



HAL
open science

Characterisation of summer thermal extremes in urban areas. Example of the summer of 2022 in the heart of the Grenoble urban area (France).

Sandra Rome, Sylvain Bigot, Xavier Foissard, Nathalie Dubus, Anne-Cécile Fouvét, Emilie Rousset

► To cite this version:

Sandra Rome, Sylvain Bigot, Xavier Foissard, Nathalie Dubus, Anne-Cécile Fouvét, et al.. Characterisation of summer thermal extremes in urban areas. Example of the summer of 2022 in the heart of the Grenoble urban area (France).. 36ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie (AIC), Université de Bucarest, Roumanie, Jul 2023, Bucarest, Roumanie. pp.233-236. halshs-04190364

HAL Id: halshs-04190364

<https://shs.hal.science/halshs-04190364>

Submitted on 29 Aug 2023

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.

36^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie
36th Conference of the International Association of Climatology

3 – 7 juillet 2023 / 3 – 7 July 2023
Bucarest, Roumanie / Bucharest, Romania

Climat, eau et société : changements et défis
Climate, water and society: changes and challenges



Actes du colloque / Conference proceedings

Éditeur / Editor :
Liliana ZAHARIA (coord.)

Colloque organisé par le Département de Météorologie – Hydrologie /
Faculté de Géographie / Université de Bucarest
Conference organized by the Department of Meteorology – Hydrology /
Faculty of Geography / University of Bucharest

Climat, eau et société : changements et défis
Climate, water and society: changes and challenges

En hommage et à la mémoire de Gérard Beltrando (1956 – 2016),
grâce à qui le colloque de l'AIC a lieu à Bucarest.

*In the grateful memory of Gérard Beltrando (1956 – 2016), owing
to whom the AIC conference takes place in Bucharest.*

36^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Bucarest, 2023
36th Conference of the International Association of Climatology, Bucharest, 2023



Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Climat, eau et société : changements et défis : 36^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie : actes du colloque : 3-7 juillet 2023, Bucarest, Roumanie = Climate, water and society : changes and challenges : 36th Conference of the International Association of Climatology : conference proceedings : 3-7 July 2023,

Bucharest, Romania / coord.: Liliana Zaharia. - Târgoviște : Transversal, 2023

Conține bibliografie

ISBN 978-606-605-229-0

I. Zaharia, Liliana (coord.)

551.58



Edité par la Maison d'Édition Transversal, Târgoviște, Roumanie
Published by Transversal Publishing House, Târgoviște, Romania

© Illustration couverture : Liliana ZAHARIA – Le Danube à Tulcea (Roumanie)

© Cover illustration: Liliana ZAHARIA - Danube River at Tulcea (Romania)

36^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie
36th Conference of the International Association of Climatology

3 – 7 juillet 2023 / 3 – 7 July 2023
Bucarest, Roumanie / Bucharest, Romania

Climat, eau et société : changements et défis
Climate, water and society: changes and challenges

Actes du colloque / *Conference Proceedings*

Éditeur / Editor :
Liliana ZAHARIA (coord.)

Co-éditeurs / Co-editors :

**Gabriela IOANA-TOROIMAC, Adrian TIȘCOVSCHI, Dana CONSTANTIN, Nicoleta IONAC,
Elena GRIGORE, Petre BREȚCAN, Valentina MANOIU, Gabriela-Adina MOROȘANU**



**Colloque organisé par le Département de
Météorologie – Hydrologie / Faculté de Géographie /
Université de Bucarest**

***Conference organized by the Department of
Meteorology – Hydrology / Faculty of Geography /
University of Bucharest***

<http://aic2023.geo.unibuc.ro>

CARACTÉRISATION DES EXTRÊMES THERMIQUES ESTIVAUX EN MILIEU URBAIN. EXEMPLE DE L'ÉTÉ 2022 DANS LE CŒUR DE L'AGGLOMÉRATION GRENOBLOISE (FRANCE)

Sandra ROME¹, Sylvain BIGOT¹, Xavier FOISSARD¹, Nathalie DUBUS²,
Anne-Cécile FOUVET³, Emilie ROUSSET⁴

¹ Univ. Grenoble Alpes, Institut des Géosciences de l'Environnement (UMR 5001, Univ. Grenoble Alpes – CNRS – INRAE – IRD – Grenoble INP), IGE, CS 40700 - 38058 Grenoble Cedex 9, France, sandra.rome@univ-grenoble-alpes.fr, sylvain.bigot@univ-grenoble-alpes.fr, xavier.foissard@univ-grenoble-alpes.fr

² Univ. Grenoble Alpes, UMR 7300 ESPACE (CNRS, Univ. Nice Côte d'Azur), France, nathalie.dubus@univ-grenoble-alpes.fr

³ Ville de Grenoble, 11 Bd Jean Pain 38000 Grenoble, France, anne-cecile.fouvet@grenoble.fr

⁴ Ville d'Echirolles, 1, place des Cinq Fontaines - BP 248, 38433 Échirolles Cedex, France, e.rousset@ville-echirolles.fr

Résumé : L'été 2022 a été l'un des plus chauds jamais enregistrés en France. Ce travail analyse les extrêmes de chaleur lors de cet été 2022 à l'échelle des villes d'Echirolles et de Grenoble (Isère, France) étudiées dans le projet de recherche CASSANDRE. Les travaux s'appuient sur les données quotidiennes de température et de précipitation issues de 5 stations météorologiques, installées dans les communes de Grenoble et d'Echirolles. A partir des données horaires, les valeurs quotidiennes sont sélectionnées sur la période JJA 2022. Un inventaire statistique du nombre de jours de chaleur ($TX \geq 25^\circ\text{C}$), de forte chaleur ($TX \geq 30^\circ\text{C}$), de très forte chaleur ($TX \geq 35^\circ\text{C}$) et de nuits tropicales ($TN \geq 20^\circ\text{C}$) permet de caractériser la durée et l'intensité des 3 vagues de chaleur observées, par rapport à un référentiel rural et national, ainsi qu'au regard des précipitations.

Mots clés : Programme CASSANDRE, températures extrêmes, cœur d'agglomération grenobloise, climat urbain.

Abstract: Characterisation of summer thermal extremes in urban areas. Example of the summer of 2022 in the heart of the Grenoble urban area (France). The summer of 2022 was one of the hottest ever recorded in France. This work analyses the heat extremes during this summer 2022 at the scale of the cities of Echirolles and Grenoble (Isère, France) studied in the CASSANDRE research project. The analyses are based on daily temperature and precipitation data from 5 weather stations, set up in the cities of Grenoble and Echirolles. From the hourly data, daily values are selected over the period JJA 2022. A statistical inventory of the number of warm days ($TX \geq 25^\circ\text{C}$), hot days ($TX \geq 30^\circ\text{C}$), very hot days ($TX \geq 35^\circ\text{C}$) and tropical nights ($TN \geq 20^\circ\text{C}$) is used to characterise the duration and intensity of the 3 heat waves observed, in relation to a rural and national reference system, as well as in relation to precipitation.

Keywords : CASSANDRE programme, extreme temperatures, Grenoble, urban climate.

Introduction

Les vagues de chaleur sont amenées à être de plus en plus fréquentes, intenses et sévères (IPCC, 2020). Cet aléa météorologique est amplifié dans les milieux urbanisés où l'îlot de chaleur urbain (ICU) s'ajoute à la chaleur ambiante. L'été 2022 a été particulièrement chaud en Europe de l'Ouest, avec une anomalie de température moyenne de $+2,8^\circ\text{C}$ pour juin-juillet-août (JJA) à $+3,78^\circ\text{C}$ sur la période incluant mai, cumulant également trois canicules en juin, juillet et août (Sorel *et al.*, 2022 ; Météo-France, 2023a).

Ces records estivaux ont été rendus environ 500 fois plus probables avec le changement climatique d'origine anthropique et ont été de $1,5$ à $1,9^\circ\text{C}$ plus chauds pour la France métropolitaine (IPCC, 2020 ; Robin *et al.* 2021 ; Météo-France, 2023b). La "Vigilance météorologique" de Météo-France permet d'identifier la survenue d'une vague de chaleur en métropole et d'alerter les autorités et la population exposée en cas de risque sanitaire ; elle signale le niveau de danger à l'aide de 4 couleurs (1. vert, 2. jaune, 3. orange, 4. rouge).

Le niveau 3 ou « vigilance canicule » est déclenché lorsque les modèles météorologiques prévoient un dépassement des seuils biométéorologiques pendant au moins 3 jours consécutifs ; en Isère les seuils sont de 19°C pour la température minimale et de 34°C pour la température maximale. L'été 2022, anormalement chaud, a engendré une surmortalité estivale estimée à 2 816 décès en métropole, soit une surmortalité relative de $+16,7\%$, dont 473 décès en région Auvergne Rhône-Alpes (Santé Publique France, 2022).

Pour contribuer à réduire les impacts sanitaires sur la population et améliorer le bien-être urbain, les municipalités font face à des questions pratiques et opérationnelles : pérennité des espèces végétales à planter pour rafraîchir les villes, durabilité et isolation du bâti, gestion des équipements publics ou encore des

activités en intérieur ou extérieur. Ce travail décrit les extrêmes de chaleur lors de l'été 2022 au sein des deux communes étudiées par le projet CASSANDRE (CANiculeS, SANté et Densité de REseaux météorologiques sur le territoire grenoblois), Echirolles et Grenoble (Isère, France), projet financé par l'ADEME et décrit dans Rome et al.(2022).

En effet, l'été 2022 pourrait être banal dans le futur à long terme, et mérite d'être examiné pour en tirer les meilleurs enseignements permettant d'anticiper les mesures d'adaptation nécessaires.

1. Données et méthodes

1.1. Source des données thermiques et pluviométriques quotidiennes

Un précédent travail s'appuie sur un dense réseau de 30 capteurs thermiques positionnés à Grenoble et analysés par Foissard *et al.* (2022) pour l'été 2020.

La présente étude utilise les données horaires de 5 stations météorologiques, dont trois sont situées à Grenoble (Office du Tourisme, Esplanade et Centre Horticole) et deux à Echirolles (Hôtel de Ville et parc Robert Buisson) du 1^{er} juin au 31 août 2022.

1.2. Calcul d'indices thermiques

À partir de ces données horaires sont extraites les valeurs quotidiennes de températures minimales (TN), maximales (TX), moyennes (TM) et le cumul pluviométrique (RR) en JJA 2022, pour chaque station. Puis une moyenne thermique et un cumul pluviométrique moyen au pas de temps quotidien de ces 5 stations météorologiques de Grenoble et d'Echirolles, permettent d'obtenir un **indice quotidien "cœur d'agglomération"** pour chacun des paramètres météo (TN, TX, TM, RR).

S'ajoutent les données quotidiennes TN et TX et les "moyennes 2002-2020" de la station Grenoble Le Versoud (LVD, située à 10 km au NE de la ville) servant de référentiel rural. Plusieurs indices thermiques quotidiens et mensuels sont calculés, *e.g.* le nombre de jours très chauds, de nuits tropicales (Tableau 1). Enfin, les bulletins quotidiens de vigilance météorologique de l'été 2022 sont analysés pour tenir compte de l'expertise à l'échelle du département de l'Isère et consignés en Figure 1.

Tableau 1. Définition des données et indices utilisées selon des normes OMM et ETCCDI (CCI/CLIVAR/JCOMM Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI))

Indice	Signification	Méthode de calcul
TN	Température minimale quotidienne	Valeur trouvée entre 18h UTC la veille (J-1) et 18h UTC le jour J
TX	Température maximale quotidienne	Valeur trouvée entre 6h UTC le jour même et 6h UTC le lendemain
TM	Température moyenne quotidienne	$(TN+TX)/2$
TR	Nombre de nuits tropicales	Température minimale supérieure à 20°C, <i>i.e.</i> $TN \geq 20^\circ C$
SU	Nombre de jours chauds	Température maximale supérieure à 25°C, <i>i.e.</i> $TX \geq 25^\circ C$
CA	Canicule en Isère = niveau de vigilance orange atteint	Dépassement des seuils biométéorologiques ($TN \geq 19^\circ C$ et $TX \geq 34^\circ C$) pendant au moins 3 jours consécutifs
HW	Vague de chaleur	Atteinte et/ou dépassement des seuils météo ($TN \geq 19^\circ C$ et $TX \geq 34^\circ C$) pendant au moins 6 demi-journées consécutives
RR	Cumul de précipitations quotidiennes	Calculé entre 6h UTC le jour même et 6h UTC le lendemain
Cœur	Indices quotidiens "cœur d'agglomération"	Moyenne journalière des températures et cumul pluviométrique moyen calculés à partir des données brutes des 5 stations météorologiques (© Ville de Grenoble, ville d'Echirolles, Xavier Foissard).

Décompte France			Décompte Isère			Niveau maximum (1 à 4)	Signification de la vigilance
J	J	A	J	J	A		
3	1	0	20	13	19	1. Vert	Pas de vigilance
10	14	11	2	7	8	2. Jaune	Être attentif
14	14	20	8	11	4	3. Orange	Être très vigilant
3	2	0	0	0	0	4. Rouge	Vigilance absolue

Figure 1. Décompte mensuel (en JJA) des bulletins quotidiens de vigilance météorologique lors de l'été 2022 en France métropolitaine (tous départements confondus) et dans le département de l'Isère et signification de la vigilance. Informations créées à partir de données de Météo-France, via <http://vigilance-public.meteo.fr/>

2. Résultats et discussion : les paroxysmes thermiques de l'été 2022

2.1. Records de mise en "vigilance canicule"

Différents indices statistiques permettent de qualifier l'été 2022 d'exceptionnel avec une anomalie thermique de +2,7°C, confirmant, à l'échelle du cœur de l'Y grenoblois, les travaux de Sorel *et al.* (2022) pour la France. L'été 2022 est le 2^e plus chaud que la France a connu, avec un nombre record de **33 jours de vagues de chaleur** enregistré. L'été 1983 détenait le précédent record avec 23 jours, devant 22 jours en 2003 (Météo-France (2022a)). À l'échelle de l'Isère, le Préfet a placé 3 fois le département en "alerte canicule" (stade 3 de la vigilance aux fortes chaleurs, niveau orange), soit un total de 23 jours ; aucun jour de l'été n'a été mis en "vigilance absolue" (stade 4, niveau rouge) en Isère, contrairement à plusieurs départements du sud-ouest de la France (avec 5 jours au total, classés en niveau rouge), ce qui est exceptionnel (Figure 1). Les 3 mois ont été à risque important, de façon très différente : juin a compté 8 jours de vigilance orange, juillet 11 jours et août en a totalisé 4. La survenue d'orages sur l'Isère dès la mi-août a favorisé la chute des températures anormalement élevées et la fin de la canicule.

2.2. Une canicule par mois

En France métropolitaine, le 18 juillet 2022 est le jour le plus chaud de l'été, associé à une circulation de type blocage d'été retrouvé sur toute la période, ainsi que durant la canicule du mois d'août (Sorel *et al.*, 2022). À Grenoble-Echirolles, le paroxysme thermique est décalé au 21-22 juillet : TN=22,7°C et TX=38,2°C, mais les TX ont dépassé 39,5°C le 22 juillet à "Grenoble Centre Horticole" et "Echirolles Robert Buisson". Les 3 canicules repérées à l'échelle nationale sont bien visibles dans le « cœur d'agglomération » : en juin (18-20), juillet (17-26) et août (1-5) (Figure 2).

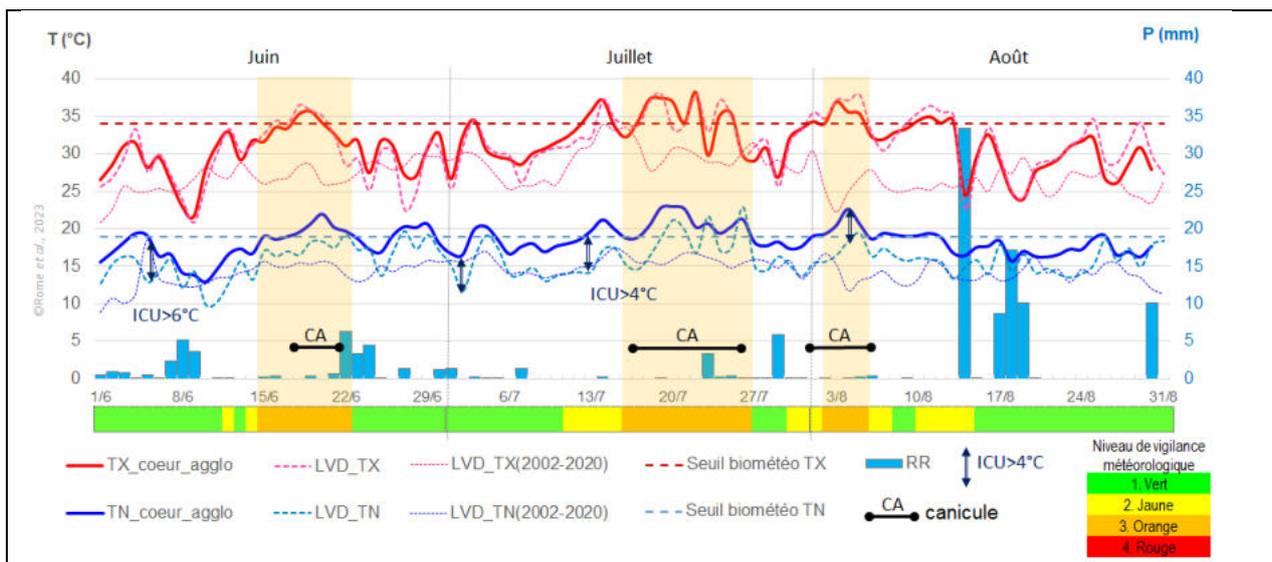


Figure 2. Variations quotidiennes de l'indice « cœur d'agglomération grenoblois » des températures maximales (TX), minimales (TN) et des précipitations lors de l'été 2022 (juin à août) à Grenoble et Echirolles et dans la station rurale de Grenoble Le Versoud (LVD). La moyenne 2002-2020de Grenoble LVD et les seuils biométéorologiques caniculaires

($TX \geq 34^\circ\text{C}$ et $TN \geq 19^\circ\text{C}$) sont indiqués. Les niveaux de vigilance météorologique quotidiens sont précisés. Source des données © Ville de Grenoble, ville d'Echirolles, Xavier Foissard et ©Météo-France (station LVD).

L'été 2022 dans ce cœur de l'Y grenoblois enregistre 13 jours très chauds, 19 nuits tropicales et 20 jours de vague de chaleur. L'écart thermique entre le cœur d'agglomération grenobloise et la campagne environnante (station Grenoble Le Versoud) montre un îlot de Chaleur Urbain (ICU) très présent : 38 nuits ont un $ICU > +3^\circ\text{C}$ et 8 nuits ont un $ICU > +4^\circ\text{C}$; l'ICU atteint $+6,2^\circ\text{C}$ le 5 juin 2022 (Figure 2). De plus, 79 jours sur 92 que compte l'été, enregistrent des températures qui dépassent les « normales ». Les canicules s'arrêtent généralement après un épisode orageux apportant des précipitations supérieures à 5 mm. Les températures sont d'ailleurs significativement et inversement corrélées aux précipitations (corrélation de Pearson, $\alpha = 5\%$), surtout les TX ($r = -0,45$).

Conclusion

Avec une anomalie thermique de $+2,8^\circ\text{C}$, l'été 2022 fut celui de tous les paroxysmes : canicules, sécheresse, feux de forêts, etc. Il est représentatif de la médiane des étés à l'horizon 2085 (DRIAS, 2020). Les 3 canicules nationales sont retrouvées dans l'Y grenoblois, totalisant 33 jours en France vs 21 jours à Grenoble-Echirolles. Le cœur d'agglomération a enregistré 19 nuits tropicales (6 en juin, 10 en juillet et 3 en août) et 13 jours très chauds ; cette combinaison représente un danger pour les populations vulnérables. Les vigilances météorologiques ont été moins élevées en Isère qu'en France métropolitaine, atteignant le stade 3 "vigilance orange ou canicule" contre 5 jours en stade 4 de "vigilance absolue" sur le territoire national. Les épisodes caniculaires prennent généralement fin, en Isère, par un épisode orageux pluvieux. La suite du travail devrait permettre de spatialiser à très fine échelle les 3 canicules de l'été 2022, grâce aux 62 capteurs disponibles répartis dans ce cœur d'agglomération, et au regard du milieu péri-urbain.

Remerciements : Ce travail est réalisé dans le cadre du projet CASSANDRE (CANiculeS, SANté et Densité de REseaux météorologiques sur le territoire grenoblois) financé par l'APR PACT²e (Planifier et Aménager, face au Changement climatique, la Transition des Territoires) de l'ADEME.

Bibliographie

DRIAS Les futurs du climat., 2020 : RCP4.5, Horizon lointain (2071-2100) - Moyenne estivale, Produit multi-modèles de DRIAS-2020 : médiane de l'ensemble. <http://www.drias-climat.fr/>.

Foissard X., Rome R., Bigot S., Fouvet A.-C., 2022 : Réseau de mesures et analyses spatio-temporelles de l'îlot de chaleur urbain grenoblois : l'été 2020. *Actes du Colloque de l'AIC*, **35**, Toulouse, France.

Météo-France, 2023a : « Été 2022 : les épisodes de chaleur attribués au changement climatique ». <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers-0/ete-2022-les-episodes-de-chaleur-attribues-au-changement-climatique>.

Météo-France, 2023b : « 2022, année la plus chaude en France ». <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/entretiens/les-episodes-mediterraneens-les-plus-forts-seront-plus-frequents>.

Robin Y., Drouin A., Soubeyrou J.-M., Ribes A. et Vautard R., 2021 : Comment attribuer une canicule au changement climatique ? *La Météorologie*, **115**, 028. <https://doi.org/10.37053/lameteorologie-2021-0090>.

Rome S., Foissard X., Bigot S., Fouvet A.-C., Quesne A., Lepeule J., Bicout D., Dubus N., 2022 : Enjeux et objectifs du projet CASSANDRE (CANiculeS, SANté et Densité de REseaux météorologiques sur le territoire grenoblois). *Actes du Colloque de l'AIC*, **35**, Toulouse, France.

Santé Publique France, Casamatta D. et Fougere E., 2022 : Canicule et santé. *Bulletin de Santé Publique*, Été 2022, 10 pages.

Sorel M., Mittelberger S., et Kreitz M., 2022 : Un Été 2022 Extrêmement Chaud. *La Météorologie*, **119**, 099. <https://doi.org/10.37053/lameteorologie-2022-0095>.

IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.