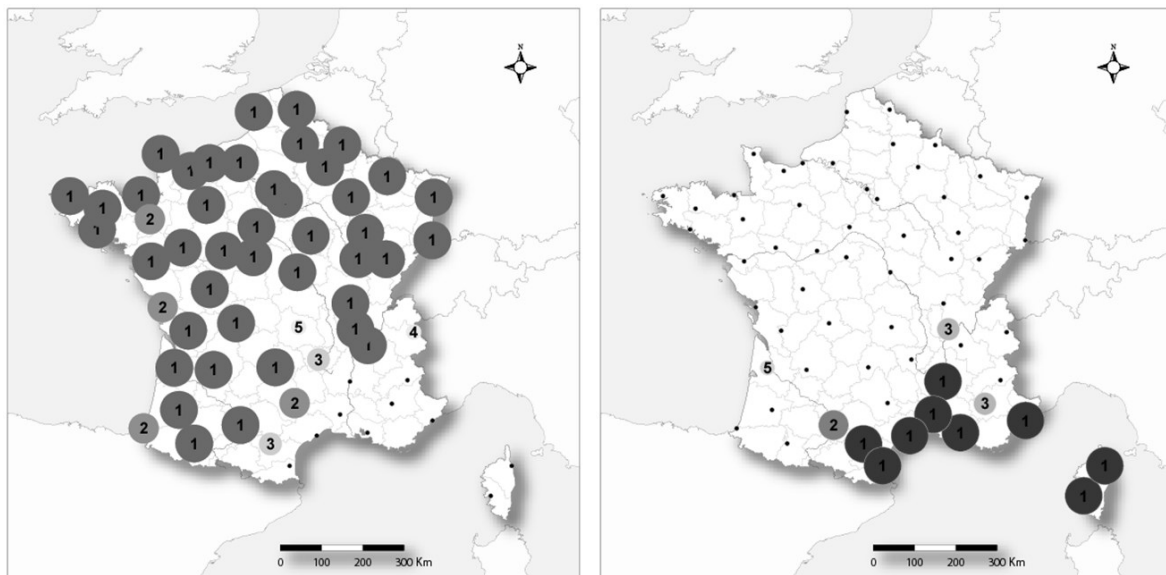


Figure 112 : Rang d'apparition de 2 types de temps contrastés en France métropolitaine sur la période 1991-2010 : le type *gris, frais et arrosé* (à gauche) et le type *beau, chaud et sec* (à droite).

⁶² Le *type de temps* « *gris, frais et arrosé* » est celui qui comporte le plus de cas venteux : GFAW = 4,49% sur un total de 9,29%, largement devant le type « *gris, doux et arrosé* » : GDAW = 2,42% (voir tableau 2.34, typologie générale à 4 paramètres et 64 combinaisons).

Il est donc possible de proposer avec plus ou moins de finesse des entités climatiques homogènes par *types de temps* mais cela ne répond pas pleinement à la demande d'un découpage global. Pour cela, il faut envisager de combiner toutes ces informations.

1.2. La régionalisation du climat vue à travers la similarité des *types de temps*

En analyse des données, il existe de multiples techniques mathématiques pour mettre en relation de données numériques. Ici, nous nous servons à nouveau du procédé utilisé pour établir les cartes représentant l'aire d'influence de chacune de nos soixante stations.

► Pour rendre compte des liens unissant nos différentes stations, nous avons calculé le pourcentage de *types de temps* identiques simultanément et regroupé ces valeurs dans une matrice de ressemblance. Pour visualiser plus simplement les résultats, la carte ci-dessous (figure 113) indique par exemple quelles sont les relations privilégiées pour nos huit références nationales, comparativement au panel des soixante stations sélectionnées pour l'étude.

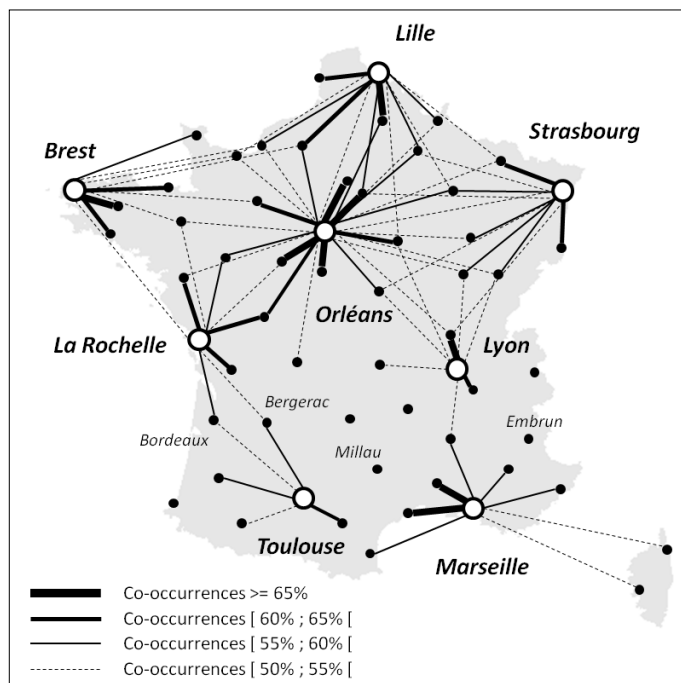


Figure 113 : Graphe sur carte des similarités de *types de temps* en France métropolitaine.

En fonction de l'épaisseur des traits et de leur direction, ce document montre clairement le rapprochement entre certaines villes, ce qui tend d'une part à définir des entités climatiques régionales et, d'autre part, à mettre en évidence des discontinuités spatiales. Pour conserver une bonne lisibilité au document, seules les 8 stations de référence ont été représentées.

Cette cartographie partielle permet de matérialiser la plus grande cohérence climatique entre les stations du Nord du pays (Brest, Orléans, Lille et Strasbourg) que pour celles du Sud (Toulouse et Marseille).

Les stations médianes de *La Rochelle* et *Lyon* assurent toutefois un lien ténu entre ces deux grands ensembles ; notons que *Lyon* semble par ailleurs plus « tournée » vers le Nord que vers le Sud, marquant la nette discontinuité entre les climats des latitudes moyennes et l'aire méditerranéenne. Il faut signaler que pour *Marseille*, cet « isolement » climatique est favorisé par l'encadrement topographique (Massif Central et Alpes), ce qui atténue la fréquence des co-occurrences de *types de temps* avec les stations « méridionales » situées à des distances relativement proches (*Millau* : 35%, *Embrun* : 31%). Seule *Montélimar* (56%) assure un lien plus tangible avec le Nord, profitant du couloir formé par la vallée du Rhône. Côté Sud-Ouest, la connexion de *Toulouse* avec les régions plus au Nord est assurée par la vallée de la Garonne et ses affluents (*Bordeaux* : 53% ; *Bergerac* : 56%).

Notons que de par sa position relativement centrale et son ouverture géographique à tous les vents, *Orléans* enregistre logiquement le pourcentage moyen de co-occurrences le plus élevé de nos 8 références (46%). Comparativement, *Marseille* est en dernière position avec 28%, loin derrière les 6 autres stations qui se tiennent toutes entre 37 et 42%.

► En partant de la matrice carrée symétrique des co-occurrences simultanées des *types de temps*, il est possible de réaliser une **classification ascendante hiérarchique** (CAH) matérialisant les regroupements statistiques entre les soixante stations (figure 114). La *régionalisation* s'apprécie ensuite en positionnant sur une carte les stations selon un code couleur fonction de leur classe.

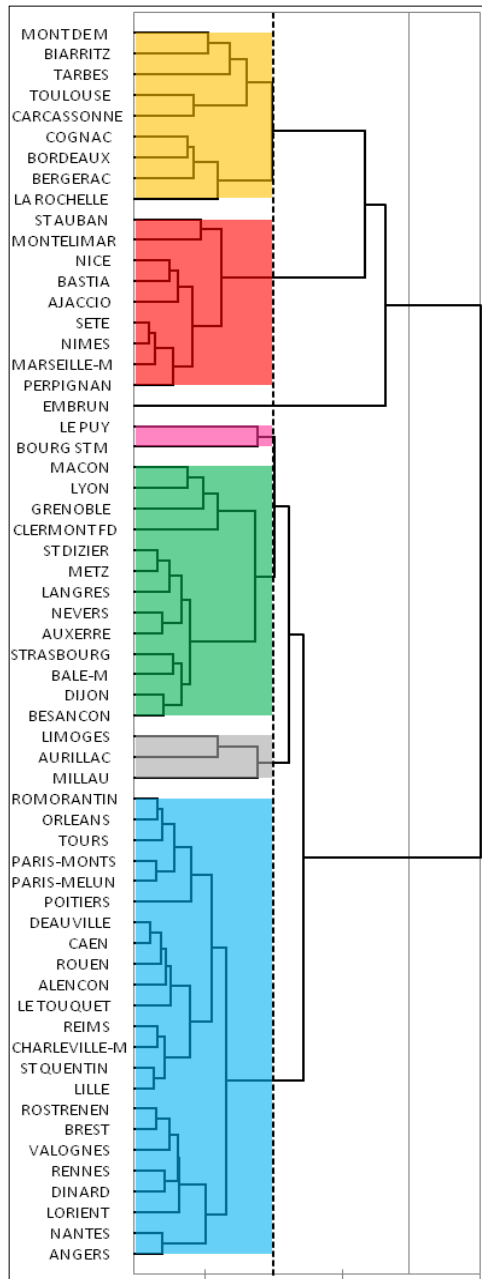


Figure 114: Dendrogramme de la CAH des types de temps en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

Nota : d'un point de vue technique, les similarités ont été calculées à partir du coefficient de corrélation de Pearson et la méthode d'agrégation s'est réalisée par le lien moyen. La troncature a été établie pour dissocier 7 classes (trait pointillé).

Dans la carte ci-dessous (figure 115), les points de même couleur localisent les stations appartenant au même groupe. Les traits de couleur matérialisent l'enveloppe extérieure de ces différents groupes symbolisant des ensembles climatiques homogènes. Les tirets représentent les liens incertains du fait des facteurs géographiques (cf. eau pour la Méditerranée et relief vallée du Rhône entre Massif Central et Alpes).

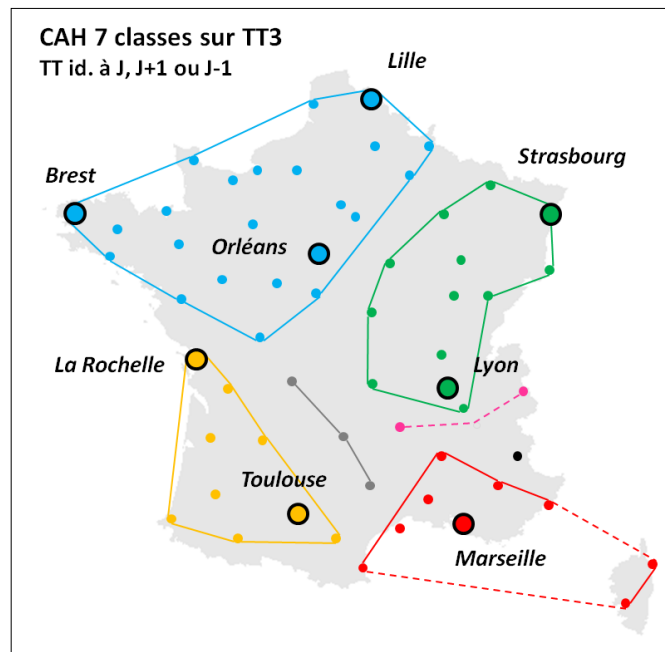


Figure 115 : Représentation des ensembles climatiques, déduits d'un traitement en CAH des *types de temps*.

Ce document fait clairement ressortir un découpage en quatre grands espaces climatiques inégaux. Les influences océaniques occupent la plus grande surface du pays et sont partagées en deux ensembles distincts à l'Ouest : un « petit quart » SW, cantonné entre l'Atlantique, le Massif Central et les Pyrénées, et un « grand quart » NW, débordant largement vers le NE. Les influences continentales du quart NE sont de ce fait déportées vers le Sud et s'étalent approximativement à partir de la Lorraine et jusqu'au Lyonnais (Bourgogne et Franche Comté incluses). Les influences méditerranéennes occupent tout le littoral Sud et pénètrent vers le Nord sur la Provence et dans la Vallée du Rhône. Les stations d'altitude constituent des groupes distincts, difficiles à spatialiser à notre échelle de travail.

Encadré 16 : La régionalisation, entre statistiques et expertise géoclimatique

Une bonne classification a pour but de résumer des informations mais aussi de les enrichir en révélant des différences et des ressemblances souvent noyées sous la masse de données. En géographie, les lignes du tableau de données sont souvent des lieux et cette technique permet alors de mettre en évidence des structures spatiales (Chadule, 1994).

Concrètement, pour nous, l'analyse typologique revient donc à grouper les « individus » (stations météorologiques) qui se ressemblent par leurs « caractères » (*types de temps*). La difficulté vient du fait que cette technique suppose d'opérer un **arbitrage entre une simplification abusive** (d'où une perte d'informations) ou, au contraire, la **conservation de trop de « détails »** pour obtenir des groupes très homogènes (d'où un manque de lisibilité des grands traits de la structure spatiale).

Les 5 cartes ci-dessous montrent pourquoi nous avons au final retenu **7 classes, choix qui semble le plus révélateur de la diversité climatique à méso-échelle** qui nous intéresse (figure 110).

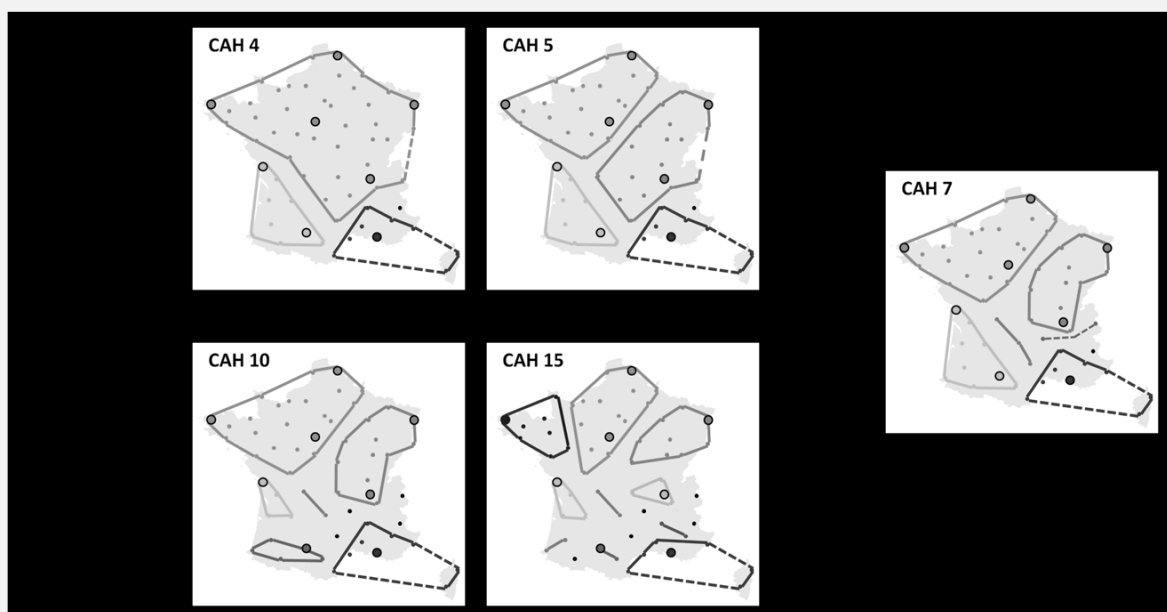


Figure 116 : Typologie par CAH selon 5 niveaux de troncature et régionalisation climatique.

1) petit nombre de classes : avec 4 classes (**CAH 4**), la typologie climatique se limite à 3 ensembles et 1 station isolée (Embrun) : une très grande moitié Nord s'oppose à 2 composantes méridionales (1 atlantique et 1 méditerranéenne). La distinction entre influences océaniques et continentales n'est alors pas visible. Cette césure s'opère quand le nombre de classes passe à 5 (**CAH 5**), mais cette typologie semble encore assez rudimentaire car elle associe toujours dans la partie Est du pays des stations voisines de plaine (Lyon...) et de montagne (Bourg-St-Maurice...) aux climats pourtant contrastés.

2) grand nombre de classes : au seuil de 10 classes (**CAH 10**), le Sud-Ouest est coupé en 2 parties, comme le Nord-Est qui se sépare du Massif Central. En passant à 15 classes (**CAH 15**), c'est au tour des 2 ensembles climatiques du Nord du pays de se scinder en 2 sous ensembles : coupure Ouest/Est pour les influences océaniques et Nord/Sud pour les influences continentales. Parallèlement, le domaine méditerranéen « abandonne » ces 2 stations de l'intérieur des terres (St-Auban et Montélimar), créant une zone de transition autonome. À ce niveau de précision, toutes les stations de montagne forment des isolats et, de ce fait, on perd de la lisibilité climatique pour la moitié Sud de la France.

→ Pour résumer :

✓ L'ajout de classes permet de faire apparaître des **discontinuités secondaires révélatrices de subdivisions climatiques intra-régionales**. Mais au-delà d'un certain nombre de classes, « l'éclatement » en trop de sous-ensembles ne répond plus au besoin de simplifier l'organisation climatique générale.

- ✓ Cependant, d'un point de vue thématique, cette information « éclatée » est importante à analyser. Dans notre cas, avec 15 classes, elle **souligne très clairement l'inégale homogénéité climatique entre la moitié Nord (3 grands ensembles) et la moitié Sud** du pays (3 ensembles dont 2 petits, 4 doublets et 5 isolats).
- ✓ Enfin, d'un point de vue méthodologique, cet exemple rappelle l'importance d'une **expertise humaine au moment du passage de la classification à la régionalisation**. Car « introduire dans un algorithme de classification [une] contrainte de contiguïté, c'est parfois (ou souvent) forcer le réel et trouver des espaces homogènes là où il n'y en a pas » (Chadule, 1994).

► À partir de cette matrice des similarités, la densité du réseau météorologique autorise une spatialisation par simple krigeage de ces relations afin de rendre l'information plus lisible à des fins de *régionalisation*. La comparaison de la déformation des aires d'influence renseigne alors sur les limites climatiques, comme nous pouvons le voir ci-dessous à partir de trois stations représentatives de la vallée de la Loire (figure 117) :

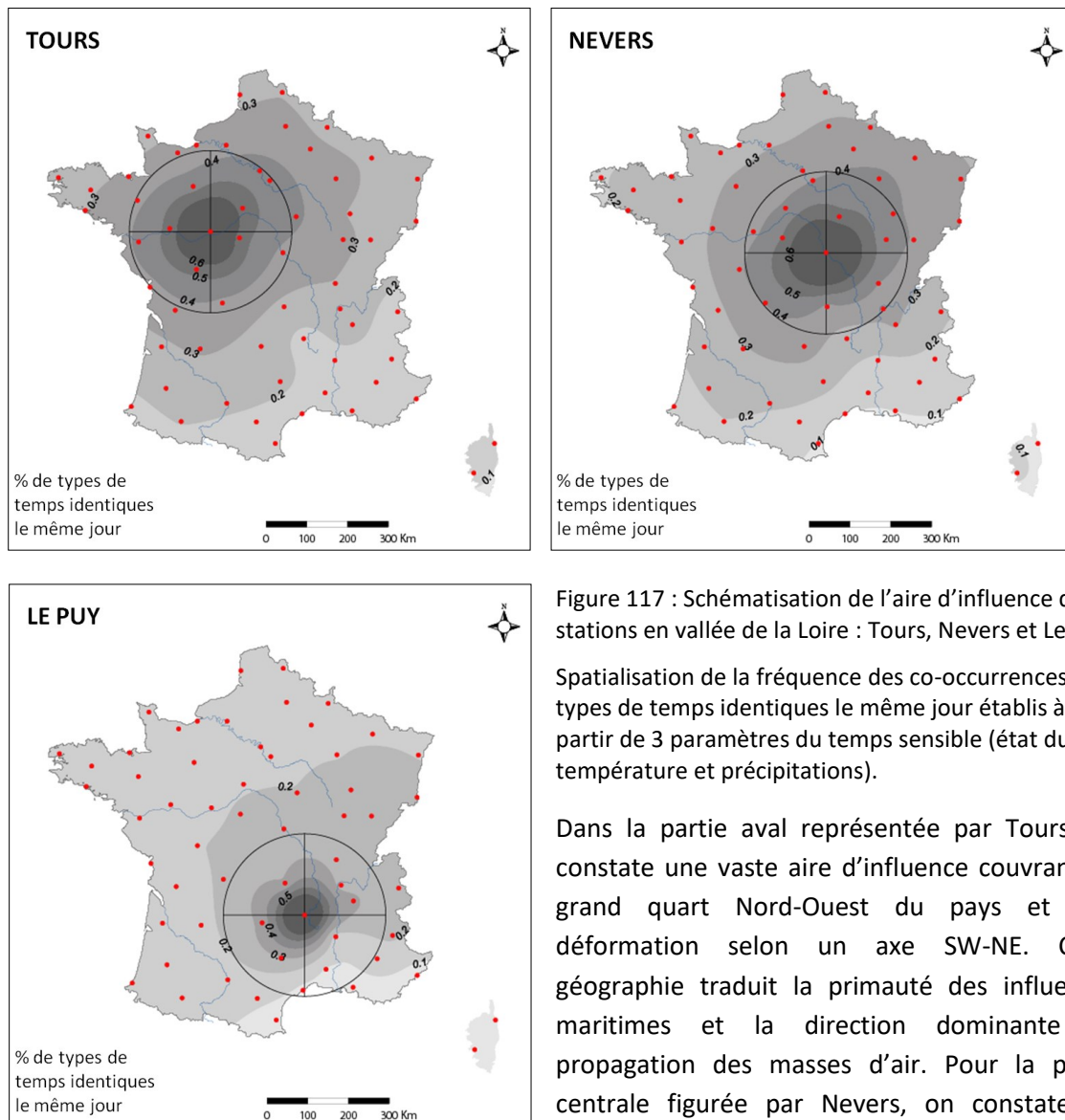


Figure 117 : Schématisation de l'aire d'influence de 3 stations en vallée de la Loire : Tours, Nevers et Le Puy.

Spatialisation de la fréquence des co-occurrences de types de temps identiques le même jour établis à partir de 3 paramètres du temps sensible (état du ciel, température et précipitations).

Dans la partie aval représentée par Tours, on constate une vaste aire d'influence couvrant un grand quart Nord-Ouest du pays et une déformation selon un axe SW-NE. Cette géographie traduit la primauté des influences maritimes et la direction dominante de propagation des masses d'air. Pour la partie centrale figurée par Nevers, on constate les mêmes éléments mais déportés vers le Nord-Est, reliant davantage la station aux conditions d'un grand quart Nord-Est du pays et à ses influences plus continentales. Enfin, dans sa partie amont évoquée par Le Puy, le caractère montagneux a pour

reliant davantage la station aux conditions d'un grand quart Nord-Est du pays et à ses influences plus continentales. Enfin, dans sa partie amont évoquée par Le Puy, le caractère montagneux a pour

conséquence de réduire le cœur de l'aire d'influence à un petit espace autour de la station, avec notamment des influences très contraintes vers le Sud-Est, au contact du domaine méditerranéen.

Pour ces 3 stations « internes », donc non affectées par des effets de bordure, un calcul de la surface de territoire dont la co-occurrence est supérieure à 33% rend compte approximativement de l'extension géographique des noyaux homogènes : 38,0% pour Tours, 39,6% pour Nevers et seulement 6,4% pour Le Puy.

En définitive, cet exemple matérialise donc en amont d'Orléans une zone de transition entre les influences océaniques (Tours) et continentales (Nevers), ainsi que les spécificités liées au relief (Le Puy) qui font ressortir de fortes discontinuités climatiques. De la même façon, les particularités du domaine méditerranéen peuvent être facilement illustrées par le choix de 4 stations positionnées sur le littoral, du Roussillon (Perpignan) au Languedoc (Sète) et jusqu'à la Côte-d'Azur (Nice), en passant par la basse vallée du Rhône (Marseille) (figure 118).

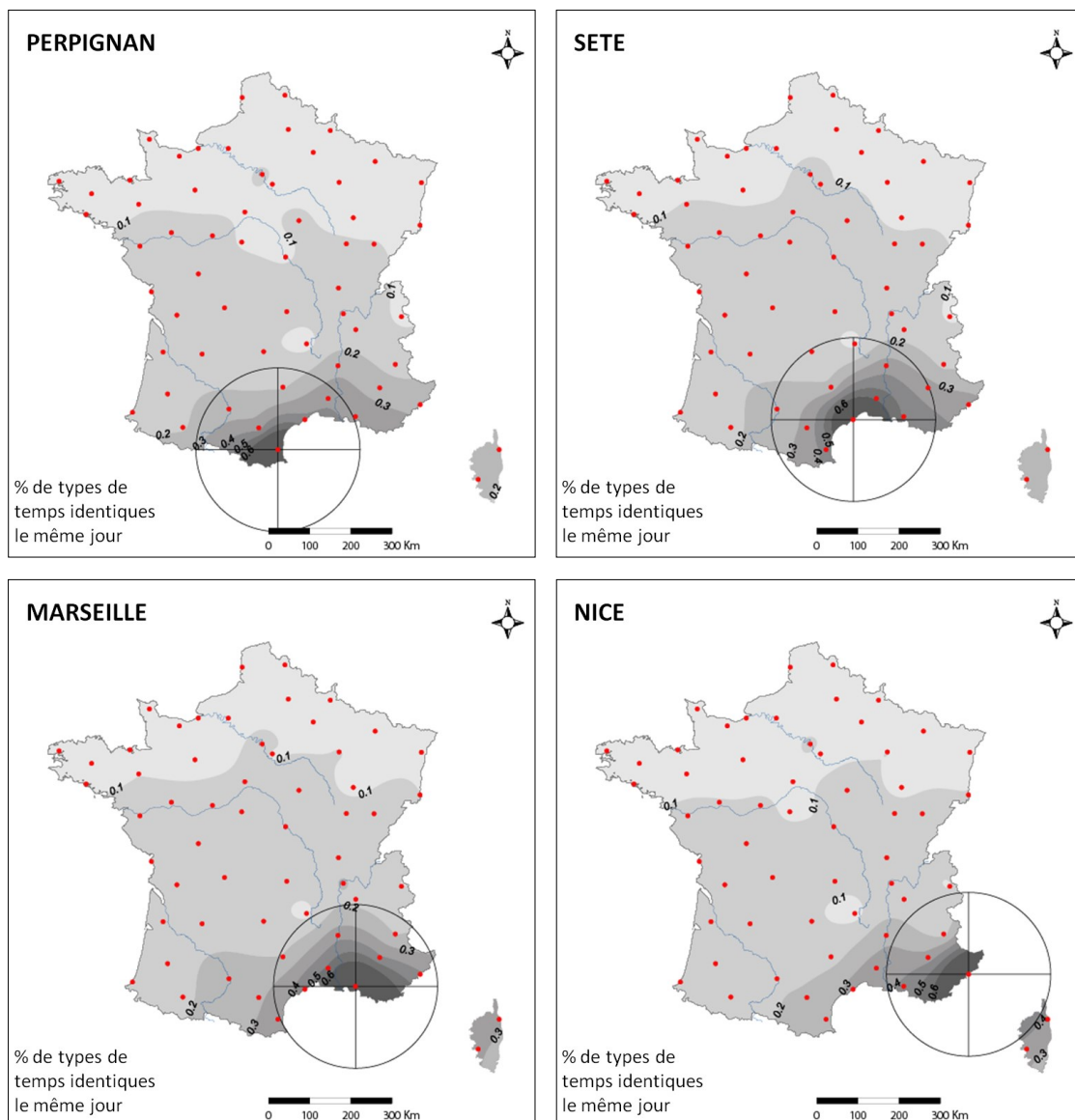


Figure 118 : Schématisation de l'aire d'influence de 4 stations du littoral méditerranéen : Perpignan, Sète, Marseille et Nice. Spatialisation de la fréquence des co-occurrences de types de temps identiques le même jour établis à partir de 3 paramètres du temps sensible (état du ciel, température et précipitations)

Au contact de la mer sur toute leur partie Sud et de massifs montagneux sur leur partie Nord, les aires d'influences continentales de ces 3 stations sont nécessairement moins étendues que dans le cas précédent : le pourcentage de co-occurrences supérieures à 33% est ici de 8,3% pour Sète, de 7,7% pour Marseille et seulement de 5,7% pour Nice et 5,4% pour Perpignan qui pâtissent en plus de l'effet de bordure commun aux 4 de leur position « en coin ».

Par delà le décalage logique d'Ouest en Est des aires d'influence de Perpignan à Nice, il est intéressant de remarquer ici une grande ressemblance pour chaque tracé traduisant une unité climatique forte. L'extension des influences méditerranéennes est bien circonscrite par des discontinuités communes liées aux reliefs bordiers et deux axes de propagation correspondant aux couloirs du Rhône et secondairement de la Garonne.

► À partir du tableau du pourcentage de *types de temps* identiques le même jour, nous avons calculé la matrice de proximité entre les soixante stations. Puis nous avons tracé par krigeage une carte d'iso-coefficients de corrélation pour chaque station. Enfin, nous avons superposé sur une même carte les 60 isolignes correspondant à un coefficient de corrélation donné (figure 119). Sur ce principe, il est possible de schématiser les zones préférentielles de discontinuités séparant des espaces au climat homogène et de proposer *in fine* une régionalisation climatique.

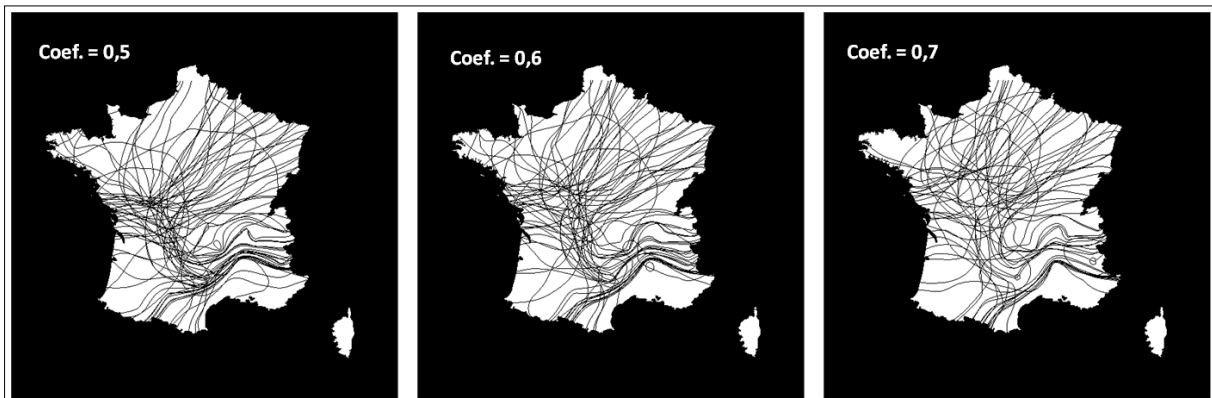


Figure 119 : Superposition des isolignes correspondant à 3 coefficients de corrélation fondés sur l'analyse des *types de temps* identiques le même jour en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

L'essentiel de l'interprétation repose sur le repérage des zones présentant une concentration importante d'isolignes :

- quand les isolignes sont nombreuses et resserrées dans une bande de faible largeur, cela correspond à une zone de discontinuité forte, c'est-à-dire à un contact climatique franc où viennent buter en quelque sorte les aires d'influence de plusieurs stations : exemple dans le Sud-Est du pays, entre le domaine méditerranéen, les Alpes et le Massif Central ;
- quand les isolignes sont nombreuses mais étalées sur une bande plus large, cela traduit des zones de transitions climatiques plus floues : exemple dans le Centre-Ouest, entre les Pays de la Loire et le Poitou-Charentes.

Il est également utile de s'intéresser aux zones de discontinuités secondaires, matérialisées par des regroupements d'isolignes à l'intérieur d'espaces qui en sont peu pourvus (cf. du Nord au Sud à travers la Normandie) ou bien au sein d'espaces qui présentent un réseau assez lâche mais assez régulièrement réparti (cf. dans l'Est de la France). Il ressort de l'analyse de ces trois cartes des zones de discontinuités largement communes aux 3 coefficients de corrélation retenus.

1.3. Synthèse cartographique sur la régionalisation des climats vue à travers les *types de temps*.

Au terme de cette analyse, nous avons regroupé les principaux enseignements tirés de ces différentes approches et techniques pour dégager des **espaces géographiques aux conditions climatiques homogènes à méso-échelle**, au regard de la répartition spatio-temporelle des *types de temps* (figure 120).

La dimension cartographique du document a été enrichie par l'indication des trois *types de temps* les plus fréquents apparaissant dans chaque sous espace climatique ainsi défini. Par ailleurs, les éléments de forçage climatique ont été mentionnés (cf. influences océaniques, continentales et méditerranéennes) et leur dynamique spatiale a été matérialisée par des flèches.

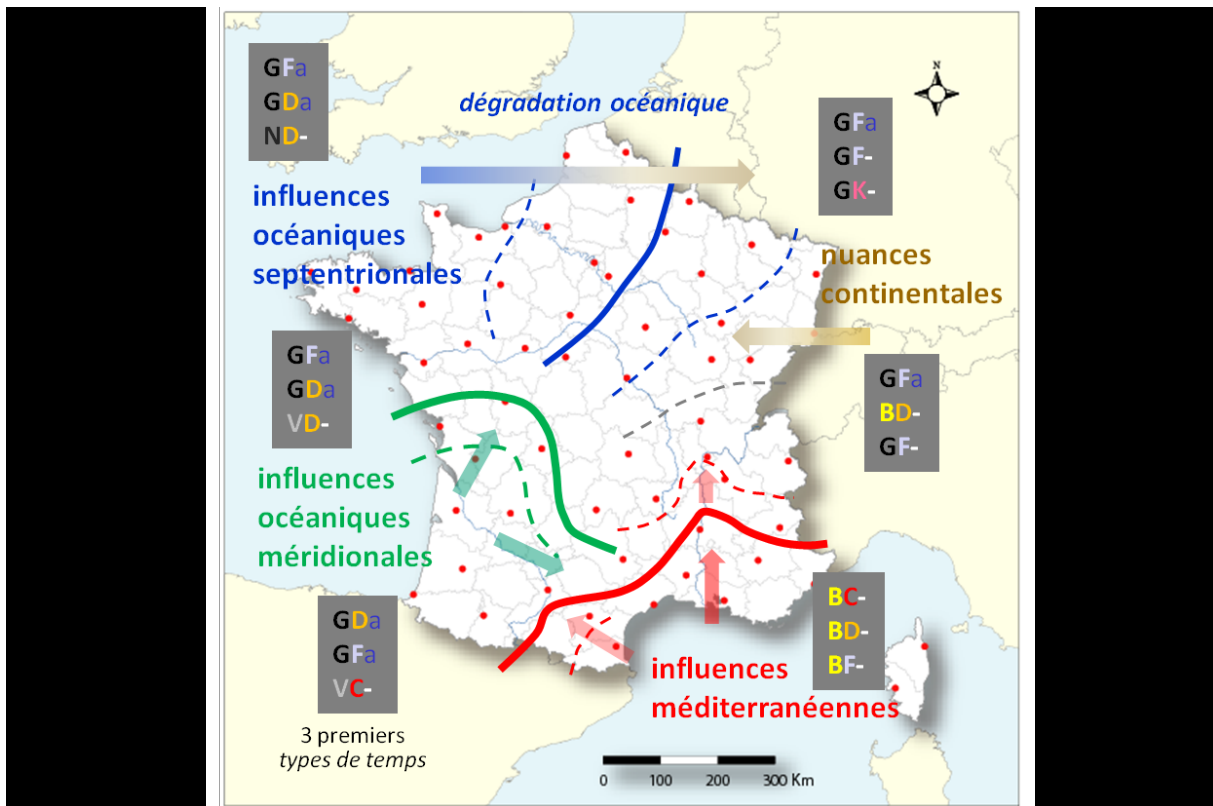


Figure 120 : Schématisation à méso-échelle de la régionalisation du climat en France métropolitaine, d'après les *types de temps*.

- ✓ À l'exception de la frange méditerranéenne, tout le pays est sous la dominance à des degrés divers des influences océaniques, marquées par la prédominance globale du *type de temps gris, frais et arrosé* (GFA).
- ✓ À l'Est du pays, les influences continentales se font particulièrement sentir dans le Nord-Est, matérialisées par la fréquence importante des temps *gris, frais ou froids, mais secs* (GF- et GK-). En allant vers le Sud, de la Bourgogne à la région lyonnaise, l'apparition de combinaisons aux ciels plus clairs et de températures plus douces attestent de caractères plus méridionaux (temps *beau, doux et sec* (BD-) en 2^{ème} position). Cela constitue une zone de transition, variable en fonction de la saison des années, avec le domaine méditerranéen qui propose de façon récurrente la trilogie d'un *beau temps sec*, à dominante *chaud* (BC-), puis *doux* (BD-), et enfin *frais* (BF-). La combinaison BC- y est

dominante de juin à septembre, en opposition avec la combinaison BF- présente de novembre à mars. Entre ces deux types, la combinaison BD- est la marque des mois d'avril, mai et octobre.

✓ Dans la partie Ouest du pays, la primauté des influences océaniques se traduit par la fréquence dominante des combinaisons tempérées, nébuleuses et souvent pluvieuses (GFA et GDA), mais on note toutefois des nuances assez sensibles entre le Nord et le Sud de cette façade maritime. Sur la partie septentrionale (des côtes de la Manche à la Bretagne), prédominent la fraîcheur et les nuages (ordre GFA, GDA, ND-), alors qu'au Sud (de l'Aquitaine aux Pyrénées occidentales), la douceur est plus marquée (GDA en 1^{ère} position), avec même des combinaisons plus « estivales » (ciel variable et chaleur) qui parviennent à émerger nettement (VC- en 3^{ème} position). Entre ces deux espaces, soit approximativement des Pays de la Loire au Poitou-Charentes, il s'agit d'une zone de transition, soumise au jeu du balancement incertain des influences océaniques septentrionales et méridionales.

✓ Cette cartographie ne permet pas d'appréhender les climats montagnards. En montagne, les conditions météo-climatiques répondent à une logique spatiale très fortement conditionnée par des éléments locaux comme l'altitude (cf. ses répercussions sur les températures, la nébulosité, les précipitations et le vent, notamment) ce qui est difficilement conciliable avec une cartographie à méso-échelle. Toutefois, les effets macro-régionaux des reliefs sont intégrés dans la cartographie car ils impactent les *types de temps* sur les régions voisines (cf. délimitation du climat méditerranéen en vallée du Rhône intimement liée aux phénomènes de subsidence et diffuence dus à la canalisation du vent).

✓ Enfin, d'un point de vue pratique, rappelons qu'il n'existe pas une méthode entièrement automatique et fiable pour entreprendre la régionalisation d'un fait ou d'un phénomène. Le choix d'un algorithme de classification en amont de la régionalisation est « fonction de la problématique et de l'objectif visé. [...] Les résultats dépendent de ces choix ». (Chadule, 1994).

De fait, l'analyse des données n'est qu'un ensemble de techniques de statistiques descriptives, très utiles pour rendre plus « lisible » une masse d'informations pléthoriques. « Les clefs de lecture qu'elle suggère ouvrent sur des propositions nouvelles, celles-ci demandant à être confrontées aux événements ou aux réalités initiales d'où sont tirées les données » (Ganascia, 1998).

Dans notre cas, la typologie par classification ascendante hiérarchique (CAH) a surtout permis de simplifier et d'organiser les 438.300 *types de temps* journaliers (60 stations * 20 ans), issus eux-mêmes d'une première classification manuelle supervisée de 1.753.2000 données météorologiques élémentaires (4 variables). Ce double traitement mathématique a été un préalable à la recherche d'espaces climatiques homogènes. Au final, la carte a été établie en croisant ces informations numériques et nos connaissances thématiques et l'échelle de représentation visée.

En **conclusion de ce premier exemple**, la carte de synthèse (figure 120) propose des limites en accord dans leurs grandes lignes avec les régionalisations climatiques issues des travaux de divers auteurs (cf. figure 121 et annexe 3.x). Cependant, elle en diffère sous certains aspects car sa vocation première est de présenter les grands ensembles découlant des déclinaisons régionales variables de la circulation atmosphérique, vue à travers la similarité des types de temps en contexte de plaine. Visuellement, elle en diffère donc surtout par la non-apparition des climats montagnards. Toutefois, comme nous le précisons précédemment, le relief est pris en compte indirectement lorsque ses effets agissent au-delà de ses propres limites géographiques, modifiant à méso-échelle les types de temps des régions de plaine voisines (cf. région méditerranéenne).

En prolongement de notre classification-régionalisation du climat à partir des *types de temps* enregistrés par le réseau de mesures de Météo-France, je souhaiterais prochainement réaliser un travail sur des bases méthodologiques identiques mais en utilisant des données modélisées pour disposer d'une vue homogène intégrant plus significativement les reliefs. Cette démarche permettrait de proposer un document aux contours plus précis, même si la modélisation gomme nécessairement les subtilités climatiques locales et lisse les extrêmes (cf. Vol.2 de l'HDR).

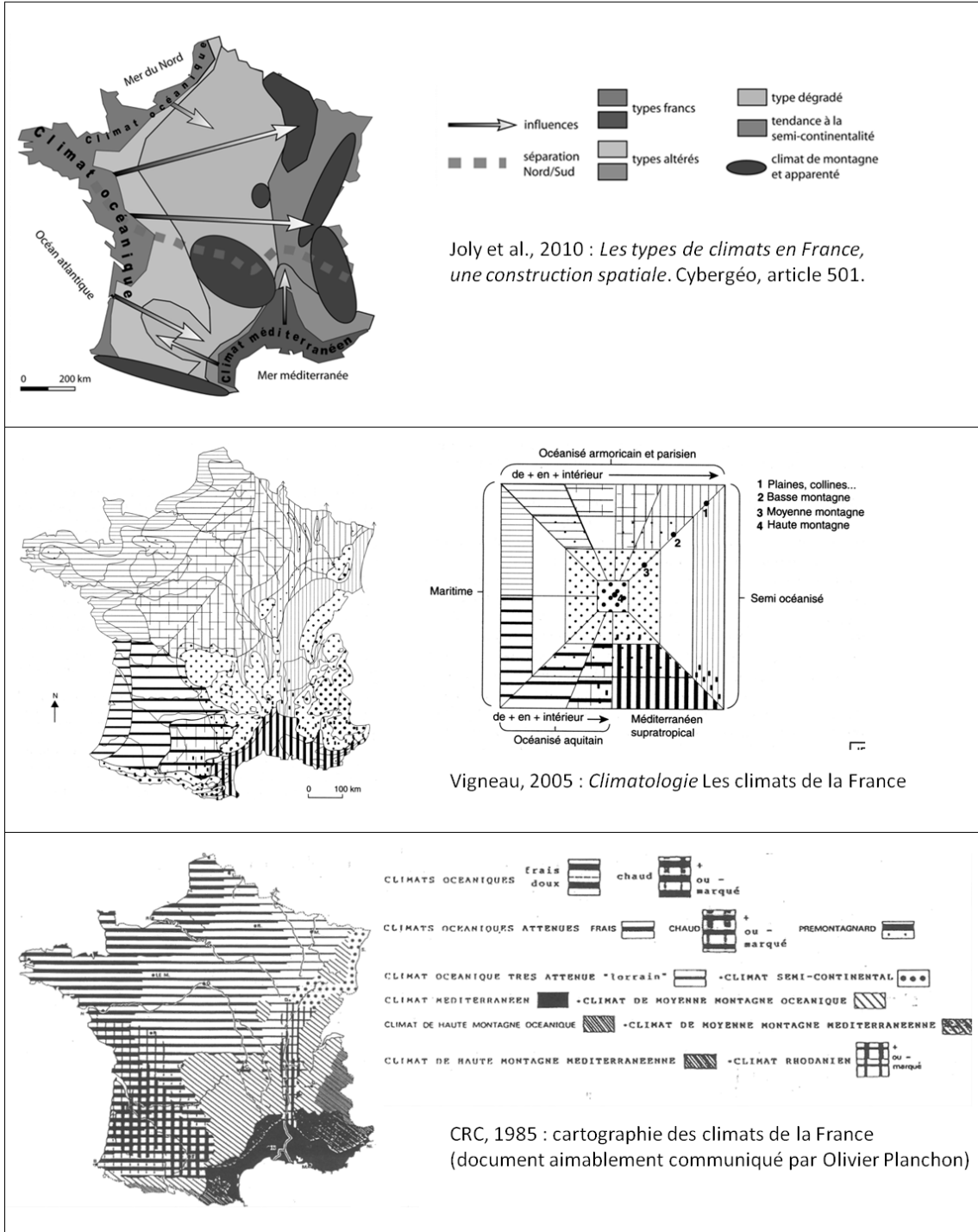


Figure 121 : Carte des climats de la France d'après différents auteurs (Joly et al., 2010 ; Vigneau, 2005 ; CRC, 1985). Voir en plus la carte par points de F. Durand-Dastès en annexe 12 et le découpage climatique régional proposé par de E. Choissel et D. Payen en annexe 13.

2. L'évolution des types de temps en Normandie entre 1951 et 2013

Dans ce deuxième exemple centré sur la dimension temporelle, nous avons restreint le panel à la station normande disposant de données fiables et continues sur la plus longue période possible (Caen-Carpiquet). À partir de là, il a été possible de procéder à une analyse des *types de temps sensibles et à risques* les plus fréquents au cours des six dernières décennies⁶³.

2.1. Le choix de la station de référence et des paramètres météorologiques

2.1.1. Caen-Carpiquet : une station fiable

« *Les études des variations climatiques à long terme doivent s'appuyer sur des séries exemptes de données manquantes et d'hétérogénéité* » (Bigot, 2002). Cette affirmation constitue le fondement sur lequel repose la crédibilité de toute analyse sur l'évolution du climat⁶⁴. La sélection de la station servant de référence dépend par conséquent de la disponibilité des données sur plusieurs décennies et de la stabilité paysagère aux alentours de la station météorologique (et à proximité immédiate de ses capteurs), afin de garantir l'homogénéité des séries de mesures⁶⁵. La station de Caen-Carpiquet répond à ces deux critères grâce à une série de données fiables et continues remontant au milieu du 20^{ème} siècle (Cantat, 2004a).

- du point de vue instrumental, la station présente toutes les garanties qu'offre un Centre Départemental Météorologique grâce à la présence permanente – jusqu'il y a peu de temps – de personnel qualifié et de contrôles météorologiques fréquents.
- du point de vue environnemental, la situation est également favorable malgré l'extension spatiale progressive de l'agglomération urbaine à proximité du site (figure 122). En effet, le document montre que la station est située à l'extérieur de la zone de bâti dense et bénéficie de sa position à l'ouest de la ville, donc préférentiellement sous les vents dominants d'ouest en provenance de la campagne. De fait, les flux issus de la ville, figurés par l'ouverture angulaire [50° ; 110°], ne représentent que 8,7% du total, valeur qui se réduit même à 5,5% si l'on ne se réfère qu'aux déplacements d'air à faibles vitesses qui sont les meilleurs vecteurs d'exportation des influences urbaines (Cantat, 2004b).

Notons enfin que la station n'a pas connu de changement d'emplacement significatif – cause majeure à l'origine des ruptures d'homogénéité statistique (Heino, 1996) – mais des déplacements sans conséquence majeure car sur des espaces sensiblement identiques plans et dégagés, caractéristiques de ce bas plateau calcaire qui forme la Plaine agricole de Caen.

Au total, les données de Caen-Carpiquet ne semblent pas sujettes dans le temps à des changements d'origine instrumentale et/ou environnementale, comme cela peut être le cas dans les espaces ayant connu d'importantes mutations paysagères (cf. les très grandes agglomérations) où la modification des facteurs géographiques locaux peut induire des dérives parfois supérieures aux tendances naturelles (Escourrou, 1981).

⁶³ Les exemples présentés ici sont repris d'une publication parue dans les Actes du CNFG à la suite des Journées de Climatologie d'Épernay en mars 2013 (Cantat et Savouret, 2013). Le lecteur intéressé par une ouverture géographique plus large du sujet pourra se reporter au chapitre 3 de l'ouvrage « *Changement climatique dans l'Ouest. Evaluation, impacts, perceptions* » ; ce chapitre développe les résultats de l'étude pour les régions Bretagne, Pays de la Loire, Poitou-Charentes et Basse-Normandie, à partir d'un panel de 12 stations sur la période 1971-2010 (Cantat et al., 2012).

⁶⁴ Ces points ont été discutés dans les réflexions préliminaires du volume 2 de cette HDR (vol. 2, p. 17-18).

⁶⁵ Les critères sont les mêmes que ceux qui ont présidé aux choix des soixante stations de référence pour la constitution du « Catalogue des types de temps en France métropolitaine », à ceci près que les exigences météorologiques et environnementales devaient s'appliquer sur la période la plus longue possible.

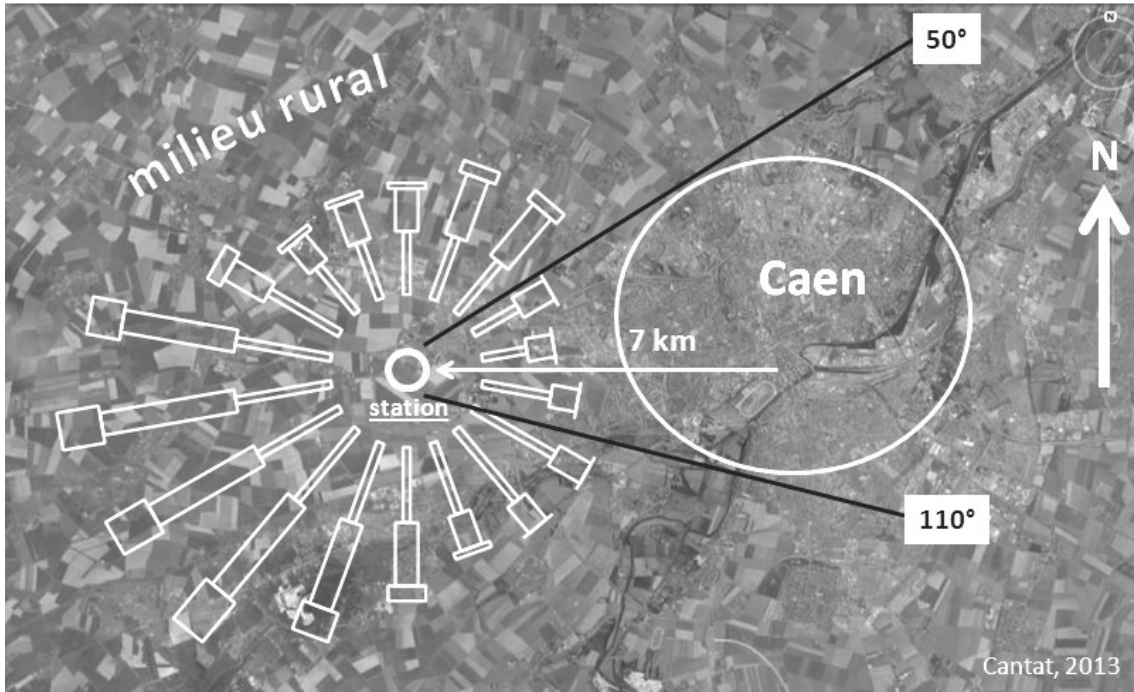


Figure 122 : Environnement de la station météorologique de Caen-Carpique (fond photographique d'après Google Earth) et rose des vents annuelle (d'après données Météo-France, période 1981-2000) :

rectangle extérieur large : **fort** [> 8 m/s] : 9,4%
 rectangle médian : **modéré** [4,5 m/s ; 8 m/s] : 37,6%
 rectangle intérieur étroit : **faible** [1,5 m/s ; 4,5 m/s] : 45,3%
 rond central : **calme** [< 1,5 m/s] : 7,8%

2.1.2. La fraction d'insolation, la température moyenne de l'air et l'occurrence de pluie : des marqueurs classiques du « temps sensible »

Pour simplifier la lecture des documents, nous n'avons retenu que les trois premiers paramètres de notre typologie mais gardé les mêmes classes. Cela conduit à déterminer trente-deux combinaisons possibles au lieu des soixante-quatre quand on y associe l'occurrence de vent.

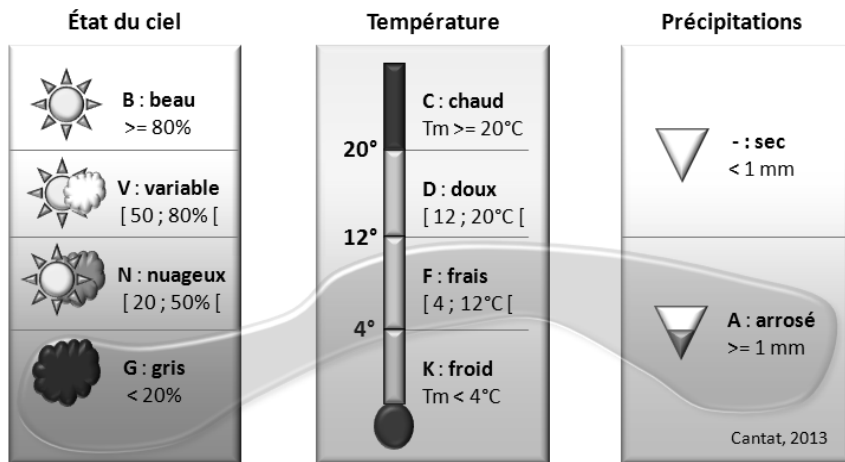


Figure 123 : Classification en 32 catégories des types de temps, par combinaison de 3 paramètres du temps 'sensible' (état du ciel, température et précipitations) ; exemple du type GFA matérialisé par l'enveloppe en grisé (« gris, frais, arrosé »).

→ croisement des critères : **32 combinaisons possibles** (= 4*4*2)

ex. : Caen en 2012 : **GFA** = **gris, frais, arrosé** = $G \cap F \cap A$ fréquence = **9,0%** (33 cas)

2.2. Présentation de quelques résultats

Au fil des saisons et au gré des masses d'air d'origines variées qui affectent la région, la clarté du ciel, le ressenti des températures et les probabilités de précipitations forment une multitude de combinaisons. Les figures et tableaux ci-après présentent dans un premier temps la fréquence de l'ensemble des trente-deux combinaisons calculées successivement sur deux Normales disjointes, la plus récente 1981-2010 (figure 124)⁶⁶ et la précédente 1951-1980 (figure 125). Cette première analyse permet de définir un catalogue des 'types de temps quotidiens' spécifiques de la région caennaise et de voir si, d'une Normale à la suivante, apparaissent des évolutions significatives.

2.2.1. Comparaison de la fréquence des types de temps sensibles sur les deux dernières Normales

Le contexte tempéré et très changeant des états de l'atmosphère apparaît immédiatement à travers le caractère des quatre types les plus fréquents sur la Normale actuelle 1981-2010 : « gris frais arrosé » (10,5%) ; « variable doux » (8,8%) ; « gris frais » (8,6%) et « nuageux doux » (7,9%). Ces qualificatifs traduisent une région soumise préférentiellement aux advections océaniques chargées d'humidité, souvent pluvieuses, et sans qualité thermique bien tranchée (circulation d'ouest dominante).

Notons qu'à eux-seuls les dix premiers types de temps regroupent près des trois-quarts de la distribution (73,3%) alors que certaines combinaisons sont très rares (les dix derniers types de temps couvrent seulement 2,2% du total). Ces cas atypiques n'en sont pas moins intéressants à analyser car ils peuvent occasionner des conséquences notables sur l'Homme et son environnement. Ils découlent de configurations synoptiques très peu fréquentes (influences polaires ou tropicales accentuées) ou de changements de temps profonds au cours d'une même journée, juxtaposant de ce fait des éléments *a priori* peu compatibles entre eux⁶⁷.

Le contexte climatique régional se retrouve très logiquement sur la Normale qui précédait. Cependant des nuances apparaissent (pour faciliter la comparaison visuelle, la hiérarchie des types de temps 1981-2010 a été conservée). Ces évolutions font l'objet de l'analyse dans le point suivant

► **L'évolution inter-Normales des types de temps à Caen**

Les graphiques et le tableau 40 présentent pour chacun des trente-deux *types de temps* les principaux changements intervenus entre les deux Normales.

Pour synthétiser les principales observations, nous distinguerons les *types de temps* en fonction de leur classe thermique. L'interprétation des valeurs est à moduler selon leur fréquence relative dans la distribution moyenne annuelle 1981-2010 (valeurs par composante notées dans la légende de la figure 124 et rappelées entre les parenthèses) :

⁶⁶ La représentation graphique des combinaisons est légèrement différente de celle proposée dans le catalogue des *types de temps*. Ici, comme nous n'avons plus que trois paramètres à représenter, il a donc été possible de rationaliser le graphique en superposant la fraction pluvieuse au-dessus de chaque combinaison composée par la fraction d'insolation et la température moyenne de l'air sous abri. Ainsi, cela permet un graphique très compact regroupant en seize lignes des trente-deux *types de temps* possibles (ce qui n'est pas possible en prenant en compte le vent).

⁶⁷ La combinaison « *beau chaud arrosé* » (4 cas en 30 ans ou 0,04%) peut correspondre à l'arrivée d'orages en fin de journée, synonymes de risques (ex. du 21 septembre 2006 avec front froid actif en provenance de l'Atlantique succédant à trois belles journées anticycloniques). Pour le temps « *beau froid arrosé* » (3 cas en 30 ans), possibilité de neige après une très belle journée (ex. du 16 décembre 2009, front occlus neigeux en soirée).

La diversité des types de temps à Caen sur les Normales 1981-2010 et 1951-1980.

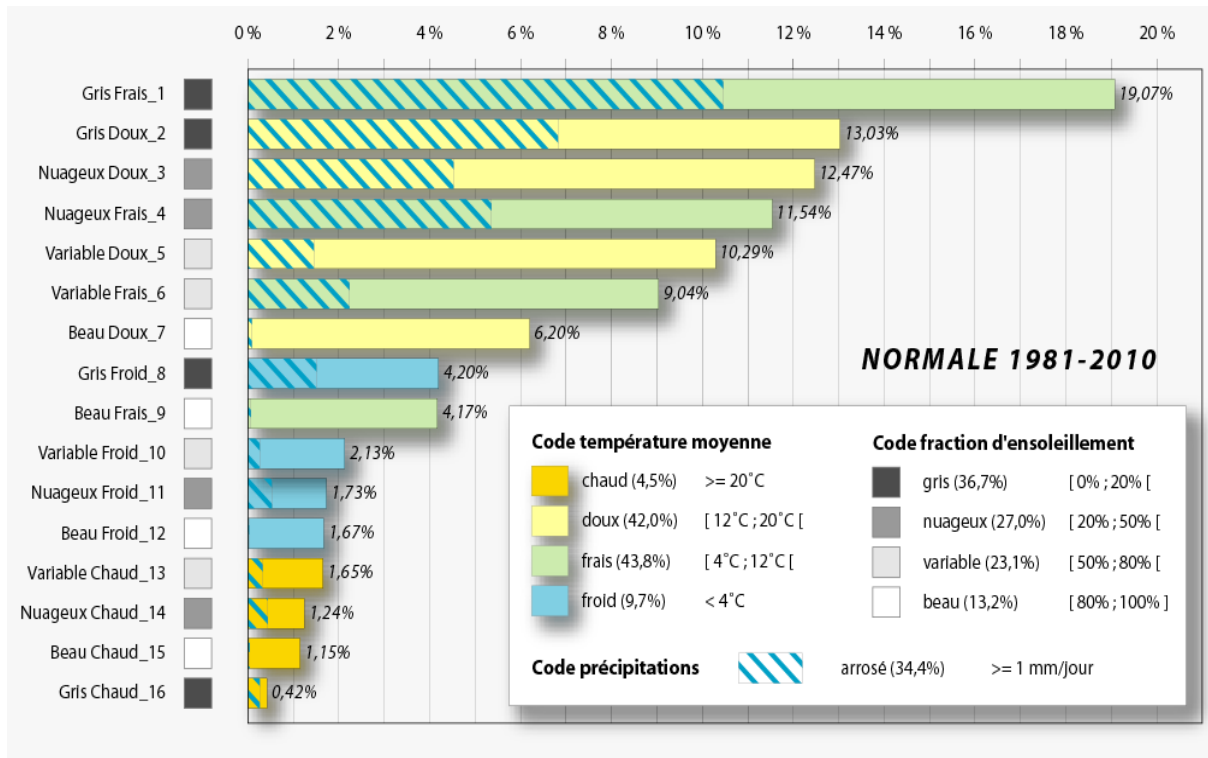


Figure 124: Fréquence des types de temps à Caen sur la Normale 1981-2010.

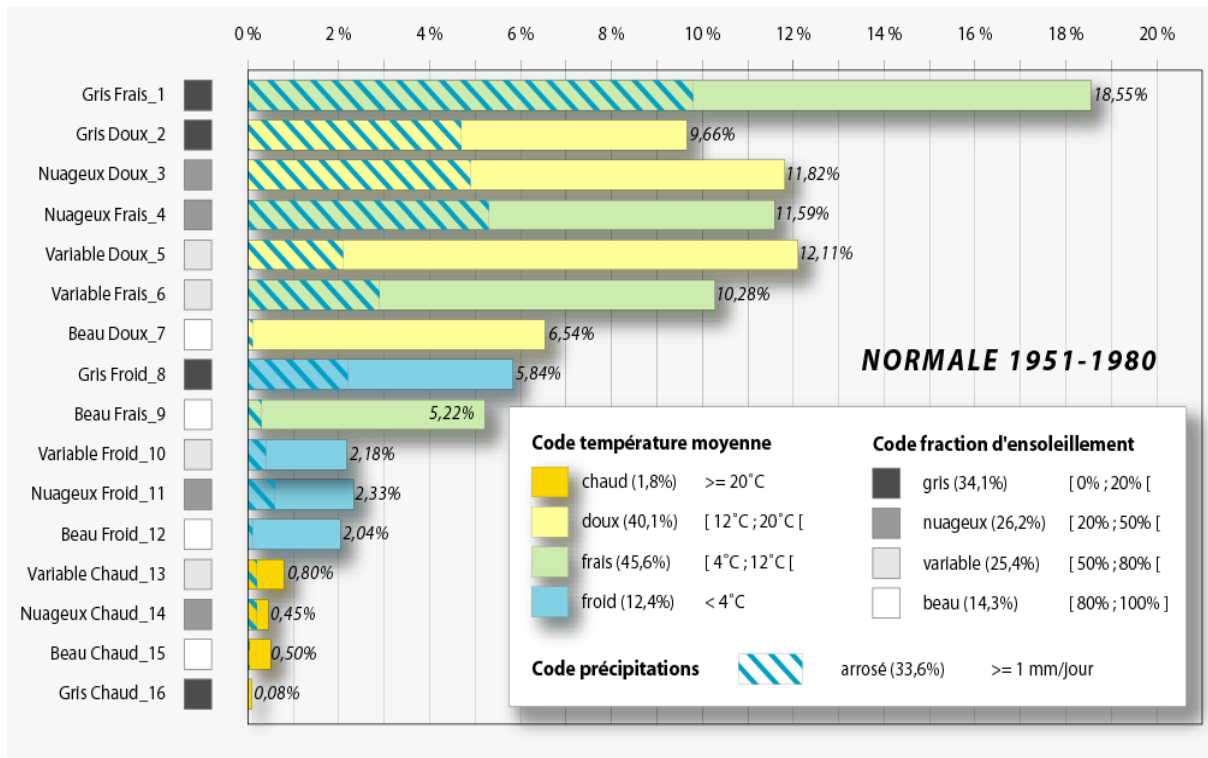


Figure 125 : Fréquence des types de temps à Caen sur la Normale 1951-1980.

La diversité des types de temps à Caen sur les Normales 1981-2010 et 1951-1980.

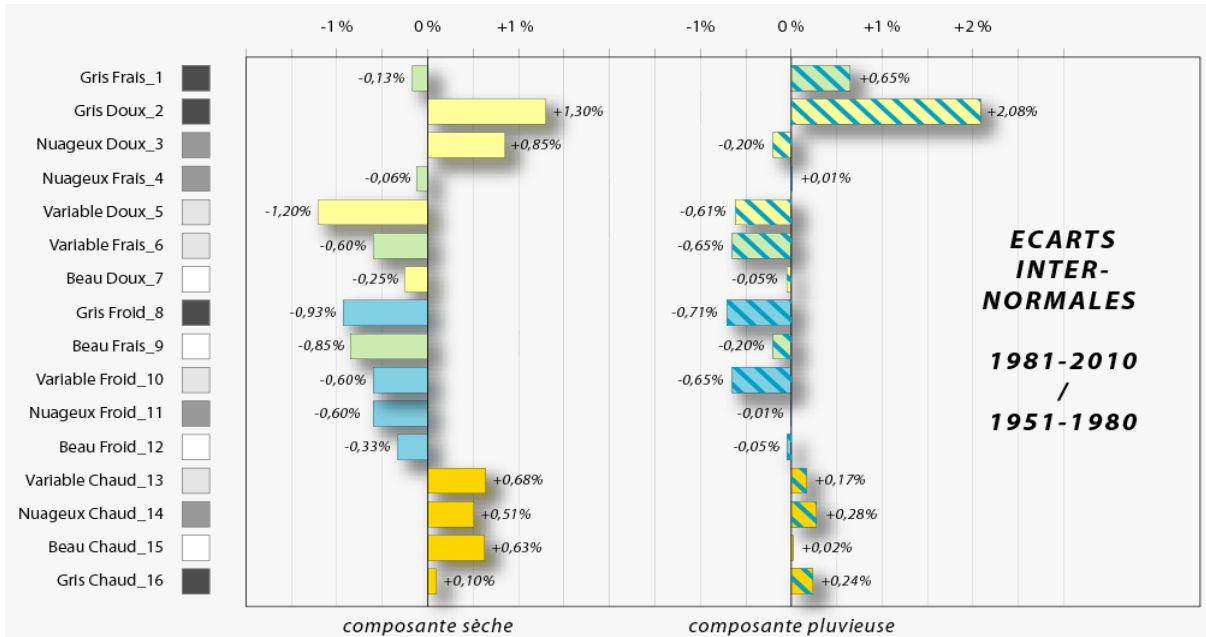


Figure 126 : Evolution entre les Normales 1951-1980 et 1981-2010 de la fréquence des types de temps à Caen.

rang	code	descriptif	1951-1980	1981-2010	évolution
1	GFA	GRIS FRAIS ARROSE	9.81%	10.46%	0.65%
2	VD-	VARIABLE DOUX SEC	10.05%	8.84%	-1.20%
3	GF-	GRIS FRAIS SEC	8.74%	8.62%	-0.13%
4	ND-	NUAGEUX DOUX SEC	7.09%	7.94%	0.85%
5	GDA	GRIS DOUX ARROSE	4.74%	6.82%	2.08%
6	VF-	VARIABLE FRAIS SEC	7.40%	6.80%	-0.60%
7	GD-	GRIS DOUX SEC	4.92%	6.22%	1.30%
8	NF-	NUAGEUX FRAIS SEC	6.24%	6.18%	-0.06%
9	BD-	BEAU DOUX SEC	6.40%	6.11%	-0.29%
10	NFA	NUAGEUX FRAIS ARROSE	5.35%	5.36%	0.01%
11	NDA	NUAGEUX DOUX ARROSE	4.73%	4.53%	-0.20%
12	BF-	BEAU FRAIS SEC	4.95%	4.10%	-0.85%
13	GK-	GRIS FROID SEC	3.62%	2.69%	-0.93%
14	VFA	VARIABLE FRAIS ARROSE	2.88%	2.24%	-0.65%
15	VK-	VARIABLE FROID SEC	1.82%	1.87%	0.05%
16	BK-	BEAU FROID SEC	1.97%	1.64%	-0.33%

rang	code	descriptif	1951-1980	1981-2010	évolution
17	GKA	GRIS FROID ARROSE	2.22%	1.51%	-0.71%
18	VDA	VARIABLE DOUX ARROSE	2.06%	1.45%	-0.61%
19	VC-	VARIABLE CHAUD SEC	0.65%	1.32%	0.68%
20	NK-	NUAGEUX FROID SEC	1.68%	1.20%	-0.47%
21	BC-	BEAU CHAUD SEC	0.48%	1.11%	0.63%
22	NC-	NUAGEUX CHAUD SEC	0.29%	0.80%	0.51%
23	NKA	NUAGEUX FROID ARROSE	0.65%	0.53%	-0.12%
24	NCA	NUAGEUX CHAUD ARROSE	0.16%	0.44%	0.28%
25	VCA	VARIABLE CHAUD ARROSE	0.16%	0.33%	0.17%
26	GCA	GRIS CHAUD ARROSE	0.03%	0.26%	0.24%
27	VKA	VARIABLE FROID ARROSE	0.37%	0.26%	-0.11%
28	GC-	GRIS CHAUD SEC	0.05%	0.16%	0.10%
29	BDA	BEAU DOUX ARROSE	0.15%	0.09%	-0.05%
30	BFA	BEAU FRAIS ARROSE	0.27%	0.07%	-0.20%
31	BCA	BEAU CHAUD ARROSE	0.02%	0.04%	0.02%
32	BKA	BEAU FROID ARROSE	0.07%	0.03%	-0.05%

Tableau 43 : Evolution entre 1951-1980 et 1981-2010 de la fréquence des types de temps à Caen.

- ✓ les temps à dominante *chaud* (4,5% de l'effectif) : augmentation de tous les 'types', quelques soient la fraction d'insolation et les précipitations (cf. les quatre bâtons en bas du graphique déportés à droite de l'axe vertical de variation). La hausse est plus sensible logiquement pour les types sec plus nombreux (VC- = +0,68% ; BC- : +0,63% ; NC- : +0,51%) car la chaleur est naturellement peu compatible avec la pluviosité en Normandie ;
- ✓ les temps à dominante *froid* (9,7% de l'effectif) : diminution de ces 'types', principalement des deux composantes gris sec (GK- : -0,9%) et gris arrosé (GKA : -0,7%) ;

- ✓ les temps à dominante *doux* (42,0% de l'effectif) : évolution contrastée, avec une très nette augmentation de la fréquence des types gris doux arrosé (GDA : +2,08%) comme sec (GD- : +1,30%) qui s'oppose à une diminution des types dont l'état du ciel est variable (VD- : -1,20% ; VDA : -0,61%) ou beau (BD- : -0,29%) ;
- ✓ les temps à dominante *frais* (43,8% de l'effectif) : évolution contrastée aussi, avec notamment une compensation exacte du renforcement des types gris arrosé (GFA : +0,65%) par la diminution des types variable arrosé (VFA : -0,65%).

Ces observations traduisent vraisemblablement des changements de climat de différents ordres :

- un phénomène d'échelle globale – le réchauffement climatique – confirmé régionalement tous *types de temps* confondus : augmentation de +2,63% des types chaud et de +1,87% des types doux au détriment des types frais (-1,83%) et des types froid (-2,66%) ;
- à l'échelle régionale, voire domaniale, une part un peu plus importante des *types de temps* nébuleux (gris et nuageux), peut-être en lien avec une augmentation de la circulation zonale sur les dernières décennies (?).

2.2.2. Comparaison des types de temps à Caen au fil des années

Il convient maintenant de procéder à une analyse en continu, année après année, afin de déceler les éventuelles cyclicités et/ou la présence de rupture(s) au cours des six dernières décennies. Ces faits pouvaient être masqués dans la première approche de Normale à Normale, limite inhérente à ce type de comparaison.

► **Evolution des quatre types de temps les plus fréquents à Caen entre 1951 et 2010**

Les graphiques suivant traduisent avant tout une très forte variabilité interannuelle, composante essentielle du climat de l'Ouest européen, en accord avec les fluctuations habituelles de la circulation générale de l'atmosphère aux latitudes moyennes (figure 127).

Ces traitements révèlent plus objectivement l'évolution du continuum climatique et complètent ainsi les résultats et les interprétations issues de la comparaison des seules Normales. Par ailleurs, divers schémas évolutifs apparaissent, nuancant encore les perspectives évolutives... :

- ✓ pour le 1er type de temps, « gris frais arrosé », on constate de grandes oscillations positives et négatives, en début comme en fin de cette période soixantennale. Alors que ce *type de temps* présente une augmentation à la seule vue de l'évolution des valeurs moyennes entre 1951-1980 et 1981-2010 (de 9,81% à 10,46%, soit +0,65%), les valeurs « vraies » résumées par la moyenne mobile et la tendance inciteraient à penser à une décroissance ;
- ✓ pour le type « variable doux sec » (2ème rang), la variabilité est également importante mais apparaît plus organisée, avec des valeurs négatives de façon régulière en fin de période, cette fois-ci donc en accord avec l'évolution moyenne entre les deux Normales. Le type « nuageux doux sec » (4ème rang) apparaît un peu comme le négatif du précédent, avec notamment une tendance croissante bien marquée au cours de la dernière décennie ;
- ✓ le type « gris frais sec » (3ème rang) propose des phases négatives longues et de faibles amplitudes, entrecoupées par trois fortes pulsations positives au cours des soixante dernières années. Au total, une apparente cyclicité (à confirmer les années à venir) mais pas de tendance à privilégier sur le long terme en raison de l'extrême variabilité de ce type.

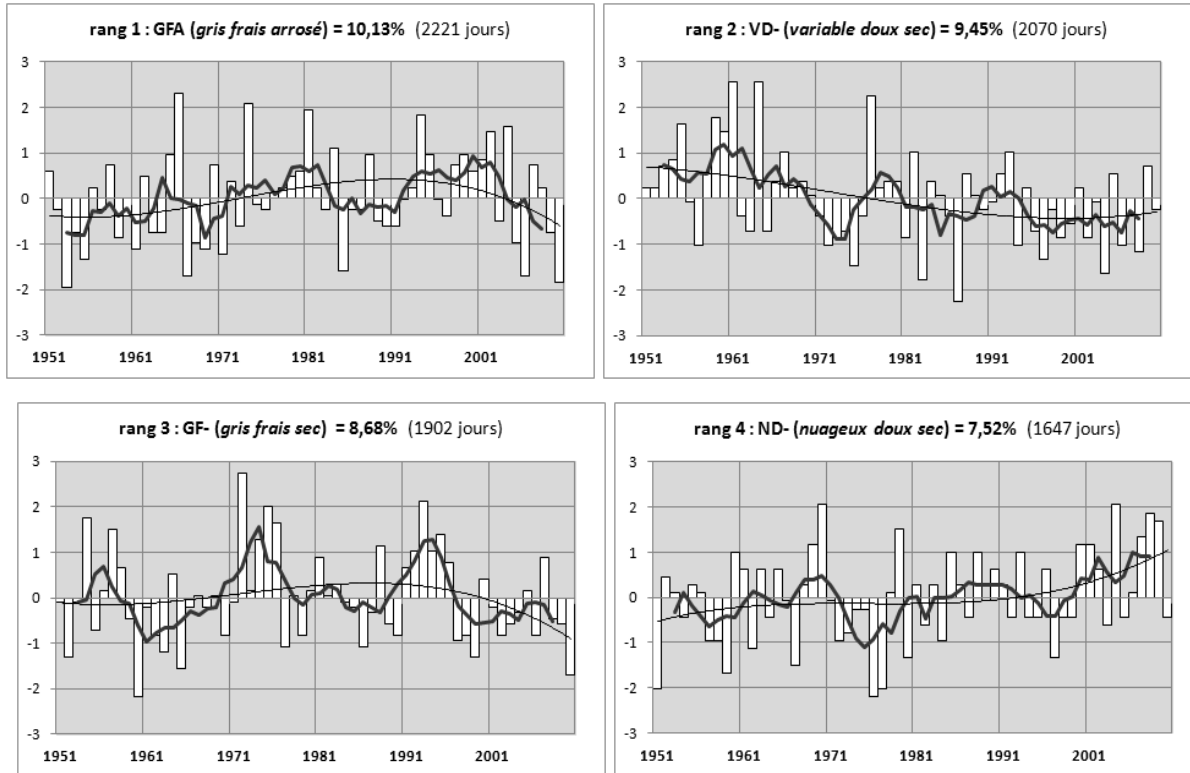


Figure 127 : Evolution des 4 premiers types de temps à Caen entre 1951 et 2010 (données exprimées en valeurs réduites centrées). Bâtons blancs : données annuelles ; trait épais : moyenne mobile d'ordre 5 ; trait fin : régression polynomiale d'ordre 3.

Nota : Le traitement des données originelles (nombre de cas par an) en valeurs réduites centrées gomme les effets de taille et permet de comparer directement les évolutions de chaque 'type de temps' quels que soient leurs effectifs. Pour faire ressortir plus simplement les principales tendances, la lecture est ensuite facilitée par l'application d'une moyenne mobile d'ordre 5 et d'une régression polynomiale d'ordre 3.

► Evolution de deux types de temps à risques à Caen depuis 1951

L'importance des risques atmosphériques dépend bien évidemment de l'intensité de l'aléa dans un contexte climatique donné mais aussi de la valeur des enjeux dans un contexte socio-économique donné. Les *types de temps à risques* présentent une fréquence réduite et une variabilité importante en raison de la non reproductibilité systématique d'une année à l'autre des situations synoptiques atypiques qui les déterminent. Pour illustrer ces cas sous climat des latitudes moyennes océaniques, voici l'exemple des *types de temps à risques* dominés par le froid – à l'origine notamment de phénomènes glissants en hiver – et ceux marqués par la chaleur, parfois génératrice de sécheresses, voire de canicules en été.

✓ Les risques à caractère hivernal

En période froide, les conséquences des temps « gris froid arrosé » (risques de neige et de verglas) sont d'autant plus marquées que ces situations sont rares (de l'ordre de 5 à 10 jours par an à Caen en moyenne sur la période 1951-2010) et que par voie de conséquence la société n'y est pas habituée et encore moins préparée (figure 128, droite).

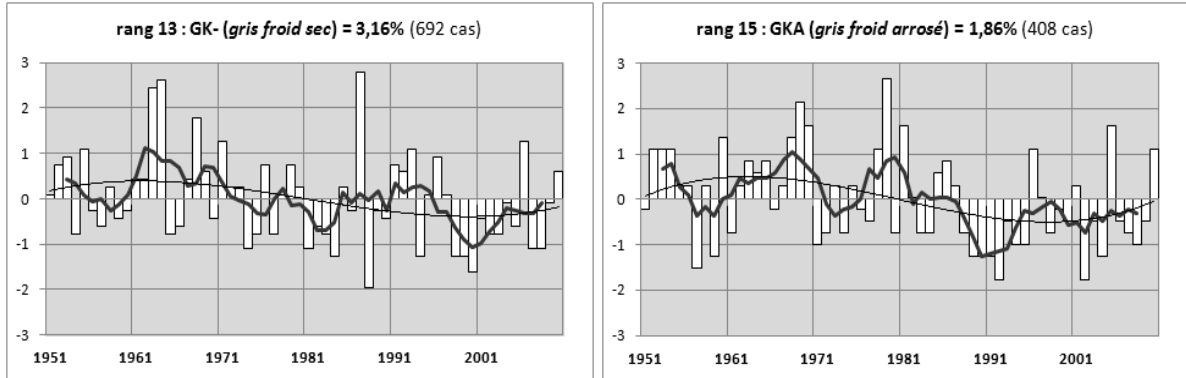


Figure 128 : Evolution annuelle des types de temps à risques à Caen entre 1951 et 2010 : temps « gris froid et sec » (à gauche) ; temps « gris froid et arrosé » (à droite) (données exprimées en valeurs réduites centrées). Bâtons blancs : données annuelles ; trait épais : moyenne mobile d'ordre 5 ; trait fin : régression polynomiale d'ordre 3.

Pour gagner en précision dans la caractérisation du risque, nous avons créé de nouvelles classes, en dehors des terne-deux combinaisons proposées, en relation plus directe avec la thématique à traiter (ici les phénomènes glissants et les congères).

• Les risques de phénomènes glissants à Caen sur la période 1951-2012

Pour matérialiser plus sûrement la transformation de l'eau liquide sous forme de neige ou de verglas, le niveau des températures moyennes a été abaissé à 0°C et tous les états du ciel ont été pris en compte sans distinction, tout en conservant 1 mm pour seuil de précipitations significatives (figure 129).

	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012						
1 an	0	4	4	3	4	6	0	3	0	7	1	2	6	4	1	4	0	0	3	4	0	0	1	0	0	2	2	8	5	0	0	2	3	0	7	4	3	0	0	0	2	0	1	1	0	3	3	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	4	8	0	3							
5 ans	3.0		3.2		2.8		2.2		0.2		3.4		2.4		1.4		0.8		1.2		1.2		2.6																																													
10 ans	3.1				2.5				1.8				1.9				1.0				1.9																																															
30 ans	2.5								1.6																																																											
série maxi	0	2	2	1	1	4	0	1	0	4	1	1	1	2	1	1	2	0	0	1	2	0	0	1	0	0	1	1	2	2	0	0	1	3	0	3	2	2	0	0	0	2	0	1	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	3	3	0	3

RISQUES DE "PHENOMENES GLISSANTS" : nombre de jours froids (TM<0°C) et arrosés (RR>=1mm) et série la plus longue par année

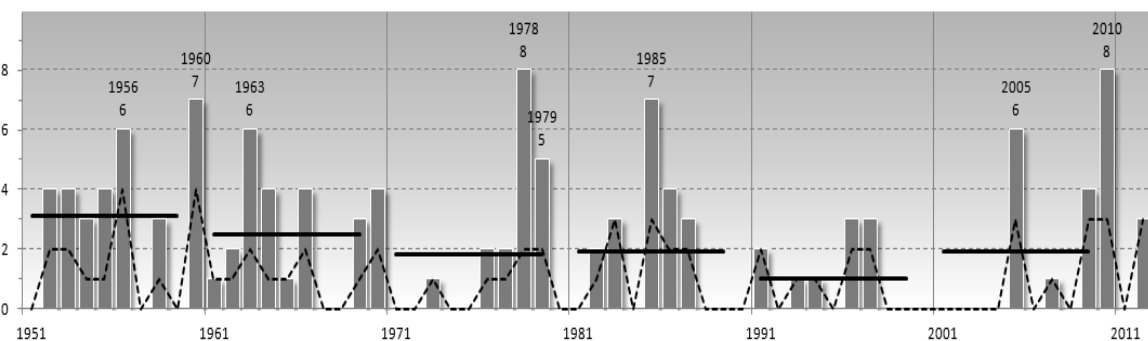


Figure 129 : Evolution annuelle entre 1951 et 2012 des risques de phénomènes glissants à Caen. Bâton : nombre de jours ; trait horizontal : moyenne quinquennale ; tirets : plus longue série continue.

Courbes et chiffres à l'appui, cette figure matérialise clairement la fréquence plus longue et régulière des conditions hivernales difficiles dans les décennies 1950 et 1960 ; l'existence de forts contrastes dans les années 1970 et 1980 ; la rareté des cas observés dans les années 1990. Cette seconde moitié

du 20^{ème} siècle est donc marquée par une évolution générale à la baisse, dans un contexte de variabilité plus forte. Cette tendance qui semblait s'affirmer jusque dans le début des années 2000 est actuellement remise en cause par le retour d'épisodes hivernaux prononcés au cours de ces dernières années. Rappelons notamment 2005 et surtout 2010, avec un mois de décembre exceptionnel par la fréquence des chutes de neige (13 jours à Caen, alors que la Normale 1981-2010 est de 2,6 jours et le total annuel de 12,6 jours).

Simple pulsation résiduelle (et à quelle échelle ?) dans le contexte de réchauffement global confirmé par les synthèses du GIEC (2007 et 2013) ou amorce d'une nouvelle tendance, seul l'avenir pourra en juger...

• Les risques de congères à Caen sur la période hivernale de 1950/1951 à 2012/2013

Il est également possible d'envisager des conditions hivernales encore plus « extrêmes », notamment pour la circulation routière et plus largement pour la sécurité des biens et des personnes, en considérant le risque de formation de congères. Pour la détermination de ce *type de temps à risques*, nous avons considéré l'association journalière de l'occurrence de neige, de températures moyennes inférieures ou égales à 0°C et la présence de fortes rafales de vent, supérieures ou égales à 16 m/s. Ces éléments sont illustrés par quelques photographies de la situation vécue au nord immédiat de Caen, en mars 2013, et présentés dans le graphique couvrant les hivers de 1950/1951 à 2012/2013 (figure 130).

Sur la Plaine de Caen, certaines conditions synoptiques excessivement rares (conjonction de basses pressions, d'une masse d'air froid et proximité de la réserve d'humidité de la Manche) occasionnent des chutes de neige abondantes, soufflées par un vent violent et accumulées au gré des premiers obstacles qui se présentent sur son chemin (figure 131). En quelques heures, les axes de circulation de la région peuvent ainsi être bloqués par des congères dépassant fréquemment 50 cm, atteignant même par endroits près de 2 mètres de hauteur (situation synoptique au sol et en altitude disponibles en annexe 14).

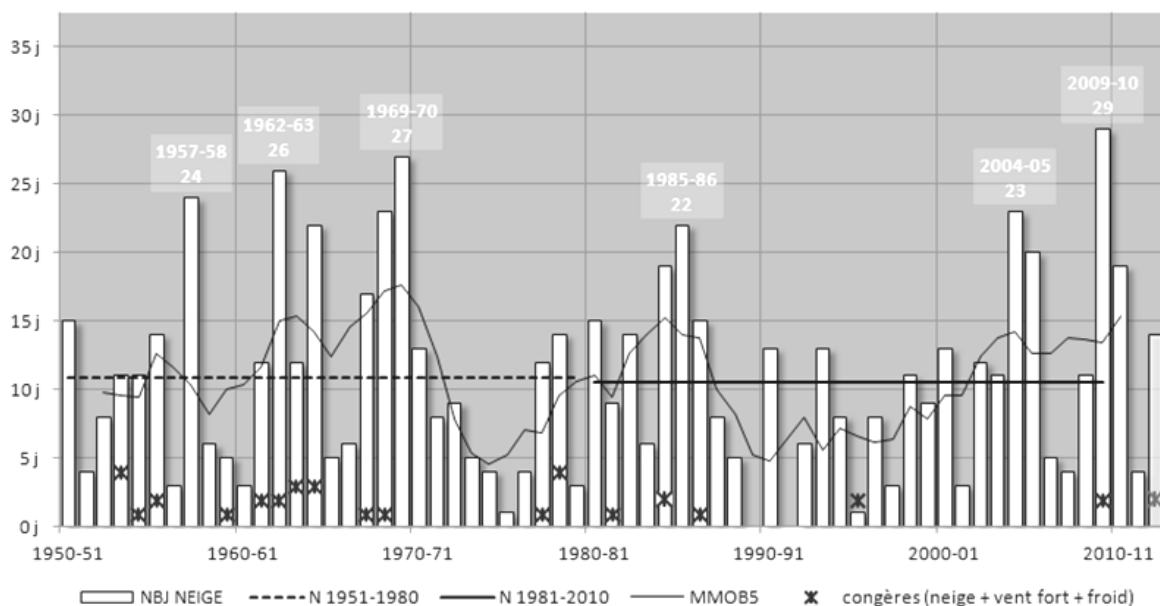


Figure 130 : Evolution annuelle entre 1950/1951 et 2012/2013 des risques de congères à Caen. Bâton : nombre de jours de neige ; trait horizontal : normales ; courbe : moyenne mobile d'ordre 5 ; étoile : jour avec probabilité forte de formation de congères (neige + froid + vent fort).

Les étoiles sur le graphique ci-dessus montrent que les risques de congères sont très rares et présentent une évolution assez similaire à celle des risques de phénomènes glissants vue précédemment. Notons que le risque de grandes congères – et de blocage généralisé – dépend de la qualité des précipitations (formation d’une neige légère en relation avec une masse d’air froid en altitude) et bien entendu de l’importance de la chute. Ainsi, en ne considérant que les cas précédant ayant enregistré un équivalent de lame d’eau supérieur ou égal à 5 mm, seuls 3 cas sur les 33 émergent au cours des soixante dernières années : le 31/12/1978 (voir extrait du carnet d’observation en annexe 15), le 04/01/1979 et le 20/02/1996. La tempête de neige mémorable de mars dernier entre dans cette catégorie si la rafale instantanée maximale de vent enregistrée à l’aéroport de Caen est arrondie à l’unité supérieure (15,8 m/s)...



Figure 131 : Phénomènes de congères au nord de Caen en mars 2013 (clichés Cantat, 2013).



Figure 132 : Image satellite de la Normandie sous une épaisse couche de neige, le 14 mars 2013 à 15 UTC. La région caennaise est repérée par le cercle noir (données MODIS).

✓ **Les risques à caractère estival**

Le climat tempéré océanique de la région explique la quasi absence de fortes chaleurs et de beau temps durable, ce qui fait des épisodes « beau chaud sec » (figure 133) une véritable cause de plaisir mais aussi de danger pour la population, principalement lorsque ces épisodes se prolongent sur plusieurs jours consécutifs (Cantat, 2005). Ces situations s’expliquent par des configurations synoptiques générant des invasions d’air tropical continental sur l’Europe de l’Ouest (hauts géopotentiels en provenance des tropiques).

L’augmentation des types de temps « beau chaud sec » s’accompagne d’un allongement moyen de la durée de ces séquences, avec toutefois une grande variabilité interannuelle (aucune série en 2002 et 2008, contre 4 jours consécutifs en 2003 et 2004). Cependant, comme pour les risques « froids », on observe un tassement de cette tendance croissante après le pic de la fin des années 1990 et le début des années 2000 (culmination en 2003).

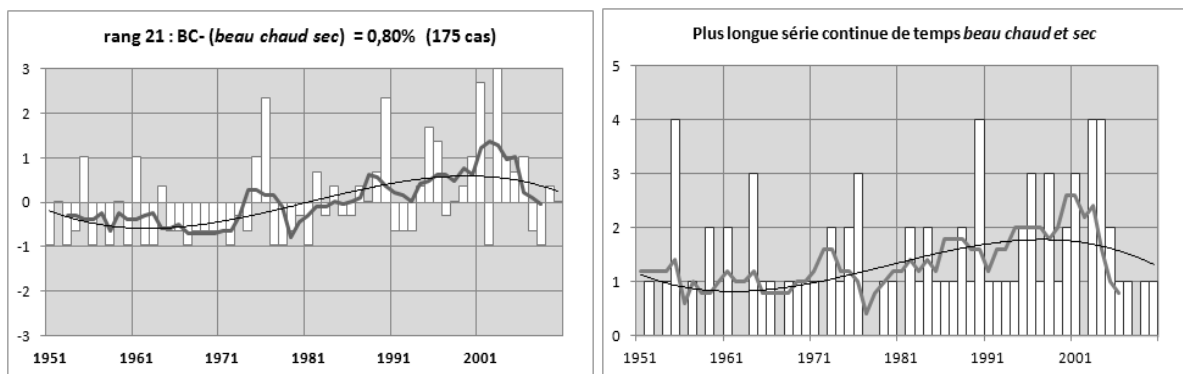


Figure 133 : Evolution annuelle du temps « beau chaud et sec » (à gauche) (données exprimées en valeurs réduites centrées) ; nombre maximum de jours de suite de temps « beau chaud et sec » (à droite). Bâton blanc : donnée annuelle ; trait épais : moyenne mobile d’ordre 5 ; trait fin : régression polynomiale d’ordre 3.

• **les risques de coups de chaleur à Caen sur la période 1951-2012**

Comme pour les risques hivernaux, nous avons créé une nouvelle classe de temps à risques, plus en phase avec la probabilité régionale de « coups de chaleur ». Etant donné le contexte climatique « habituel » plutôt frais et nébuleux des étés bas-normand, les seuils apparaîtront bas pour beaucoup d’habitants méridionaux et de l’est du pays, mais ce choix découle d’un précepte propre aux études appliquées qui s’appuient nécessairement sur des critères répondant à une finalité bien définie.

Pour évaluer cette contrainte, ce sont donc ici des températures maximales journalières « seulement » supérieures à 25°C qui ont été retenues – soit le seuil de la chaleur pour Météo France – et des valeurs d’ensoleillement légèrement inférieures à ce qui est communément qualifié de grand beau temps (fraction d’insolation supérieure ou égales à 66%) (figure 134).

Le graphique confirme pour ces critères la forte hausse de ce risque déjà appréhendée à l’échelle des Normales (de 8,4 jours à 13,7 jours entre 1951-1980 et 1981-2010) et ajoute à cette lecture la mise en évidence d’une variabilité interannuelle plus forte depuis les années 1970, avec beaucoup plus de « pics » depuis la fin des années 1980 mais aussi quelques « trous » remarquables depuis (1993, 2007). Notons qu’avec ces critères le tassement de la seconde moitié des années 2000 est bien présent mais atténué grâce à la prise en compte des années 2011 (13 jours) et 2012 (19 jours) dont les effectifs sont proches de la Normale actuelle, et nettement supérieurs à ceux des valeurs moyennes des décennies de 1950 à 1980.

	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1 an	6	11	6	4	13	6	10	2	21	4	13	2	4	14	5	4	12	6	11	10	10	2	9	4	15	28	3	5	5	7	9	11	20	15	9	8	10	9	20	22	14	11	2	9	27	16	11	12	15	14	20	8	26	13	19	24	3	7	12	13	13	19
5 ans	8.0					8.6					7.6					8.6					8.0					9.6					12.8					13.8					12.6					13.6					17.6					11.8						
10 ans	8.3										8.1										8.8										13.3										13.1										14.7											
30 ans	8.4																														13.7																															
série maxi	2	4	1	2	9	3	4	1	5	1	3	1	2	3	2	2	3	2	4	2	3	1	4	2	4	10	2	1	2	2	2	2	11	4	3	2	2	3	3	7	2	2	1	3	4	4	3	5	2	4	5	2	6	3	2	5	2	2	2	4	7	5

RISQUES DE COUPS DE CHAUD : nombre de jours chauds (TX >=25°C) et ensoleillés (INSO >=66%) et série la plus longue par année

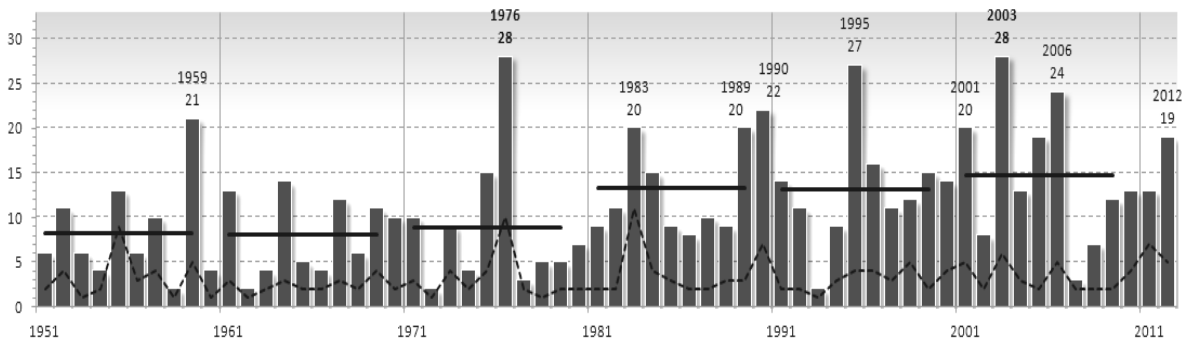


Figure 134 : Evolution annuelle entre 1951 et 2012 des risques de coups de chaleur à Caen. Bâton : nombre de jours ; trait horizontal : moyenne quinquennale ; tirets : plus longue série continue.

En **conclusion de ce deuxième exemple**, rappelons que située à l’ouest de la masse continentale européenne et en l’absence de relief marqué, la région de Caen bénéficie d’un cadre géographique qui laisse le plus souvent libre cours à l’expression des influences océaniques. La dominante « tempérée » du climat qui en découle est cependant quelquefois entrecoupée par des épisodes atypiques, liés à l’intrusion de masses d’air tropical ou polaire aux caractères plus contrastés occasionnant diverses contraintes (sécheresse, canicule / vague de froid, neige et verglas, tempêtes, etc.).

Ces différents caractères se retrouvent bien évidemment dans les contours actuels des *types de temps*. L’évolution au cours des soixante dernières années est variable d’un *type* à un autre, généralement lente et modeste, quelquefois plus affirmée, parfois incertaine en raison du manque de recul historique dont nous disposons, et même contradictoire selon la méthode et le pas de temps choisis, en raison de la très grande variabilité interannuelle possible dans le jeu des masses d’air. En définitive, de grandes fluctuations pluriannuelles apparaissent dans la fréquence des *types de temps* mais cette approche synthétique du climat souligne aussi l’amorce de nouvelles tendances que les prochaines décennies se chargeront... ou non de confirmer. À ce propos, dans l’optique du Changement climatique, les enseignements que l’on peut tirer aujourd’hui de cette analyse des *types de temps* pour une meilleure adaptation de l’Homme à son climat pourraient évoluer rapidement. En application des simulations climatiques synthétisées par le GIEC, on devrait notamment assister à un renforcement de la catégorie « gris, frais et pluvieux », en lien direct avec des précipitations plus abondantes et des températures moins froides en hiver (plus de ruissellements et d’inondations ?) et surtout voir une croissance notable de la combinaison « beau et chaud » en raison d’une influence plus marquée des conditions à caractère subtropical en été (plus de sécheresses et de canicules ?), faisant ainsi se renforcer ou même apparaître de nouveaux risques...

3. Une application thématique des *types de temps* : le tourisme balnéaire

Le *type de temps beau, chaud et sec* peut être considéré comme un atout pour les régions dont l'activité économique est centrée sur les animations de plein air. La fréquence et la durée des séquences de ce *type de temps* permettent, notamment, d'**apprécier les conditions atmosphériques les plus favorables au tourisme balnéaire**. Ainsi, après une présentation rapide à l'échelle de la France métropolitaine (3.1.), le commentaire sera recentré sur ses espaces littoraux (3.2.). S'agissant d'un simple exemple de l'utilisation possible du *catalogue des types de temps*, l'analyse sera limitée aux traits principaux qui caractérisent cette combinaison atmosphérique (que nous qualifierons ici d'*estivale* — au sens touristique du terme — pour alléger le commentaire). Afin de visualiser simplement et précisément les différenciations spatiales et saisonnières de ce *type de temps estival*, une synthèse des informations essentielles sera proposée sous forme de tableaux, de graphiques et de cartes. Concrètement, je commenterai brièvement la **fréquence et la répartition géographique de cette combinaison la plus favorable au tourisme**, sans tenir compte « *des comportements et des réactions de l'homme, c'est-à-dire de critères bioclimatiques permettant d'approcher du climat réellement ressenti, du climat vécu* » (Besancenot, Mounier et Lavenne, 1978).

Avant de présenter les résultats de cette analyse, il est nécessaire de rappeler qu'il ne s'agit ici que d'un **simple cadrage** de cette thématique. En effet, depuis des décennies, ce sujet d'étude a fait l'objet dans divers pays de recherches approfondies, matérialisées en France principalement par les **travaux de Jean-Pierre Besancenot**, dans une déclinaison de ces contributions à la bioclimatologie humaine (voir encadré 3.9). Le lecteur intéressé par cette thématique se reportera utilement à son ouvrage de référence « *Climat et tourisme* », paru en 1990 ou, dans le cadre d'une approche régionalisée correspondant à notre espace géographique littoral français, à l'article paru dans *Noréis* en 1978, rédigé en collaboration avec Jean Mounier et François de Lavenne (« *Les conditions climatiques du tourisme littoral : une méthode de recherche compréhensive* »).

Encadré 17 : La méthode d'analyse des types de temps favorables au tourisme de J.-P. Besancenot.

Dans le cadre de recherches en bioclimatologie appliquée, Jean-Pierre Besancenot a adopté la méthode de « climatologie compréhensive » dont les principes ont été mis au point par les auteurs russes dans le premier quart du 20^{ème} siècle. L'obtention de sa typologie thématique repose sur l'enchaînement de 3 phases :

- 1) le choix des critères permettant de caractériser les différentes journées dans une optique touristique ;
- 2) le dépouillement des séries quotidiennes de données météorologiques stationnelles ;
- 3) la constitution d'un catalogue des types de temps pour le tourisme.

Les résultats sont exprimés en nombres de jours de « beau temps », c'est-à-dire **agréables et confortables**, définis en fonction de seuils bioclimatiques. Concrètement, l'indice climato-touristique de J.-P. Besancenot s'appuie sur la combinaison quotidienne, en été, d'un nombre variable de paramètres météorologiques permettant de rendre compte du « bien-être » des touristes (durée d'ensoleillement, nébulosité en milieu de journée, durée et quantité des précipitations en phase diurne, température maximale, vitesse du vent et tension de vapeur d'eau dans l'air en milieu de journée). Sur les 9 types de temps, 2 sont favorables au tourisme (*très beau temps ensoleillé* et *beau temps ensoleillé* : ce qui correspond assez sensiblement à notre classe BC-) et 2 sont défavorables au tourisme (dont 1 très défavorable, le type *pourri*, c'est-à-dire à la fois longuement et fortement nuageux et pluvieux dans la même journée).

Remarque : notre démarche menant à la constitution d'un *catalogue des types de temps* est identique mais elle se fonde sur un nombre de variables naturellement inférieur et des classes plus « neutres », dans le cadre d'une approche globale couvrant les combinaisons possibles sur l'ensemble de l'année.

3.1. Approche globale annuelle du type de temps « estival »⁶⁸

Les tons de gris du tableau et les pics des graphiques de synthèse font immédiatement ressortir l'écrasante primauté du domaine méditerranéen pour ce *type de temps*, tant en termes de fréquence que de durée. *A contrario*, on constate la faiblesse d'occurrences des conditions estivales sur une large bande côtière s'étirant de la Bretagne au Nord-Pas-de-Calais (tableau 44 et figures 135 et 136).

STATIONS	fréq. BC-	durée (en j et %)			
		moy.	1-3 j.	4-6 j.	>= 7 j.
1 AJACCIO	17.00%	3.42	5.6%	4.6%	6.7%
2 ALENCON	2.08%	1.69	1.6%	0.4%	0.2%
3 ANGERS	3.76%	1.80	2.8%	0.7%	0.4%
4 AURILLAC	3.19%	1.61	2.8%	0.3%	0.1%
5 AUXERRE	4.35%	1.88	3.1%	1.0%	0.3%
6 BALE-M	3.55%	1.76	2.8%	0.6%	0.1%
7 BASTIA	14.83%	2.62	7.0%	4.4%	3.4%
8 BERGERAC	4.87%	1.71	3.7%	1.0%	0.2%
9 BESANCON	4.67%	2.02	3.5%	1.1%	0.1%
10 BIARRITZ	3.60%	1.33	3.3%	0.3%	0.0%
11 BORDEAUX	6.97%	1.78	5.2%	1.3%	0.4%
12 BOURG ST M	2.75%	1.49	2.7%	0.1%	0.0%
13 BREST	0.66%	1.26	0.7%	0.0%	0.0%
14 CAEN	1.16%	1.49	1.0%	0.2%	0.0%
15 CARCASSONNE	8.58%	1.84	6.5%	2.0%	0.1%
16 CHARLEVILLE-M	1.23%	1.73	0.9%	0.2%	0.2%
17 CLERMONT FD	4.30%	1.67	3.2%	0.7%	0.3%
18 COGNAC	6.42%	1.89	4.5%	1.6%	0.3%
19 DEAUVILLE	0.96%	1.37	0.8%	0.1%	0.0%
20 DIJON	4.68%	1.92	3.3%	1.1%	0.3%
21 DINARD	0.86%	1.24	0.8%	0.1%	0.0%
22 EMBRUN	3.61%	1.57	3.1%	0.5%	0.0%
23 GRENOBLE	5.56%	1.99	3.7%	1.9%	0.0%
24 LA ROCHELLE	6.04%	1.94	4.2%	1.4%	0.4%
25 LANGRES	3.22%	1.87	2.4%	0.7%	0.2%
26 LE PUY	1.23%	1.41	1.2%	0.1%	0.0%
27 LETOUQUET	1.31%	1.45	1.2%	0.1%	0.0%
28 LILLE	2.15%	1.55	1.8%	0.4%	0.0%
29 LIMOGES	4.98%	1.88	3.4%	1.4%	0.2%
30 LORIENT	2.05%	1.76	1.5%	0.3%	0.2%
31 LYON	7.62%	2.07	4.8%	2.0%	0.8%
32 MACON	6.06%	2.07	3.8%	1.9%	0.4%
33 MARSEILLE-M	18.90%	3.09	6.8%	7.0%	5.1%
34 METZ	3.31%	1.79	2.6%	0.7%	0.0%
35 MILLAU	5.97%	1.96	4.0%	1.4%	0.5%
36 MONT DEM	4.35%	1.41	4.0%	0.4%	0.0%
37 MONTELIMAR	11.84%	2.29	6.7%	4.3%	0.8%
38 NANTES	3.50%	1.86	2.3%	0.7%	0.4%
39 NEVERS	2.89%	1.62	2.5%	0.4%	0.0%
40 NICE	15.02%	2.48	7.9%	4.8%	2.3%
41 NIMES	15.50%	2.58	7.6%	6.4%	1.5%
42 ORLEANS	3.11%	1.85	2.3%	0.6%	0.2%
43 PARIS-MELUN	3.26%	1.82	2.3%	0.6%	0.4%
44 PARIS-MONTS	4.16%	1.88	3.0%	0.8%	0.4%
45 PERPIGNAN	11.87%	2.03	7.9%	3.3%	0.6%
46 POITIERS	3.63%	1.89	2.5%	0.9%	0.2%
47 REIMS	2.07%	1.66	1.6%	0.5%	0.0%
48 RENNES	2.38%	1.50	2.0%	0.3%	0.1%
49 ROMORANTIN	2.77%	1.73	2.1%	0.6%	0.1%
50 ROSTRENEN	1.01%	1.48	0.9%	0.1%	0.0%
51 ROUEN	1.79%	1.62	1.4%	0.3%	0.1%
52 SETE	15.04%	2.44	7.6%	5.4%	2.0%
53 ST AUBAN	11.49%	2.40	6.4%	3.8%	1.3%
54 ST DIZIER	3.92%	1.93	2.8%	1.0%	0.1%
55 ST QUENTIN	1.88%	1.69	1.5%	0.3%	0.1%
56 STRASBOURG	3.82%	1.87	2.8%	0.8%	0.2%
57 TARBES	3.98%	1.50	3.4%	0.5%	0.1%
58 TOULOUSE	7.72%	1.78	6.1%	1.5%	0.1%
59 TOURS	3.98%	1.91	2.7%	0.9%	0.4%
60 VALOGNES	0.51%	1.48	0.5%	0.0%	0.0%

Tableau 44 : Tableau de la fréquence et de la durée moyenne et par classes des types de temps « estival » (*beau, chaud et sec*) sur la France métropolitaine (période 1991-2010).

⁶⁸ Comme dans l'exemple précédent, le paramètre « vent » n'a pas été introduit pour ne pas créer de distorsion spatiale liée à la diversité des configurations topographiques locales non nécessairement représentatives du contexte régional. Cet « oubli » volontaire peut être utilement complété par la consultation des fiches globales présentées dans le volume annexe. Bien évidemment, le vent (quand il est fort) est une contrainte majeure en matière de tourisme mais, à la différence des trois autres paramètres, les facteurs géographiques locaux et/ou des aménagements peuvent en limiter les nuisances.

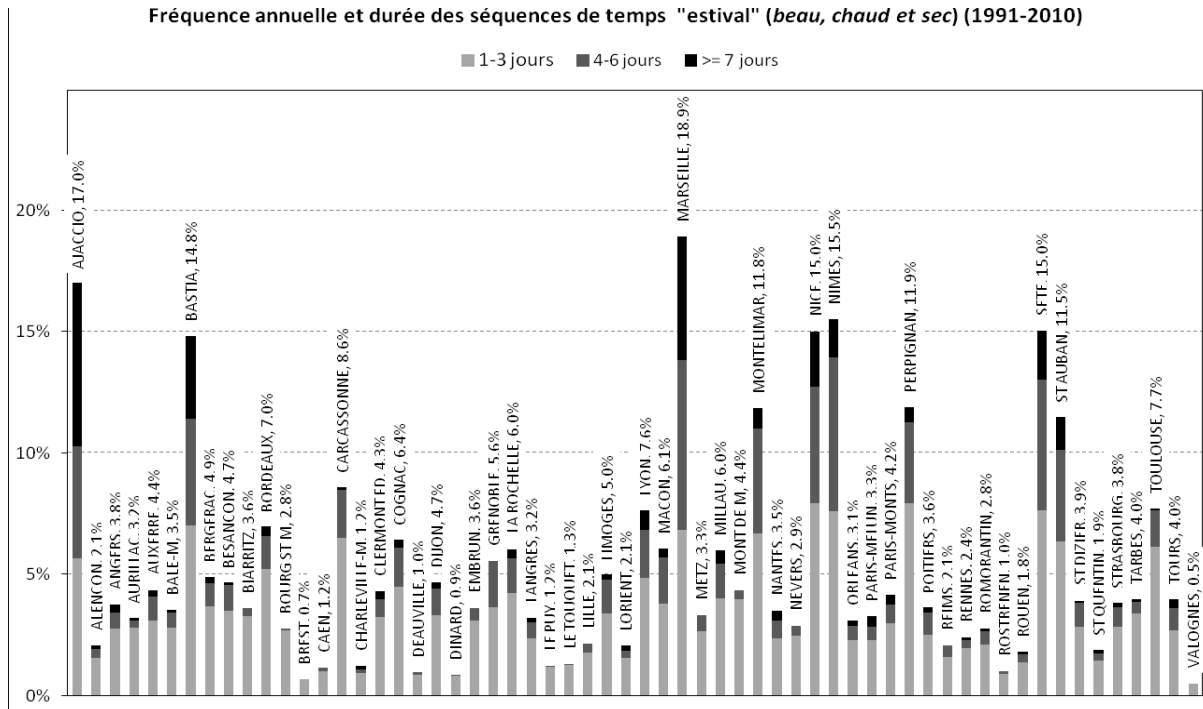


Figure 135 : Graphique de la fréquence annuelle et de la durée par classe du type de temps « estival » (*beau, chaud et sec*) sur la France métropolitaine (période 1991-2010).

Durée moyenne (en jours) des séquences de temps *beau, chaud et sec* en France (1991-2010)

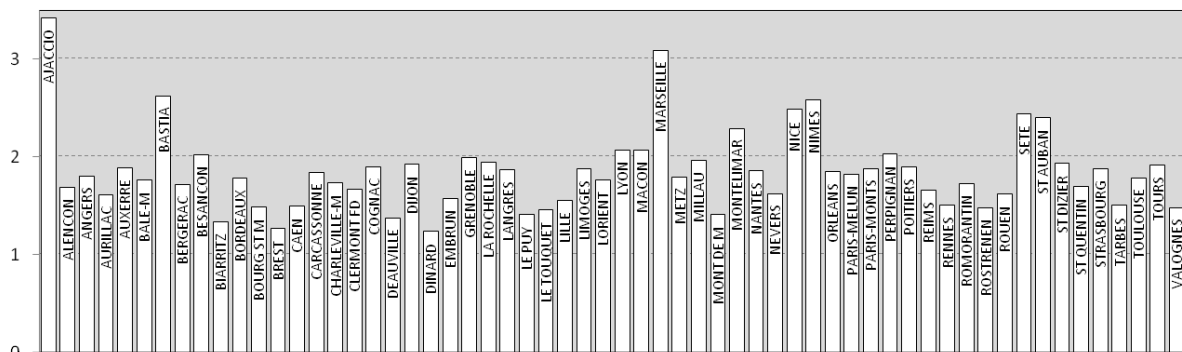


Figure 136 : Graphique de la durée moyenne du type de temps « estival » (*beau, chaud et sec*) sur la France métropolitaine (période 1991-2010).

La cartographie des séquences de *temps* « estival » en fonction de leur durée est encore plus révélatrice des singularités d'échelle régionale (figure 137) :

✓ Si le **domaine méditerranéen** apparaît bien globalement par les séquences les plus fréquentes et les plus durables de *temps beau, chaud et sec*, une analyse plus approfondie fait ressortir des nuances subrégionales. La partie centrale de son littoral est la plus favorisée (Marseille : 18,9% dont 6,7% ≥ 7 jours), notamment grâce au Mistral qui « nettoie » le ciel dans bon nombre de situations synoptiques. Comparativement, le déficit en journées « estivales » de la partie occidentale de cette côte est net (Perpignan : 11,9% dont 0,6% ≥ 7 jours). Il proviendrait d'un ennuagement légèrement plus marqué en raison des entrées maritimes sur le Golfe du Lion et/ou de la cumulification au pied des Pyrénées, selon le contexte synoptique. Un phénomène identique, mais moins prononcé, est sensible également sur la partie orientale de ce littoral (Nice : 15,0% et 2,3% ≥ 7 jours).

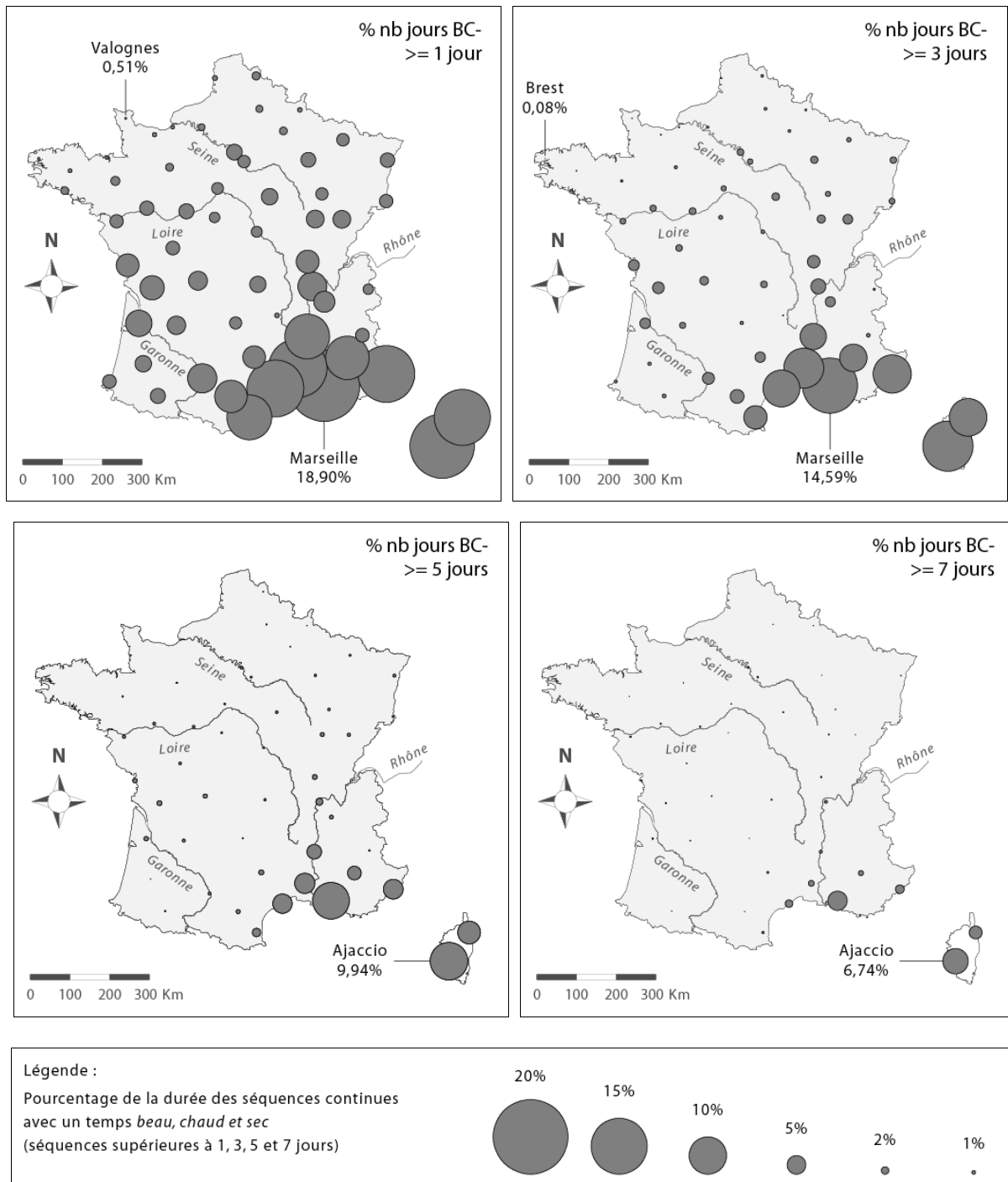


Figure 137 : Cartes des fréquences annuelles des types de temps *beau, chaud et sec* sur la France métropolitaine (période 1991-2010).

✓ **Dans un grand quart sud-ouest du pays**, on observe un contraste entre la partie sud (Biarritz, Mont-de-Marsan et Tarbes : ≈ 4%) et la partie nord (Bordeaux, Cognac et La Rochelle : ≈ 6 à 7%) plus favorisée, formant comme une apophyse qui prolongerait les influences méditerranéenne, en profitant du sillon de communication formée par la Garonne. Cette originalité climatique trouve des explications principalement dans les facteurs dynamiques, renforcés par des éléments édaphiques. Entre la Loire et la Garonne, soit du sud des Pays de la Loire au nord de l'Aquitaine, cet espace bénéficie durant la saison estivale d'une position en « angle mort », entre les fréquents passages frais

et nuageux de la Bretagne et les épisodes chauds mais tournant rapidement à l'orage propres à l'Aquitaine. En plus de ces caractéristiques aérologiques, les calcaires du Jurassique et du Crétacé (qui constituent le bâti géologique de la Plaine vendéenne à la Saintonge) favorisent l'assèchement des sols et en conséquence un air plus sec et plus lumineux. À ce propos, dans sa thèse sur le climat du Bassin parisien, Pierre Pédelaborde (1957) notait que « *le Poitou calcaire rappelle davantage la sécheresse méditerranéenne que la chaleur lourde et humide de l'Aquitaine* ». Cette position géographique et ce contexte géologique apparaissent nettement dans la comparaison au pas de temps mensuel de La Rochelle avec les stations de Lorient et Biarritz (voir figure 3.51).

✓ **Au Nord de la Loire**, en raison de la prééminence des masses d'air océanique, le temps « estival » est beaucoup plus rare, voire exceptionnel si l'on considère les séquences de plusieurs jours consécutifs. Cependant, on observe un accroissement de la fréquence de ce *type de temps* avec l'éloignement des côtes (« continentalisation ») et/ou des facteurs géographiques locaux favorables à l'échauffement et à l'assèchement de la masse d'air (exemple de l'effet urbain pour Paris : 4,2% à Montsouris contre 3,3% à Melun ; ou de sites légèrement confinés, comme pour St-Dizier, dans la vallée haute de la Marne (3,9%) comparativement à Reims (2,1%), ou Auxerre dans la vallée de l'Yonne (4,3%) comparativement à Orléans (3,1%).

3.2. Approche saisonnière du *type de temps* « estival »

Pour illustrer la saisonnalité des *types de temps beau, chaud et sec*, nous avons sélectionné trois stations représentatives de chacun des trois littoraux de la France métropolitaine (figure 138). Ce choix géographique s'appuie sur l'importance des conditions météorologiques « estivales » pour le tourisme de ces régions fortement dépendantes des activités balnéaires.

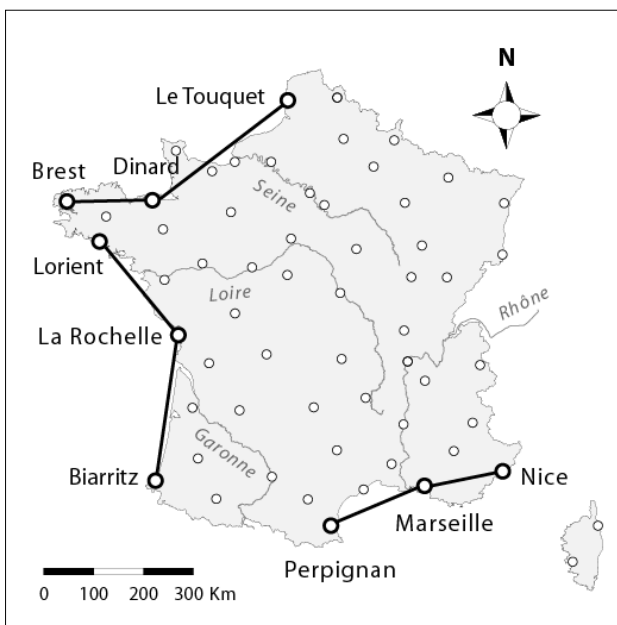


Figure 138 : Localisation des stations servant de référence pour les 3 littoraux.

Pour le littoral Nord, Le Touquet représentera la Manche orientale (*Côte d'Opale*), Dinard la côte occidentale (*Côte d'Emeraude*) et Brest la Pointe bretonne (*Côte d'Iroise*). Pour la façade Atlantique, Lorient représentera la côte sud de Bretagne (≈ *Côte de Cornouaille, Côte des Mégalithes*), La Rochelle la partie centrale de ce long littoral (*Côte des Fleurs*) et Biarritz sa partie Sud (*Côte Basque*). Pour la Méditerranée, la partie occidentale sera figurée par Perpignan (*Côte Radieuse*), la partie centrale par Marseille-Marignane (*Côte Bleue*) et la partie orientale par Nice (*Côte d'Azur*).

En toute logique, le découpage mensuel de l'occurrence des *types de temps beau, chaud et sec* dessine un rythme saisonnier marqué en

raison principalement de la dépendance des températures aux données astronomiques (hauteur du soleil et durée du jour). Ce régime thermique est renforcé par la translation latitudinale également saisonnière des systèmes perturbés vers le Nord en été. Sur le bassin méditerranéen, là où la chaleur et la sécheresse sont assurées de façon récurrente durant plusieurs mois, la différenciation spatiale s'opère — nous l'avons déjà signalé — par des nuances régionales de l'ensoleillement dépendant des facteurs dynamiques et géographiques (plus d'ennuage au pied des Pyrénées et des Alpes).

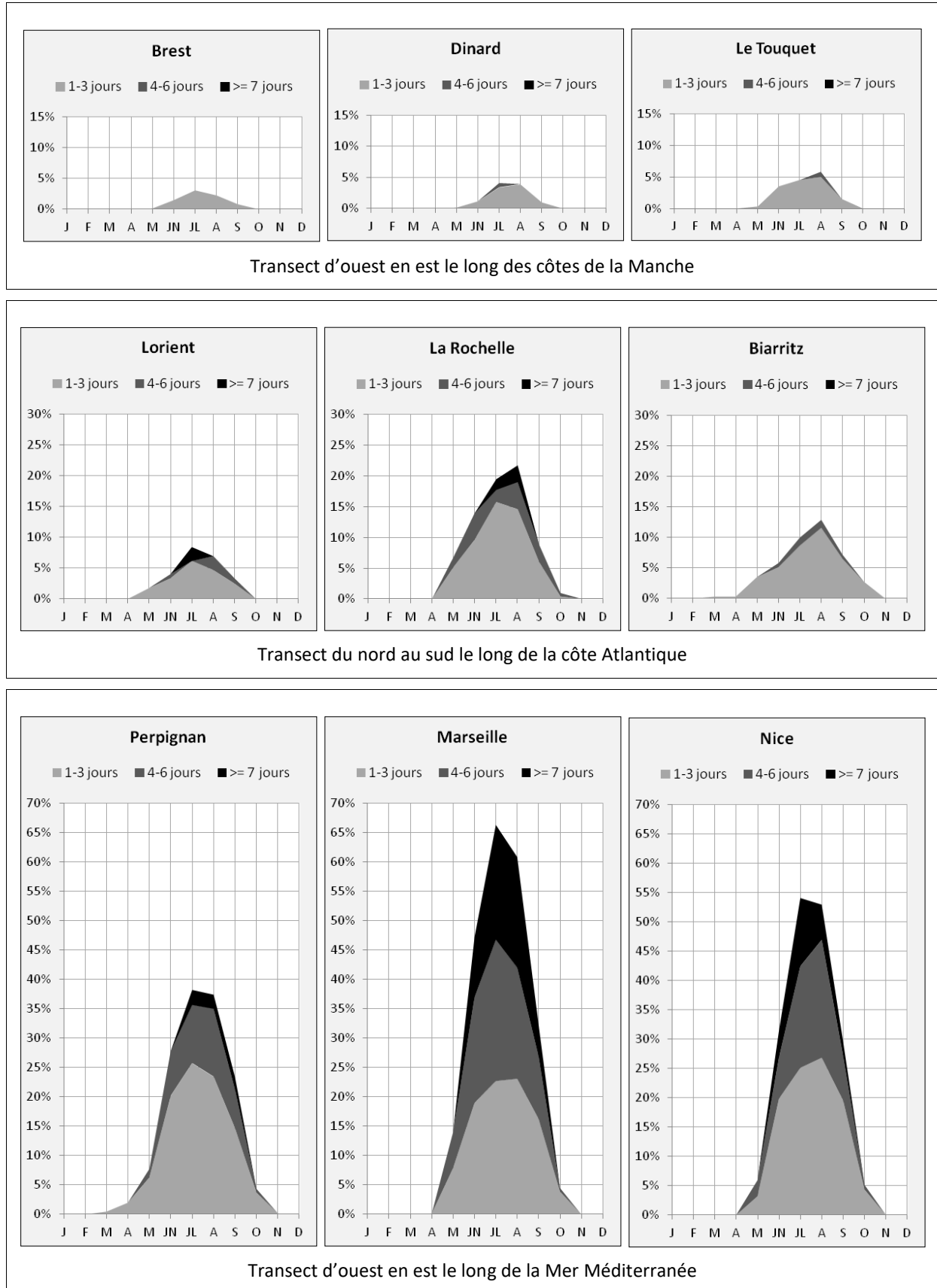


Figure 139 : Fréquence et durée des séquences de types de temps *beau, chaud et sec* (période 1991-2010). Transect le long du littoral de la Manche (Brest, Dinard, Le Touquet), de l'Atlantique (Lorient, La Rochelle, Biarritz) et de la Méditerranée (Perpignan, Marseille, Nice).

La lecture de ces graphiques peut être utilement complétée par le nombre moyen de jours au mois de juillet pour les trente-deux types de temps possibles (combinaison des trois éléments : état du ciel, ambiance thermique et occurrence de précipitations). Ce tableau reprend le même ordre que les fiches de *types de temps* proposées dans l'annexe de ce volume ; le temps « estival » (*beau, chaud et sec*) est placé à la première ligne et exprimé en nombre moyen de jours sur le mois pour la période 1991-2010 (tableau 45). La seule différence provient du fait que la composante vent a été extraite de ce tableau (voir note de bas de page n°68).

		Occurrences des <i>types de temps</i> au mois de juillet (1991-2010)											
		Manche				Atlantique				Méditerranée			
		Brest	Dinard	Le Touquet	moyenne	Lorient	La Rochelle	Biarritz	moyenne	Perpignan	Marseille	Nice	moyenne
BEAU	beau chaud sec	1.0	1.3	1.4	1.2	2.6	6.1	3.1	3.9	11.9	20.6	16.8	16.4
	<i>beau chaud arrosé</i>			+			0.2	+	0.1	+	+		
	beau doux sec	2.9	3.3	3.2	3.1	2.7	2.7	2.5	2.6	0.1	0.3	0.4	0.2
	<i>beau doux arrosé</i>	+	+				0.1	0.2	0.1				
VARIABLE	variable chaud sec	0.7	1.4	1.4	1.2	1.8	4.2	4.6	3.5	9.6	7.0	9.4	8.6
	<i>variable chaud arrosé</i>	+	0.1	0.5	0.3	0.2	0.7	1.1	0.7	0.3	0.4	0.7	0.4
	variable doux sec	3.9	5.7	6.6	5.4	6.6	4.2	3.0	4.6	0.3	0.2	0.3	0.2
	<i>variable doux arrosé</i>	0.5	0.6	0.9	0.7	1.0	0.7	0.4	0.7			+	
NUAGEUX	nuageux chaud sec	0.3	0.7	0.7	0.6	0.8	2.3	2.8	1.9	4.9	1.5	2.0	2.8
	<i>nuageux chaud arrosé</i>	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	1.1	1.0	0.8	1.0	0.3	0.7	0.6
	nuageux doux sec	5.7	6.6	5.7	6.0	4.7	3.3	1.6	3.2	0.2	0.1	0.2	0.1
	<i>nuageux doux arrosé</i>	3.7	2.5	2.3	2.8	3.2	2.2	1.4	2.2	0.2	+		0.1
GRIS	gris chaud sec	0.1	0.6	+	0.4	0.2	0.6	3.0	1.2	1.9	0.2	0.3	0.8
	<i>gris chaud arrosé</i>	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.6	1.6	0.8	0.6	0.3	0.3	0.4
	gris doux sec	5.1	3.5	3.5	4.0	2.7	1.0	1.5	1.7	0.2	0.1	+	0.1
	<i>gris doux arrosé</i>	6.7	4.1	4.4	5.0	4.1	1.5	3.4	3.0	0.2	0.2	0.2	0.2
	gris frais sec												
	<i>gris frais arrosé</i>	+		+									
	gris froid sec												
	<i>gris froid arrosé</i>												

(*) nota : un signe + indique une occurrence non nulle mais inférieure à 0,1 jour (soit 1 observation en 20 ans)
les valeurs sont arrondies au dixième supérieur

Tableau 45 : Occurrences des *types de temps* en juillet pour les 9 stations représentatives des littoraux de France métropolitaine (moyenne du nombre de jours dans le mois sur la période 1991-2010).

✓ **sur le littoral de la Manche**, les séquences de *beau temps chaud et sec* sont concentrées sur juillet et août et restent rares (3 à 5%, soit environ 1 à 1,5 jour par mois). Elles sont légèrement plus fréquentes et étalées sur les mois encadrant le cœur de l'été en Manche Orientale mais ne dépassent que rarement quelques jours consécutifs. Sur ce littoral, le temps est dominé par des combinaisons douces et sèches, avec un ciel variable ou nuageux (5 à 6 jours) et des combinaisons grises et douces, sèches ou arrosées (4 à 5 jours).

✓ **sur le littoral de l'Atlantique**, la « saison » commence de façon significative plus tôt (mai) et se termine plus tard (septembre). Au Nord (cf. Lorient), la fréquence des conditions « estivales » est limitée par une nébulosité encore bien souvent présente et quelquefois la pluie (sur la bordure des principales trajectoires de perturbations), même au cœur de l'été, et des températures moyennes qui peinent à s'élever (eaux fraîches de l'Atlantique). Au Sud (cf. Biarritz), si douceur et pluie s'invitent bien quelquefois en plein été (3,4 jours de temps *gris, doux et arrosé*), c'est surtout la présence de nuages plus ou moins abondants (4,6 jours de temps *variable, chaud et sec*) qui réduit ici la fréquence du *beau temps chaud et sec* et son installation durable (3,1 jours). Entre ces deux espaces, La Rochelle « tire son épingle du jeu » avec des conditions présentant un petit air de Méditerranée... En juillet et en août ce *type de temps* atteint environ 20% (6 jours par mois) et il n'est pas rare d'enregistrer des séquences totalement « estivales » de l'ordre de la semaine.

✓ **sur le littoral de la Méditerranée**, le *beau temps chaud et sec* est le phénomène marquant de la période estivale, seulement perturbé par la possibilité de quelques nuages de « beau temps » (cumulus) ou liés à des entrées marines (nuages bas stratiformes), notamment sur le littoral du Golfe du Lion et plus rarement de la Côte d'Azur. Quand le temps n'est pas « estival », il est la plupart du temps « quasi-estival », puisque la combinaison qui suit immédiatement le temps *beau, chaud et sec* (16,4 jours en juillet) est celle composée par le temps *variable, chaud et sec* (8,6 jours). Vient ensuite seulement le temps *nuageux, chaud et sec* (2,8 jours), toutes les autres combinaisons étant inférieures à 1 jour dans le mois, et fortement influencées par les occurrences plus élevées observées sur la partie correspondant au Golfe de Lion.

En été, sur la période 1991-2010, seulement 37% des journées ont une fraction d'insolation $\geq 80\%$ à Perpignan, contre 50% à Nice et 63% à Marseille. La nébulosité en milieu de journée (12 h UTC) exprime de la même manière ces conditions plus claires sur le débouché du Rhône, liées à la subsidence renforcée des masses d'air déjà évoquée en cette saison sur ce secteur (figure 140).

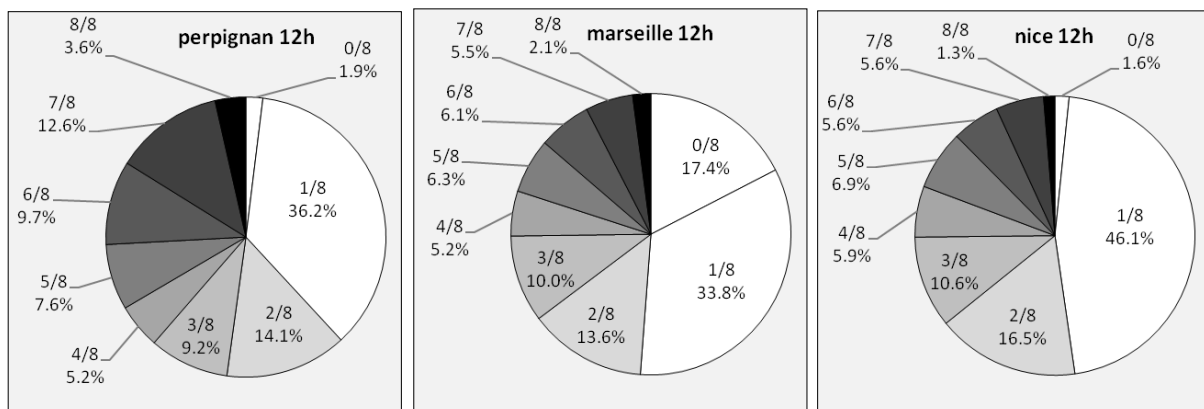


Figure 140 : Nébulosité moyenne du ciel au mois de juillet à 12 heures UTC pour les stations méditerranéennes de Perpignan, Marseille et Nice (période 1991-2010)

Cette brève analyse des *types de temps* favorables au tourisme balnéaire souligne sans surprise la **grande originalité du domaine méditerranéen en été** qui, à cette saison, est marqué par une stabilité remarquable du « beau temps », en lien direct avec la domination quasi exclusive des influences subtropicales chaudes et sèches (subsidence dynamique). Le large panel de stations situées sur les bords et à proximité de la Méditerranée permet à une échelle plus fine de **nuancer le potentiel touristique effectif en fonction de la position géographique**. De fait, la relation de cause-synoptique à effet-local n'est pas uniforme à l'intérieur d'un climat globalement homogène ; l'établissement d'un diagnostic climatique à finalité touristique peut alors utilement profiter de la connaissance des facteurs géographiques régionaux et locaux.

Rappelons enfin que la catégorie « *beau, chaud et sec* » a été choisie parmi les soixante-quatre combinaisons disponibles, car c'est elle qui présentait le plus de cohérence thématique avec l'objet de la recherche. Pour préciser l'analyse, il sera ensuite conseillé de faire appel à ses propres critères car cette classification est à vocation « généraliste ».

Conclusion de la troisième partie

À travers la création d'un *catalogue des types de temps sur la France métropolitaine*, il a été possible de proposer une base de données climatique originale susceptible **d'apporter des éléments concrets pour la recherche fondamentale** (exemples 1 et 2 sur la régionalisation des climats et sur la réalité du changement climatique), **comme pour la recherche appliquée** (exemple 3 sur la répartition dans l'espace et dans le temps des potentialités et des contraintes atmosphériques pour le tourisme balnéaire).

Sur la base de critères identiques pour tout le pays, l'application de traitements variés sur les informations contenues dans les quatre fiches thématiques du catalogue des *types de temps* a permis de **quantifier sans a priori thématique la grande diversité spatiale, la forte variabilité temporelle et la saisonnalité plus ou moins marquée des conditions atmosphérique sur la France métropolitaine**.

Cette lecture du climat ouvre sur l'**analyse spatiale** car l'homogénéité dans la collecte et le traitement des informations permet de **mettre en évidence des structures et des formes récurrentes**, comme nous l'avons vu notamment dans la quatrième fiche avec le calcul des co-occurrences annuelles et dans l'essai de régionalisation du climat. Par le croisement de ces multiples combinaisons de l'atmosphère avec les *types de circulation* et les facteurs géographiques, on peut ensuite **accéder également aux processus** qui sont à l'origine de ces diverses structures.

* *

*

Conclusion générale

En écho à la problématique définie dans l'introduction, une réflexion méthodologique a été développée puis appliquée pour apporter des éléments concrets allant dans le sens du « pari » de la Commission « Climat et Société » du Centre National Français de Géographie qui, en 2003 par la voix de Jean-Pierre Vigneau, formulait que « **les types de temps ont encore beaucoup de choses à nous dire** ». Pour étayer cette hypothèse, ce volume présente une « *proposition méthodologique pour une approche globale et objective des types de temps en France métropolitaine* ».

► Débat terminologique et positionnement scientifique de la recherche

Cet investissement a nécessité au préalable **un approfondissement épistémologique et terminologique car le concept de « type de temps » est de toute évidence multiforme et évolutif** (Partie 1 : Constat global et positionnement). En effet, force a été de constater que derrière la définition générique volontairement très large et intégrative des *types de temps* proposée par André Hufty (« *association entre une situation météorologique et des conditions locales [du temps]* » (2001), le contenu effectif a évolué au cours du 20^{ème} siècle et est aujourd'hui très différent selon les écoles de climatologie. Cette pluralité de formes trouve ses racines dans l'évolution de la pensée scientifique et des objets d'étude propres à chaque pays et à chaque époque, parallèlement aux progrès technologiques qui ont permis d'envisager les problématiques liées aux comportements variés de l'atmosphère avec des prismes différents et sous des angles variés.

Concrètement, des glissements sémantiques ont dirigé le concept davantage vers sa composante explicative (« situation météorologique ») pour les anglo-saxons et les germaniques, alors que les français, dans le prolongement de l'école de climatologie russe du siècle dernier (climatologie *compréhensive*), n'ont gardé sous ce nom du concept global que sa composante descriptive (« conditions locales »). La dimension explicative est alors renvoyée dans un autre concept distinct, celui de « type de circulation ». Ce positionnement spécifique des français date des années 1970 et découle principalement d'une volonté de clarifier les confusions générées par la juxtaposition de deux échelles spatiales très différentes (le synoptique et le local), aux contenus et aux méthodes d'analyses également très dissemblables (analyse d'un champ de pression et de mouvement en altitude pour l'un, et analyse de combinaisons concrètes du temps au sol pour l'autre). La dissociation scalaire permet alors de faciliter d'une part la description précise du climat (« type de temps » → local) et, d'autre part, de favoriser en parallèle son explication par la prise en compte concomitante, nécessaire mais pas suffisante à elle seule, des phénomènes atmosphériques à une échelle beaucoup plus large (« type de circulation » → synoptique).

En somme, et pour résumer, **le type de temps « à la française » correspond directement à l'acception la plus courante de cette expression, c'est-à-dire à la caractérisation du « temps qu'il fait » dans ses aspects les plus marquants et récurrents**. Ce positionnement est donc très différent des classifications des « types de temps » anglaises et américaines (« weather types ») ou allemandes (« Großwetterlagen ») qui se rapportent objectivement par leurs contenus bien davantage aux « *types de circulations* » (caractérisation des flux et des masses d'air en altitude et vagues aperçus seulement des conséquences climatiques au sol).

En tant que géographe, le positionnement français semble donc bien adapté à notre objectif scientifique car il offre une **vision synthétique et précise des conditions atmosphériques locales, celles en phase directe avec les problématiques environnementales et sociétales auxquelles nous devons répondre.**

Dans cette optique, et pour éviter toute ambiguïté sur le contenu du concept, l'emploi de l'expression « **type de temps sensible** » me paraît pertinent et efficace. Le terme « sensible » peut en effet renvoyer intuitivement à des aspects vécus, perçus ou subis par les hommes, tout autant qu'évoquer plus largement les combinaisons concrètes du temps impactant la flore et la faune, mais aussi les forçages agissant sur la composante abiotique des milieux (érosion...).

Une fois clarifié le contenu du concept et établi notre positionnement, l'ensemble de la démarche proposée dans ce mémoire peut être résumé par les quatre points mentionnés dans l'encadré 18. Cette approche résulte d'un enchaînement partant d'une observation, de la question que celle-ci pose au chercheur, de la réponse théorique la plus adaptée qu'il peut y apporter et en sortie la proposition d'un produit original contribuant à la connaissance scientifique.

Encadré 18 : De la formulation du concept à ses applications.

✓ **observation**

Le climat est « *une réalité vivante faite tout entière de combinaisons* » (d'après Dorize, in Amat et al. 2002).

✓ **question**

Comment saisir la réalité des conditions atmosphériques au-dessus d'un lieu et en envisager les conséquences environnementales et sociétales ?

✓ **réponse**

Une approche synthétique du climat par les *types de temps*
(*Type de temps ≈ combinaison homogène récurrente d'éléments atmosphériques agissant sur un espace géographique d'échelle régionale en y produisant des effets pratiquement semblables*)

✓ **apport**

La constitution d'une typologie *globale* et *objective* et sa déclinaison concrète sous forme d'un catalogue des *types de temps* en France métropolitaine sur la période actuelle (1991-2010).

Ainsi, le recours au *type de temps sensible* est apparu comme une entrée privilégiée dans le but de **décrire synthétiquement la diversité spatiale** (à l'échelle régionale) **et la variabilité temporelle** (au pas de temps quotidien) **des séquences qui rythment l'atmosphère** à partir de la combinaison des éléments météorologiques qui caractérisent le plus directement le temps dans sa dimension « sensible » (température, ensoleillement, humidité, précipitations, vent, etc.). Chaque type peut alors être considéré de façon imagée comme « *une scène de la pièce à l'action perpétuelle qu'est le climat* » (Le Borgne, 1987).

De la sorte, cette **approche de climatologie physiologique** se prête à des formulations très concrètes ouvrant sur des classifications que chacun peut interpréter facilement comme « temps beau, chaud et sec » ou « temps gris, frais, venteux et pluvieux », par exemple. **C'est l'objet central de ce volume dont les bases théoriques ont été développées dans la deuxième partie (Partie 2 : Méthodologie et innovation : une approche globale et objective des types de temps sensibles).**

► **Des choix méthodologiques pour une approche globale et objective**

La **réflexion méthodologique** a été menée de pair avec les exigences d'un *cahier des charges* qui visait à produire une typologie capable de **décrire de manière simple et synthétique les différents climats de la France métropolitaine à partir de ses types de temps**. Pour arriver à ces fins, quatre paramètres ont été retenus au pas de temps journalier sur une période de vingt ans (1991-2010), pour soixante stations représentatives de la diversité climatique régionale du pays : fraction d'insolation, température moyenne, occurrence de précipitations au seuil de 1 mm, occurrence de vent fort au seuil d'une moyenne journalière de 5 m/s. Une fois l'information climatique collectée pour chaque variable, celle-ci a été traitée à partir d'une procédure mathématique élémentaire (analyse fréquentielle) et de repères usuels pour rendre les classes immédiatement concrètes, même pour des non spécialistes. Ensuite ces classes ont été associées entre elles pour composer un ensemble de soixante quatre combinaisons révélatrices des principales ambiances du *temps sensible*. Au final, chaque journée de la chronique vicennale renvoie à une combinaison climatique unique que l'on peut analyser dans son contexte géographique et saisonnier grâce à la consultation de calendriers des *types de temps* et de fiches synthétiques telles que celles présentées dans le volume annexe à cette contribution (sous format papier pour les huit stations de référence et sous format numérique sur CD-ROM pour la totalité des soixante stations).

Mais, comme cela a été signalé dès l'introduction, cette typologie n'est bien évidemment pas à même de répondre de façon exhaustive à toutes les problématiques en relation avec les états de l'atmosphère. **Comme toute classification, cette typologie du temps repose sur des choix qui par définition agrègent des éléments et en excluent d'autres...** Pour certaines combinaisons, cela peut être aussi la nature même d'un paramètre qui conduit à des restrictions dans l'usage de la classification. Évoquons donc, par quelques cas concrets, ces limites inhérentes au principe même de la classification.

✓ Nous avons vu par exemple que **le vent est difficile à intégrer dans la spatialisation des types de temps** en raison de l'extrême sensibilité de ce paramètre aux facteurs topographiques locaux. L'exemple le plus flagrant de cette contrainte a été mis en évidence dans le nord-ouest du pays avec des positions d'abri aérologique qui génèrent des « anomalies » non représentatives de la réalité régionale prise dans son ensemble (figure 65, p. 119). C'est le cas pour la station de Valognes située dans la région la plus éventée de France (le nord Cotentin) mais qui n'enregistre que 13 % de jours de vent fort en raison de sa position sous le vent de modestes collines (à titre de comparaison, le sémaphore de la Pointe de La Hague, seulement 40 km au nord-ouest de Valognes, compte environ 74% de vent fort !).

✓ À un degré moindre, **la fraction d'insolation peut poser quelques problèmes** dans les régions fortement enclavées topographiquement en raison de l'effet de masque solaire qui réduit le temps d'exposition potentiel au soleil. Dans notre panel de stations, le cas s'est posé pour le site intramontagnard de Bourg-St-Maurice avec la sous-évaluation chronique des *types de temps* très ensoleillé bien que le ciel puisse être dégagé (voir photographie du site sur la figure 39 de la page 92, la carte du site sur la figure 55 de la page 110 et l'encadré 7 de la page 111).

✓ **Certaines combinaisons du temps peuvent ne pas être prises en compte** en raison du nombre réduit de paramètres sélectionnés (nécessité pour garder une lisibilité globale à la typologie) et du découpage large des classes dans une démarche conceptuelle privilégiant une vaste couverture géoclimatique et englobant toutes les saisons. Par exemple, en été, l'humidité peut faire défaut pour évaluer la sensation réellement vécue dans certaines configurations météorologiques : ainsi, le caractère agréable provenant de la combinaison d'une température chaude, d'un large ensoleillement et d'une absence de pluie et de vent soutenu (BC--) est perçu fort différemment si le taux d'humidité de l'air est élevé. Dans ce cas, la sensation devient rapidement désagréable, voire oppressante, car la quasi saturation de l'air limite l'effet rafraichissant de l'évaporation. Dans ces conditions hygrométriques particulières, une température de « seulement » 28°C est alors physiologiquement plus difficile à supporter qu'un plus impressionnant 35°C enregistré dans une ambiance sèche... C'est le cas notamment pour des stations côtières méridionales, comme Nice, où la géographie locale favorise la présence d'air marin fortement chargé en humidité dans les basses couches de l'atmosphère.

Ces quelques exemples illustrent les limites inhérentes à toute classification, sachant qu'elles sont ici justifiées par la recherche d'une **approche voulue globale et objective des types de temps**.

✓ *Globale* tout d'abord dans le sens spatial du terme, avec une application possible sur un espace géographique aux climats variés (ici océanique, semi-continentale et méditerranéenne), mais *globale* aussi par son application possible quelque soit la saison, et enfin *globale* par le choix de paramètres variés susceptibles de retranscrire le mieux possible la diversité des combinaisons météorologiques.

✓ *Objective* ensuite, c'est-à-dire « mathématique » et indépendante de considérations particulières déterminées en fonction d'une thématique donnée. En cela elle se démarque des classifications usuelles des *types de temps* « sensibles » dont l'application est généralement restreinte à un espace climatique homogène et dont la définition des classes est prédéterminée par un objet d'étude précis.

► **Du fondamental à l'appliqué : projets en cours et perspectives...**

(voir développements plus complets dans le volume 1, partie 2 : *Bilan et perspectives*)

Pourquoi une approche globale et objective ? Car la réalisation de cette typologie s'inscrit dans la volonté de « concilier les approches théoriques et fondamentales en géographie avec les démarches appliquées tournées vers l'aménagement » (Carrega, 2004). C'est précisément **l'objet de la troisième partie de ce volume centrée sur l'exploitation des informations climatiques regroupées dans un catalogue des types de temps sur la France métropolitaine (Partie 3 : Résultats majeurs et apports à la géographie : le catalogue des types de temps et ses applications)**.

Les exemples présentés illustrent les usages possibles de cette classification dont la vocation généraliste est avant tout de **fournir un cadre conceptuel permettant d'apprécier selon les mêmes critères la diversité spatiale et la variabilité temporelle des types de temps**, pour eux-mêmes (recherche fondamentale) et pour les conséquences environnementales et sociétales qui en résultent (recherche appliquée). En d'autres termes, ces données proposent une appréciation à partir de critères identiques permettant d'approfondir objectivement la connaissance du climat à l'échelle de la France (par une comparaison directe de soixante stations) et d'aborder la climatologie appliquée (par déduction des atouts et des contraintes atmosphériques : applications potentielles pour toutes les activités de plein air, l'agriculture, la sylviculture, la viticulture, le tourisme, la santé, le commerce, les transports...).

Ces différents champs d'applications possibles comptent parmi mes premières orientations scientifiques. Pour la recherche fondamentale, évoquons la **cartographie des entités climatiques homogènes en France** (cf. carte de synthèse page 192 de la régionalisation du climat à partir des *types de temps*) et **l'évolution du climat en Normandie** envisagée ici à partir d'un référentiel temporel élargi (cf. graphiques pages 198- 199 sur la comparaison des Normales 1951-1980/1981-2010 à Caen-Carpique). Pour la recherche appliquée, rappelons l'exemple des **potentialités climatiques en France pour le tourisme balnéaire** (cf. cartes de la page 210 et graphiques de la page 212 intégrant la durée et la fréquence des séquences de temps « beau, chaud et sec »).

D'autres traitements utilisant les données de ce catalogue sont en cours et des idées émergent à partir de la **transposition des mêmes bases méthodologiques pour une approche globale et objective du climat actuel et futur**. Voici un **aperçu de quelques perspectives scientifiques** (celles-ci sont développées et accompagnées d'autres projets dans le volume 1, partie 2 : *Bilan et perspectives*).

✓ Outre une connaissance de la répartition et de la fréquence des *types de temps* à l'échelle de la France métropolitaine, le traitement des combinaisons quotidiennes permet de quantifier leur **persistance** et **les transitions** d'un type à l'autre, ce qui offre une lecture du climat dans sa dynamique et ses impacts réels ; c'est pourquoi une attention particulière sera portée à **l'enchaînement des combinaisons**. L'intérêt pour la climatologie fondamentale et appliquée de la succession des *types de temps* prolonge la définition de Max Sorre présentant le climat comme « *la série des états de l'atmosphère dans leur succession habituelle* » (1943).

✓ En lien avec la **problématique du Changement Climatique**, il est également prévu d'**intégrer des données modélisées issues de simulations** fondées sur divers scénarios socio-économiques afin d'envisager le futur des *types de temps* pour des horizons proches, moyens ou lointains (données collectées sur le portail Drias de Météo-France). Ces *types de temps* fictifs se prêteraient à une approche fondamentale et appliquée du climat de la même manière que ceux issus des données mesurées.

✓ Actuellement les données du catalogue sont en cours d'utilisation pour fournir des informations climatiques synthétiques sur des **thématiques variées**, comme celles qui se sont mises en place récemment dans le cadre de programmes tels que LIFE-ADVCLIM et EXP-PO évoqués dans le volume 1 (recherche des conditions favorables au développement de la vigne et à la survenue de problèmes respiratoires).

✓ Il s'agira également de développer une adaptation de la classification vers une **version centrée sur l'étude des risques**, en transposant la démarche pour faire ressortir davantage les extrêmes. Cette proposition sera développée et enrichie d'autres considérations thématiques et techniques comme :

- la création d'un atlas des *types de temps* ;
- la création d'une plateforme informatique des différents types de temps interrogeable par thématique (sous *Access*) ;
- la finalisation du logiciel TTSR (*types de temps sensibles et à risques*) (sous *Visual basic*)...

Ces pistes reprennent les éléments développés dans ce volume concernant le projet plus global de mes recherches sur le thème « *Types de temps, Risques et Changement climatique en France métropolitaine* » (voir résumé dans l'encadré 4 p. 75).

À partir de cette approche *globale* et *objective* du climat par les *types de temps* « *sensibles* », **de très nombreuses voies restent encore à explorer car la dimension vécue** (pas de temps court et échelle régionale) **est au cœur du fonctionnement et de l'évolution des écosystèmes et des géosystèmes**. De la sorte, cette contribution rejoint les travaux actuels des géoclimatologues positionnant clairement la discipline au cœur des sciences géographiques, à l'interface des sciences de l'atmosphère et des sciences humaines et sociales. Nous espérons que la mise à disposition prochaine de ce *catalogue des types de temps* puisse s'avérer utile tant pour les scientifiques, dans l'optique d'un approfondissement de la connaissance du climat, que pour les acteurs et les décideurs en matière d'environnement et d'aménagement du territoire, en fournissant un outil pratique par la forme (visualisation sous forme graphique et cartographique) et simple dans son usage (caractère concret des informations : « beau et doux », « frais, arrosé et venteux », etc.).

✓ Enfin, *last but not least*, rappelons-nous que **la démarche géographique ne saurait être complète si elle se contentait d'apporter la seule description du climat**. À ce propos, Jean Le Borgne notait dès la première ligne de sa thèse sur la « *Climatologie du sud-ouest de l'Océan Indien* » (1987) que « *pour un géographe, la climatologie ne peut être que la description et l'explication des éléments atmosphériques dans leur combinaison et leur déroulement en un milieu donné* ». Cette affirmation se comprenait alors dans le prolongement des préceptes de Pierre Pédelaborde. C'est-à-dire d'un climat analysé par la *méthode synthétique et dynamique des types de temps*, procédé qui était alors considéré par son auteur comme le seul possible pour « *nous mettre sur la voie de la synthèse totale qui est le rêve de tout géographe* » (Pédelaborde, 1970).

Ce n'est pas la méthode que nous avons développée dans ce volume mais à terme **la finalité reste la même**. C'est pourquoi il sera indispensable de **compléter l'approche physiologique qui était l'objet de ce troisième volume par une approche génétique** reposant sur le croisement de « nos » *types de temps* avec la situation météorologique générale (*type de circulation atmosphérique*) et les facteurs géographiques qui en modulent parfois grandement les conséquences au niveau du sol.

Cette démarche explicative vers laquelle tend tout géographe constitue une des prochaines étapes de mon projet scientifique global « *Types de temps, les risques et le Changement climatique en France métropolitaine* ». Ce sera également une partie importante du travail dans mes contributions actuelles pour les programmes ADVICLIM et EXP-PO.

Au total, de la caractérisation des *types de temps sensibles* aux éléments explicatifs de leur genèse (*types de circulations* et facteurs géographiques), **ces quelques réflexions et perspectives soulignent le positionnement privilégié en tant que géographe de mes recherches à l'interface des sciences de l'atmosphère et des sciences humaines et sociales, et la volonté de ne pas dissocier la recherche fondamentale de la recherche appliquée**.

* *
*

Bibliographie

- ANGOT A., 1880 : Préface in *Pluies en France, année 1877*. Annale du Bureau Central de la Météorologie de France, Paris, Ed. Gauthier-Villars, 5-6.
- ANGOT A., 1899 : *Traité élémentaire de météorologie*. Gauthier-Villars, 417 p.
- ANGOT A., 1917 : Introduction in *Pluies, année 1914*. Annale du Bureau Central de la Météorologie de France, Paris, ed. Gauthier-Villars, 1-8.
- BARROT C., 1970 : *Incidences de l'îlot de chaleur parisien sur les aérodromes d'Orly et du Bourget : modifications locales des conditions météorologiques*. Mémorial Météorologie Nationale.
- BASTIE, J., 1984 : *Géographie du Grand Paris*. Masson, 208 p.
- BÉDARD Y., PRINCE J., 1989 : Information engineering for the development of spatial information systems. *Conférence nationale sur les SIG*. Ottawa, Canada.
- BELTRANDO G., 2000 : La climatologie : une science géographique. Quelques remarques sur l'évolution de la recherche des géographes-climatologues », *L'information géographique*, 3, 241-261.
- BELTRANDO G., 2004 : *Les climats, Processus, variabilité et risques*. Armand Colin, 261 p.
- BELTRANDO G., CHEMERY L., 1995 : *Dictionnaire du climat*. Larousse, 344 p.
- BENICHOU P., 1985 : Classification automatique des configurations météorologiques sur l'Europe Occidentale. Service Central d'Exploitation de la Météorologie, Paris, Note de Travail, 18, 155 p.
- BENICHOU P., 1995 : *Classification automatique de configurations météorologiques sur l'Europe occidentale*. Météo-France, Monographie n°8, Paris, 1995, 96 p. –
- BENSAID A., CANTAT O., ST-GERAND T., SAVOURET E., 2010 : Conception et réalisation d'un logiciel pour la détermination automatique des types de temps. *Actes de l'AIC, « Risques et changement climatique »*, vol. 23, pp. 71-76.
- BESANCENOT J.P. MOUNIER ET DE LAVENNE F. 1978 Les conditions climatiques du tourisme littoral : une méthode de recherche compréhensive. *Norois*, n°100, pp 359-382
- BESANCENOT J.-P., 1990 : Climat et tourisme. Masson, 213 p.
- BESANCENOT J.-P., 2001 : Climat et santé. PUF, 127 p.
- BESANCENOT J.-P., 2002 : Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines. *Environnement, Risques et Santé*, 4, 229-240.
- BESANCENOT J.-P., 2004 : Une vague de chaleur meurtrière : les enseignements de l'été 2003 en France, *Géoconfluences - DESCO - ENS LSH, Brève - n° 6*.
- BESSEMOULIN P., 1980 : Urbanisation et Météorologie. *La Météorologie*, n° 23, pp. 51-67.
- BESSION L., 1921 : L'influence de Paris sur la radiation reçue du Soleil, et dans la région environnante. *ASTHVP*, t. 10, 16 p.
- BIGOT S., 2002 : Détection des discontinuités temporelles au sein des séries climatiques : point méthodologique et exemple d'application. Actes des Journées de Climatologie de la Commission 'Climat et Société' du CNFG, 27-46.
- BORNSTEIN R., 1968 : Observations of the Urban Heat Island Effect in New-York City. *Journal of Applied Meteorology*, n°7, pp. 575-582.
- BRAZIER C., PERDEREAU L., 1931 : *Exemple d'une altération du climat, résultat d'une activité humaine : le brouillard à St-Maur de 1874 à nos jours*. Météorologie Nationale.
- BRIDOUX A., 1930 : *Souvenirs du temps des morts*, Albin Michel Ed., 245 pages.
- BROSSARD T., ELVEBAKK A., JOLY D., NILSEN L., 2002 : Modelling Index of Thermophily by means of a multi-sources data-base on Brøggerhalvoya Peninsula (Svalbard). *International Journal of Remote Sensing*, 23, 21, 4683-4698.
- BROWN M., 2003 : *Verdun 1916*. Ed. Perrin, coll. Tempus, 257 pages.
- CALVET C., 1980 : Les fortes intensités de précipitations à Paris. *La Météorologie*, n° 20-21, pp. 99-104.

- CALVET C., 1984 : *Climatologie de la région parisienne*. Météorologie Nationale, Données et statistiques, n°5, 61 p.
- CANTAT O., 1984 : *Evolution du climat et urbanisation dans le sud de l'agglomération parisienne*. Mémoire de Maîtrise, Université Paris IV-Sorbonne, 2 volumes, 104 et 84 p.
- CANTAT O., 1986 : Influence de l'urbanisation sur le climat de l'agglomération parisienne. *Physio-Géo*, n° 16, pp. 25-40.
- CANTAT O., 1987 : *Téledétection spatiale et microclimats : le cas de la région d'Ile-de-France*. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France (IAURIF), 190 p.
- CANTAT O., 1988a : L'incidence des gradients thermiques de surface sur les précipitations en Ile-de-France. Les apports de la télédétection spatiale. *Physio-Géo*, n° 19, pp. 15-25.
- CANTAT O., 1988b : La radiation solaire et l'organisation urbaine. *Cahiers du CREPIF*, n°22, pp. 20-30.
- CANTAT O., 1989 : *Contribution à l'étude des variations du bilan d'énergie en région parisienne. Essai sur les bilans d'énergie dans les grandes métropoles*. Thèse de doctorat, Université de Paris IV-Sorbonne, 2 volumes, 362 p. et 254 p.
- CANTAT O., 1993 : Conséquences climatiques des variations du bilan d'énergie en région parisienne. *Géographie Physique et Environnement*, n° 1, Presses Universitaires de Caen ; pp. 19-36.
- CANTAT O., 1995 : Variabilité et variation climatique en Normandie. *Sécheresse*, 6, 273-279.
- CANTAT O., 2004 : Analyse critique sur les tendances pluviométriques au 20ème siècle en Basse-Normandie. *Climatologie*, 1, 11-32.
- CANTAT O., 2004 : L'îlot de chaleur urbain parisien selon les 'types de temps'. *Norois*, 191, 75-102.
- CANTAT O., 2005 : Dynamique spatio-temporelle d'un événement météo-climatique extrême. La canicule de l'été 2003 en Europe de l'Ouest. *Climatologie*, 2, 99-135.
- CANTAT O., 2005 : La canicule de l'été 2003 : un épisode météorologique « hors normes » ? Cahier de la MRSH, « Risques : normes, seuils, limites et expertises », n° 42, pp. 83-101.
- CANTAT O., 2012 : Les types de temps et leur évolution dans le Grand Ouest de la France. In « Le climat change dans le Grand Ouest : évolution, impacts, perception », PUR, 14 p.
- CANTAT O., BENSALD A., 2010 : Contribution à l'analyse des types de temps à risques : conception et réalisation du logiciel TTSR. Programme Fondation MAIF « les risques climatiques », pp. 22-28.
- CANTAT O., BRUNET L., 2001 : Discontinuité géographique et particularités climatiques en Basse-Normandie. *Annales de Géographie*, n° 622, pp. 579-596.
- CANTAT O., BRUNET L., 2003 : L'originalité bioclimatique de l'escarpement rocheux de Rouvrou (« Suisse Normande », France). *Sécheresse, Science et Changements planétaires*, 1, 14, 15-21.
- CANTAT O., SAVOURET E., 2013 : L'évolution des 'types de temps' depuis 1951 à Caen-Carpique (Basse-Normandie, France). Actes de la Commission 'Climat et Société' du CNFG, 33-51.
- CANTAT O., SAVOURET E., BENSALD A., 2012 : Les types de temps et leur évolution dans le Grand Ouest de la France. Partie 1, chapitre 3 in *Changement climatique dans l'Ouest. Evaluation, impacts, perceptions*, 43-56.
- CANTAT O., SAVOURET E., BENSALD A., 2012 : La régionalisation des types de temps en France métropolitaine. Actes de l'AIC, 25, 165-170.
- CARREGA P., 1994 : *Topoclimatologie et Habitat*. Thèse de Doctorat, Revue de géographie du Laboratoire d'analyse spatiale Raoul Bachelard, n°35 et 36, Université Sophia Antipolis de Nice, 408 p.
- CARREGA P., 2004 : Avant-propos sur les *types de temps*. *Norois*, 191, 17-28.
- CHADULE, 1987 : Le nouveau CHADULE. Initiation aux pratiques statistiques en géographie. Paris.
- CHAMPAGNE (Colonel), 1930 : *Le Chemin de Croix*. Ed. Jules Tallandier, 368 pages.
- CHANDLER T., 1965 : *The Climate of London*. Hutchinson & Co, 292 p.
- CHANDLER T., 1970 : Urban climatology. Inventory and prospect. WMO, *Technical Note*, n°108, pp. 1-14.
- CHANDON J.L., PINSON S., 1981 : *L'analyse typologique : théorie et applications*, Masson, Paris, 254 p.
- CHARABI Y., 2000 : *L'îlot de chaleur urbain de la métropole lilloise : mesures et spatialisation*. Thèse de Doctorat de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, 247 p.

- CHARABI Y., BIGOT S., KERGOMARD C., 2002 : Interpolation et cartographie automatique de la température nocturne en milieu urbain. *Publication de l'AIC*, vol. 14, pp. 271-278.
- CHEN, D., 2000. A monthly circulation climatology for Sweden and its application to a winter temperature case study., *International Journal of Climatology*, vol. 20, pp. 1067-1076.
- CHOISNEL E., 1984 : Notions d'échelle en climatologie. *La Météorologie*, 7^e série, 4, 44-52.
- CHOISNEL E., 1993 : Les échelles de temps et d'espaces en climatologie. *La Météorologie*, 8^e série, 13, 29-38.
- CHOISNEL E., PAYEN D., 1988 : Les climats de la France. *Supplément de La Recherche*, 201, 32-41.
- CNRS, 2010 : Dossier scientifique : le changement climatique. 54, juin 2010.
- COURAULT D., MONESTIEZ P., ARMAND C., MABIT D., DELECOLLE R., 1998 : Interpolation spatiale de la température par type de temps. *La Météorologie 8e série - n° 23 - septembre 1998* ; pp. 53-68
- DAUPHINÉ , 2004 : *Risques et catastrophes. Observer - Spatialiser - Comprendre – Gérer*. Armand Colin, collection U, 2000, 288 p
- DAUPHINE A. 1976 : *Les Précipitations dans les midis français*. Thèse Etat Nice 583p.
- DE DAMPIERRE J., 1916 : *Carnets de route de Combattants allemands*. Librairie militaire Berger-Levrault, 183 pages.
- DE FERRARI DORIA J-J-B., 1920 : *Lettres de Guerre (1914-1918)*. Ed. Paris Plon-Nourrit, 415 pages.
- DECHELETTE F., 1918 : *L'Argot des Poilus, dictionnaire humoristique et philologique du langage des soldats de la Grande Guerre de 1914*. Paris, Jouve et Compagnie Ed., 252 pages.
- DEQUE M., 2003 : Les contours du temps futur. *Atmosphériques*, Météo-France, 18, 24-25.
- DEQUE M., 2003 : Les contours du temps futur. *Atmosphériques*, Météo-France, 18, 24-25.
- DESBOIS E., 1990 : Soldats à découvert par temps de guerre. *Ethnologie rurale*, 121-132.
- DETTWILLER J., 1970 : *Evolution séculaire du climat de Paris. Influence de l'urbanisation*. Mémorial Météorologie Nationale, n°52, 83 p.
- DORIZE L., 2002 : Partie 1 : Climatologie. In *Eléments de géographie physique*. Bréal, pp. 19-152.
- DOUGUEDROIT A., 2004 : Quelle exception française en matière de « types de temps » ? *Norois*, 191, 33-39.
- DURAND-DASTES F., 1969 : *Géographie des airs*. PUF, 275 p.
- DURAND-DASTES F., 1973 : *A propos des notions de types de temps et de type de circulation*. Note rédigée à la suite des discussions de la commission de climatologie, CNG, 4p.
- DURAND-DASTES F., 2004 : A propos des notions de type de temps et de type de circulation. *Norois*, 191, 29-32.
- DURAND-DASTES F., SANDERS L., 1984 : Les contrastes climatiques : noyaux et zones de transition, in Theo Quant, *Géoscopie de la France, Paradigme*, Paris, 91-101.
- EMBERGER L., GAUSSEN H., 1963 : *Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne*. UNESCO, carte et commentaire, 58 p.
- ESCOURROU G., 1978 : *Climats et types de temps en Normandie*. Thèse. Lille III-Champion, 3 tomes, 1730 p.
- ESCOURROU G., 1980 : L'influence de l'urbanisation sur les précipitations de la région parisienne. *Cahiers de géographie Physique*, n°4, Université de Lille, pp. 55-66.
- ESCOURROU G., 1981 : *Climat et Environnement. Les facteurs locaux du climat*. Paris, Masson, 184 p.
- ESCOURROU G., 1983 : L'évolution des brouillards dans la région parisienne. *Hommes et Terres du Nord*, Lille, n°3, pp. 60-64.
- ESCOURROU G., 1986a : Le climat de l'agglomération parisienne. *L'Information Géographique*, n°50, pp. 96-102.
- ESCOURROU G., 1986b : Les brises de campagne : un aspect essentiel du climat urbain. *International Symposium on Urban and Local Climatology (Freiburg)*, pp. 87-95.
- ESCOURROU G., 1988 : Les problèmes posés par le climat parisien. *Cahiers du CREPIF*, n°22, pp. 10-19.
- ESCOURROU G., 1990 : La spécificité du climat de la région parisienne. *Revue de Géographie de Lyon*, n°65, pp. 85-89.

- ESOURROU G., 1991 : *Le climat et la ville*. Nathan Université, 192 p.
- ESOURROU G., 1991 : *Le climat et la ville*. Nathan Université, 192 p.
- ESOURROU P., 1988 : Le climat et la santé de l'homme en Ile-de-France. *Les Cahiers du CREPIF*, n°22, pp. 31-43.
- ETEVE M., 1917 : *Lettres d'un combattant (août 1914-juillet 1916)*. Paris, Librairie Hachette et Compagnie, 249 pages.
- FELDMAN Y. A., TCHOUBOUKOV L. A., 1956 : L'étude du climat des régions arides et extra-arides de l'URSS par la climatologie compréhensive. *In Essais de géographie*, Ac. Des Sc. De l'URSS, Moscou-Léninegrad, 157-163.
- FOISSARD X., CANTAT O., DUBREUIL V., SAVOURET E., QUENOL H., BENSARD A., PLANCHON O., 2012 : *Climat urbain, changement climatique et types de temps dans le Grand Ouest de la France*. Partie 1, chapitre 5 in *Changement climatique dans l'Ouest*. Evaluation, impacts, perceptions, 73-91.
- GALLO C., 1988 : *Les brises de campagne à Paris*. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université de Paris-Sorbonne, 266 p.
- GANASCIA J.-G., 1998 : *Le petit trésor, Dictionnaire de l'Informatique et des Sciences de l'Information*. Paris, Flammarion, 311 p.
- GIEC, 2013 : *Climate change 2013: The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/#.Uno-pHA9qSo>
- Ginier J., 1972 : *Géographie touristique de la France, étude générale et régionale*, Paris, SEDES, 2e éd., 198 p.
- GODARD A., TABEAUD M., 2009 : *Les climats*. Armand Colin, 4^{ème} édition, 217 p.
- GRASLAND C., 1997 : L'analyse géographique des discontinuités territoriales : l'exemple de la structure par âge des régions européennes vers 1980. *Espace Géographique*, 4, 30 p.
- GRASLAND C., 2001 : Agrégation de géographie. Préparation à l'épreuve écrite de commentaire de documents. Module n°4 : Classification – Régionalisation. <http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/agreg/module4/index.htm>
- GRISOLLET H., 1958 : *Climatologie de Paris et de la région parisienne*. Mémorial Météorologie Nationale, n°45, 78 p.
- GRISOLLET H., 1965 : *Etude du vent et de la 'brise diurne' à Paris au sommet de la Tour-St-Jacques*. Monographie Météorologie Nationale, n°46, 30 p.
- HANN J., 1882 : *Handbuch der Klimatologie*. Wien, 764 p.
- HEINO R., 1996 : Metadata and their role in homogenization. *Proc. Seminar on Homogenization of Surf. Instrum. Data*, Budapest, 5-8.
- HESS P., BREZOWSKY H., 1952 : *Katalog der Grosswetterlagen Europas*. Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, 33, 39.
- HUFTY A., 1971 : Les types de temps dans le Québec méridional. Méthode pédagogique de description des climats. *Cahier de Géographie du Québec*, vol. 15, n°34, pp. 29-52.
- HUFTY A., 1971 : Note sur une méthode descriptive des types de temps. *Climatological Bulletin (McGill University)*, n° 9, pp. 17-22.
- HUFTY A., 1976 : Situations synoptiques et analyse multivariée des temps Québec. , 49 pp 69-72
- HUFTY A., 1981 Les types de temps Alger (analyse multivariée). *La Météorologie Vle série*, 26, pp 93-109.
- HUFTY A., 2001 : *Introduction à la climatologie*. De Boeck, 542 p.
- JAMES P. M., 2007 : An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europ. *Theoretical Applied. Climatology*, 88, 1-2, 17-42.
- JANICOT S., 1984 : *Etude climatologique des brouillards à Orly*. Note Technique, Météorologie Nationale, n°10, xx p.
- JENKINSON, A. F. AND COLLISON, F. P. 1977 : An initial climatology of gales over the North Sea. *Synoptic Climatology Branch Memorandum No. 62*, Meteorological Office, Bracknell.

- JIANGA N., HAYA J.E., FISHERB G.W., 2006 : Classification of New Zealand Synoptic Weather Types and Relation to the Southern Oscillation Index. Published in *Weather and Climate* 25 pp43-70.
- JOLY D., 1994 : *Ambiances climatiques instantanées au Spitzberg ; pour une approche méthodique par niveau d'échelle*. Thèse. Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, 529, Paris, Diffusion Les Belles Lettres, 404 p.
- JOLY D., 2004 : Ambiances climatiques instantanées : application à la microclimatologie du Spitzberg. *Norais*, 191, 43-57.
- JOMARD (Sous Lieutenant), 1917 : Extraits de *La Bourguignotte*. Journal de tranchée du 227^e Régiment d'Infanterie.
- JONES PD., HULME M., BRIFFA KR., 1993 : A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme. *International Journal of Climatology*, n° 13, pp. 655-663.
- JONES, P. D., HARPHAM, C., AND BRIFFA, K. R., 2012 : Lamb weather types derived from reanalysis products., *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.3498
- L'Echo des marmites* : numéro 18 du 10 mars 1917.
- L'Excelsior* : numéro du 9 janvier 1918.
- LABORDE J.P., 2002 : Méthodes de détection des anomalies et du comblement des lacunes dans les séries de données, à l'usage des climatologues... et de quelques autres. Actes des Journées de Climatologie de la Commission 'Climat et Société' du CNFG, 47-66.
- LAJOUX Edmond, 1921 : *Les chasseurs à pied, 1914-1918*, Paris, Ed. d'Art, 316 pages.
- LAMARRE D., PAGNEY P., 2000 : *Climats et sociétés*. Armand Colin, coll. U, 272 p.
- LAMB H. H. 1972. : *British Isles weather types and a register of daily sequence of circulation patterns, 1861-1971*: Geophysical Memoir, vol. 116, HMSO, London, 85.pp.
- LANDSBERG H, 1970 : Micrometeorological temperature differentiation through urbanization. WMO, Technical Note, n°108, pp. 129-136.
- LE BORGNE J., 1987 : *Climatologie du sud-ouest de l'Océan Indien. Le cas de l'île Maurice*. Edition de l'ORSTOM, 1987.
- LE GUISCHER Y., TSCHIRHARRT G., 1981 : *Etude climatologique du brouillard à Orly*. Note Technique, Météorologie Nationale, 19 p.
- Le Monde Illustré* : numéro du 3 février 1917.
- LEROY M., 1999 : *Classification d'un site*. Note technique n°35. Direction des systèmes d'observation, Météo France, 12 p.
- LEROY M., 2002 : La mesure au sol de la température et des précipitations. *La Météorologie*, n°39, pp. 52-56.
- LITYNSKI J. K., 1970 : Classification numérique des types de circulation et des types de temps en Pologne. *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 14, n° 33, pp. 329-338.
- MAHERAS P., 1979 : *Climatologie de la mer Egée et de ses marges continentales Etude de climatologie descriptive et de climatologie dynamique*. Thèse Etat Université de Dijon 785 p
- MAHERAS P., ARSENI-PAPADIMITRIOU, BALAFOUTIS Ch., 1982 : Effets de canalisation des masses air le long de la vallée du Vardar sur le temps de Thessalonique. *I.T.A.M.* 82 pp 169-171, Masson.
- MAURAIN C., 1947 : *Le climat de Paris*. PUF, 164 p.
- MCGRAW-HILL DICTIONARY OF SCIENTIFIC & TECHNICAL TERMS, 2003 : 6E, The McGraw-Hill Companies, Inc.
- METEO FRANCE, 2010 : Projet ClimSec. Impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l'eau du sol. Météo France, Direction de la Climatologie. Website : <http://www.cnrm-game.fr/spip.php?article605>
- MEYER J., 1996 : *La vie quotidienne des soldats pendant la Grande Guerre*, Paris, Ed. Hachette, 381 pages.
- MOUNIER J., 1977 : Le type de temps un choix pour le géographe : climatologie synoptique ou climatologie compréhensive. *Cahiers du Centre de Climatologie de Dijon*, 7, 99-117.

- NOROIS, 2004 : Numéro spécial « les types de temps ». Presses Universitaires de Rennes, 191, 145p.
- OKE T.R., 1973 : City size and urban heat island. *Atmospheric Environment*, Oxford, England, n°7, pp. 769-779.
- PAGNEY P., 2008 : *Le climat, la Bataille et la Guerre : des conflits limités aux conflits planétaires*. Ed. de L'Harmattan, 314 pages.
- PAPADIMITRIOU J. 1978 : *Influence du temps sur les températures différentes profondeurs du sol*. Thèse de 3e cycle Paris VI 80 p.
- PAUL P., WAHL L., 2005 : Introduction : Climat, sécheresse et canicule, *Revue Géographique de l'Est*, vol. 45 / 2.
- PAUL P., 2003 : Identification, typologie et ambiances climatiques. *Journées 'Climat et Société' : les 'types de temps'*, CNG, résumé de la communication orale, Rennes, 20 mars.
- PEDELABORDE P., 1958 : *Le climat du bassin parisien : essai d'une méthode rationnelle de climatologie physique*. Editions M.-Th. Génin, 2 volumes, 539 et 116 p.
- PEDELABORDE P., 1970 : *Introduction à l'étude scientifique du climat*. CDU et SEDES, 246 p.
- PEGUY Ch., 1960 : *Précis de climatologie*. Masson, 347 p.
- PERRIN DE BRICHAMBAUT C., LEROY M., 1995 : La mesure de la température de l'air. *La Météorologie*, n°12, pp. 14-30.
- PIERY M. et al, 1934 : *Traité de climatologie biologique et médicale*. Chapitre éléments météorologiques du climat « Les éléments météorologiques du climat ». Paris, 3 volumes, 2664 p.
- PLANCHON O., QUENOL H., CANTAT O., WAHL L., BONNEFOY C., 2009 : Types de circulations atmosphériques et types de temps en situations gélives dans les régions viticoles de la moitié nord de la France. *Actes de l'AIC*, 22, 371-376.
- POUZOLET J., 1933-1937 : *Journal résumé de la guerre 1914-1918, caporal au 23^{ème} bataillon de chasseurs alpins, 4^{ème} compagnie*. Archives départementales de l'Hérault.
- RENWICK J. A., 2011 : Kidson's Synoptic Weather Types and Surface Climate Variability over New Zealand Weather and Climate, 31, 3-23.
- REQUILLARD G., 1961 : *De l'influence thermique de Paris et de ses répercussions sur la banlieue proche*. Météorologie Nationale (manuscrit consultable à la bibliothèque de Météo-France).
- SANDERS L., 1989 : *L'analyse statistique des données en géographie*. Montpellier, Reclus, Collection Alidade, 268 p.
- SAVOURET E., 2007 : *Le concept d'événement géographique*. Thèse de géographie. Université de Caen Basse-Normandie.
- SAVOURET E., AMAT J.-P., CANTAT O. et FILIPPUCI P., 2010 : « Chronique du temps vécu à Verdun en 14-18 », *Actes de l'AIC*, 23, 571-576.
- SAVOURET E., AMAT JP., CANTAT O., FILIPPUCI P., 2011 : *Au temps météorologique de la Grande Guerre Approche séquentielle des périodes contraignantes dans les tranchées sur le front de la Marne et de la Meuse, 1914-1918*. *Climatologie*, 8, 57-75.
- SHERIDAN S., 2002 : The redevelopment of a weather-type classification scheme for north america. *Int. J. Climatol.* 22: 51-68 (2002) DOI: 10.1002/joc.709
- SORRE M., 1943 : *Les fondements biologiques d la géographie humaine*. Paris.
- SOUDAGNE JP., 2009 : *Le quotidien des soldats dans les tranchées*. Soteca, 14-18 Ed., Coll. « Vivre dans la guerre », 191 pages.
- STRATEGIES.FR , 2008 : La météo s'adapte à l'air du temps [archive]
- TRIGO, R. M. AND DACAMARA, C. C., 2000 : Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *International Journal of Climatology*, vol. 20, pp. 1559-1581.
- VIGNEAU J.-P., 2003 : Les avatars des 'types de temps' : épistémologie d'un concept ambigu. *Journées 'Climat et Société' : les 'types de temps'*, CNG, résumé de la communication orale, Rennes, 20 mars.
- VIGNEAU J.-P., 2004 : Sur les risques d'origine climatique. *L'Information Géographique*, vol. 68, n° 1, pp. 3-13.

- VIGNEAU JP., 1985 : *Climat et climats des Pyrénées orientales*. Thèse d'Etat, Dijon, 618 p.
- VIGNEAU JP., 1991 : Les mots du temps, réflexions sur le vocabulaire des géoclimatologues. *Norois*, 152, 351-361.
- VIGNEAU JP., 2002 : Perspectives de la géoclimatologie et Les enseignements de 15 ans de thèses de climatologie. *BAGF*, n° 4, pp. 437-449.
- VIGNEAU JP., 2004 : Un siècle de types de temps : épistémologie d'un concept ambigu. *Norois*, 191, 17-28.
- VIGNEAU JP., 2006 : Eclipse et retour du sociétal en climatologie. *Actes des Journées de Climatologie de Nice*, 23-25 mars 2006 Climat et société : l'apport des géographes-climatologues, 25-34.
- WERNER P.C., GERSTENGARBE F.-W., 2010 : Katalog der Großwetterlagen Europas (1881-2009) nach Paul Hess und Helmut Brezowsky. *PIK Report No. 119*, 146 p. <http://www.pik-potsdam.de/research/publications/pikreports/.files/pr119.pdf>
- WEUSTHOFF T : Weather Type Classification at MeteoSwiss ; Introduction of new automatic classification schemes, 48p.
http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/forschung/publikationen/alle_publikationen/abb_235.Par.0001.DownloadFile.tmp/ab235.pdf
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1992 : INTERNATIONAL METEOROLOGICAL VOCABULARY ; Geneva : Secretariat of the World Meteorological Organization, 784 p.; Textes en anglais, en français, en russe et en espagnol.; ISBN 9263021821.
- YOSHINO M. M., 1975 : *Climate in a small area*. University of Tokyo Press, 549 p.

Sites internet :

- ECAD : Home European *Climate* Assessment & Dataset
<http://eca.knmi.nl/>
- MEMOIRE DES HOMMES : SGA/Mémoire des hommes
<http://www.memoiredeshommes.sga.defense.gouv.fr/>
- METEOCIEL : Modèles - Archives des réanalyses du NCEP.
<http://www.meteociel.fr/modeles/archives/archives.php>
- METEO-FRANCE : la Publiothèque de Météo-France
<http://publithèque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebPubli/index.jsp?idRubrique=clim>
- NOAA : The NCEP/NCAR Reanalysis Project at the NOAA/ESRL Physical Sciences Division
<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis/reanalysis.shtml>
- METEO PARIS (site de Guillaume Séchet) :
<http://www.meteo-pas.com/France/hiver-1917.html>
<http://www.meteo-paris.com/france/hiver-1918.html>
- MET OFFICE
http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html
- WETTERZENTRALE : Daily Northern Hemisphere SLP grids, Archiv Bodenanalysekarten 1880-1950 Europa.
<http://smtp.pilzepilze.de/topkarten/fsslpeur.html>

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation du catalogue des Grosswetterlagen (méthode objective de James, 2007, adaptation de la classification originelle Hess-Brezowsky de 1952).

Objective Grosswetterlagen Catalogue

Version 1.3, April 2007

Paul James, Hadley Centre, UK Met Office

The Objective-GWL system is an objective computational version of the 29-type Hess and Brezowsky Grosswetterlagen system of classifying European synoptic regimes. A scientific paper detailing the method and results has been published in Theoretical and Applied Climatology early in 2007. The reference is "**An objective classification for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe**", James P.M., *Theor. Appl. Climatol.*, 88 (2007), 17-42.. The Objective-GWL types have the same meaning and nomenclature as the original types and are also filtered so that the minimum allowed event duration is 3 days (as with Hess and Brezowsky). The primary differences to the original series are that the Objective-GWLs have a greater spatial coherence outside of Central Europe and the classification is homogeneous and consistent throughout the years. As a result, there are significant differences between the two series and it should be noted that the two series should not be mixed together.

For reference purposes, ERA40 mean composite images for each GWL can be viewed [here](#).

A large number of statistics are available [HERE](#).

A table showing typical relationships between the GWLs and weather extremes is given [HERE](#).

In co-operation between the UK Met Office and the COST733 project, the complete daily Objective-GWL catalogue from 1850 to the present can be viewed on these pages by selecting a year below. The catalogue, updated once a month, is based on the following datasets, noting that it can be regarded as homogeneous from 1948 onwards. The earlier periods are best estimates but have an increasing level of uncertainty with age.

- Emulate-MSLP data from 1850-1880
- NCAR-DSS daily MSLP grids from 1881 to 1947
- NCEP Reanalyses of MSLP and Z500 from January 1948 to August 1957
- ECMWF ERA40 Reanalyses of MSLP and Z500 from September 1957 to August 2002
- ECMWF Operational Analyses from September 2002 onwards.

Annexe 2 : Légende des Grosswetterlagen (méthode objective de James, 2007)

La classification se décompose en 5 grands types (GWT), eux-mêmes formés de 29 sous-types (GWL)

N°	code	GWT (Grosswettertypen)	GWL (Grosswetterlagen)
1	WA	Circulations d'Ouest	Circulation d'ouest anticyclonique
2	WZ		Circulation d'ouest cyclonique
3	WS		Circulation d'ouest méridionale
4	WW		Circulation d'ouest « formant un angle »
5	SWA	Circulations de Sud	Circulation de sud-ouest, anticyclonique
6	SWZ		Circulation de sud-ouest, cyclonique
7	SA		Circulation de sud, anticyclonique
8	SZ		Circulation de sud, cyclonique
9	TB		Dépression sur les îles Britanniques
10	TRW		Talweg sur l'Europe occidentale
11	SEA		Circulation de sud-est, anticyclonique
12	SEZ		Circulation de sud-est, cyclonique
13	NWA	Circulations de Nord-Ouest et de Nord	Circulation de nord-ouest, anticyclonique
14	NWZ		Circulation de nord-ouest, cyclonique
15	NA		Circulation de nord, anticyclonique
16	NZ		Circulation de nord, cyclonique
17	HNA		Anticyclone sur l'Islande, anticyclonique
18	HNZ		Anticyclone sur l'Islande, cyclonique
19	HB		Anticyclone sur les îles Britanniques
20	TRM		Talweg sur l'Europe centrale
21	NEA	Circulations de Nord-Est et d'Est	Circulation de nord-est, anticyclonique
22	NEZ		Circulation de nord-est, cyclonique
23	HFA		Anticyclone sur la Fennoscandie, anticyclonique
24	HFZ		Anticyclone sur la Fennoscandie, cyclonique
25	HNFA		Anticyclone sur mer de Norvège – Fennoscandie, anticyclonique
26	HNFZ		Anticyclone sur mer de Norvège – Fennoscandie, cyclonique
27	HM	Situations à centre d'action sur l'Europe centrale	Anticyclone sur l'Europe centrale
28	BM		Dorsale anticyclonique sur l'Europe moyenne
29	TM		Dépression sur l'Europe centrale
30	U		indéfini

Annexe 3a : Caractéristiques des stations météorologiques 1 à 30 (d'après les informations extraites de la Publiothèque : <http://publitheque.meteo.fr/okapi/WebPubli/index.jsp>).

N° station	Nom station	Type (*)	Commune (**)	Lieu-dit	N° département	Région	Alti.	Latitude	Longitude
1	20 004 002 AJACCIO	0	Ajaccio	Aéroport	2A Corse-du-Sud	Corse	5 m	41° 55'00"N	08° 47'30"E
2	61 001 001 ALENCON	0	Alençon	Aérodrome	61 Orne	Basse-Normandie	143 m	48° 26'42"N	00° 06'36"E
3	49 020 001 ANGERS	0	Beaucouzé	Centre Météo-France	49 Maine-et-Loire	Pays de la Loire	50 m	47° 28'42"N	00° 36'48"E
4	15 014 001 AURILLAC	0	Aurillac	Aérodrome	15 Cantal	Auvergne	639 m	44° 53'54"N	02° 25'12"E
5	89 346 001 AUXERRE	0	St-Georges-sur-Baulche	Auxerre	89 Yonne	Bourgogne	207 m	47° 48'00"N	03° 32'42"E
6	68 297 001 BALE-MULHOUSE	0	St-Louis	Aéroport	68 Bas-Rhin	Alsace	263 m	47° 36'24"N	07° 30'36"E
7	20 148 001 BASTIA	0	Lucciana	Aéroport	2B Haute Corse	Corse	10 m	42° 32'24"N	09° 26'06"E
8	24 037 001 BERGERAC	0	Bergerac	Roumanière	24 Dordogne	Aquitaine	49 m	44° 49'12"N	00° 30'54"E
9	25 056 001 BESANCON	0	Besançon	Observatoire	25 Doubs	Franche-Comté	307 m	47° 14'54"N	05° 59'18"E
10	64 024 001 BIARRITZ	0	Anglet	Aérodrome	64 Pyrénées-Atlantiques	Aquitaine	71 m	43° 28'06"N	01° 32'00"E
11	33 281 001 BORDEAUX	0	Mérignac	Aéroport	33 Gironde	Aquitaine	47 m	44° 49'48"N	00° 41'24"E
12	73 054 001 BOURG-ST-MAURICE	0	Bourg-St-Maurice	Croix-St-Maurice	73 Savoie	Rhône-Alpes	865 m	45° 36'42"N	06° 45'48"E
13	29 075 001 BREST	0	Guipavas	Aéroport	29 Finistère	Bretagne	94 m	48° 26'36"N	04° 24'42"E
14	14 137 001 CAEN	0	Carpiquet	Aéroport	14 Calvados	Basse-Normandie	67 m	49° 10'48"N	00° 27'18"E
15	11 069 001 CARCASSONNE	0	Carcassonne	Salvaza	11 Aude	Languedoc-Roussillon	126 m	43° 12'48"N	02° 18'36"E
16	08 105 005 CHARLEVILLE-MEZIERES	0	Charleville-Mézières	Aérodrome	08 Ardennes	Champagne-Ardenne	147 m	49° 46'54"N	04° 38'30"E
17	63 113 001 CLERMONT-FERRAND	0	Clermont-Ferrand	Aéroport d'Aulhat	63 Puy-de-Dôme	Auvergne	331 m	45° 47'12"N	03° 08'54"E
18	16 089 001 COGNAC	0	Chateaubernard	SMA Cognac	16 Charente	Poitou-Charentes	30 m	45° 39'54"N	00° 18'54"E
19	14 578 001 DEAUVILLE	0	St-Gatien-des-Bois	Aéroport	14 Calvados	Basse-Normandie	139 m	49° 21'48"N	00° 10'00"E
20	21 473 001 DIJON	0	Ouges	Dijon-Longvic	21 Côte-d'Or	Bourgogne	219 m	47° 16'00"N	05° 05'18"E
21	35 228 001 DINARD	0	Pleurtuit	Aéroport	35 Ille-et-Vilaine	Bretagne	58 m	48° 35'18"N	02° 04'30"E
22	05 046 001 EMBRUN	0	Embrun	Chemin-des-Trois-Croix	05 Haute-Alpes	Provence-Alpes-C-d'A.	871 m	44° 33'54"N	06° 30'06"E
23	38 384 001 GRENOBLE	0	St-Etienne-de-St-Geoirs	Aéroport	38 Isère	Rhône-Alpes	384 m	45° 21'48"N	05° 18'48"E
24	17 300 001 LA ROCHELLE	0	La Rochelle	Le Bout Blanc	17 Charente-Maritime	Poitou-Charentes	4 m	46° 09'09"N	01° 09'30"E
25	52 269 001 LANGRES	0	Langres	Square Olivier Lahalle	52 Haute-Marne	Champagne-Ardenne	466 m	47° 50'36"N	05° 20'12"E
26	43 062 001 LE PUY	0	Chaspuzac	Aéroport	43 Haute-Loire	Auvergne	833 m	45° 04'24"N	03° 45'48"E
27	62 826 001 LE TOUQUET	0	Le Touquet-Paris-Plage	Aérodrome	62 Pas-de-Calais	Nord-Pas-de-Calais	5 m	50° 30'48"N	01° 37'18"E
28	59 343 001 LILLE	0	Lesquin	Aéroport	59 Nord	Nord-Pas-de-Calais	47 m	50° 35'00"N	03° 05'00"E
29	87 085 006 LIMOGES	0	Limoges	Aéroport de Bellegarde	87 Haute-Vienne	Limousin	402 m	45° 51'36"N	01° 10'30"E
30	56 185 001 LORIENT	0	Quéven	Lann Bihoué	56 Morbihan	Bretagne	42 m	47° 46'06"N	03° 26'30"E

(*) station type 0 : station synoptique, acquisition temps réel

(**) en gras, les 8 stations référence pour le calcul de la moyenne française

(***) en italique, les 5 stations d'altitude supérieure à 500 m

Annexe 3b: Caractéristiques des stations météorologiques 31 à 60 (d'après les informations extraites de la PubliThèque : <http://publitheque.meteo.fr/okapi/WebPubli/index.jsp>).

N° station	Nom station	Type (*)	Commune (**)	Lieu-dit	N° département	Région	Alti.	Latitude	Longitude
31	69 029 001 LYON	0	Bron	Aéroport	69 Rhône	Rhône-Alpes	197 m	45° 43'30"N	04° 56'12"E
32	71 105 001 MACON	0	Charnay-lès-Macon	Aérodrome	71 Saône-et-Loire	Bourgogne	216 m	46° 17'48"N	04° 47'54"E
33	13 054 001 MARSEILLE	0	Marignane	Aéroport	13 Bouches-du-Rhône	Provence-Alpes-C-d'A.	9 m	43° 26'18"N	05° 13'24"E
34	57 039 001 METZ	0	Augny	Base aérienne Frescaty	57 Moselle	Lorraine	190 m	49° 04'18"N	06° 07'30"E
35	12 145 001 MILLAU	0	Millau	Soulabres	12 Aveyron	Midi-Pyrénées	712 m	44° 07'06"N	03° 01'06"E
36	40 192 001 MONT-DE-MARSAN	0	Mont-de-Marsan	Aérodrome	40 Landes	Aquitaine	59 m	43° 54'30"N	00° 30'00"E
37	26 198 001 MONTELMAR	0	Montélimar	Aérodrome	26 Drôme	Rhône-Alpes	73 m	44° 34'48"N	04° 43'54"E
38	44 020 001 NANTES	0	Bouguenais	Aéroport	44 Loire-Atlantique	Pays de la Loire	26 m	47° 09'00"N	01° 36'30"E
39	58 160 001 NEVERS	0	Marzy	Aérodrome	58 Nièvre	Bourgogne	175 m	46° 09'24"N	03° 06'42"E
40	06 088 001 NICE	0	Nice	Aéroport	06 Alpes-Maritimes	Provence-Alpes-C-d'A.	2 m	43° 38'54"N	07° 12'30"E
41	30 189 001 NIMES	0	Nîmes	Nîmes-Courbessac	30 Gard	Provence-Alpes-C-d'A.	59 m	43° 51'24"N	04° 24'18"E
42	45 055 001 ORLEANS	0	Bricy	Base aérienne	45 Loiret	Centre	125 m	47° 59'00"N	01° 46'36"E
43	77 306 001 PARIS-MELUN	0	Montreuil-sur-le-Jard	Aérodrome	77 Seine-et-Marne	Ile-de-France	91 m	48° 36'36"N	02° 40'42"E
44	75 114 001 PARIS-MONTSOURIS	0	Paris 14ème arr.	Parc Montsouris	75 Paris	Ile-de-France	75 m	48° 49'18"N	02° 20'12"E
45	66 136 001 PERPIGNAN	0	Perpignan	Aérodrome	66 Pyrénées-Orientales	Languedoc-Roussillon	42 m	42° 44'12"N	02° 52'18"E
46	86 027 001 POITIERS	0	Biard	Aérodrome	86 Vienne	Poitou-Charentes	123 m	46° 35'36"N	00° 18'48"E
47	51 183 001 REIMS	0	Courcy	Base aérienne	51 Marne	Champagne-Ardenne	91 m	49° 18'18"N	04° 03'00"E
48	35 281 001 RENNES	0	St-Jacques-de-la-Landes	Aéroport	35 Ille-et-Vilaine	Bretagne	36 m	48° 04'06"N	01° 44'00"E
49	41 097 001 ROMORANTIN	0	Gièvres	Base aérienne	41 Loire-et-Cher	Centre	83 m	47° 19'06"N	01° 41'12"E
50	22 266 001 ROSTREHEN	2	Rostrenen	Le Miniou	22 Côtes d'Armor	Bretagne	262 m	48° 13'48"N	03° 18'24"E
51	76 116 001 ROUEN	0	Boos	Aérodrome	76 Seine-Maritime	Haute-Normandie	151 m	49° 22'54"N	01° 10'54"E
52	34 301 002 SETE	0	Sète	Sémaphore	34 Hérault	Languedoc-Roussillon	80 m	43° 23'48"N	03° 41'30"E
53	04 049 001 ST-AUBAN	0	Chateau-Arnoux-St-Auban	Aérodrome	04 Alpes-Haute-Prov.	Provence-Alpes-C-d'A.	458 m	44° 03'42"N	05° 59'18"E
54	54 448 001 ST-DIZIER	0	St-Dizier	Robinson	52 Haute-Marne	Champagne-Ardenne	139 m	48° 37'48"N	04° 54'12"E
55	02 320 001 ST-QUENTIN	0	Fontaine-les-Clercs	Aérodrome	02 Aisne	Picardie	98 m	49° 49'06"N	03° 12'18"E
56	67 124 001 STRASBOURG	0	Entzheim	Aéroport	67 Bas-Rhin	Alsace	150 m	48° 32'54"N	07° 38'24"E
57	65 344 001 TARDES	0	Ossun	Aérodrome	65 Hautes-Pyrénées	Midi-Pyrénées	360 m	43° 11'12"N	00° 00'00"E
58	31 069 001 TOULOUSE	0	Blagnac	Aéroport	31 Haute-Garonne	Midi-Pyrénées	151 m	43° 37'12"N	01° 22'42"E
59	37 179 001 TOURS	0	Parçay-Meslay	Rue de Chizay	37 Indre-et-Loire	Centre	108 m	47° 26'36"N	00° 43'36"E
60	50 615 001 VALOGNES	2	Valognes	La Bretonnerie	50 Manche	Basse-Normandie	61 m	49° 31'00"N	01° 30'24"E

(**) en gras, les 8 stations référence pour le calcul de la moyenne française

(***) en italique, les 5 stations d'altitude supérieure à 500 m

(*) station type 0 : station synoptique, acquisition temps réel

(*) station type 2 : station automatique, acquisition temps réel

Annexe 4 : La saisonnalité mois par mois des *types de temps* à Brest sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

			HIVER			PRINTEMPS			ÉTÉ			AUTOMNE			
			DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	
CHAUD	BEAU	BC-					0.16%	1.33%	2.90%	2.26%	0.83%				
		BCA- BC-W BCAW						0.17%	0.16%						
	VARIABLE	VC-					0.16%	0.83%	2.10%	2.58%	1.00%				
		VCA- VC-W VCAW						0.33%	0.16%	0.16%	0.33%				
NUAGEUX	NC-						0.50%	0.97%	3.23%	0.33%					
	NCA- NC-W NCAW						0.17%	0.97%	0.81%	0.33%					
COUVERT	GC-							0.32%	0.16%						
	GCA- GC-W GCAW														
DOUX	BEAU	BD-		0.18%		1.13%	3.00%	7.74%	13.17%	9.03%	8.39%	13.33%	3.39%	0.33%	
		BDA- BD-W BDW		0.16%		0.16%	0.32%	0.33%	1.45%	1.33%	0.16%	0.32%	0.33%	0.67%	0.48%
	VARIABLE	VD-				1.29%	2.67%	9.19%	16.67%	12.10%	18.87%	18.83%	5.97%	0.17%	
		VDA- VD-W VDW				0.16%	0.33%	1.61%	0.67%	1.29%	1.45%	2.83%	1.77%	0.17%	
	NUAGEUX	ND-		0.16%		0.97%	1.67%	9.68%	16.67%	16.29%	19.52%	12.67%	7.26%	1.00%	
		NDA- ND-W NDW	0.16%	0.16%	0.18%	0.65%	1.50%	2.10%	1.83%	2.10%	0.48%	1.67%	1.45%	0.83%	
	COUVERT	GD-	0.48%			0.32%	2.00%	5.81%	11.33%	14.35%	10.97%	9.00%	8.06%	2.50%	
		GDA- GD-W GDW	0.48%	0.32%	0.71%	1.13%	2.00%	7.90%	11.17%	13.71%	9.68%	9.33%	10.32%	0.67%	
	NUAGEUX	ND-	0.48%	0.48%	0.35%	0.65%	1.83%	4.35%	6.00%	7.74%	6.94%	7.00%	12.74%	8.67%	
		NDA- ND-W NDW	0.48%	0.48%	0.35%	0.65%	1.83%	4.35%	6.00%	7.74%	6.94%	7.00%	12.74%	8.67%	
	FRAIS	BEAU	BF-	4.35%	2.90%	5.13%	8.39%	8.33%	2.42%	0.50%			0.67%	3.87%	4.67%
			BFA- BF-W BFAW	0.16%	0.16%	0.53%	1.45%	0.67%	0.97%	0.16%				0.65%	0.50%
VARIABLE		VF-	4.68%	4.84%	7.43%	8.23%	11.67%	8.06%	1.33%			1.17%	5.97%	7.17%	
		VFA- VF-W VFAW	2.58%	1.77%	1.06%	2.42%	2.67%	1.13%	0.33%	0.17%		0.17%	2.74%	4.83%	
NUAGEUX		NF-	4.68%	4.84%	8.32%	7.74%	6.50%	5.16%	0.83%			1.17%	4.35%	8.17%	
		NFA- NF-W NFAW	5.48%	4.35%	3.89%	4.03%	7.33%	2.58%	0.83%	0.50%		0.83%	4.19%	8.00%	
COUVERT		GF-	11.77%	12.26%	13.10%	14.52%	6.83%	4.84%	0.67%			0.67%	3.23%	9.50%	
		GFA- GF-W GFAW	11.94%	11.13%	9.20%	8.06%	8.17%	4.03%	0.67%	0.16%		0.67%	4.52%	15.00%	
FROID		BEAU	BK-	4.19%	3.87%	1.77%	0.32%							0.17%	
			BKA- BK-W BKAW	0.16%		0.53%	0.48%								
		VARIABLE	VK-	3.06%	2.90%	1.95%	0.65%								0.50%
			VKA- VK-W VKAW	0.81%	0.32%	1.06%	0.16%	0.17%							0.17%
	NUAGEUX	NK-	1.29%	2.10%	1.77%	0.32%								0.17%	
		NKA- NK-W NKAW	1.45%	0.65%	2.30%	0.16%								0.50%	
	COUVERT	GK-	4.03%	3.23%	2.65%	0.48%								0.33%	
		GKA- GK-W GKAW	1.45%	2.90%	1.59%	0.97%								0.50%	
	NUAGEUX	GK-	0.32%	0.65%	0.35%	0.16%								0.17%	
		GKA- GK-W GKAW	0.65%	0.81%	1.06%	0.16%								0.33%	

Annexe 5 : La saisonnalité mois par mois des *types de temps* à Strasbourg sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

			HIVER			PRINTEMPS			ÉTÉ			AUTOMNE			
			DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	
CHAUD	BEAU	BC-					0.17%	2.58%	8.17%	13.39%	17.58%	3.00%	0.16%		
		BCA-						0.32%	0.33%	1.45%	0.81%	0.17%			
		BC-W							0.17%	0.16%					
		BCAW													
VARIABLE	VARIABLE	VC-						3.55%	9.33%	12.90%	10.16%	1.67%	0.16%		
		VCA-						0.65%	5.00%	5.48%	3.39%	1.00%	0.16%		
		VC-W					0.17%		0.33%	0.32%	0.16%				
		VCAW							0.17%						
NUAGEUX	NUAGEUX	NC-						1.61%	5.83%	7.42%	6.61%	1.83%			
		NCA-						0.48%	4.67%	7.42%	4.84%	1.00%			
		NC-W							0.17%	0.16%	0.16%		0.16%		
		NCAW													
COUVERT	COUVERT	GC-							0.50%	1.94%	2.26%	0.17%			
		GCA-													
		GC-W													
		GCAW													
DOUX	BEAU	BD-				1.29%	10.50%	14.03%	10.00%	6.77%	7.42%	15.50%	2.58%		
		BDA-					0.33%	0.48%		0.16%	0.16%	0.17%			
		BD-W					0.16%	0.67%	2.10%			0.17%	0.16%		
		BDAW													
	VARIABLE	VARIABLE	VD-		0.16%		1.77%	8.83%	11.94%	11.17%	5.65%	9.03%	14.67%	5.16%	0.50%
			VDA-				0.16%	1.17%	3.55%	2.00%	0.32%	0.97%	2.00%	0.81%	0.17%
			VD-W					0.33%	0.81%	0.33%	0.32%	0.16%	0.67%	0.16%	
			VDAW			0.18%							0.17%		
	NUAGEUX	NUAGEUX	ND-		0.16%	0.18%	1.29%	6.33%	8.23%	10.17%	7.90%	8.55%	12.67%	10.32%	0.83%
			NDA-				0.65%	2.17%	7.58%	5.33%	3.87%	6.77%	6.17%	3.55%	0.17%
			ND-W	0.32%		0.35%			0.81%	1.50%	0.32%		0.50%	0.97%	0.17%
			NDAW				0.65%	0.17%	0.32%	1.00%	0.16%	0.16%	0.50%	0.32%	
COUVERT	COUVERT	GD-	0.16%	0.16%	0.18%	1.45%	3.17%	7.90%	7.33%	6.29%	5.65%	10.67%	9.35%	1.00%	
		GDA-	0.16%			0.97%	5.50%	13.23%	13.00%	13.39%	10.48%	13.17%	7.90%	1.33%	
		GD-W		0.65%	0.35%	1.61%	0.17%	1.13%	0.33%	0.16%		1.17%	1.29%	0.33%	
		GDAW	0.16%	0.48%	0.18%	0.32%	0.17%	1.29%	0.50%	0.48%	0.65%	1.33%	1.94%	0.67%	
FRAIS	BEAU	BF-	0.65%	1.61%	4.96%	12.58%	10.50%	0.65%				2.33%	6.77%	3.00%	
		BFA-				0.32%	0.33%	0.16%						0.17%	
		BF-W			0.35%	0.48%	1.00%						0.32%	0.17%	
		BFAW													
	VARIABLE	VARIABLE	VF-	1.94%	1.29%	6.37%	8.39%	6.17%	2.58%	0.17%			1.67%	5.65%	5.00%
			VFA-	0.32%		0.88%	0.81%	1.50%	0.16%	0.17%				0.65%	1.00%
			VF-W		0.32%	0.18%	0.65%	1.00%	0.32%				0.17%	0.32%	0.17%
			VFAW	0.32%	0.48%	0.71%	0.32%	0.17%							
	NUAGEUX	NUAGEUX	NF-	3.23%	3.55%	5.13%	9.68%	8.67%	1.77%	0.33%		0.16%	1.83%	7.90%	10.00%
			NFA-	0.97%	1.29%	1.24%	2.74%	4.17%	1.13%	0.17%			0.33%	1.77%	1.67%
			NF-W	0.97%	0.81%	0.71%	0.81%	2.00%						1.29%	0.33%
			NFAW	1.45%	1.29%	1.95%	0.97%	1.00%	0.16%					0.48%	1.00%
COUVERT	COUVERT	GF-	11.61%	7.58%	8.85%	12.42%	7.83%	4.03%	0.17%			2.00%	12.26%	22.17%	
		GFA-	8.06%	5.81%	6.19%	11.77%	10.17%	4.84%	0.33%			2.33%	11.94%	17.17%	
		GF-W	2.58%	4.84%	2.83%	3.39%	0.83%	0.65%				0.33%	0.81%	1.83%	
		GFAW	6.77%	6.77%	7.08%	4.68%	2.50%	0.65%				0.33%	1.94%	3.67%	
FROID	BEAU	BK-	4.19%	5.00%	7.26%	4.52%	0.17%						0.65%	3.17%	
		BKA-	0.16%	0.16%										0.17%	
		BK-W	0.81%	0.81%	0.18%	0.97%	0.33%						0.16%		
		BKAW													
	VARIABLE	VARIABLE	VK-	5.00%	9.68%	5.84%	1.94%	0.33%							2.33%
			VKA-	0.48%	0.16%	0.18%		0.17%							0.33%
			VK-W	0.65%	0.16%	0.53%	0.81%								0.17%
			VKAW												
	NUAGEUX	NUAGEUX	NK-	5.16%	6.94%	7.26%	3.55%							0.32%	2.83%
			NKA-	0.81%	0.81%	1.06%	0.81%	0.17%							0.50%
			NK-W	0.65%	0.48%	1.59%	0.48%								0.17%
			NKAW	0.16%		0.35%	0.32%								
COUVERT	COUVERT	GK-	27.58%	27.90%	16.64%	2.10%	0.67%						0.97%	12.83%	
		GKA-	10.81%	7.74%	6.73%	3.06%	0.50%						0.48%	4.33%	
		GK-W	2.74%	1.61%	1.06%	0.65%								0.33%	
		GKAW	1.13%	1.29%	2.48%	0.48%							0.16%	0.33%	

Annexe 6 : La saisonnalité mois par mois des types de temps à Marseille sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).

			HIVER			PRINTEMPS			ÉTÉ			AUTOMNE		
			DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV
CHAUD	BEAU	BC-				0.17%	9.52%	32.17%	41.77%	40.16%	23.50%	3.39%		
		BCA-					0.32%	0.17%	0.16%	0.97%	1.17%			
		BC-W					4.52%	15.00%	24.52%	20.65%	8.83%	1.13%		
		BCAW								0.32%	0.17%			
	VARIABLE	VC-				0.17%	5.00%	14.00%	15.65%	14.35%	10.50%	2.90%		
		VCA-					0.32%	1.33%	0.81%	1.61%	1.50%	0.81%		
		VC-W				0.17%	1.77%	5.17%	6.77%	5.16%	3.33%	1.61%		
		VCW						0.33%	0.32%	0.97%	0.50%			
	NUAGEUX	NC-					2.42%	3.83%	3.23%	4.68%	2.67%	1.94%	0.17%	
		NCA-					0.16%	1.50%	0.48%	2.58%	2.33%	0.65%		
		NC-W					2.10%	1.00%	1.61%	2.42%	1.83%	0.48%		
		NCAW					0.32%	0.50%	0.48%	0.32%	1.83%	0.48%		
COUVERT	GC-				0.17%	0.65%	1.17%	0.16%	1.77%	1.00%	0.32%			
	GCA-													
	GC-W													
	GCAW													
DOUX	BEAU	BD-	0.65%	0.97%	1.42%	10.81%	23.83%	20.81%	3.67%	0.32%	0.48%	11.50%	18.71%	8.33%
		BDA-				0.48%	0.17%	0.32%	0.17%			0.17%	0.48%	
		BD-W	0.65%	0.65%	1.42%	8.87%	12.00%	11.13%	6.00%	0.48%	0.97%	9.50%	8.39%	3.50%
		BDW						0.16%	0.17%					
	VARIABLE	VD-	0.65%	0.65%	2.12%	9.35%	10.67%	10.16%	3.00%		0.32%	4.50%	11.13%	7.00%
		VDA-			0.35%		1.50%	0.65%	0.17%			0.50%	0.97%	0.33%
		VD-W	1.45%	0.48%	1.42%	3.39%	8.00%	4.03%	2.33%	0.65%	0.16%	1.83%	5.00%	1.67%
		VDW	0.32%		0.18%	0.16%	1.17%	0.65%				0.33%	0.48%	0.17%
	NUAGEUX	ND-	2.58%	0.97%	0.88%	5.32%	5.33%	5.97%	1.00%	0.32%	0.16%	1.33%	7.58%	2.50%
		NDA-	0.32%	0.16%	0.18%	0.16%	1.67%	2.10%	0.67%	0.16%		1.33%	2.10%	1.33%
		ND-W	0.81%	0.32%	0.35%	1.29%	2.33%	2.26%	1.33%			0.67%	2.26%	2.33%
		NDW	0.48%	0.32%		0.97%	2.33%	1.61%				0.17%	0.81%	1.33%
COUVERT	GD-	2.58%	1.45%	1.59%	1.77%	2.00%	2.90%	0.67%			1.00%	5.32%	4.17%	
	GDA-	0.65%	0.48%	0.35%	1.94%	3.50%	5.81%	2.17%	0.32%	0.16%	3.17%	5.97%	3.33%	
	GD-W	1.29%	1.45%	0.71%	1.61%	1.67%	0.81%	0.33%	0.32%		0.50%	2.42%	2.67%	
	GDW	2.90%	1.45%	0.88%	1.13%	4.67%	2.10%	0.33%	0.16%		1.33%	5.32%	5.50%	
FRAIS	BEAU	BF-	12.42%	16.77%	21.42%	15.00%	3.00%					2.58%	11.83%	
		BFA-	0.48%	0.16%	0.18%	0.16%							0.33%	
		BF-W	8.23%	8.23%	12.92%	10.81%	3.33%	0.16%				1.29%	10.00%	
		BFAW	0.48%	0.18%			0.33%						0.50%	
	VARIABLE	VF-	10.65%	11.61%	11.33%	5.65%	0.83%					0.97%	6.67%	
		VFA-	1.13%	0.65%	1.06%	0.48%	0.17%					0.32%	0.83%	
		VF-W	5.65%	4.68%	4.78%	5.97%	3.00%	0.32%				0.32%	4.67%	
		VFAW	0.32%	0.48%	0.35%		0.50%						0.17%	
	NUAGEUX	NF-	7.42%	7.74%	5.13%	3.55%	0.83%	0.32%				0.32%	4.17%	
		NFA-	1.94%	0.65%	1.06%	0.65%							1.83%	
		NF-W	3.39%	2.10%	3.54%	1.77%	1.00%					0.32%	0.83%	
		NFAW	0.16%	0.32%	0.88%	0.81%	0.33%						0.83%	
COUVERT	GF-	9.19%	10.16%	5.13%	2.10%	0.50%					0.48%	4.33%		
	GFA-	3.71%	4.52%	4.60%	2.10%	1.67%					0.32%	3.17%		
	GF-W	2.42%	2.10%	2.65%	0.81%	1.17%					0.32%	0.67%		
	GFAW	3.55%	4.84%	3.72%	1.61%	1.83%	0.16%				0.16%	1.33%		
FROID	BEAU	BK-	4.84%	4.03%	1.95%	0.48%							0.83%	
		BKA-				0.16%							0.17%	
		BK-W	2.26%	1.94%	4.07%	0.32%							0.33%	
		BKAW												
	VARIABLE	VK-	1.77%	2.74%	1.06%								1.00%	
		VKA-		0.16%										
		VK-W	1.29%	1.29%	0.35%	0.16%							0.17%	
		VKAW												
	NUAGEUX	NK-	1.29%	1.13%	0.53%	0.16%							0.17%	
		NKA-											0.17%	
		NK-W	0.81%	0.32%	0.18%									
		NKAW												
COUVERT	GK-	0.97%	1.29%	0.71%										
	GKA-	0.16%	1.61%	0.18%								0.67%		
	GK-W	0.48%	0.32%											
	GKAW	0.16%	0.32%	0.18%										

Annexe 7a : La variabilité interannuelle des types de temps en France métropolitaine. Types n°1 à n°32.
Valeurs annuelles, moyenne et écart-type. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010
(d'après données Météo-France).

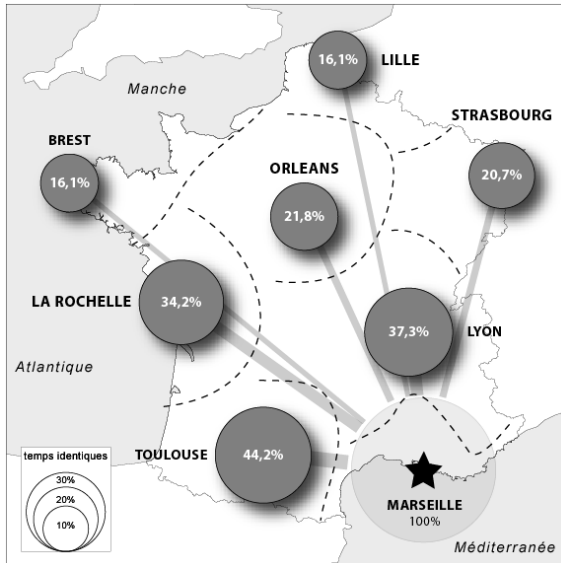
code	descriptif	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	moy.	éc.-typ
1	VD-- VARIABLE DOUX	5.1%	6.0%	6.8%	5.8%	6.4%	6.5%	5.5%	5.2%	5.9%	5.9%	7.1%	7.5%	5.8%	5.8%	7.2%	6.5%	6.8%	6.8%	6.5%	5.2%	6.21%	0.70%
2	BD-- BEAU DOUX	5.7%	4.5%	4.9%	5.7%	6.3%	6.6%	8.8%	5.7%	4.9%	5.0%	6.0%	6.5%	5.7%	6.3%	7.3%	5.2%	7.3%	7.0%	7.1%	7.8%	6.20%	1.11%
3	GF-- GRIS FRAIS	5.9%	7.1%	6.8%	7.1%	5.2%	6.0%	5.6%	5.3%	5.2%	5.8%	5.1%	6.6%	4.6%	6.4%	4.6%	4.4%	5.3%	5.8%	4.2%	4.8%	5.58%	0.88%
4	ND-- NUAGEUX DOUX	4.6%	4.8%	5.7%	5.1%	5.8%	6.2%	3.9%	4.7%	5.2%	6.0%	5.4%	5.5%	4.3%	5.0%	5.4%	5.6%	5.5%	5.4%	5.5%	5.3%	5.23%	0.57%
5	BC-- BEAU CHAUD	5.9%	4.3%	2.9%	4.5%	5.0%	4.7%	5.9%	5.2%	5.0%	5.0%	6.0%	4.0%	9.1%	4.7%	5.8%	6.0%	3.6%	3.8%	6.0%	5.3%	5.13%	1.28%
6	GFA- GRIS FRAIS ARROSE	4.8%	6.1%	3.8%	5.6%	4.8%	5.6%	4.7%	4.6%	4.6%	6.0%	5.5%	5.7%	4.9%	5.5%	3.8%	3.4%	3.9%	4.4%	4.6%	3.7%	4.80%	0.82%
7	GFAW GRIS FRAIS ARROSE VENTEUX	3.8%	4.4%	5.3%	5.4%	5.9%	3.4%	3.8%	4.2%	6.0%	5.5%	5.3%	5.1%	3.4%	4.1%	3.0%	3.7%	4.7%	5.1%	4.3%	3.3%	4.49%	0.92%
8	GDA- GRIS DOUX ARROSE	3.7%	4.8%	4.7%	4.8%	4.0%	4.3%	4.0%	4.9%	4.5%	5.2%	4.6%	4.8%	3.5%	3.4%	4.9%	4.4%	4.8%	5.5%	3.9%	4.5%	4.46%	0.56%
9	BF-- BEAU FRAIS	4.1%	3.3%	3.6%	2.5%	4.1%	3.2%	7.4%	4.9%	3.8%	4.3%	2.9%	3.8%	5.7%	3.3%	3.4%	3.9%	5.8%	5.7%	4.3%	3.6%	4.19%	1.18%
10	VF-- VARIABLE FRAIS	5.5%	5.8%	5.1%	3.7%	4.0%	4.5%	3.9%	4.5%	3.7%	4.3%	2.8%	4.5%	4.0%	4.2%	3.2%	3.2%	4.1%	3.8%	3.9%	3.5%	4.11%	0.75%
11	GD-- GRIS DOUX	2.9%	4.3%	3.9%	4.2%	3.7%	4.0%	3.3%	3.3%	3.6%	4.2%	2.6%	4.6%	3.5%	3.7%	3.5%	3.8%	4.1%	3.4%	3.4%	3.0%	3.65%	0.50%
12	NF-- NUAGEUX FRAIS	3.5%	3.8%	4.1%	3.8%	3.4%	4.0%	3.2%	3.5%	2.9%	3.8%	3.2%	4.1%	3.0%	3.8%	3.0%	3.5%	4.3%	4.3%	3.7%	2.8%	3.59%	0.47%
13	VC-- VARIABLE CHAUD	3.7%	3.2%	3.1%	4.2%	3.9%	2.6%	4.5%	2.4%	3.8%	2.5%	2.8%	2.2%	5.4%	3.2%	3.4%	4.0%	2.5%	1.9%	3.5%	2.6%	3.27%	0.88%
14	GK-- GRIS FROID	5.4%	4.0%	4.7%	1.5%	2.2%	4.4%	4.0%	2.9%	2.0%	1.5%	2.6%	1.5%	2.8%	3.8%	4.0%	4.3%	2.5%	2.2%	2.9%	4.7%	3.20%	1.20%
15	NDA- NUAGEUX DOUX ARROSE	2.1%	2.5%	3.5%	2.8%	2.2%	2.0%	2.1%	2.4%	2.5%	2.6%	2.7%	2.4%	1.8%	2.3%	2.7%	2.9%	2.8%	2.4%	2.1%	2.3%	2.44%	0.38%
16	GDAW GRIS DOUX ARROSE VENTEUX	2.3%	1.8%	2.6%	2.8%	1.8%	2.2%	3.0%	3.4%	2.4%	2.8%	2.7%	3.5%	2.0%	1.9%	1.7%	2.9%	2.7%	2.0%	1.9%	1.8%	2.42%	0.56%
17	GF-W GRIS FRAIS VENTEUX	1.9%	2.7%	2.0%	2.3%	1.5%	1.4%	1.0%	2.1%	2.6%	2.1%	1.7%	2.1%	1.1%	1.6%	1.4%	0.9%	1.7%	1.9%	1.2%	1.2%	1.72%	0.51%
18	NC-- NUAGEUX CHAUD	1.5%	1.2%	1.4%	2.4%	1.9%	0.7%	2.1%	1.3%	2.4%	1.5%	1.7%	1.4%	1.9%	1.9%	1.5%	2.3%	1.6%	1.5%	2.0%	1.5%	1.68%	0.42%
19	NFAW NUAGEUX FRAIS ARROSE VENTEUX	1.4%	2.0%	1.0%	2.3%	2.1%	1.4%	1.1%	2.0%	1.9%	1.9%	1.7%	1.4%	1.3%	1.4%	0.9%	1.5%	1.6%	2.1%	1.9%	1.4%	1.61%	0.40%
20	NFA- NUAGEUX FRAIS ARROSE	1.8%	1.4%	1.2%	1.6%	1.5%	1.1%	1.0%	1.9%	1.4%	2.3%	1.5%	1.5%	1.2%	1.6%	1.3%	1.3%	1.6%	1.9%	1.3%	1.9%	1.52%	0.32%
21	BK-- BEAU FROID	1.3%	1.2%	1.2%	0.6%	1.1%	1.3%	0.9%	2.3%	1.2%	1.1%	2.0%	1.2%	2.4%	1.3%	2.0%	1.6%	1.6%	1.2%	1.6%	1.5%	1.42%	0.46%
22	BD-W BEAU DOUX VENTEUX	1.8%	1.1%	1.1%	1.2%	1.5%	2.0%	2.0%	1.5%	0.6%	1.0%	1.5%	1.7%	1.3%	1.0%	1.4%	1.3%	1.4%	0.9%	1.4%	1.2%	1.35%	0.36%
23	ND-W NUAGEUX DOUX VENTEUX	0.9%	1.0%	1.0%	1.5%	1.2%	1.6%	1.2%	1.4%	1.2%	1.6%	1.6%	1.4%	1.0%	1.5%	1.5%	1.5%	1.7%	1.3%	1.2%	1.0%	1.32%	0.27%
24	NDAW NUAGEUX DOUX ARROSE VENTEUX	0.8%	1.2%	1.3%	1.6%	1.1%	0.9%	1.3%	1.7%	2.0%	1.2%	1.5%	1.6%	0.9%	1.2%	1.0%	1.2%	1.5%	1.2%	1.8%	1.0%	1.30%	0.34%
25	VK-- VARIABLE FROID	2.6%	1.8%	1.4%	0.7%	0.9%	1.0%	0.6%	1.5%	1.0%	0.8%	1.3%	0.4%	1.6%	1.6%	1.6%	1.5%	1.0%	0.7%	1.4%	1.7%	1.25%	0.52%
26	VD-W VARIABLE DOUX VENTEUX	1.2%	1.3%	1.2%	1.5%	1.3%	1.6%	1.1%	1.3%	1.2%	1.2%	1.1%	1.4%	0.9%	1.1%	1.2%	1.4%	1.0%	1.3%	1.4%	1.1%	1.25%	0.18%
27	NF-W NUAGEUX FRAIS VENTEUX	1.1%	1.7%	1.4%	1.3%	1.2%	1.1%	1.1%	1.3%	1.0%	0.9%	1.2%	1.3%	1.2%	1.4%	0.8%	0.7%	1.2%	1.0%	0.8%	1.4%	1.15%	0.24%
28	BF-W BEAU FRAIS VENTEUX	0.9%	0.6%	1.2%	0.7%	1.3%	0.8%	1.5%	1.3%	1.2%	0.9%	0.9%	1.4%	1.9%	1.3%	1.2%	0.8%	1.0%	1.2%	1.4%	1.0%	1.13%	0.31%
29	GKA- GRIS FROID ARROSE	1.0%	0.5%	0.8%	0.7%	1.0%	1.4%	1.1%	1.2%	1.2%	0.5%	1.1%	0.3%	0.9%	1.4%	1.6%	1.1%	0.8%	1.4%	1.4%	3.0%	1.12%	0.56%
30	BC-W BEAU CHAUD VENTEUX	1.7%	1.1%	1.5%	0.9%	0.8%	1.4%	1.0%	0.7%	1.0%	0.7%	1.1%	0.5%	1.0%	0.9%	1.8%	1.6%	0.8%	0.9%	0.9%	1.8%	1.12%	0.40%
31	NK-- NUAGEUX FROID	0.8%	0.8%	0.7%	0.7%	1.1%	1.0%	0.6%	1.2%	1.3%	1.6%	1.1%	0.7%	1.1%	1.9%	1.6%	1.7%	1.3%	0.9%	1.3%	1.1%	1.12%	0.37%
32	GD-W GRIS DOUX VENTEUX	1.1%	1.0%	1.1%	1.3%	0.7%	1.4%	0.9%	1.5%	0.7%	1.3%	1.3%	1.5%	0.8%	1.4%	1.0%	1.2%	1.4%	1.2%	0.8%	0.9%	1.11%	0.26%

Annexe 7b : La variabilité interannuelle des *types de temps* en France métropolitaine. *Types* n°33 à n°64.
Valeurs annuelles, moyenne et écart-type. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010
(d'après données Météo-France).

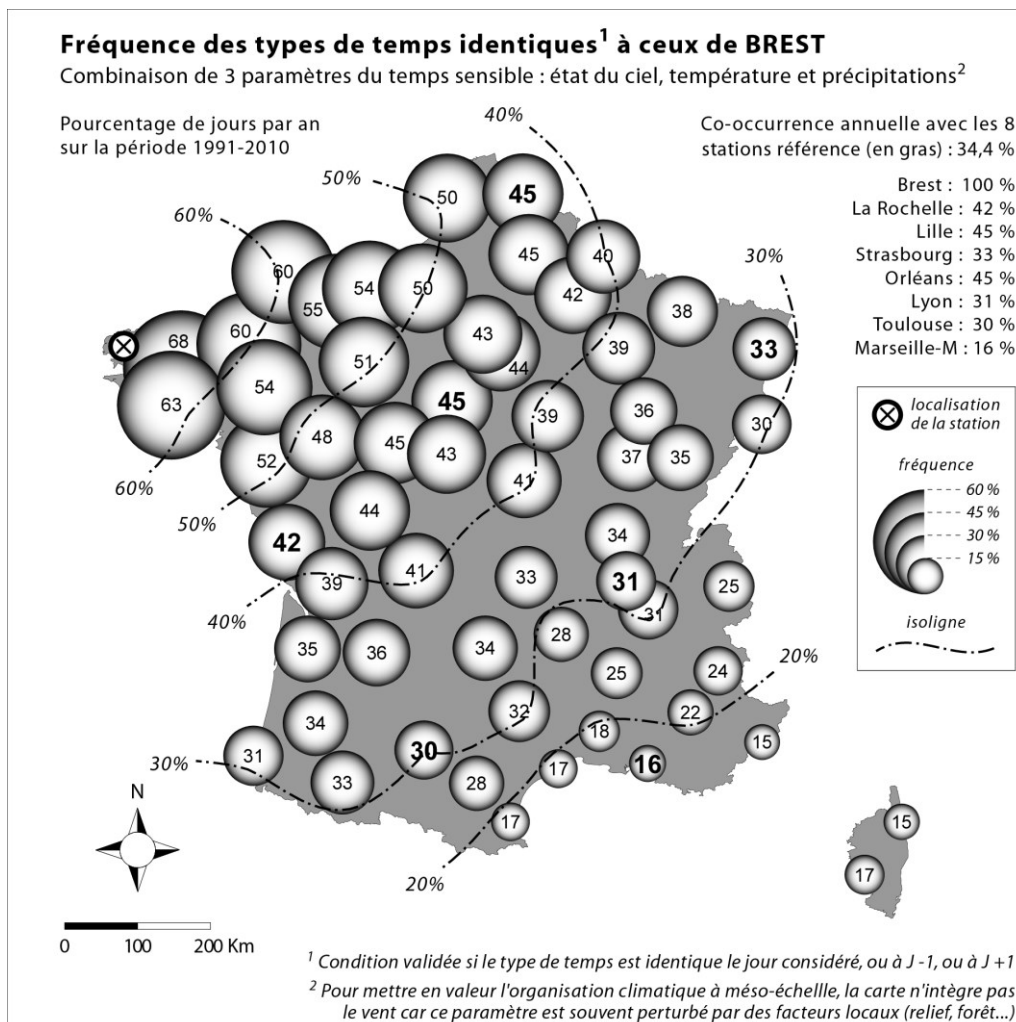
code	descriptif	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	moy.	éc.-typ	
33	VF-W	VARIABLE FRAIS VENTEUX	1.5%	1.1%	1.1%	1.0%	1.7%	1.2%	0.9%	1.1%	1.3%	1.0%	1.2%	1.0%	1.1%	0.8%	0.9%	1.1%	1.1%	1.1%	1.0%	1.1%	1.10%	0.22%
34	NCA-	NUAGEUX CHAUD ARROSE	0.8%	0.8%	0.8%	1.1%	1.3%	0.5%	1.0%	0.8%	1.2%	0.8%	0.9%	0.6%	1.2%	1.2%	1.1%	1.0%	0.7%	1.1%	1.2%	0.94%	0.23%	
35	VDA-	VARIABLE DOUX ARROSE	0.5%	0.8%	0.9%	1.1%	0.7%	0.6%	0.8%	1.2%	1.2%	1.0%	0.7%	0.5%	0.7%	0.8%	0.7%	1.2%	0.8%	1.2%	0.8%	0.82%	0.21%	
36	VFA-	VARIABLE FRAIS ARROSE	0.8%	0.7%	0.7%	0.9%	1.0%	0.9%	0.4%	0.7%	0.6%	0.8%	0.7%	0.9%	0.7%	0.5%	0.3%	0.7%	0.8%	0.5%	0.8%	0.69%	0.17%	
37	VCA-	VARIABLE CHAUD ARROSE	0.5%	0.6%	0.7%	0.5%	0.5%	0.2%	0.7%	1.1%	0.6%	0.5%	0.6%	0.5%	1.0%	0.6%	0.6%	1.0%	0.5%	0.6%	0.7%	0.64%	0.22%	
38	VC-W	VARIABLE CHAUD VENTEUX	0.3%	0.6%	0.4%	0.4%	0.7%	0.3%	0.6%	0.7%	0.5%	0.6%	0.3%	0.7%	0.8%	0.7%	0.8%	0.7%	0.3%	0.3%	0.4%	0.55%	0.17%	
39	GK-W	GRIS FROID VENTEUX	0.3%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	1.2%	0.5%	0.2%	0.3%	0.5%	0.4%	0.5%	0.5%	0.8%	0.9%	0.1%	0.2%	0.5%	1.2%	0.53%	0.30%	
40	GC-	GRIS CHAUD	0.5%	0.7%	0.3%	0.8%	0.4%	0.2%	0.5%	0.4%	0.7%	0.6%	0.3%	0.3%	0.7%	0.6%	0.4%	0.8%	0.2%	0.3%	0.4%	0.48%	0.19%	
41	GCA-	GRIS CHAUD ARROSE	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.5%	0.7%	0.3%	0.4%	0.6%	0.5%	0.3%	0.6%	0.4%	0.4%	0.5%	0.4%	0.4%	0.6%	0.45%	0.13%	
42	VFAW	VARIABLE FRAIS ARROSE VENTEUX	0.9%	0.5%	0.3%	0.4%	0.8%	0.2%	0.3%	0.5%	0.5%	0.6%	0.2%	0.4%	0.3%	0.2%	0.2%	0.3%	0.2%	0.3%	0.7%	0.41%	0.20%	
43	BK-W	BEAU FROID VENTEUX	0.4%	0.2%	0.1%		0.2%	0.6%	0.2%	0.1%	0.5%	0.0%	0.1%	0.6%	0.2%	0.8%	0.5%	0.1%	0.4%	0.3%	1.0%	0.36%	0.28%	
44	GKAW	GRIS FROID ARROSE VENTEUX	0.3%	0.0%	0.4%	0.2%	0.4%	0.6%	0.1%	0.1%	0.5%	0.1%	0.5%	0.1%	0.3%	0.3%	0.5%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.33%	0.24%	
45	VDaw	VARIABLE DOUX ARROSE VENTEUX	0.3%	0.3%	0.2%	0.3%	0.2%	0.2%	0.3%	0.5%	0.5%	0.1%	0.6%	0.1%	0.3%	0.4%	0.3%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.31%	0.14%	
46	NC-W	NUAGEUX CHAUD VENTEUX	0.1%	0.3%	0.3%	0.1%	0.3%	0.2%	0.2%	0.3%	0.6%	0.2%	0.1%	0.2%	0.5%	0.3%	0.3%	0.4%	0.3%	0.5%	0.2%	0.29%	0.14%	
47	NK-W	NUAGEUX FROID VENTEUX	0.1%	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%	0.2%	0.1%	0.3%	0.3%	0.0%	0.4%	0.2%	0.3%	0.2%	1.0%	0.3%	0.2%	0.1%	0.3%	0.28%	0.22%	
48	VK-W	VARIABLE FROID VENTEUX	0.3%	0.2%	0.3%	0.1%	0.3%	0.5%	0.2%	0.1%	0.2%	0.1%	0.0%	0.3%	0.5%	0.5%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.24%	0.14%	
49	NKA-	NUAGEUX FROID ARROSE	0.2%		0.2%	0.1%	0.2%	0.1%	0.0%	0.1%	0.5%	0.1%	0.4%		0.3%	0.4%	0.3%	0.0%	0.2%	0.5%	0.8%	0.22%	0.20%	
50	BCA-	BEAU CHAUD ARROSE	0.3%	0.1%	0.0%	0.2%	0.1%	0.2%	0.0%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.0%	0.4%	0.5%	0.3%	0.18%	0.12%	
51	NCAW	NUAGEUX CHAUD ARROSE VENTEUX	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.16%	0.05%	
52	VKA-	VARIABLE FROID ARROSE	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.3%	0.1%	0.0%	0.2%	0.1%	0.4%	0.12%	0.11%	
53	BDA-	BEAU DOUX ARROSE	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%		0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	0.2%		0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	0.1%	0.12%	0.06%	
54	BFA-	BEAU FRAIS ARROSE	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.12%	0.07%	
55	VCAW	VARIABLE CHAUD ARROSE VENTEUX	0.1%	0.2%	0.2%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.12%	0.06%	
56	GC-W	GRIS CHAUD VENTEUX	0.1%	0.1%	0.4%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.11%	0.08%	
57	GCAW	GRIS CHAUD ARROSE VENTEUX	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%		0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.08%	0.06%	
58	NKAW	NUAGEUX FROID ARROSE VENTEUX	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%		0.2%	0.1%	0.1%		0.2%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%			0.08%	0.07%	
59	BFAW	BEAU FRAIS ARROSE VENTEUX	0.1%	0.1%			0.0%			0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%		0.0%		0.0%	0.0%		0.03%	0.03%	
60	BDaw	BEAU DOUX ARROSE VENTEUX	0.1%				0.1%		0.0%					0.0%		0.1%	0.0%		0.0%	0.1%		0.03%	0.04%	
61	VKAW	VARIABLE FROID ARROSE VENTEUX	0.0%		0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.03%	0.03%	
62	BKA-	BEAU FROID ARROSE	0.0%				0.0%				0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%		0.03%	0.03%		
63	BCAW	BEAU CHAUD ARROSE VENTEUX		0.0%	0.0%	0.0%					0.0%	0.1%			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.02%	0.02%		
64	BKAW	BEAU FROID ARROSE VENTEUX													0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.00%	0.00%	

Annexe 8: Similarité des *types de temps* en France métropolitaine, d'après les co-occurrences établies par le croisement de 3 paramètres météorologiques (état du ciel, température et précipitations). Relations entre les 8 références nationales et la totalité des stations sélectionnées pour l'étude.

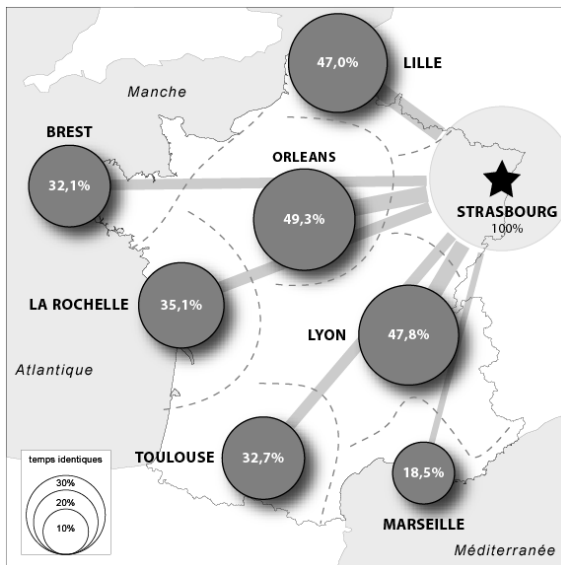
	BREST	LA ROCH.	LILLE	LYON	MARSEIL.	ORLEANS	STRASBG.	TOULOU.	et 52 autres stations...
AJACCIO	17%	32%	17%	35%	52%	22%	22%	38%	
ALENCON	51%	45%	55%	39%	17%	62%	45%	33%	
ANGERS	48%	57%	46%	43%	23%	60%	42%	40%	
AURILLAC	34%	39%	36%	44%	23%	45%	40%	40%	
AUXERRE	39%	45%	51%	51%	22%	65%	55%	40%	
BALE-M	30%	35%	43%	49%	19%	47%	62%	34%	
BASTIA	15%	30%	16%	33%	51%	21%	20%	37%	
BERGERAC	36%	52%	35%	49%	32%	46%	38%	56%	
BESANCON	35%	40%	46%	54%	22%	52%	59%	37%	
BIARRITZ	31%	42%	26%	36%	30%	32%	27%	48%	
BORDEAUX	35%	57%	31%	43%	33%	41%	31%	53%	
BOURG ST M	25%	29%	33%	41%	18%	36%	39%	29%	
BREST		42%	45%	31%	16%	45%	33%	30%	
CAEN	55%	42%	53%	35%	15%	53%	40%	31%	
CARCASSONNE	28%	40%	25%	43%	43%	32%	28%	62%	
CHARLEVILLE-M	40%	32%	59%	35%	11%	52%	50%	25%	
CLERMONT FD	33%	39%	36%	54%	26%	48%	45%	45%	
COGNAC	39%	64%	36%	46%	32%	48%	37%	50%	
DEAUVILLE	54%	40%	56%	34%	14%	53%	41%	29%	
DIJON	37%	41%	45%	54%	22%	54%	57%	38%	
DINARD	60%	44%	48%	34%	17%	49%	37%	32%	
EMBRUN	24%	33%	27%	41%	31%	34%	32%	36%	
GRENOBLE	31%	39%	37%	63%	27%	45%	46%	42%	
LA ROCHELLE	42%		36%	43%	30%	46%	35%	44%	
LANGRES	36%	34%	48%	45%	16%	53%	57%	31%	
LE PUY	28%	26%	31%	38%	12%	37%	36%	27%	
LE TOUQUET	50%	37%	62%	34%	14%	49%	40%	28%	
LILLE	45%	36%		37%	15%	52%	46%	28%	
LIMOGES	41%	50%	42%	48%	26%	54%	43%	46%	
LORIENT	63%	48%	43%	34%	20%	46%	34%	32%	
LYON	31%	43%	37%		33%	46%	47%	49%	
MACON	34%	43%	42%	68%	27%	51%	53%	44%	
MARSEILLE	16%	30%	15%	33%		22%	21%	44%	
METZ	38%	36%	53%	44%	18%	54%	64%	31%	
MILLAU	32%	39%	32%	46%	35%	41%	36%	48%	
MONT DE M	34%	48%	32%	45%	36%	39%	33%	58%	
MONTELMAR	25%	41%	26%	50%	56%	35%	31%	50%	
NANTES	52%	61%	45%	41%	26%	54%	38%	40%	
NEVERS	41%	44%	47%	50%	21%	59%	51%	38%	
NICE	15%	29%	15%	30%	60%	20%	20%	38%	
NIMES	18%	34%	18%	37%	68%	25%	15%	31%	
ORLEANS	45%	46%	52%	46%	22%		49%	38%	
PARIS-MELUN	44%	43%	57%	45%	21%	69%	51%	35%	
PARIS-MONTS	43%	47%	55%	45%	25%	66%	48%	38%	
PERPIGNAN	17%	30%	16%	31%	56%	21%	19%	42%	
POITIERS	44%	57%	45%	48%	26%	61%	44%	43%	
REIMS	42%	37%	60%	41%	17%	59%	52%	31%	
RENNES	54%	51%	48%	38%	22%	54%	39%	36%	
ROMORANTIN	43%	48%	49%	47%	21%	69%	49%	39%	
ROSTRENE	68%	40%	48%	32%	16%	47%	37%	30%	
ROUEN	50%	39%	62%	37%	16%	57%	46%	30%	
SETE	17%	31%	16%	33%	66%	21%	20%	42%	
ST AUBAN	22%	34%	23%	41%	56%	28%	29%	44%	
ST DIZIER	39%	40%	53%	47%	21%	58%	58%	35%	
ST QUENTIN	45%	36%	68%	38%	16%	56%	49%	29%	
STRASBOURG	33%	35%	46%	47%	21%	49%		33%	
TARBES	33%	42%	31%	43%	35%	38%	32%	54%	
TOULOUSE	30%	44%	28%	49%	44%	38%	33%		
TOURS	45%	54%	49%	47%	25%	70%	46%	41%	
VALOGNES	60%	38%	49%	31%	14%	46%	35%	27%	
moyenne	37%	41%	40%	42%	28%	46%	40%	39%	



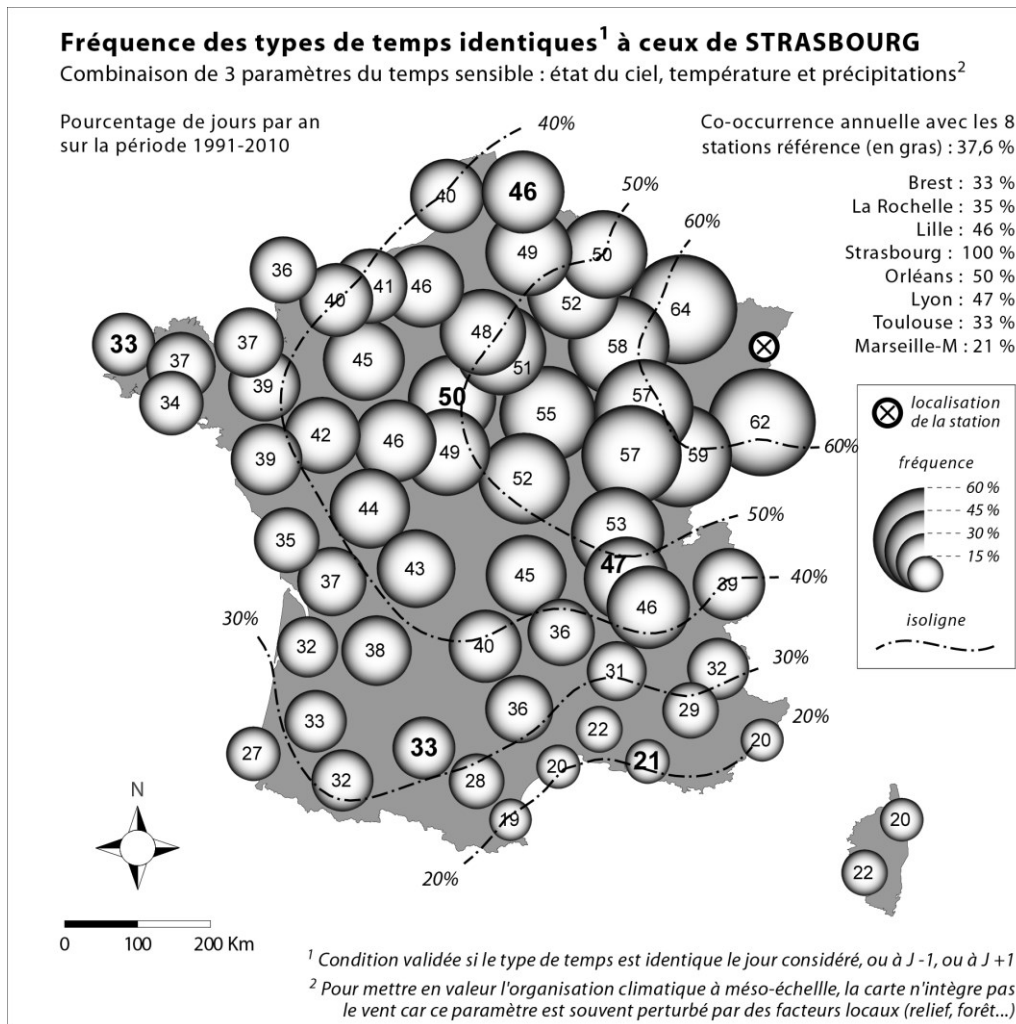
Annexe 9a : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de Brest (climat océanique). Traitement établi à partir des 3 premières variables météorologiques (état du ciel, température et occurrence de précipitations) sur la période 1991-2010.



Annexe 9b : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de Brest (climat océanique) établie à partir de la comparaison avec les 59 autres stations du réseau.



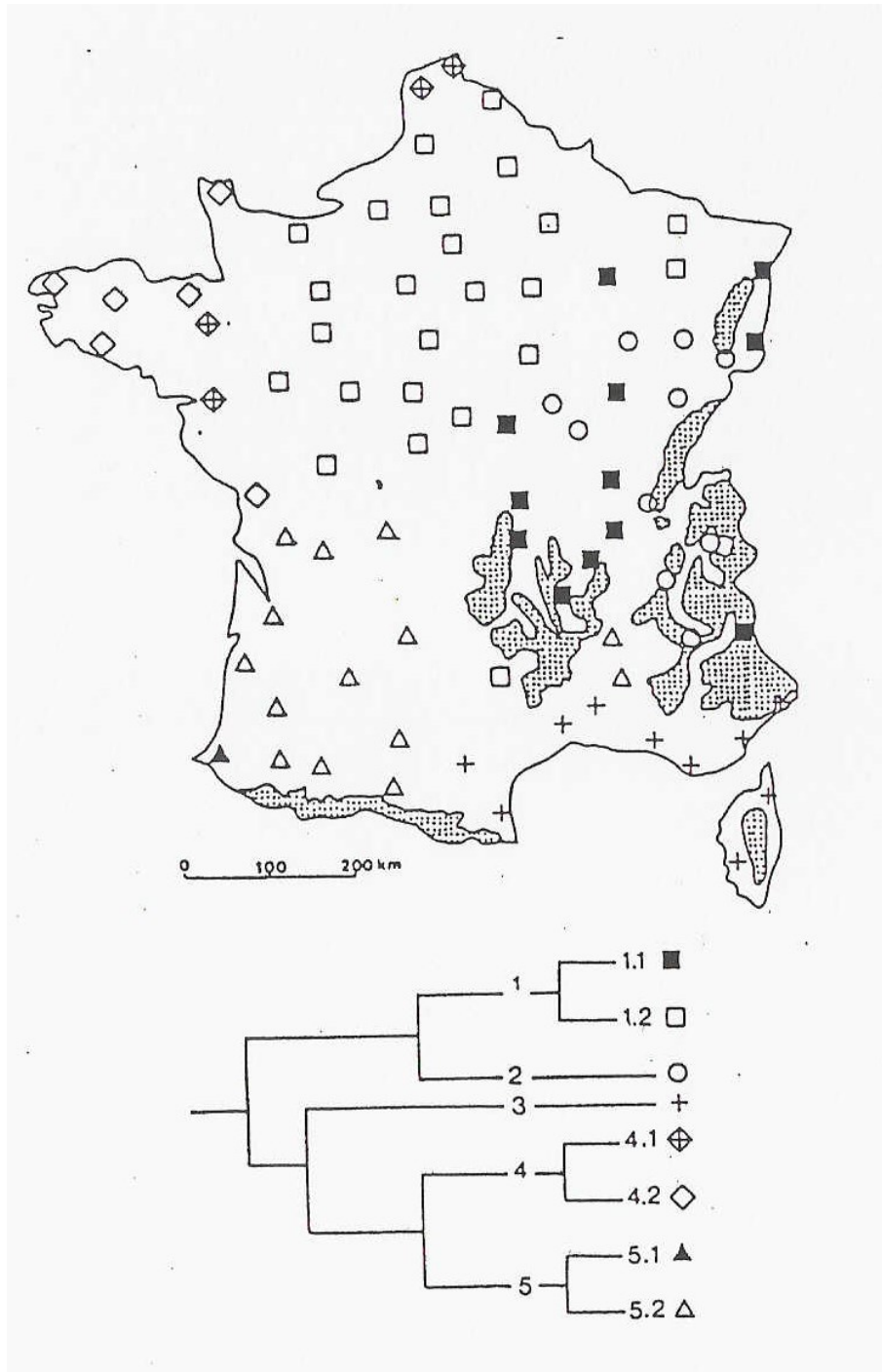
Annexe 10a : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de Strasbourg (climat semi-continentale). Traitement établi à partir des 3 premières variables météorologiques (état du ciel, température et occurrence de précipitations) sur la période 1991-2010.



Annexe 10b : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de Marseille établie à partir de la comparaison avec les 59 autres stations du réseau.

Annexe 12 : Classification des climats en France (d'après Durand-Dastès et Sanders, 1984).

Classification des climats en France
d'après les moyennes mensuelles de températures et de précipitations
(d'après Durand-Dastès et Sanders, 1984)



Annexe 13: Le découpage climatique de la France (d'après Choissnel et Payen, 1988)

Les climats de la France
(d'après Choissnel et Payen)

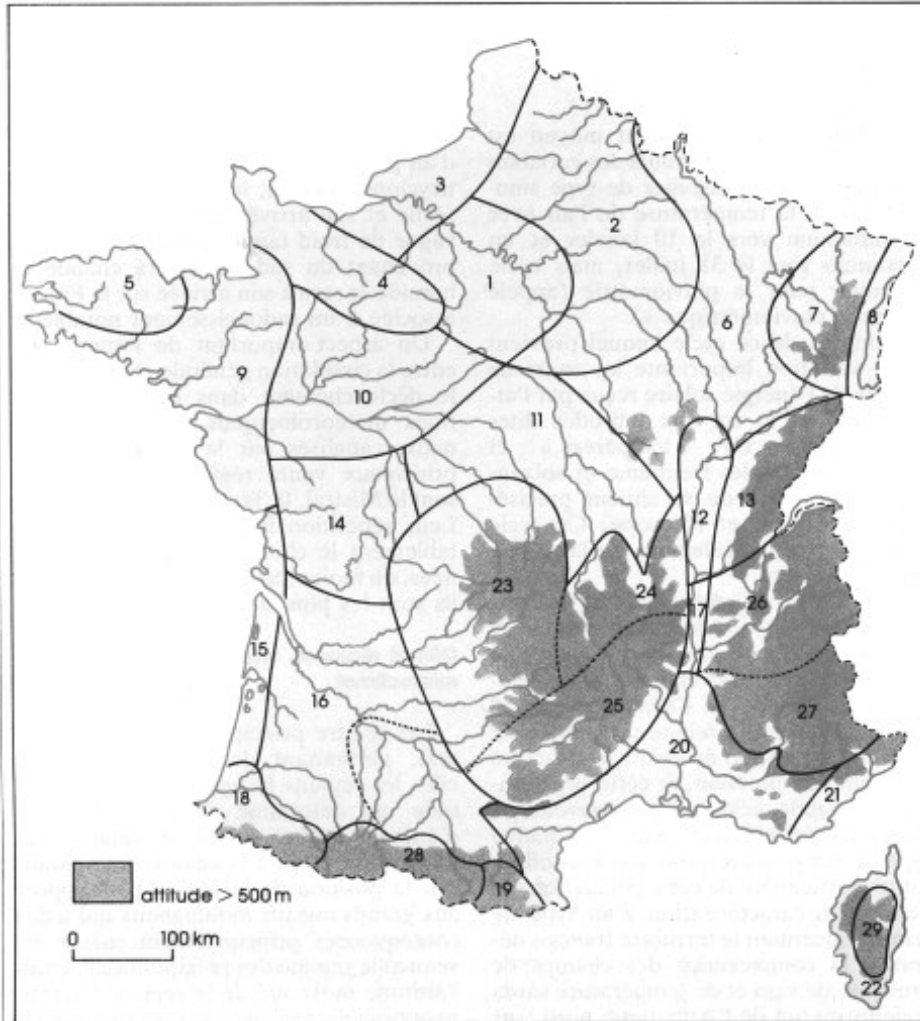
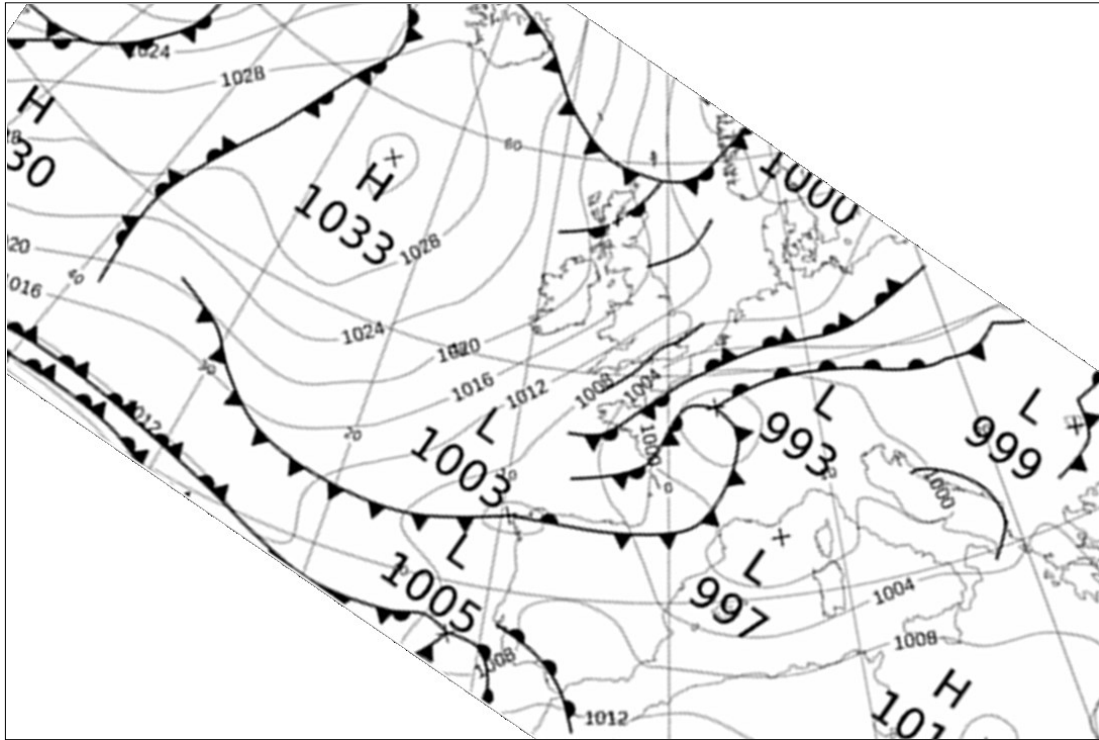
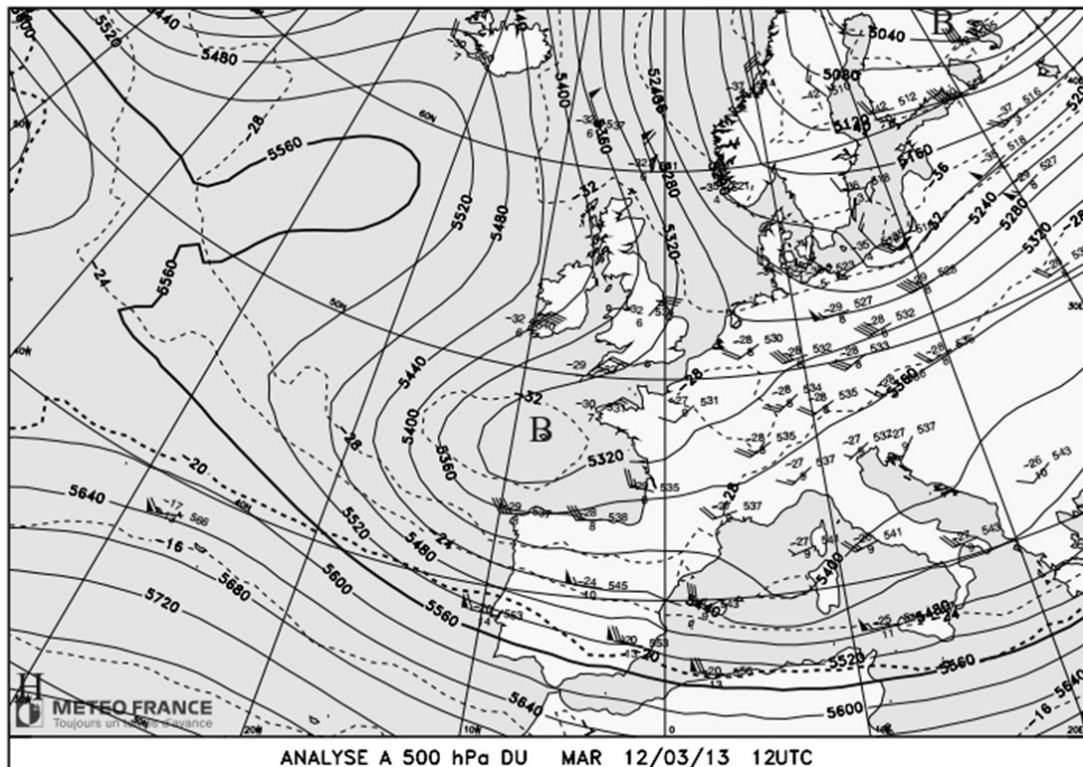


Figure 2. Le découpage climatique de la France à l'échelle régionale se traduit par la distinction de climats de plaine et de pourtours montagneux numérotés de 1 à 23 et de climats exclusivement montagneux numérotés de 24 à 29. Cette carte rassemble l'ensemble des climats régionaux. Certaines de ces zones comprennent à la fois des zones de basse altitude et des zones de moyenne montagne (altitude supérieure à 500 mètres) ayant des caractères climatiques communs : c'est le cas des zones 7 (Vosges), 13 (Jura), 18 (Pyrénées-Occidentales), 19 (Pyrénées-Orientales), 21 (Var, Alpes-Martimes) et 23 (ouest du Massif central). Le découpage classique des Alpes (nord et sud) peut également être affiné.

Annexe 14b : Situations synoptiques sur l'Europe en altitude (surface 500 hPa), le 12/03/2013 à 12h00 UTC (d'après Météo-France : https://donneespubliques.meteofrance.fr/donnees_libres/bulletins/BQA/20130312.pdf)



Annexe 14a : Situation synoptique. Analyse au sol du 12/03/2013 à 06h00 UTC (carte redressée pour être géographiquement comparable à la carte en altitude ci-dessus) (d'après MetOffice : http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html)



La tempête de neige en Normandie du printemps 2013

Annexe 15a : Extrait du carnet d'observation de la station météorologique de Caen-Carpiquet (31/12/1978)

Les conditions météorologiques de la journée du 31 décembre 1978 à Caen-Carpiquet
(copie du carnet d'observation aimablement communiquée par le centre météorologique de Caen)

TOUR D'HORIZON										NUAGES					
HEURE DU FUSEAU	VENT.				VISIBILITÉ			PHÉNOMÈNES HEURES de début et de fin Signe - Intensité	W	W	CL	CM	CH	N	NEBULOSITÉ TOTALE
	Direction Base de 35 en lettres	Vitesse m/s	Vitesse nœuds	Vitesse Inst. maximale m/s	Indication de l'instrument	Visibilité correspondante dom	Visibilité appréciée dom		Portée visuelle de piste	Code	Code	Code	Code	Code	
01	24	14	28	38	2	0	0700	(1625)							
02	26	13	25	35	2	0	0500	(2305)							
03	28	07	13				0600								
04	04	06	11				0200								
05	04	06	11				0300								
06	04	05	10				0300								
07	06	06	12				0300								
08	06	07	13				0200								
09	04	05	09				0300								
10	04	05	10				0300								
11	04	06	11				0900								
12	06	05	10				0900								
13	06	05	10				0900								
14	04	05	09				0170								
15	04	05	10				0020								
16	04	04	08				0800								
17	04	04	07				0800								
18	06	03	05				0800								
19	06	02	04												
20	06	01	02												
21	10	02	03												
22	10	02	04				0040								
23	10	02	04				0040								

HEURE DU FUSEAU	PRÉCIPITATIONS		TÉLÉMET
	INTENSITÉ mm/h	MESURES intermédiaires 1/10 mm	
00			100
01			
02			
03	050	046	
04			
05			020
06			011
07			
08			
09	000	000	
10			
11			
12			020
13			
14			
15			023
16			
17			
18			028
19			
20			
21			030
22			
23			

Codage du groupe 7 (le temps)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	≡	≡≡	≡≡≡	∩	∪	∩∪	∩∪∩	∩∪∩∪	(S)
1	≡	≡≡	≡≡≡	∩	∪	∩∪	∩∪∩	∩∪∩∪	∩∪∩∪∩
2	∩	∩∩	∩∩∩	∩∪	∩∪∩	∩∪∩∩	∩∪∩∩∩	∩∪∩∩∩∩	∩∪∩∩∩∩∩
3	∩	∩∩	∩∩∩	∩∪	∩∪∩	∩∪∩∩	∩∪∩∩∩	∩∪∩∩∩∩	∩∪∩∩∩∩∩
4	∩	∩∩	∩∩∩	∩∪	∩∪∩	∩∪∩∩	∩∪∩∩∩	∩∪∩∩∩∩	∩∪∩∩∩∩∩
5	,	''	;	∩	∩∩	∩∩∩	∩∩∩∩	∩∩∩∩∩	∩∩∩∩∩∩
6	•	••	•••	∩	∩∩	∩∩∩	∩∩∩∩	∩∩∩∩∩	∩∩∩∩∩∩
7	*	**	***	∩	∩∩	∩∩∩	∩∩∩∩	∩∩∩∩∩	∩∩∩∩∩∩
8	∩	∩∩	∩∩∩	∩	∩∩	∩∩∩	∩∩∩∩	∩∩∩∩∩	∩∩∩∩∩∩
9	∩	∩∩	∩∩∩	∩	∩∩	∩∩∩	∩∩∩∩	∩∩∩∩∩	∩∩∩∩∩∩

Annexe 15b : Rappel des codes de « temps présent ».

L'information du temps au moment de l'observation est codée sur 2 chiffres. La présentation du temps présent s'effectue à l'aide de 100 symboles différents.

Pour plus d'informations, se rendre par exemple sur le site Luxorion :

<http://www.astrosurf.com/luxorion/meteo-messages.htm>

Le code SYNOP permet de codifier les phénomènes relatifs au temps présent ainsi que durant l'heure écoulée. Il est utilisé par les observateurs-météorologistes pour encoder le groupe 7 du SYNOP et par les techniciens qui traduisent ensuite ce nombre en symbole sur les cartes de surface.

TABLE DES ANNEXES (15)

- Annexe 1** : Présentation du catalogue des Grosswetterlagen (méthode objective de James, 2007).
- Annexe 2** : Légende des Grosswetterlagen (méthode objective de James, 2007). La classification se décompose en 5 grands types (GWT), eux-mêmes formés de 29 sous-types (GWL)
- Annexe 3a** : Caractéristiques des stations météorologiques 1 à 30 (d'après les informations extraites de la Publithèque : <http://publitheque.meteo.fr/okapi/WebPubli/index.jsp>).
- Annexe 3b** : Caractéristiques des stations météorologiques 31 à 60 (d'après les informations extraites de la Publithèque : <http://publitheque.meteo.fr/okapi/WebPubli/index.jsp>).
- Annexe 4** : La saisonnalité mois par mois des *types de temps* à **Brest** sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Annexe 5** : La saisonnalité mois par mois des *types de temps* à **Strasbourg** sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Annexe 6** : La saisonnalité mois par mois des *types de temps* à **Marseille** sur la période 1991-2010
- Annexe 7a** : La variabilité interannuelle des *types de temps* en France métropolitaine. *Types* n°1 à n°32. Valeurs annuelles, moyenne et écart-type. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Annexe 7b** : La variabilité interannuelle des *types de temps* en France métropolitaine. *Types* n°33 à n°64. Valeurs annuelles, moyenne et écart-type. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Annexe 8** : Similarité des *types de temps* en France métropolitaine, d'après les co-occurrences établies par le croisement de 3 paramètres météorologiques (état du ciel, température et précipitations). Relations entre les 8 références nationales et la totalité des stations sélectionnées pour l'étude.
- Annexe 9a** : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de Brest (climat océanique). Traitement établi à partir des 3 premières variables météorologiques (état du ciel, température et occurrence de précipitations) sur la période 1991-2010.
- Annexe 9b** : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de Brest (climat océanique) établie à partir de la comparaison avec les 59 autres stations du réseau.
- Annexe 10a** : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de Strasbourg (climat semi-continentale). Traitement établi à partir des 3 premières variables météorologiques (état du ciel, température et occurrence de précipitations) sur la période 1991-2010.
- Annexe 10b** : Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de **Marseille** établie à partir de la comparaison avec les 59 autres stations du réseau.
- Annexe 11** : Traitement des types de temps sous forme d'une analyse factorielle (ACP), fondée sur la fréquence totale des 32 combinaisons simultanées [état du ciel + température + précipitations], période 1991-2010. Coordonnées des observations (stations) sur le premier plan factoriel (axes F1 et F2, 55,15% de l'information).
- Annexe 12** : Classification des climats en France (d'après Durand-Dastès et Sanders, 1984).
- Annexe 13** : Le découpage climatique de la France (d'après Choisonel et Payen, 1988)
- Annexe 14a** : Situation synoptique. Analyse au sol du 12/03/2013 à 06h00 UTC (carte redressée pour être géographiquement comparable à la carte en altitude ci-dessous) (d'après MetOffice : http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html)
- Annexe 14b** : Situations synoptiques sur l'Europe en altitude (surface 500 hPa), le 12/03/2013 à 12h00 UTC (d'après Météo-France : https://donneespubliques.meteofrance.fr/donnees_libres/bulletins/BQA/20130312.pdf)
- Annexe 15a** : Extrait du carnet d'observation de la station météorologique de Caen-Carpique (31/12/1978)
- Annexe 15b** : Rappel des codes de « temps présent ».

TABLE DES ENCADRÉS (18)

- Encadré 1** : Retour sur un siècle de *types de temps* (J.-P. Vigneau)
- Encadré 1 bis** : Retour sur un siècle de *types de temps* (A. Douguédroit)
- Encadré 2** : La méthode synthétique des masses d'air et des types de temps (Pédelaborde, 1970)
- Encadré 3** : Méthode de classification simplifiée des types de temps journaliers (Hufty, 1971)
- Encadré 4** : Résumé du projet global de recherche sur les *types de temps*
- Encadré 5** : Evolution différenciée des températures par temps clair et calme
- Encadré 6** : Les principes et méthodes de discrétisation des variables quantitatives
- Encadré 7** : Les conséquences du relief sur la fraction d'insolation à Bourg-St-Maurice
- Encadré 8** : La détermination des journées « venteuses » ou « non venteuses »
- Encadré 9** : L'épisode de neige des 8 et 9 janvier 2010 dans le Vaucluse
- Encadré 10** : Le déroulement de la plus longue séquence de temps *gris, froid et sec* (GK-) à Strasbourg
- Encadré 11** : Le déroulement de la plus longue séquence de temps *pluvieux* à Brest
- Encadré 12** : Le déroulement de la plus longue séquence de temps *gris, frais et sec* (avec ruptures)
- Encadré 13** : Le déroulement d'une longue séquence de temps *gris, frais et arrosé* à Brest (avec ruptures)
- Encadré 14** : Le déroulement de la plus longue série de temps *beau, chaud et sec* à Marseille (avec ruptures)
- Encadré 15** : Différence entre classification et régionalisation
- Encadré 16** : La *régionalisation*, entre statistiques et expertise géoclimatique
- Encadré 17** : La méthode d'analyse des types de temps favorables au tourisme de J.-P. Besancenot.
- Encadré 18** : De la formulation du concept à ses applications concrètes.

TABLE DES FIGURES (140)

- Figure 1 :** Essai de rationalisation du concept de type de temps (Vigneau, 2004, d'après Vigneau 1986).
- Figure 2 :** Exemple de station automatique (Bernières-sur-Mer, Calvados) pour la mesure des conditions météorologiques servant de base à la connaissance des *types de temps local* (cliché O. Cantat).
- Figure 3 :** Schématisation du concept global de « type de temps » et de sa dissociation en *type de temps synoptique* (à gauche) et *type de temps local* (à droite).
- Figure 4 :** Présentation globale des deux approches complémentaires des *types de temps*.
- Figure 5 :** Lâcher de ballon de radiosondage, en rouge le parachute, en bas la sonde © Météo-France / Pascal Taburet.
- Figure 6 :** Satellites météorologiques opérationnels exploités au Centre de Météorologie Spatiale (situation au 31/12/2013) © Météo-France / CMS.
- Figure 7 :** Documents Météo-France pour la caractérisation de la situation météorologique en surface (en haut) et en altitude (au niveau de la surface 500 hPa). Exemple des cartes pour la situation du 9 novembre 2014.
- Figure 8 :** Carte du réseau RADOME des stations en métropole (situation au 31/12/2012) © Météo-France.
- Figure 9 :** Documents Météo-France pour la caractérisation des « types de temps sensibles ». Exemple de cartes thématiques et de commentaires de la situation générale pour le 9 novembre 2014.
- Figure 10 :** *Type de circulation GWL* : « WZ » (circulation d'Ouest cyclonique), en hiver.
- Figure 11 :** Exemple de carte se rattachant au *type de circulation LWT* « 20 » (circulation d'Ouest cyclonique) : la tempête du 28 octobre 2013.
- Figure 12 :** Exemple de « *weather types* » issus de la SCC2, pour le 18 janvier 1990 (d'après Sheridan, 2002).
- Figure 13 :** Exemple de traitement graphique issu de la climatologie compréhensive (d'après Mounier, 1978). Climats de différents milieux géographiques de déserts de l'Asie Moyenne selon Y. A. Feldman et L. A. Tchouboukov (1956). Représentations graphiques simplifiées. A : désert ; B : oasis.
- Figure 14 :** Légende et exemple des classes de types de temps à Québec (d'après Hufty, 1971).
- Figure 15 :** Légende descriptive des *types de temps* d'été en milieu tempéré, du point de vue touristique (d'après Besancenot et al., 1978).
- Figure 16 :** Les 11 *types de temps sensibles* à Thessalonique en été sur la période 1966-1975. Schématisation de la méthode utilisée par P. Mahéras ainsi que fréquence et caractérisation concrète des 11 types de temps.
- Figure 17 :** Schématisation du couplage des classifications des *types de temps synoptique* (types de circulation) et des *types de temps sensibles* à partir de leurs calendriers respectifs.
- Figure 18 :** La diversité des *types de temps sensibles* en France pour un même type de temps synoptique. Exemple pour un *type de circulation* d'ouest cyclonique.
- Figure 19 :** Organigramme de synthèse pour une approche de la climatologie par les *types de temps sensibles*.
- Figure 20 :** L'influence des *types de temps* sur l'intensité et la forme de l'îlot de chaleur urbain parisien.
- Figure 21 :** L'influence des *types de temps sensibles* sur les variations intra et inter-journalières de l'ICU (écarts des températures horaires entre Paris-St-Jacques et Melun du 8 au 16 janvier 1997).
- Figure 22 :** La situation météorologique en altitude (500 hPa) durant la séquence du 8 au 17 janvier 1997. À gauche, le 10 janvier à 12 h UTC : basses pressions dynamiques (B) ; flux rapide perturbé de Nord (30 kts). À droite, le 14 janvier 1997 à 12 h UTC : hautes pressions dynamiques (H) ; flux faible de Sud (10 kts).
- Figure 23 :** Rôle de la vitesse du vent et de la fraction de ciel clair sur l'intensité de l'ICU nocturne parisien (représentation graphique en thermo-isoplèthes à partir de la différence de température minimale entre le centre de Paris et la campagne sur les 360 décades de 1990 à 1999).
- Figure 24 :** Situation synoptique classique par faible ICU (18/12/1999) (situation météorologique marquée par un flux d'Ouest perturbé).
- Figure 25 :** Situation synoptique atypique par faible ICU (21/12/1999) (situation météorologique marquée par des hautes pressions au sol et en altitude).
- Figure 26 :** Situation synoptique classique par fort ICU (01/08/1999) (situation météorologique marquée par des hautes pressions au sol et en altitude).

- Figure 27 :** Situation synoptique atypique par fort ICU (06/08/1999) (situation météorologique marquée par un marais barométrique).
- Figure 28 :** L'environnement de la station de Courbevoie en région parisienne (source Google Earth).
- Figure 29 :** Températures journalières minimales et maximales durant la 1^{ère} quinzaine du mois d'août 2003 à Melun (rural, ligne mince avec ronds) et à Courbevoie (urbain, ligne épaisse).
- Figure 30 :** Durée journalière à Melun (rural) et à Courbevoie (urbain) des phases de repos physiologique ($T < 23^{\circ}\text{C}$) et de stress thermique ($T \geq 30^{\circ}\text{C}$) durant la première quinzaine d'août 2003.
- Figure 31 :** Chronique 1914-1918 des séquences de temps pour la Marne et la Meuse (Savouret et al., 2010).
- Figure 32 :** Période pluvieuse (ré-analyse en surface de la situation météorologique du 2 janvier 1915).
- Figure 33 :** Janvier/février 1917 : une vague de froid intense et longue de 42 jours.
- Figure 34 :** Hiver glacial (ré-analyse en surface de la situation météorologique du 29 janvier 1917).
- Figure 35 :** Été chaud et sec (ré-analyse en surface de la situation météorologique du 11 août 1914).
- Figure 36 :** Les 5 étapes dans la constitution d'une base de données adaptée à l'étude des *types de temps*.
- Figure 37 :** Localisation des 60 stations Météo-France servant de références. Pour plus de détails sur les caractéristiques des stations, se reporter aux deux tableaux de synthèse placés en annexe 3a et 3b.
- Figure 38 :** Division de l'espace géographique en 4 ensembles.
- Figure 39 :** Photographies des sites des stations des Alpes (empruntées au site Info Climat)
<http://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/embrun/07591.html>
<http://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/bourg-st-maurice/07497.html>
- Figure 40 :** Photographies des sites des stations du Massif Central (empruntées au site Info Climat) et carte de localisation des 5 stations montagnardes (points noirs).
- Figure 41 :** Le site et la situation de Tours (à gauche) et de Romorantin (à droite). D'après *OpenStreetMap*.
- Figure 42 :** Situation synoptique le 10/12/2013 à 00 :00 UTC (d'après les archives du Met Office).
- Figure 43 :** Température et vent à *Tours* et *Romorantin* les 9 et 10/12/2013 (données Météo-France).
- Figure 44 :** La situation et le site des stations de Paris-Montsouris (référence urbaine, en haut) et de Melun (référence rurale, en bas). Fond de carte d'après photographies aériennes (Google Earth). La densité urbaine croissante de l'agglomération parisienne est globalement schématisée par des tons de gris de plus en plus soutenus dans la carte centrale.
- Figure 45 :** Schématisation des 2 méthodes de comblement des lacunes utilisées dans l'étude.
- Figure 46 :** Contexte géographique des stations météorologiques de *Deauville St-Gatien* par rapport au Havre *Cap-de-la-Hève*, à *Caen-Carpiquet*, à *Rouen-Boos* et à *Boulleville* (fond de carte OpenStreetMap).
- Figure 47 :** Comparaison des données de vent moyen journalier sur une période de 5 mois (janvier à mai 2000) pour *Kerpert* par rapport à *Rostrenen* (d'après données Météo-France).
- Figure 48 :** Contexte géographique des stations météorologiques de Sète et de Montpellier-Fréjorgues (fond de carte OpenStreetMap).
- Figure 49 :** Distribution du nombre de stations par classe de données manquantes dans les 60 stations de référence constituant la base de données (en grisé les 4 stations étudiées précédemment).
- Figure 50 :** Situation synoptique le 06/01/2009 à 00:00 UTC (d'après les archives du Met Office).
- Figure 51 :** Le découpage en 10 classes des 4 variables caractérisant le « temps sensible ».
- Figure 52 :** La localisation des 8 stations servant de référence pour la classification des 4 variables météorologiques.
- Figure 53 :** Découpage en 4 classes de la fraction d'insolation journalière (d'après les 8 stations de référence, 1991-2010 ; données Météo-France).
- Figure 54 :** Répartition géographique sur l'ensemble de la France du pourcentage des 4 classes de la fraction d'insolation journalière (1991-2010).
- Figure 55 :** Le contexte topographique autour de la station de *Bourg-St-Maurice* et la simulation du parcours du soleil en période d'équinoxe (fond de carte IGN, Géoportail).
- Figure 56 :** Le contexte topographique autour de la station d'*Embrun* et la simulation du parcours du soleil en période d'équinoxe (fond de carte IGN, Géoportail).
- Figure 57 A et B :** Déficit d'insolation dû aux ombres portées par le relief en hiver et en été à Bourg-St-Maurice.
- Figure 58 :** Découpage en 4 classes des températures moyennes (d'après les 8 stations de référence, 1991-2010 ; données Météo-France).
- Figure 59 :** Répartition géographique sur l'ensemble de la France du pourcentage des 4 classes de température moyenne journalière (1991-2010)

- Figure 60 :** Découpage en 2 classes des précipitations (d'après les 8 stations de référence, 1991-2010).
- Figure 61 :** Répartition géographique sur l'ensemble de la France du pourcentage de jours par an des précipitations journalières ≥ 1 mm : journées « arrosées » (période 1991-2010).
- Figure 62:** Découpage en 2 classes du vent moyen (d'après les 8 stations de référence, 1991-2010).
- Figure 63 :** Vitesse du vent à Caen-Carpiquet du 12 au 18 juillet 2010 (données Météo-France).
- Figure 64 :** Situations synoptiques les 12, 15 et 18 juillet sur l'Europe : passage d'une dépression puis retour à un temps anticyclonique. Le cercle noir représente la Basse-Normandie (d'après archives du Met Office).
- Figure 65 :** Répartition géographique sur l'ensemble de la France du pourcentage des vents moyens journaliers ≥ 5 m/s sur l'ensemble de la France : journées « venteuses » (période 1991-2010).
- Figure 66 :** Roses des vents sur le Nord du Cotentin : comparaison du site exposé de *La Hague* (période 1981-2000) et du site abrité de *Valognes* (période 1991-2010) (données Météo-France). Carte adaptée du *Profil Environnemental Régional de Basse-Normandie*, partie Climat (Cantat, 2014).
- Figure 67 :** Pourcentage de jours de vent soutenu (≥ 5 m/s) concomitants à ceux enregistrés dans la station d'*Orléans-Bricy* sur la période 1991-2010 (traitement d'après données Météo-France).
- Figure 68:** Pourcentage de jours de vent soutenu (≥ 5 m/s) concomitants à ceux enregistrés dans la station de *Marseille-Marignane* sur la période 1991-2010 (traitement d'après données Météo-France).
- Figure 69 :** Rappel sur la discrétisation des 4 variables météorologiques en 12 classes (en haut) et représentation schématisée des 64 combinaisons issues du croisement de ces classes (en bas).
- Figure 70 :** Exemple d'une combinaison parmi les 64 possibles : le temps *gris, frais, arrosé* et *venteux* (GFAW).
- Figure 71 :** Situation synoptique du 15 août 2007 sur l'Europe à 06:00 UTC (d'après archives du Met Office).
- Figure 72 :** Situation synoptique du 9 janvier 2009 sur l'Europe à 00:00 UTC (d'après archives du Met Office).
- Figure 73 :** Fréquence moyenne des *types de temps* en France métropolitaine, par ordre décroissant. Valeurs calculées à partir des 8 stations de référence (*Brest, Orléans, Lille, Strasbourg, La Rochelle, Toulouse, Lyon et Marseille*), avec dissociation des cas venteux (bande noire) (traitement d'après données Météo-France).
- Figure 74 :** Fréquence des *types de temps* « gris, doux et arrosé » (GDA) en France métropolitaine sur la période 1991-2010.
- Figure 75 :** Fréquence des *types de temps* « beau, chaud et sec » (BC-) en France métropolitaine sur la période 1991-2010.
- Figure 76 :** Fréquence des *types de temps* « gris, doux et arrosé » (GDA) en France métropolitaine sur la période 1991-2010. Superposition des cas venteux, exprimée par des cercles noirs.
- Figure 77 :** Fréquence des *types de temps* « beau, chaud et sec » (BC-) en France métropolitaine sur la période 1991-2010. Superposition des cas venteux, exprimée par des cercles noirs.
- Figure 78 :** La saisonnalité des *types de temps* en France métropolitaine. Fréquence des 3 premiers *types de temps* pour 3 stations représentatives des climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Figure 79 :** Evolution annuelle du *type de temps beau, doux et sec* entre 1991 et 2010 en France métropolitaine.
- Figure 80 :** La variabilité interannuelle des *types de temps* en France métropolitaine. Calcul pour 3 stations représentatives des climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Figure 81 :** Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de *Marseille* (climat méditerranéen). Traitement établi à partir des 3 premières variables météorologiques (état du ciel, température et occurrence de précipitations) sur la période 1991-2010.
- Figure 82 :** Représentation des relations de « ressemblance » des *types de temps* pour la station de *Marseille* (climat méditerranéen) établie à partir de la comparaison avec les 59 autres stations du réseau. La légende détaillée est incorporée dans le document.
- Figure 83 :** Distribution journalière des séquences de temps *beau et chaud* entre mai et septembre à *La Rochelle* pour 3 années au total identique (27 jours).
- Figure 84 :** Situation synoptique sur l'Europe le 16 août 1995 : en altitude (surface 500 hPa, à gauche) et analyse au sol (à droite) (d'après Météo-France : <https://donneespubliques.meteofrance.fr>).
- Figure 85 :** Durée des plus longues séries d'un même *type de temps* en France métropolitaine sur la période 1991-2010.

- Figure 86 :** Situation synoptique sur l'Europe en altitude (surface 500 hPa, à gauche) et analyse au sol (à droite). Le 13/11/1991 (en haut) ; le 29/11/1991 (au centre) et le 05/12/1991 (en bas).
- Figure 87 :** Situation synoptique. Analyse au sol du 04/12/2009 à 18h UTC (d'après MetOffice).
- Figure 88 :** Les principaux caractères du *temps sensible* et la pression atmosphérique à *Brest* durant la période du 16 novembre au 12 décembre 2009 (d'après données Météo-France).
- Figure 84 :** Les 4 fiches constitutives du catalogue des types de temps en France métropolitaine (période 1991-2010), exemple de la station de *Dijon-Longvic*.
- Figure 85 :** Présentation de la station de *Dijon-Longvic* (haut de la fiche a).
- Figure 86 :** Fiche a des *types de temps* à *Dijon-Longvic* (période 1991-2010). Présentation de la station, des caractères météorologiques de base et de la synthèse des *types de temps*.
- Figure 87 :** Caractères météorologiques de base de la station de *Dijon-Longvic* (centre de la fiche a).
- Figure 88 :** Caractères météorologiques de base de la station de *Bourg-St-Maurice* (centre de la fiche a). Mise en évidence du masque topographique locale (transfert de la classe « beau » vers la classe « variable »).
- Figure 89 :** Reproduction de la couverture du catalogue des types de temps en France métropolitaine (période 1991-2010).
- Figure 90 :** Les 4 fiches constitutives du catalogue des types de temps en France métropolitaine (période 1991-2010), exemple de la station de *Dijon-Longvic*.
- Figure 91 :** Présentation de la station de *Dijon-Longvic* (haut de la fiche a).
- Figure 92 :** Fiche a des *types de temps* à *Dijon-Longvic* (période 1991-2010). Présentation de la station, des caractères météorologiques de base et de la synthèse des *types de temps*.
- Figure 93 :** Caractères météorologiques de base de la station de *Dijon-Longvic* (centre de la fiche a).
- Figure 94 :** Caractères météorologiques de base de la station de *Bourg-St-Maurice* (centre de la fiche a). Mise en évidence du masque topographique locale (transfert de la classe « beau » vers la classe « variable »).
- Figure 95 :** Les *types de temps* à la station de *Dijon-Longvic* (bas de la fiche a) : la trame horizontale.
- Figure 96 :** Les *types de temps* à la station de *Dijon-L.* (bas de la fiche a) : trame verticale et superposition.
- Figure 97 :** Les *types de temps* à la station de *Dijon-Longvic* (bas de la fiche a) : informations numériques.
- Figure 98 :** La fréquence annuelle des *types de temps* à *Brest* et *Dijon* (période 1991-2010).
- Figure 99 :** La saisonnalité des *types de temps* à la station de *Dijon-Longvic* (haut et bas de la fiche b).
- Figure 100 :** Fiche b des *types de temps* à *Dijon-Longvic* (période 1991-2010) : saisonnalité.
- Figure 101 :** Saisonnalité de la combinaison BC- (beau, chaud et sec), avec distinction des cas venteux, pour *Dijon* et 3 stations représentatives de la diversité régionale : climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010.
- Figure 102 :** La variabilité interannuelle des *types de temps* à la station de *Dijon-Longvic* sur la période 1991-2010 (haut et bas de la fiche c).
- Figure 103 :** Fiche c des *types de temps* à *Dijon-Longvic* (période 1991-2010) : variabilité interannuelle.
- Figure 104 :** Variabilité interannuelle de la combinaison BC- (beau, chaud et sec), avec distinction des cas venteux, pour *Dijon* et 3 stations représentatives de la diversité régionale : climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010.
- Figure 105 :** L'aire d'influence de la station de *Dijon-Longvic* (d'après 3 paramètres météorologiques : état du ciel, température et précipitations, sur la période 1991-2010). Adaptée d'après le bas de la fiche d.
- Figure 106 :** Fiche d des *types de temps* à *Dijon-Longvic* (période 1991-2010). Aire d'influence des *types de temps* de la station (en haut) et persistance des *types de temps* (en bas).
- Figure 107 :** Situations synoptiques sur l'Europe. Analyse au sol des 21 et 22 janvier 1995.
- Figure 108 :** Situations synoptiques sur l'Europe. Analyse au sol du 23 janvier 1995 et du 2 février 1995.
- Figure 109 :** Situation synoptique sur l'Europe. Analyse au sol du 07/07/1998.
- Figure 110 :** Fréquence de 2 types de temps contrastés en France métropolitaine sur la période 1991-2010 : le type *gris, frais et arrosé* (à gauche) et le type *beau, chaud et sec* (à droite).
- Figure 111 :** Carte de localisation des huit stations météorologiques de référence présentées sous format papier dans l'annexe du volume 3 (Catalogue des *types de temps en France métropolitaine, 1991-2010*) et aperçu des principaux types de climats. D'après le zonage de l'*Atlas climatique de la France* (édition Météo-France).

- Figure 112 : Rang d'apparition de 2 types de temps contrastés en France métropolitaine sur la période 1991-2010 : le type *gris, frais et arrosé* (à gauche) et le type *beau, chaud et sec* (à droite).
- Figure 113 : Graphe sur carte des similarités de *types de temps* en France métropolitaine.
- Figure 114 : Dendrogramme de la CAH des types de temps en France métropolitaine sur la période 1991-2010.
- Figure 115 : Représentation des ensembles climatiques, déduits d'un traitement en CAH des *types de temps*.
- Figure 116 : Typologie par CAH selon 5 niveaux de troncature et *régionalisation* climatique.
- Figure 117 : Schématisation de l'aire d'influence de 3 stations en vallée de la Loire : Tours, Nevers et Le Puy.
- Figure 118 : Schématisation de l'aire d'influence de 4 stations du littoral méditerranéen : Perpignan, Sète, Marseille et Nice. Spatialisation de la fréquence des co-occurrences de types de temps identiques le même jour établis à partir de 3 paramètres du temps sensible (état du ciel, température et précipitations).
- Figure 119 : Superposition des isolignes correspondant à 3 coefficients de corrélation fondés sur l'analyse des *types de temps* identiques le même jour en France métropolitaine sur la période 1991-2010.
- Figure 120 : Schématisation à méso-échelle de la régionalisation du climat en France métropolitaine, d'après les *types de temps*.
- Figure 121 : Carte des climats de la France d'après différents auteurs (Joly et al., 2010 ; Vigneau, 2005 ; CRC, 1985). Voir en plus la carte par points de F. Durand-Dastès en annexe 12 et le découpage climatique régional proposé par de E. Choïnel et D. Payen en annexe 13.
- Figure 122 : Environnement de la station météorologique de Caen-Carpique (fond photographique d'après Google Earth) et rose des vents annuelle (d'après données Météo-France, période 1981-2000).
- Figure 123 : Classification en 32 catégories des types de temps, par combinaison de 3 paramètres du temps 'sensible' (état du ciel, température et précipitations) ; exemple du type GFA matérialisé par l'enveloppe en grisé (« *gris, frais, arrosé* »).
- Figure 124 : Fréquence des *types de temps* à Caen sur la Normale 1981-2010.
- Figure 125 : Fréquence des *types de temps* à Caen sur la Normale 1951-1980.
- Figure 126 : Evolution entre les Normales 1951-1980 et 1981-2010 de la fréquence des *types de temps* à Caen.
- Figure 127 : Evolution des 4 premiers types de temps à Caen entre 1951 et 2010 (données exprimées en valeurs réduites centrées). Bâtons blancs : données annuelles ; trait épais : moyenne mobile d'ordre 5 ; trait fin : régression polynomiale d'ordre 3.
- Figure 128 : Evolution annuelle des types de temps à risques à Caen entre 1951 et 2010 : temps « gris froid et sec » (à gauche) ; temps « gris froid et arrosé » (à droite) (données exprimées en valeurs réduites centrées). Bâtons blancs : données annuelles ; trait épais : moyenne mobile d'ordre 5 ; trait fin : régression polynomiale d'ordre 3.
- Figure 129 : Evolution annuelle entre 1951 et 2012 des risques de phénomènes glissants à Caen. Bâton : nombre de jours ; trait horizontal : moyenne quinquennale ; tirets : plus longue série continue.
- Figure 130 : Evolution annuelle entre 1950/1951 et 2012/2103 des risques de congères à Caen. Bâton : nombre de jours de neige ; trait horizontal : normales ; courbe : moyenne mobile d'ordre 5 ; étoile : jour avec probabilité forte de formation de congères (neige + froid + vent fort).
- Figure 131 : Phénomènes de congères au nord de Caen en mars 2013 (clichés Cantat, 2013).
- Figure 132 : Image satellite de la Normandie sous une épaisse couche de neige, le 14 mars 2013 à 15 UTC.
- Figure 133 : Evolution annuelle du temps « beau chaud et sec » (à gauche) (données exprimées en valeurs réduites centrées) ; nombre maximum de jours de suite de temps « beau chaud et sec » (à droite).
- Figure 134 : Evolution annuelle entre 1951 et 2012 des risques de coups de chaleur à Caen.
- Figure 135 : Graphique de la fréquence annuelle et de la durée par classe du type de temps « estival » (beau, chaud et sec) sur la France métropolitaine (période 1991-2010).
- Figure 136 : Graphique de la durée moyenne du type de temps « estival » (beau, chaud et sec) sur la France métropolitaine (période 1991-2010).
- Figure 137 : Cartes des fréquences annuelles des types de temps beau, chaud et sec sur la France métropolitaine (période 1991-2010).
- Figure 138 : Localisation des stations servant de référence pour les 3 littoraux.
- Figure 139 : Fréquence et durée des séquences de types de temps beau, chaud et sec (période 1991-2010). Transect le long du littoral de la Manche (Brest, Dinard, Le Touquet), de l'Atlantique (Lorient, La Rochelle, Biarritz) et de la Méditerranée (Perpignan, Marseille, Nice).
- Figure 140 : Nébulosité moyenne du ciel au mois de juillet à 12 heures UTC pour les stations méditerranéennes de Perpignan, Marseille et Nice (période 1991-2010)

TABLE DES TABLEAUX (45)

- Tableau 1** : Les échelles spatiales du climat (adapté d'après Vigneau, 2005).
- Tableau 2** : Tableau combinant les classifications du climat d'Orlanski (1975) et de Vigneau (2005).
- Tableau 3** : Relation entre l'amplitude thermique journalière, la fraction d'insolation et la force moyenne du vent (exemple de la station de Caen pour deux journées d'été) (d'après des données Météo-France).
- Tableau 4** : Nombre de données disponibles par paramètre sur la France métropolitaine pour des stations Météo-France de *type 0* (tableau établi à partir de requêtes réalisées sur la PubliThèque).
- Tableau 5** : Nombre total de stations et par quadrant en fonction de deux caractères géographiques majeurs.
- Tableau 6** : Distance et direction par rapport à la mer des stations « littorales » (d'après les cartes de localisation associées aux fiches descriptives des stations disponibles sur la *PubliThèque* de Météo-France).
- Tableau 7** : Caractères géographiques et valeurs moyennes sur la période 1991-2010 de 5 paramètres ou indicateurs climatiques pour les stations de référence « montagnardes » (d'après données Météo-France).
- Tableau 8** : Comparaison pour les stations de *Tours* et *Romorantin* de la fréquence annuelle de plusieurs indicateurs climatiques (période 1991-2010) (d'après données Météo-France).
- Tableau 9** : Comparaison pour les stations de *Bordeaux* et *Mont-de-Marsan* de la fréquence annuelle de plusieurs indicateurs climatiques (période 1991-2010) (d'après données Météo-France).
- Tableau 10** : Comparaison pour les stations de *Melun* et *Paris-Montsouris* de la fréquence annuelle de plusieurs paramètres et indicateurs climatiques (période 1991-2010) (d'après données Météo-France).
- Tableau 11** : Comparaison pour les stations de *Caen* et *Deauville-St-Gatien* de la fréquence annuelle de plusieurs paramètres et indicateurs climatiques (période 1991-2010) (d'après données Météo-France).
- Tableau 12** : Nombre de données manquantes par paramètres et pourcentage pour le total (d'après les informations extraites de la PubliThèque : <http://publitheque.meteo.fr/okapi/WebPubli/index.jsp>).
- Tableau 13** : Reconstitution de la force moyenne journalière du vent à *Tours-Parçay-Meslay* le 14/12/2004 d'après les données horaires comparées de la station d'*Angers-Beaucouzé* (données Météo-France).
- Tableau 14** : Reconstitution de la force moyenne journalière du vent à Alençon le 06/01/2009 d'après les données horaires comparées de la station d'Orléans (données Météo-France).
- Tableau 15** : Fréquences de la fraction d'insolation moyenne journalière par classe pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (données Météo-France).
- Tableau 16** : Fréquences des températures moyennes journalières par classe pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (données Météo-France).
- Tableau 17** : Fréquences des précipitations journalières pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (données Météo-France).
- Tableau 18** : Fréquences des précipitations journalières pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (données Météo-France).
- Tableau 19** : Calendrier des types de temps à Brest et à Marseille pour l'année 2010. Signification des codes des 64 combinaisons sur la figure suivante.
- Tableau 20** : Occurrences des types de temps à Brest et à Marseille pour l'année 2010 (64 combinaisons).
- Tableau 21** : Fréquence des 64 types de temps pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010.
- Tableau 22** : Principales valeurs météorologiques journalières et horaires à *Toulouse* (d'après Météo-France).
- Tableau 23** : Principales valeurs météorologiques journalières pour les 8 stations de référence (d'après Météo-France), avec cases en grisé quand les conditions requises sont présentes pour obtenir un code GKAW.
- Tableau 24** : La saisonnalité mois par mois des types de temps en France métropolitaine. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Tableau 25** : La saisonnalité des types de temps en France métropolitaine. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Tableau 26** : Comparaison de la fréquence des classes thermiques au printemps et en automne (1991-2010)

- Tableau 27 : La saisonnalité des types de temps en France métropolitaine. Calcul pour 3 stations représentatives des climats à dominantes océanique (Brest), semi-continentale (Strasbourg) et méditerranéenne (Marseille) sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Tableau 28 : Les *types de temps* dominants en hiver et en été sous les trois principaux climats de France métropolitaine sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Tableau 29 : Le « beau temps ». Comparaison Marseille, Strasbourg et Brest sur la période 1991-2010.
- Tableau 30 : La variabilité interannuelle des 20 premiers *types de temps* en France métropolitaine. Valeurs annuelles, moyenne et écart-type pour les 20 types de temps les plus fréquents. Calcul à partir des 8 stations de référence sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Tableau 31 : Les ressemblances des *types de temps* en France métropolitaine e jour même. Calcul pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 à partir des 3 premières variables météorologiques : état du ciel, température et occurrence de précipitations (d'après données Météo-France).
- Tableau 32 : Les ressemblances des *types de temps* en France métropolitaine dans une fenêtre de 3 jours. Calcul pour les 8 stations de référence sur la période 1991-2010 à partir des 3 premières variables météorologiques : état du ciel, température et occurrence de précipitations (d'après données Météo-France).
- Tableau 33 : Durée et date des plus longues séries continues de *beau temps chaud* et *sec* (BC- in tableau du haut), de temps *gris, frais* et *arrosé* (GFA in tableau central) et de temps *gris, froid* et *sec* (GK- in tableau du bas) en France métropolitaine. Calcul pour 3 stations représentatives des climats à dominantes océanique (*Brest*), semi-continentale (*Strasbourg*) et méditerranéenne (*Marseille*) sur la période 1991-2010.
- Tableau 34 : Durée des plus longues séries continues et de la moyenne des 10 plus longues séquences pour trois *types de temps* en France métropolitaine sur la période 1991-2010 (d'après données Météo-France).
- Tableau 35 : Les *types de temps* dominés par la persistance d'un seul caractère en France métropolitaine sur la période 1991-2010.
- Tableau 36 : Répartition saisonnière de l'apparition des 10 plus longues séquences sèches en France métropolitaine sur la période 1991-2010. Nota : le cas de *Marseille* est à traiter à part car la persistance de ces séquences « sèches » entraîne fréquemment un débordement d'une saison sur l'autre.
- Tableau 37 : La persistance des *types de temps* à la station de Dijon-L. (bas de la fiche d).
- Tableau 38 : Durée des plus longues séquences de temps *gris, frais* et *sec* en France métropolitaine sur la période 1991-2010.
- Tableau 39 : La succession vraie des *types de temps* sur la France du 19/11/2002 au 05/12/2002 (en haut). Nombre de jours en fonction des classes de l'état du ciel, de températures et de précipitations (en bas).
- Tableau 40 : Durée des plus longues séquences de temps *gris, frais* et *arrosé* en France métropolitaine sur la période 1991-2010.
- Tableau 41 : La succession vraie des *types de temps* à Brest du 16/01/1995 au 04/02/1995.
- Tableau 42 : Durée des plus longues séquences de temps *beau, chaud* et *sec* en France métropolitaine sur la période 1991-2010.
- Tableau 43 : Evolution entre 1951-1980 et 1981-2010 de la fréquence des *types de temps* à Caen.
- Tableau 44 : Tableau de la fréquence et de la durée moyenne et par classes des types de temps « estival » (*beau, chaud* et *sec*) sur la France métropolitaine (période 1991-2010).
- Tableau 45 : Occurrences des types de temps en juillet pour les 9 stations représentatives des littoraux de France métropolitaine (moyenne du nombre de jours dans le mois sur la période 1991-2010).

TABLE DES MATIÈRES

Préambule.....	5
Sommaire.....	7
Introduction.....	9
PARTIE 1 CONSTAT GLOBAL ET POSITIONNEMENT SUR LE CONCEPT DE TYPE DE TEMPS.....	13
Chapitre 1 : Etat des connaissances et contextualisation à propos des types de temps....	15
1. <u>Généralités sur les types de temps</u>	
1.1 Premier cadrage terminologique	
1.2. L'intérêt des types de temps pour la connaissance du climat et l'étude de ses conséquences	
2. <u>Réflexion conceptuelle autour d'une même expression</u>	
2.1. Les « types de temps » du météorologiste : une approche privilégiant le versant explicatif du concept (les causes synoptiques)	
2.2. Les « types de temps » du géographe-climatologue français : une inversion de paradigme avec une approche privilégiant le versant descriptif du concept (les effets locaux)	
3. <u>Les origines et les inflexions du concept de type de temps en climatologie</u>	
3.1. L'approche des types de temps par la climatologie dynamique des années 1950-1970 : la méthode synoptique (cf. Pierre Pédelaborde).	
3.2. La réorientation conceptuelle des années 1970 : la dissociation types de temps / types de circulation (cf. François Durand-Dastès).	
4. <u>La rationalisation des types de temps : le passage possible de la notion au concept</u>	
Chapitre 2 : Types de temps synoptique et type de temps local. Approche des outils et des méthodes d'analyse.....	29
1. <u>Les deux échelles spatiales des types de temps</u>	
1.1. Quelle échelle de travail retenir pour analyser la « situation météorologique » ?	
1.2. Quelle échelle de travail retenir pour caractériser les « conditions locales » ?	
2. <u>La caractérisation des types de temps</u>	
2.1. La caractérisation des types de temps synoptique (types de circulation)	
2.2. La caractérisation des types de temps locaux (types de temps sensibles)	
3. <u>Les différentes méthodes de classification des types de temps</u>	
3.1. La classification des « situations météorologiques » (types de circulation)	
3.2. La classification des « conditions locales » (types de temps sensibles)	
4. <u>Le couplage des classifications relatives aux types de temps</u>	
Chapitre 3 : Positionnement scientifique et objectifs du projet de recherche sur les types de temps.....	51
1. <u>Positionnement personnel sur le concept de type de temps</u>	
1.1. Les enseignements tirés de la bibliographie	
1.2. Le climat vu à travers les types de temps « sensibles »	
2. <u>Retour d'expériences sur les types de temps</u>	
2.1. L'îlot de chaleur urbain (ICU) parisien selon les types de temps	
2.1.1. L'ICU peut être étudié comme un élément agissant sur le type de temps sensible...	

2.1.2.	<i>L'ICU peut être considéré comme un élément dépendant du type de temps sensible...</i>	
2.1.3.	<i>Les impacts de l'ICU en période de canicule : le renforcement du risque sanitaire</i>	
2.2.	Les types de temps sensibles à forte contrainte durant la Grande Guerre	
2.2.1.	<i>La caractérisation et l'explication des types de temps sensibles</i>	
2.2.2.	<i>Les principaux types de temps sensibles subis au fil des saisons et leurs explications</i>	
3.	<u>Présentation du projet global de recherche sur les types de temps et délimitation de l'objet de l'H.D.R.</u>	
3.1.	Objectifs et déroulement du projet global sur les types de temps	
3.1.1.	<i>La démarche descriptive</i>	
3.1.2.	<i>La démarche explicative</i>	
3.2.	Faisabilité du projet scientifique : collaborations et données	
3.2.1.	<i>La disponibilité et le choix des données météorologiques « stationnelles »</i>	
3.2.2.	<i>La disponibilité des informations sur la situation météorologique</i>	
3.2.3.	<i>La disponibilité des informations sur le contexte géo-climatique</i>	
3.2.4.	<i>La disponibilité d'autres sources de données</i>	
3.3.	Méthodes et outils d'analyse	
3.3.1.	<i>Classification simplifiée des types de temps</i>	
3.3.2.	<i>Classification supervisée des types de temps</i>	
3.4.	Réflexions préliminaires sur l'objet de ce troisième volume de l'HDR.	
Conclusion de la première partie.....		80
PARTIE 2 MÉTHODOLOGIE ET INNOVATION : UNE APPROCHE GLOBALE ET OBJECTIVE DES TYPES DE TEMPS SENSIBLES.....		83
Chapitre 4 : La constitution de la base de données météorologiques.....		85
1.	<u>Le choix des paramètres et du pas de temps</u>	
2.	<u>Le choix du référentiel temporel</u>	
3.	<u>Le choix du référentiel spatial</u>	
3.1.	Principes généraux du maillage de la France à méso-échelle	
3.2.	Principes du maillage pour la prise en compte des particularités climatiques en « plaine »	
3.2.1.	<i>Les secteurs forestiers sur sols sableux</i>	
3.2.2.	<i>Les secteurs urbains denses</i>	
3.2.3.	<i>Les secteurs de faibles reliefs en arrière-pays littoral</i>	
4.	<u>La collecte des informations météorologiques</u>	
5.	<u>Le comblement des lacunes</u>	
5.1.	Le traitement des lacunes « prévues »	
5.2.	Le traitement des lacunes « imprévues »	
Chapitre 5 : La classification des données météorologiques.....		105
1.	<u>Le choix des stations de référence pour la discrétisation</u>	
2.	<u>La discrétisation des quatre variables météorologiques</u>	
2.1.	Discrétisation de l'état du ciel	
2.2.	Discrétisation des températures	
2.3.	Discrétisation des précipitations	
Chapitre 6 : La typologie simplifiée du « temps sensible ».....		123
1.	<u>Le codage des types de temps</u>	
2.	<u>Le calendrier des types de temps</u>	
3.	<u>Le traitement numérique des types de temps en France métropolitaine</u>	

3.1.	La hiérarchisation des types de temps en France métropolitaine	
3.2.	La saisonnalité des types de temps en France métropolitaine	
3.2.1.	<i>en hiver</i>	
3.2.2.	<i>en été</i>	
3.2.3.	<i>en automne</i>	
3.2.4.	<i>au printemps</i>	
3.3.	La variabilité interannuelle des types de temps en France métropolitaine	
3.4.	La « ressemblance » des types de temps en France métropolitaine	
3.5.	La persistance des types de temps en France métropolitaine	
3.5.1	<i>Les températures</i>	
3.5.2	<i>L'état du ciel</i>	
3.5.3	<i>Les précipitations</i>	
Conclusion de la deuxième partie.....		157
PARTIE 3	RÉSULTATS MAJEURS ET APPORTS À LA GÉOGRAPHIE :	
	LE CATALOGUE DES TYPES DE TEMPS ET SES APPLICATIONS.....	159
Chapitre 7 :	La constitution du catalogue des types de temps.....	161
1.	<u>L'approche globale des types de temps : fiche a</u>	
1.1	La présentation de la station	
1.2.	Les caractères météorologiques de base de la station	
1.3.	La représentation synthétique des types de temps	
2.	<u>La saisonnalité des types de temps : fiche b</u>	
3.	<u>La variabilité interannuelle des types de temps : fiche c</u>	
4.	<u>L'aire d'influence d'une station et la persistance des types de temps : fiche d</u>	
4.1.	L'aire d'influence d'une station (haut de la fiche d)	
4.2.	La persistance des types de temps d'une station (bas de la fiche d)	
Chapitre 8 :		181
Exemples de fiches des types de temps sur la France métropolitaine.....		
Chapitre 9 :		183
Exemples d'applications spatiale et temporelle des types de temps.....		
1.	<u>Essai de régionalisation des types de temps sur la France métropolitaine</u>	
1.1.	La régionalisation du climat vue à travers la fréquence des différents types de temps	
1.2.	La régionalisation du climat vue à travers la similarité des types de temps	
1.3.	Synthèse cartographique sur la régionalisation des climats vue à travers les types de temps.	
2.	<u>L'évolution des types de temps en Normandie entre 1951 et 2013</u>	
2.1.	Le choix de la station de référence et des paramètres météorologiques	
2.1.1.	<i>Caen-Carpiquet : une station fiable</i>	
2.1.2.	<i>La fraction d'insolation, la température moyenne de l'air et l'occurrence de pluie : des marqueurs classiques du « temps sensible »</i>	
2.2.	Présentation de quelques résultats	
2.2.1.	<i>Comparaison de la fréquence des types de temps sensibles sur les deux dernières Normales</i>	
2.2.2.	<i>Comparaison des types de temps à Caen au fil des années</i>	
3.	<u>Une application thématique des types de temps : le tourisme balnéaire</u>	
3.1.	Approche globale annuelle du type de temps « estival »	
3.2.	Approche saisonnière du type de temps « estival »	
Conclusion de la troisième partie.....		215
Conclusion générale.....		217

Bibliographie.....	225
ANNEXES.....	233
TABLE DES ANNEXES.....	251
TABLE DES ENCADRÉS.....	252
TABLE DES FIGURES.....	253
TABLE DES TABLEAUX.....	258
TABLE DES MATIÈRES.....	259
Résumé (<i>Abstract et Summary</i>).....	264

– Résumé du volume 3 –

« Proposition méthodologique pour une approche globale et objective des types de temps en France métropolitaine »

Chaque jour, l'observation de l'atmosphère montre que le climat est « *une réalité vivante faite tout entière de combinaisons* » (Dorize, 2002), agissant plus ou moins directement sur le fonctionnement des milieux géographiques et le comportement des êtres qui y sont soumis (Hufty, 2001). Pour ces raisons, les géographes accordent une place importante à la connaissance des *types de temps* qui, par leur répartition, leur fréquence, leur durée et leur succession, permettent de saisir concrètement la réalité des conditions atmosphériques à l'échelle régionale et d'en envisager les conséquences environnementales et sociétales (Mounier, 1977).

Partant de ce constat, le principal objet de ce volume est de présenter la méthode qui a conduit à une classification des *types de temps* pour décrire de façon globale et objective la diversité spatiale et la variabilité temporelle des différentes séquences qui animent l'atmosphère sur l'ensemble du territoire français métropolitain. La typologie compte soixante-quatre combinaisons définies à partir du croisement de quatre paramètres du temps « sensible » (insolation, température, précipitations et vent). Cette recherche a donné lieu à la création d'un *catalogue des types de temps* en France métropolitaine sur la période 1991-2010, composé de soixante stations représentatives de la variété géoclimatique du pays. Sous la forme de quatre fiches thématiques (approche globale, saisonnalité, variabilité, aire d'influence et persistance), cette compilation propose une base de données utilisable tant dans le domaine de la recherche fondamentale (connaissance du climat : découpage, évolution...) que de la recherche appliquée (représentation des potentialités et des contraintes climatiques). Dans ce volume, trois exemples illustrent l'usage possible de ces informations sur les *types de temps* : le premier met en avant la dimension spatiale (essai de régionalisation du climat français), le deuxième la dimension temporelle (évolution contemporaine du climat en Normandie) et le troisième une application thématique (potentialités climatiques pour le tourisme balnéaire).

Abstract – Weather types allow the reality of atmospheric conditions to be understood on a regional scale and their potentialities and risks envisaged. This volume presents the results for sixty metropolitan France's weather stations from 1991 to 2010.

Keywords: weather types, spatial diversity, temporal variability, metropolitan France.

Summary – In this volume, a study of weather types (in their French meaning) was envisaged based on a classification comprising four essential meteorological-climate elements: the cover of the sky, temperature, precipitation and wind (sixty-four combinations). The four parameters were differentiated on the basis of frequency analyses of eight weather stations representative of the major French climatic tendencies for lowland areas (oceanic, continental and Mediterranean). This volume outlines the concept of a catalog of weather types whose spatial distribution, frequency, length and succession enable the concrete reality of atmospheric conditions over a given land area to be understood and their consequences for the geographical space envisaged. The catalog aims firstly to provide a knowledge base for the whole of France (sixty weather stations), among other reasons useful for defining climatic regions. It could also be useful for environmental and planning actors because of the global nature of the information it provides (with possible applications in farming, tourism, health, transportation and so on). In the last part, three examples illustrate the possible use of it: the first proposes space dimension (regionalization), the second temporal dimension (contemporary evolution in Normandy) and the third a thematic application (climatic potentialities for seaside tourism).