



**HAL**  
open science

## Chaleur en Normandie, types de circulation atmosphérique et changement climatique (1970 - 2019)

Matthieu David, Olivier Cantat, Olivier Planchon

► **To cite this version:**

Matthieu David, Olivier Cantat, Olivier Planchon. Chaleur en Normandie, types de circulation atmosphérique et changement climatique (1970 - 2019). *Changement Climatique et Territoires*, Jul 2020, Rennes, France. hal-02933801

**HAL Id: hal-02933801**

**<https://hal.science/hal-02933801>**

Submitted on 14 Sep 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.

## CHALEUR EN NORMANDIE, TYPES DE CIRCULATION ATMOSPHERIQUE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE (1970-2019)

DAVID M.<sup>1</sup>, CANTAT O.<sup>1</sup>, PLANCHON O.<sup>2</sup>

*1 UMR 6554 LETG Caen, Université Caen Normandie, Caen, France (matthieu.david@unicaen.fr)*

*2 UMR 6282 CNRS, Biogéosciences, Université Bourgogne-Franche-Comté, Besançon, France*

**Résumé :** *Cet article s'intéresse au rôle et à l'évolution des différents types de circulation atmosphérique dans l'occurrence des journées de chaleur en Normandie. La chaleur est ici très dépendante de la présence de centres d'action sur l'Europe centrale ainsi que, secondairement, des flux de NE et E. Le changement climatique contemporain se manifeste par une augmentation de l'efficacité thermique de tous les types de circulation (plus de chaleur pour un même flux). Enfin, le nord du Cotentin se singularise par un véritable « îlot de fraîcheur » en été en raison de son caractère de finistère qui impose aux masses d'air un rafraîchissement par la base important quelles que soient leurs provenances.*

**Mots clés :** *chaleur ; type de circulation atmosphérique ; classification de Hess-Brezowsky ; changement climatique ; Normandie*

**Summary:** *Heat in Normandy, types of atmospheric circulation and climate change (1970-2019). Heat in Normandy, synoptic circulation patterns and climate change (1970-2019). This article focuses on the role and the evolution of the different kinds of synoptic circulation patterns in the occurrence of hot days in Normandy. Heat is here, very dependent on the presence of action centres over central Europe as well as, air flow coming from NE and E. Contemporary climate change expresses itself by a rise in thermal efficiency of all synoptic circulation patterns (more heat for the same flow). Lastly, the north of Cotentin stands out by being a real “cool island” during summer because of its peninsula position which imposes on any air mass, regardless of its origin, a cooling from its bottom.*

**Key words:** *Heat, synoptic circulation patterns; Hess-Brezowsky classification; climate change; Normandy*

### Introduction

Avec le changement climatique et la répétition de records de chaleur, une attention plus particulière est portée ces dernières années sur les conditions estivales qui impactent notre quotidien et questionnent sur notre avenir. Dans cet article, nous nous proposons de caractériser les mécanismes atmosphériques sur l'espace euro-atlantique à l'origine d'épisodes de chaleur en Normandie. Deux grandes questions guident l'analyse :

- Quels sont les types de circulation atmosphérique responsables de la chaleur en Normandie ?
- Y-a-t-il une évolution de fréquence et/ou d'efficacité des types de circulation associés ?

### 1. Données et méthodes

L'analyse s'appuie sur le croisement des températures maximales journalières de juin à septembre de quatre stations normandes avec les types de circulation atmosphérique issus de la classification de Hess-Brezowsky (1952).

#### *1.1. Le choix des stations météorologiques de référence et du seuil thermique*

Les stations météorologiques sélectionnées pour cette étude sont celles d'Évreux-Huest, Caen-Carpique, Cherbourg-Maupertus et Pointe de la Hague, en raison de leur représentativité de la diversité climatique régionale. Elles sont positionnées sur un axe Sud-Est/Nord-Ouest, allant d'une légère continentalité propre aux plateaux occidentaux du bassin parisien (Évreux), à l'hyperocéanité affirmée du *finistère* cotentinois (La Hague). Pour disposer de séries complètes, l'extension temporelle s'étend de 1970 à 2019, soit cinq décennies que nous pouvons décomposer en deux ensembles vicennaux pour apprécier l'évolution récente du climat : 1970-1989, période de pré-changement climatique contemporain, et 2000-2019,

situation actuelle. Pour caractériser la chaleur, la température maximale journalière de 25°C a été choisie comme seuil, conformément à l'usage sous notre climat (jour de chaleur).

### 1.2. La classification des types de circulation atmosphérique

L'analyse des situations météorologiques d'échelle synoptique propices à la chaleur renvoie au calendrier des types de circulation atmosphérique définis par Hess et Brezowsky (1952). Le catalogue quotidien des types de circulation, archivé et mis à jour par le Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) jusqu'en 2009 (Werner et Gerstengarbe, 2010), est, depuis 2003, mis à jour et publié par le Deutscher Wetterdienst suivant la même méthodologie. Cette dernière s'appuie sur l'analyse du champ de pression au sol et en altitude, au-dessus de l'espace euro-atlantique (Werner et Gerstengarbe, 2010). La classification identifie 29 types de circulation (Großwetterlagen ou GWL), pouvant être regroupés en 5 classes (Großwettertypen ou GWT) (Bárdossy et Caspary, 1990). L'analyse proposée ici repose uniquement sur les cinq GWT (GWT 1 : circulation d'Ouest ; GWT 2 : circulations de Sud ; GWT 3 : circulations de Nord-Ouest et de Nord ; GWT 4 : circulations de Nord-Est et d'Est ; GWT 5 : situations à centre d'action sur l'Europe Centrale).

## 2. Résultats

### 2.1. Diversité géographique et évolution de la chaleur en Normandie

La figure 1 traduit l'existence de deux ensembles géographiques bien distincts : le premier est constitué par les stations « continentalisées » d'Evreux et Caen (à un degré moindre) où la chaleur est assez fréquente (de l'ordre de 20 à 40 jours par an) ; le second correspond aux stations « océanisées », où le phénomène est rare (Cherbourg), voire exceptionnel (La Hague). Pour les stations continentalisées, la série souligne de grands écarts distribués de façon aléatoire (de moins de 10 jours à plus de 60 jours par an), avec l'existence de pics isolés dans le passé dont les valeurs sont égales ou parfois même supérieures à celles de la période actuelle (cf. canicule de 1976, étés 1983 et 1989). Derrière cette forte variabilité interannuelle apparaît également une augmentation globale de la fréquence moyenne du phénomène, en lien avec le réchauffement climatique global (IPCC, 2013), comme le démontre l'évolution pluri décennale de la moyenne des 4 stations (passage progressif d'environ 10 à 16 jours par an entre 1970-1979 et 2010-2019).

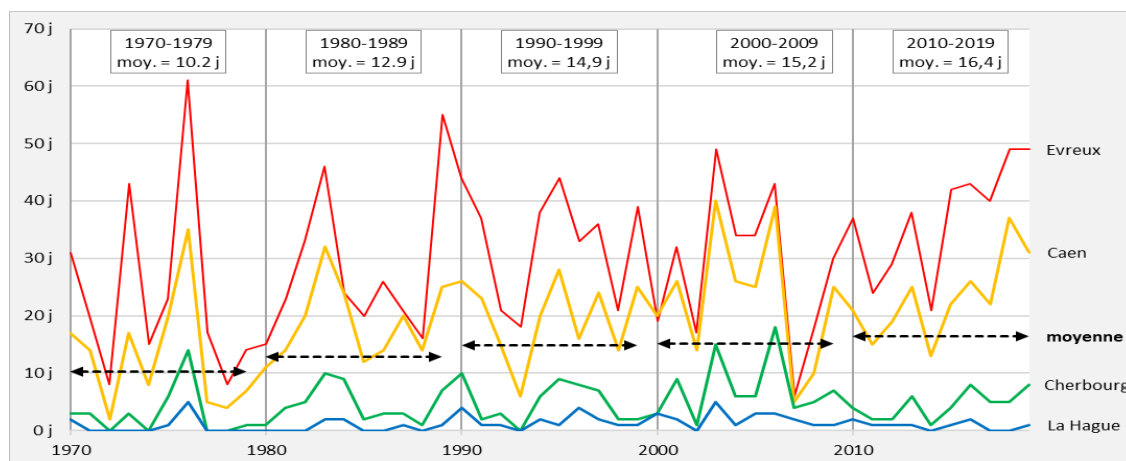


Figure 1. Evolution du nombre de jours de chaleur ( $T_X \geq 25^\circ\text{C}$ ) par an en Normandie. Valeurs pour 4 stations représentatives de la diversité régionale et moyenne, entre 1970 et 2019 (Données : Météo-France).

## 2.2. Croisement des jours de chaleur avec les types de circulation atmosphérique

### 2.2.1. Occurrence de la chaleur en fonction des types de circulation sur la période 1970-2019

Pour les deux stations continentalisées, la chaleur s'observe (Fig.2, gauche, très préférentiellement lors de situations sans véritable flux (centres d'action sur l'Europe centrale) : 514 cas à Evreux et 354 à Caen. Les autres types de circulation présentent des occurrences nettement plus faibles et assez proches les unes des autres, avec autour de 240 cas pour Evreux et 150 pour Caen ; les circulations d'est et nord-est se démarquent à peine avec une présence légèrement plus importante (276 cas à Evreux et 174 à Caen).

Pour les deux stations océanisées du nord Cotentin, les cas sont rares et également associés principalement aux masses d'air stagnantes et claires qui permettent en été un fort échauffement du substratum et de l'air à son contact. Bénéficiant d'une position en retrait du littoral et sur les hauteurs, la fréquence de la chaleur est alors plus importante à Cherbourg (119 cas) qu'à La Hague (34 cas) dont le site presque totalement ouvert sur la mer et ses brises qui facilitent le rafraîchissement de l'air. Le rôle des facteurs géographiques locaux est donc déterminant. Il peut se quantifier par un calcul de l'efficacité de chaque type de circulation ; c'est-à-dire sa capacité à générer des températures supérieures ou égales à 25°C dans une station donnée.

### 2.2.2. Efficacité des types de circulation sur la période 1970-2019

Pour les stations continentalisées, on note une grande efficacité (Fig.2, droite) des situations à centres d'action sur l'Europe centrale (42% pour Evreux et 29% pour Caen) et à niveau presque égal les circulations d'origine continentale car en été synonymes d'air chaud et sec (40% pour Evreux et 25% pour Caen). Les autres types de circulation interviennent avec des valeurs de l'ordre de 16 à 19% pour Evreux et 9 à 12% pour Caen, un peu plus influencée par l'air marin.

Pour les stations océanisées, l'efficacité est naturellement très faible car les masses d'air apportées par les différentes circulations ont quasi systématiquement subi un rafraîchissement par la base en passant au-dessus de la Manche, mer qui les environne de toutes parts : en moyenne, l'efficacité est de 0,5% à La Hague pour tous les grands types de circulation et seulement d'un peu moins de 3% par absence de flux (centre d'action sur Europe centrale). Pour Cherbourg, ce même type (GWT 5) s'élève presque à 10% (contre rappelons-le plus de 42% à Evreux) et atteint près de 6% pour les flux continentaux de nord-est et est. Pour tous les autres flux (du sud au nord-ouest), les valeurs varient entre 1,1 et 2,6% seulement.

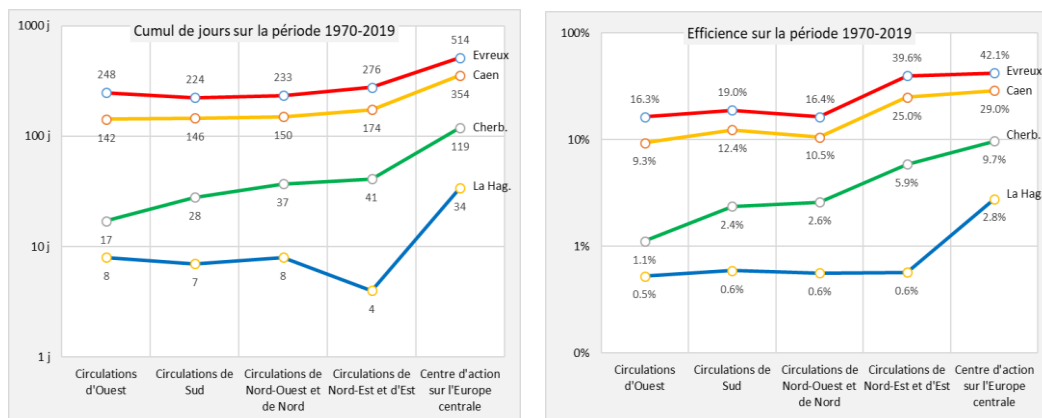


Figure 2. Sur la période 1970-2019, à gauche, cumul du nombre de jours de chaleur en Normandie (données Météo-France) en fonction des types de circulation atmosphérique (classification Hess-Brezowsky) ; à droite, efficacité des types de circulation atmosphérique en Normandie pour dépasser 25°C dans la journée.

### 2.3. Evolution depuis 50 ans des jours de chaleur en fonction des types de circulation

En considérant la moyenne régionale, l'augmentation générale des occurrences de chaleur entre la période de pré-réchauffement contemporain (1970-1989) et l'actuelle (2000-2019) est principalement attribuable à un accroissement sensible (32 jours) des circulations de sud (de 27 à 59 jours) et des situations à centres d'action sur l'Europe centrale (de 83 à 115 jours). En revanche, on n'observe quasiment pas de changement pour les flux de nord-est et d'est (de 46 à 47 jours). La part des autres flux est en faible augmentation, de l'ordre d'une dizaine de jours pour les flux d'ouest (de 34 à 44 jours) et les flux de nord-ouest et nord (de 39 à 50 jours).

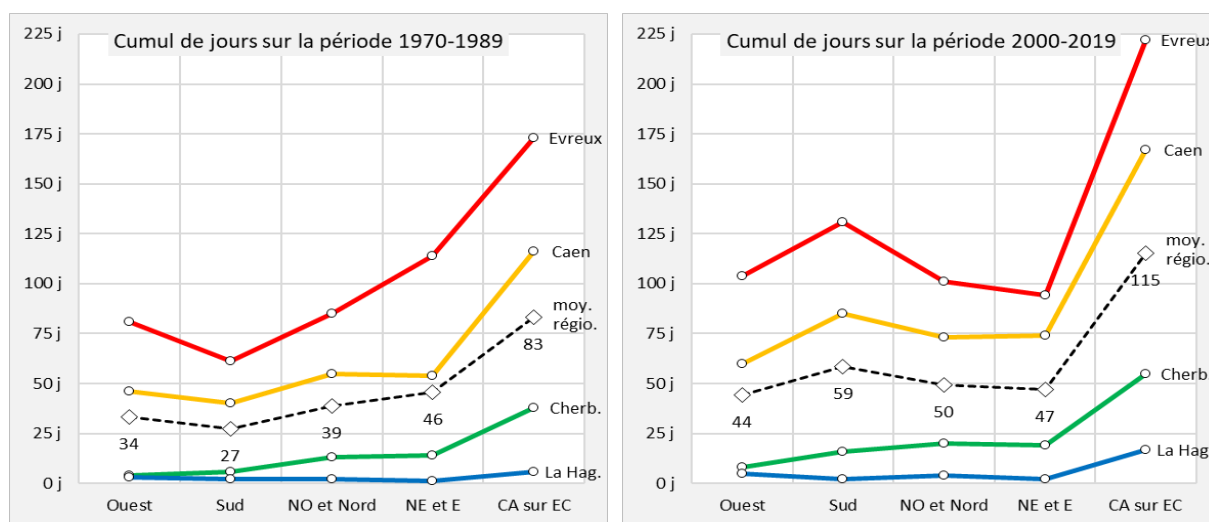


Figure 3. Comparaison inter vicennale du nombre total de jours de chaleur en Normandie (données Météo-France) en fonction des types de circulation atmosphérique (classification Hess-Brezowsky). A gauche pour la période pré réchauffement contemporain (1970-1989), à droite pour la période actuelle (2000-2019).

La part grandissante des circulations de sud et des centres d'action sur l'Europe centrale dans les occurrences de chaleur en Normandie est peut-être « simplement » à associer à une plus grande fréquence de ces deux types entre les deux périodes ? Pour apporter une réponse, nous avons comptabilisé les occurrences de toutes les circulations (Tab.1) : il en ressort que les flux de sud sont nettement plus fréquents (+8,0%), et de ce fait pourraient expliquer qu'ils contribuent plus aux journées de chaleur (+32 jours). Mais cette hypothèse n'est pas valide pour les situations à centres d'action sur l'Europe centrale puisque, à fréquence sensiblement équivalente (+1,1%), nous avons également gagné 32 jours de chaleur ! Dans la même logique, les flux d'ouest, bien que nettement moins présents aujourd'hui (-5,2%), apportent cependant plus de jours de chaleur qu'autrefois (+12 jours entre 1970-1989 et 2000-2019).

Tableau 1. Evolution inter vicennale 1970-1989 / 2000-2019 du nombre total d'occurrences de chaque type de circulation atmosphérique (données issues du calendrier des types de circulation de Hess-Brezowsky).

Descriptif du type de circulation	nb 1970-1989	%	nb 2000-2019	%	évolution	
Circulations d'Ouest	645	26.4%	517	21.2%	-128	-5.2%
Circulations de Sud	391	16.0%	586	24.0%	195	8.0%
Circulations de Nord-Ouest et de Nord	570	23.4%	561	23.0%	-9	-0.4%
Circulations de Nord-Est et d'Est	314	12.9%	257	10.5%	-57	-2.3%
Centre d'action sur l'Europe centrale	481	19.7%	508	20.8%	27	1.1%
indéfini	39	1.6%	11	0.5%	-28	-1.1%
<b>Total</b>	<b>2440</b>	<b>100%</b>	<b>2440</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>

On en déduit qu'à configuration synoptique identique, il est plus aisé actuellement de franchir le seuil des 25°C. La comparaison de l'efficacité entre nos deux périodes permet de

quantifier indépendamment de leur fréquence respective la contribution de chaque type dans les jours de chaleur, *in fine* de quantifier l'évolution de leur « efficacité » calorifique (Fig.4).

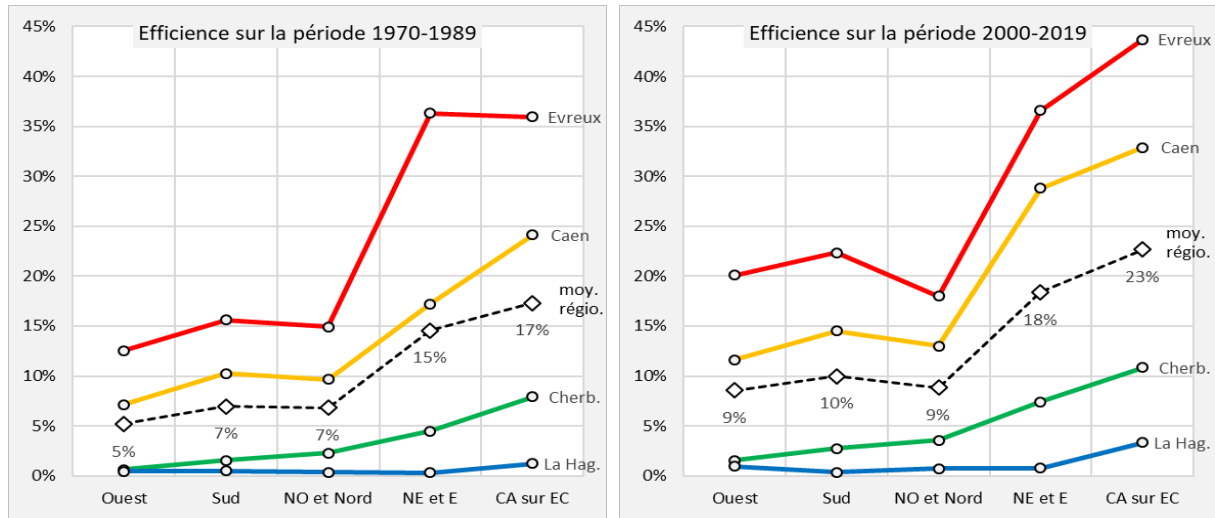


Figure 4. Comparaison inter vicennale de l'efficacité (%) des types de circulation atmosphérique (classification Hess-Brezowsky) pour atteindre le seuil de chaleur (25°C) en Normandie (données Météo-France) : à gauche sur la période pré-réchauffement contemporain (1970-1989) ; à droite sur la période actuelle (2000-2019).

## Discussion et ouverture

Enquêter sur l'occurrence de jours de chaleur par l'intermédiaire des types de circulation atmosphérique nous offre la possibilité de comprendre les mécanismes sous-jacents, croisant échelles synoptique et géographique. Le cas normand, avec les flux de sud et les situations à centres d'action sur l'Europe centrale, nous propose le parfait exemple de la nécessaire analyse simultanée de la fréquence et de l'efficacité d'un aléa. Comme nous l'avons vu, l'origine de la hausse du nombre de jours de chaleur est différente pour les flux de sud (hausse de leur fréquence) et les situations à centres d'action sur l'Europe centrale (hausse de l'efficacité). Un même résultat mais des causes différentes.

Ce binôme permet la distinction entre les origines synoptiques et géographiques d'un phénomène (Cantat, 2005). La fréquence des types de circulation est commune à travers l'ensemble de l'espace euro-atlantique mais l'efficacité est propre à chaque point de mesure, déclinaison locale d'un type de circulation en plusieurs types de temps, fonction des singularités de l'espace géographique (Cantat, 2015).

Ce phénomène peut être observé en Normandie où une même circulation atmosphérique donne lieu à différentes conséquences thermiques sur un espace plus océanisé à l'ouest et plus continentalisé à l'est. La Presqu'île du Cotentin ne fait pas l'objet de beaucoup de jours de chaleur car aucun type de circulation n'est très efficace, mis à part pour les situations d'absence de flux significatif (10% à Cherbourg pour le GWT 5, centres d'action sur l'Europe centrale) et pour les flux d'origine continentale (6% à Cherbourg pour le GWT 4, NE et E). Sa situation géographique de péninsule semble expliquer l'inefficacité des autres types de circulation. Le caractère océanique, voire hyperocéanique pour La Hague (moins de 1 et 3% d'efficacité pour GWT 4 et GWT 5), est donc déterminant dans le maintien d'un îlot de fraîcheur en période de chaleur. On peut supposer qu'il se maintiendra car la hausse de l'efficacité des types de circulation susceptibles de le dégrader reste faible et leur fréquence stagne.

De nouvelles questions émergent avec ces résultats. Certaines portant sur la fréquence, d'autres sur l'efficacité, d'autres encore sur leur intrication dans les dynamiques d'évolutions passées

et potentiellement futures, tout cela en combinant les échelles spatiales (Normandie, France, espace euro-atlantique) pour tenter de comprendre l'évolution du système climatique.

On peut regrouper toutes ces questions sous une question centrale : le changement climatique global est-il à l'origine de l'évolution des fréquences et d'efficacités que l'on constate ? Si tel est le cas, quel est son effet sur ces composantes de l'efficacité des types de circulations à produire des jours de chaleur ? La question portant sur la raison de la forte évolution de la fréquence des flux de sud y est directement reliée. De même que la quête d'une réponse à la question sur les causes de la hausse de l'efficacité de certains GWT en Normandie mis en avant précédemment.

L'élargissement de l'étude au reste de la France, avec l'établissement d'un tableau des efficacités de chaque type de circulation atmosphérique par secteur géographique, permettrait de mieux cerner l'originalité de l'îlot de fraîcheur du Cotentin. Cela offrirait également la possibilité de mieux comprendre la place des situations à centres d'action sur l'Europe centrale parmi les types de circulation donnant lieu à des jours de chaleur ailleurs en France. Cela confirmerait - ou non - l'hypothèse émise sur la raison du faible essor des jours de chaleur par flux de sud malgré leurs fréquences plus élevées, en lien avec l'océanité de la région et sa position septentrionale.

Enfin, le recours à d'autres seuils de températures pourrait apporter des informations complémentaires à l'échelle de la France sur l'efficacité des types de circulation en fonction de l'intensité de la chaleur retenue (forte chaleur :  $TX \geq 30^{\circ}\text{C}$  et très forte chaleur :  $TX \geq 35^{\circ}\text{C}$ ). Ces seuils n'étant pas pertinents en Normandie du fait de la très faible occurrence de leur dépassement, particulièrement dans la partie Ouest de la région.

## Bibliographie

- Bárdossy A., Caspary H. J., 1990. Detection of climate change in Europe by analysing European atmospheric circulation patterns from 1881 to 1989. *Theoretical and Applied Climatology*, 42, 3, 155-167.
- Cantat O., 2005. Dynamique spatio-temporelle d'un événement météo-climatique extrême. La canicule de l'été 2003 en Europe de l'ouest. *Annales de l'Association Internationale de Climatologie*, vol 2, 99-136.
- Cantat O., 2015. *Proposition méthodologique pour une approche globale et objective des types de temps en France métropolitaine. Étude de climatologie physiologique et appliquée*. HDR, Vol. 3, Université Paris 7 Diderot, 264p.
- Hess P., Brezowsky H., 1952. *Katalog der Grosswetterlagen Europas*. Bibliothek des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, 33, 39p.
- IPCC, 2013. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Werner P. C., Gerstengarbe F.-W., 2010. *Katalog der Großwetterlagen Europas (1881-2009) nach Paul Hess und Helmut Brezowsky*. PIK Report 119, 146p.