



**HAL**  
open science

# RÉSEAU DE MESURES ET ANALYSES SPATIO-TEMPORELLES DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN GRENOBLOIS : L'ÉTÉ 2020

Xavier Foissard, Sandra Rome, Sylvain Bigot, Anne-Cécile Fouvet

► **To cite this version:**

Xavier Foissard, Sandra Rome, Sylvain Bigot, Anne-Cécile Fouvet. RÉSEAU DE MESURES ET ANALYSES SPATIO-TEMPORELLES DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN GRENOBLOIS : L'ÉTÉ 2020. Jul 2022, Toulouse, France. halshs-03763770

**HAL Id: halshs-03763770**

**<https://shs.hal.science/halshs-03763770>**

Submitted on 29 Aug 2022

**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.

# AIC TOULOUSE

35<sup>ème</sup> colloque annuel  
de l'Association Internationale  
de Climatologie

## Le changement climatique Les risques et l'adaptation

### Actes du colloque

Éditeurs scientifiques

Jean-Michel SOUBEYROUX (Météo-France)

Dominique SERÇA (Université Toulouse III)



# LE CHANGEMENT CLIMATIQUE LES RISQUES ET L'ADAPTATION

Actes du colloque  
organisé à Toulouse du 6 au 9 juillet 2022

## COMPOSITION DU COMITÉ D'ORGANISATION

Jean-Michel SOUBEYROUX  
Météo-France, Direction de la  
Climatologie et des Services Climatiques

Dominique SERÇA  
Université Toulouse III, Paul Sabatier  
Laboratoire d'Aérodynamique

Valérie BONNARDOT  
Université Rennes 2, UMR 6554 LETG  
AIC

Philippe CAILLE  
Météo-France  
Direction de la Communication

Agathe DROUIN  
Météo-France, Direction de la  
Climatologie et des Services Climatiques

Lionel JARLAN  
IRD et CESBIO

Sandra ROME  
Université Grenoble Alpes  
AIC

Isabelle VARIN  
Météo-France  
Direction de la Communication

# COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Nous remercions vivement les 55 membres du Comité Scientifique International du 35<sup>e</sup> colloque de l'AIC2022 listés ci-dessous pour leur dévouement à relire de manière attentive les textes qui leur ont été confiés et sans qui, ces actes n'auraient pas eu la qualité scientifique attendue :

Fiorella <b>ACQUAOTTA</b>	Wilfried <b>ENLICHER</b>
Alexandre <b>BELLEFLAMME</b>	Joan <b>ESTRANY</b>
Habib <b>BENBOUBAKER</b>	Pierre <b>ETCHEVERS</b>
Sylvain <b>BIGOT</b>	Jean-Michel <b>FALLOT</b>
Valérie <b>BONNARDOT</b>	Guillaume <b>FORTIN</b>
Elodie <b>BRICHE</b>	Mercedes <b>FOURMENT</b>
Pierre <b>CAMBERLIN</b>	Sinda <b>HAOUES JOUVE</b>
Olivier <b>CANTAT</b>	Julia <b>HIDALGO</b>
Pierre <b>CARREGA</b>	Iulian <b>HOLOBĂCĂ</b>
Dana Oprea <b>CONSTANTIN</b>	Lionel <b>JARLAN</b>
Lola <b>CORRE</b>	Pierre <b>KASTENDEUCH</b>
Salem <b>DAHECH</b>	Saida <b>KERMADI</b>
Fabiana Ely <b>DEISE</b>	Aude <b>LEMONSU</b>
Sébastien <b>DOUTRELOUP</b>	Catherine <b>LIOUSSE</b>
Gilles <b>DROGUE</b>	Malika <b>MADELIN</b>
Agathe <b>DROUIN</b>	Panagiotis <b>MAHERAS</b>
Vincent <b>DUBREUIL</b>	Nicolas <b>MARTIN</b>
Taoufik <b>ELMELKI</b>	Francisco <b>MENDONCA</b>

# **INTRODUCTION AU 35<sup>E</sup> COLLOQUE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CLIMATOLOGIE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, LES RISQUES ET L'ADAPTATION TOULOUSE 2022**

*Jean-Michel SOUBEYROUX et Dominique SERÇA*

## **AIC Toulouse 2022 : « Se retrouver ... pour le climat »**

Après l'annulation du 33<sup>e</sup> colloque AIC de Rennes 2020 pour cause de COVID et l'organisation en distanciel du 34<sup>e</sup> colloque AIC de Casablanca 2021, la 35<sup>e</sup> édition du colloque AIC à Toulouse en 2022 est d'abord marquée par le plaisir de pouvoir se retrouver ensemble entre collègues et amis de l'association pour partager les résultats de nos travaux scientifiques mais aussi nos combats pour une meilleure prise en compte du changement climatique dans notre société.

L'organisation du 35<sup>e</sup> colloque, lancée dès l'été 2020 a été préparée avec la volonté de rassemblement des différents laboratoires travaillant sur le climat à Toulouse autour de Météo-France (Direction de la Climatologie et des Services Climatiques) et de l'Université Toulouse 3 Paul Sabatier (Laboratoire d'Aérodynamique de l'Observation Midi Pyrénées). Ainsi le CESBIO a activement participé à l'organisation grâce à Lionel Jarlan que nous remercions vivement, tandis que l'Université Toulouse 2 Jean Jaurès a soutenu l'organisation du colloque et s'est impliquée dans les activités du Comité Scientifique.

Conscients de l'ampleur de la tâche d'organisation d'un tel événement et du niveau d'excellence développée au fil des années, nous avons voulu aussi nous entourer de l'expérience des membres du bureau de l'AIC en la personne de Valérie Bonnardot et Sandra Rome qui nous ont accompagné et conseillé au quotidien. Nous les remercions très vivement. Du point de vue logistique, le 35<sup>e</sup> colloque de l'AIC se déroulera dans les locaux du Centre International de Conférences de la Météopole à Toulouse, gracieusement mis à disposition par Météo-France et s'appuie sur la maîtrise de l'organisation de tels événements de l'ensemble de son personnel, à commencer par Philippe Caille son responsable et Isabelle Varin, sa précieuse assistante.

L'organisation du colloque a aussi bénéficié de l'appui d'importants sponsors parmi lesquels on souhaite particulièrement remercier la Mairie de Toulouse, la région Occitanie, l'Université Paul Sabatier ainsi que l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). L'organisation de l'excursion scientifique à l'Observatoire du Pic du Midi (berceau de l'observatoire météorologique en France dès 1881) a été facilitée par l'Observatoire Midi Pyrénées (OMP), notamment pour la possibilité de visite personnalisée avec les chercheurs présents sur le site.

Le thème principal du colloque sur le changement climatique, les risques et l'adaptation s'inscrit dans l'actualité scientifique très riche des douze derniers mois ayant vu la publication de trois rapports du GIEC, la très importante COP26 du Glasgow et de nombreux débats sur l'urgence climatique, insuffisamment prise en compte par nos dirigeants. Il donne une opportunité unique de regard international sur cette question dans un contexte de multiplication d'événements extrêmes tels que canicules aujourd'hui associées aux dômes de chaleur tels que rencontrés l'été dernier au Canada ou sur le bassin Méditerranéen et leurs corollaires sous forme d'incendies dévastateurs, pluies extrêmes ayant causé tant de victimes et dégâts entre l'Europe (Allemagne et Belgique), les Etats Unis (New York) et la Chine, les cyclones tropicaux mais aussi de démarches innovantes d'adaptation à l'échelle des territoires.

Les autres thématiques retenues pour le colloque dans le contexte notamment des différents thèmes de recherche sur le climat à Toulouse ont été l'observation et la modélisation du climat, la télédétection, le climat urbain, le climat de montagne, climat et santé, l'hydroclimatologie, l'agroclimatologie ainsi que climat et qualité de l'air et énergie. L'appel à communication a recueilli 185 propositions provenant de 17 pays différents répartis sur 4 continents : Europe, Afrique, Amérique du Sud et Amérique du Nord. 170 propositions ont été soumises au processus de revue piloté par un comité scientifique international de 55 membres provenant de 15 pays.

Au final, 145 communications ont été acceptées pour être publiées dans les actes dont 103 à l'oral et 42 sous forme de poster.

Deux conférences invitées ont également été prévues pour initier des échanges sur les thèmes principaux du colloque :

- une première par Hervé Douville, chercheur sur le climat au CNRM, ayant coordonné le chapitre eau du 6<sup>e</sup> rapport du GIEC sur les bases physiques abordera la question de la connaissance et des incertitudes sur l'évolution des extrêmes climatiques et de leurs impacts
- une deuxième par David Salas y Melia, Responsable du Laboratoire sur le climat (GMGEC) au CNRM, membre du bureau du Réseau d'Expertise sur le Changement Climatique en Occitanie (RECO) sera dédiée aux rôles et fonctionnement des structures interface « recherche - décision » à travers l'expérience récente du RECO aux contacts d'organismes régionaux équivalents tels qu'Acclimaterra ou le GREC Sud.

Nous ne pourrions pas terminer cette présentation du 35<sup>e</sup> colloque sans aborder également l'exigence de parité homme-femme qui nous a guidé aux différentes étapes de l'organisation et s'est traduite notamment à travers la composition du comité d'organisation ou des présidences de séance des différentes sessions.

En vous souhaitant une bonne lecture.

# **RÉSUMES ÉTENDUS DES COMMUNICATIONS ORALES ET POSTERS**

## **TABLE DES MATIÈRES PAR SESSION**

<b>Session OBSERVATION - MODÉLISATION.....</b>	<b>7</b>
<b>Session TÉLÉDÉTECTION.....</b>	<b>9</b>
<b>Session CLIMAT URBAIN.....</b>	<b>10</b>
<b>Session MONTAGNE - EAU .....</b>	<b>13</b>
<b>Session SANTÉ - AIR - ÉNERGIE .....</b>	<b>15</b>
<b>Session AGROMÉTÉOROLOGIE .....</b>	<b>17</b>

## Session OBSERVATION - MODÉLISATION

- **ÉVOLUTION PASSÉE ET FUTURE DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES SUR LES RÉGIONS MÉDITERRANÉENNES**  
*Jean Michel SOUBEYROUX, Brigitte DUBUISSON, Viviane GOUGET, Raphaëlle SAMACOITS*
- **ÉVOLUTION DE LA COUVERTURE NUAGEUSE BASSE DE SAISON SÈCHE SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE DE L'AFRIQUE CENTRALE DE L'ÉCHELLE DIURNE À INTERANNUELLE**  
*Vincent MORON, Raffael AELLIG, Lewis BACKITA, Alexandre BERGER, Sylvain BIGOT, Pierre CAMBERLIN, Thierry CASTEL, Olivier CHAMPAGNE, Andreas FINK, Peter KNIPPERTZ, Jean Damien MALOBA MAKANGA, Armand MARISCAL, Béatrice MOREL, Amine OUHECHOU, Julien PERGAUD, Nathalie PHILIPPON, Gaston SAMBA, Geneviève SEZE*
- **LES TORNADES EN FRANCE : ÉTUDE SPATIO-TEMPORELLE D'UN PHÉNOMÈNE SOUS-ESTIMÉ**  
*Matthieu LACROIX, Saïda KERMADI, Agnès TAMBURINI, Benoît THOMÉ*
- **ESSAI D'ÉTUDE DES TYPES DE CIRCULATION À DIFFÉRENTES ALTITUDES : L'EXEMPLE DE BEYROUTH**  
*Myriam TRABOULSI, Konstantia TOLIKA, Christina ANAGNOSTOPOULOU, IOANNIS TEGOULIAS, Panagiotis MAHERAS*
- **LES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE DUHAMEL DU MONCEAU DE 1740 A 1780**  
*Daniel ROUSSEAU*
- **CLIMATOLOGIE DES TROMBES EN FRANCE : CONTEXTE MÉTÉOROLOGIQUE**  
*François PAUL*
- **PROJECTIONS CLIMATIQUES CMIP6 À L'ÉCHELLE DU SUD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE : ÉVOLUTION DES CONTRAINTES THERMO-PLUVIOMÉTRIQUES POUR LES PRINCIPAUX AGROSYSTÈMES ASSOCIANT CACAO, HÉVÉA, PALMIER À HUILE ET MANIOC**  
*Sylvain BIGOT, Dominique DUMAS, Télesphore Y. BROU, Dabissi D. NOUFE, Pauline DIBI, Kouadio N'DA, Stéphanie D. K. HOUPHLET, François MUNOZ, Arona DIEDHIOU, Christian CILAS*
- **IMPACT DE CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES EXTRÊMES DE TEMPÉRATURES AU MAROC**  
*Wahib HAMMOUDY, Rachid ILMEN, Mohamed SINAN*
- **ANALYSE DES ONDES D'EST AFRICAINES ET SURVENANCE DES PLUIES DURANT LA CIRCULATION DE LA MOUSSON EN AFRIQUE DE L'OUEST**  
*Edgard Arcade DANNOU, Japhet KODJA, Arnaud Valéry Vidéssé HOUETO, Ernest AMOUSSOU, Constant HOUNDENOU, Expédit Wilfried VISSIN, Justin NOUKPOZOUNKOU*
- **LA FIABILITE DES DONNEES D'INTENSITE OBTENUES PAR RECONNAISSANCES AERIENNES DANS LES TYPHONS DES CATEGORIES 4 ET 5 (1980-1987)**  
*Karl HOARAU, Mark LANDER, Freddy VINET, Chip GUARD, Roger EDSON*
- **ANALYSE DES TENDANCES PLUVIOMETRIQUES DES DONNEES HOMOGÉNÉISÉES DU RÉSEAU D'OBSERVATION CLIMATIQUE DE LA RÉGION FES-MEKNES (MAROC)**  
*Mohamed HANCHANE, Redouane KESSABI, Jose A GUIJARRO*



- **ÉVOLUTION DU NIVEAU D'EAU DANS LES PRINCIPAUX BASSINS D'EAUX SOUTERRAINS DU MONDE ET IMPACTS POTENTIELS SUR LES POPULATIONS**  
*Maya COSTANTINI, Jeanne COLIN, Bertrand DECHARME*
- **ATTITUDE ET PERCEPTION DES COMMUNAUTÉS VOISINES DES AIRES PROTÉGÉES SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : IMPLICATION À LA CONSERVATION**  
*Hajaniaina RASOLOARISON, Nirhy RABIBISOA*
- **EVALUATION OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON SOIL EROSION IN ROMANIA**  
*Cristian PATRICHE, Rosca BOGDAN, Radu Gabriel PIRNAU, Liviu Mihai IRIMIA*
- **MINIMUM AIR TEMPERATURES GOING TO EXTREMES IN BRAȘOV CITY (ROMANIA)**  
*Raul-Gabriel ILEA, Nicoleta IONAC, Dana-Maria CONSTANTIN (OPREA), Elena GRIGORE*
- **LA SURVEILLANCE DU CLIMAT PLANETAIRE AVEC LE SMOC**  
*Régis JUVANON DU VACHAT*
- **PROJECTIONS DU CONFORT THERMIQUE DURANT LE XXIE SIECLE À NICE PAR DOWNSCALING STATISTIQUE**  
*Nicolas MARTIN*
- **NUMERICAL SIMULATION USING WRF MODEL OF THE JANUARY 2002 OFF-SEASON EXTREME CLIMATE EVENT OVER WESTERN SAHEL**  
*Abdoulaye SARR*
- **VARIABILITÉ DES PRÉCIPITATIONS DANS LE SUD DU BRÉSIL ET SON ASSOCIATION AVEC DIFFÉRENTS TYPES D'EL NIÑO – OSCILLATION AUSTRALE (ENSO)**  
*Gabriela GOUDARD, Leila LIMBERGER, Francisco MENDONÇA*
- **ÉVALUATION DU MODÈLE AROME POUR APPRÉHENDER L'ÉVOLUTION PASSÉE ET FUTURE DU CLIMAT DANS LES ALPES FRANÇAISES**  
*Diego MONTEIRO, Cécile CAILLAUD, Raphaëlle SAMACOÏTS, Matthieu LAFAYSSE, Samuel MORIN*
- **LA VIGNE EN BRETAGNE SOUS OBSERVATION CLIMATIQUE**  
*Valérie BONNARDOT, Jeanne THIBAUT, Théo PETITJEAN, Cyril TISSOT, Hervé QUENOL*
- **USING KÖPPEN CLIMATE CLASSIFICATION LIKE DIAGNOSTIC TOOL TO QUANTIFY CLIMATE VARIATION IN SOUTHWEST BULGARIA**  
*Hristo Bozhidarov POPOV*
- **QUELLE CONFIANCE ACCORDER AUX DONNEES CMIP-6 POUR L'ESTIMATION DES PRÉCIPITATIONS ?**  
*Jean Claude BERGES*
- **ÉVOLUTION PASSÉE ET FUTURE DES VAGUES DE CHALEUR EN FRANCE**  
*Michel SCHNEIDER*

## Session TÉLÉDÉTECTION

- **MAPPING THE SPATIAL-TEMPORAL VEGETATION RESPONSE TO DROUGHTS IN NORTHERN ITALY**

*Alice BARONETTI, Matia MENICHINI, Antonello PROVENZALE*

- **VARIABILITÉ INTERANNUELLE DU RAYONNEMENT SOLAIRE INCIDENT SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE D'AFRIQUE CENTRALE**

*Amine OUHECHOU, Nathalie PHILIPPON, Béatrice MOREL*

- **UTILISATION DE L'IMAGERIE RADAR (SENTINEL 1 ET 3) POUR LA SURVEILLANCE DU LAC D'AYAMÉ DANS LE SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE**

*Télesphore Y. BROU, Dabissi NOUFE, Dominique DUMAS, Sylvain BIGOT, Pauline DIBI-ANOHI*

- **RAINFALL EXTREMES IN NORTHERN CHILE: CLIMATOLOGY, TRENDS, AND ECOSYSTEM RESPONSES IN SALT MARSH REGIONS**

*Pablo SARRICOLEA, Hugo ROMERO, Vincent DUBREUIL, Pedro MUTTI, Damien ARVOR, Beatriz M. FUNATSU*

- **RÉSILIENCE ET ADAPTATION DES TERRITOIRES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EXEMPLE DE LA GESTION DU RUISSELLEMENT EN ESPACE RURAL DANS L'AUDE**

*Sébastien LE CORRE, Gwendoline BLANCHET, Pauline GUNTZBURGER, Hélène DE BOISSEZON, Nancy OLIVETO ERVITI, Adrien SOLACROUP, Fabien DALLOCCHIO, Nathalie CLARENC*

- **ESTIMATION DES TEMPÉRATURES DE SURFACES(LST) À SFAX (TUNISIE) EN ÉTÉ : EXEMPLES DU 26 JUILLET ET DU 11 AOÛT 2021**

*Hamdi EUCHI, Salem Dahech*

- **LA MESURE DU DÉSÉQUILIBRE ÉNERGÉTIQUE PLANÉTAIRE PAR GÉODÉSIE SPATIALE POUR CONTRAINDRE LE BILAN D'ÉNERGIE GLOBAL ET ESTIMER LA SENSIBILITÉ CLIMATIQUE**

*Jonathan CHENAL, Benoît MEYSSIGNAC, Alejandro BLAZQUEZ, Robin GUILLAUME-CASTEL*

- **ÉVALUATION DE LA SÉCHERESSE CLIMATIQUE ET DE SON IMPACT SUR LE PLAN D'EAU DU BARRAGE HASSAN ADDAKHIL (MAROC)**

*Abderrazzak SADIKI, Mohamed HANCHANE*

- **A SURFACE ALBEDO PRODUCT AT HIGH SPATIAL RESOLUTION FROM A COMBINATION OF SENTINEL-2 AND SENTINEL-3 DATA : TEMPORAL MONITORING OF AGRICULTURAL ALBEDO AND CARBON FLUXES**

*Jérémy AUCLAIR, Jean-Louis ROUJEAN, Eric CESCHIA, Morgan Ferlicq, Julien Michel, Pierre MISCHLER, Jonathan LEON TAVARES*

- **CARACTÉRISATION DES IMPACTS DES VARIABILITÉS CLIMATIQUES SUR LA SÈCHERESSE AGRICOLE CAS DU BASSIN DE LA MOYENNE MOULOUYA - MAROC**

*Nezha LGHABI, Mohamed LAMAAMRI, Abdelkhalek GHAZI, Khaoula FARIS*

## Session CLIMAT URBAIN

- **L'ÎLOT DE FRAICHEUR URBAIN À STRASBOURG : MYTHE OU RÉALITÉ ?**  
*Pierre KASTENDEUCH, Naïs MASSING, Nathalia PHILIPPS, Georges NAJJAR*
- **COOLPARKS : OBSERVATION DU RAFRAICHISSEMENT D'UN PARC NANTAIS AU-DELA DE SON ENCEINTE**  
*Jérémy BERNARD, Adrien GROS, Auline Rodler, Benjamin Morille, Marjorie Musy, Pascal KERAVERE, Sihem GUERNOUTI*
- **MODÉLISATION DE L'AMBIANCE CLIMATIQUE D'UNE ZONE URBAINE À DIFFÉRENTES ÉCHELLES : CAS DE LA VILLE DE STRASBOURG**  
*Nathalia PHILIPPS, Marine GORET, Pierre KASTENDEUCH, Georges NAJJAR*
- **EXPLORATION DES VARIATIONS THERMIQUES DIURNES DANS UNE AIRE URBAINE DE MILIEU TEMPÉRÉ SEMI-COTINENTAL À L'AIDE DES DONNÉES DE TEMPÉRATURE DE SURFACE TERRESTRE ECOSTRESS**  
*Sébastien LEBAUT, Nassima HASSANI, Gilles DROGUE*
- **MODÉLISATION STATIQUE MULTICRITÈRE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN EN CONTEXTE CANICULAIRE**  
*N. HASSANI, D. FRANÇOIS, G. DROGUE*
- **LES PRINCIPAUX RISQUES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU MAROC : CAS DE LA PLAINE DU GHARB**  
*Mohamed FATHI, Saïda AITEL ABASS*
- **ÉVALUATION DE LA CANICULE ESTIVALE 2021 DANS LES VILLES MAROCAINES : REGARDS SUR LES MODIFICATIONS STATISTIQUES DES TEMPÉRATURES**  
*Hind FATTAH*
- **LES PREMIERS RÉSULTATS DE LA SURVEILLANCE DE L'ÎLOT DE CHALEUR À CLUJ-NAPOCA À L'AIDE DU RÉSEAU AUTOMATIQUE MICCRO (MONITORIZAREA INSULEI DE CALDURA IN CLUJ - ROMANIA)**  
*I.H. HOLOBĂCĂ, M. ALEXE et K. TEMERDEK-IVAN*
- **THE OPERATIONAL METAMATRIX OF THERMAL COMFORT FOR EUROPEAN AREAS, A GRAPHICAL METHODOLOGY FOR APPROPRIATE SELECTION OF OUTDOOR THERMAL COMFORT INDICES : APPLICATION TO AN URBAN PLANNING STUDY-CASE**  
*Matteo MIGLIARI, Rémi BABUT, Camille DE GAULMYN, Loïc CHESNE, Olivier BAVEREL*
- **VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DE LA TEMPÉRATURE À GABES**  
*Mounir BERRICH, Sami CHARFI et Salem DAHECH*
- **SITUATIONS MÉTÉOROLOGIQUES EXTRÊMES AU MAROC SEPTENTRIONAL : CAS DES VAGUES DE CHALEUR SUR LA VILLE DE CASABLANCA**  
*Aïssam BOUAICHE, Nidal LOTFI, Mohamed Saïd KARROUK, Majda CHAIR, Mohamed YAZAMI*
- **HABITER EN PÉRIODES DE FORTES CHALEURS - VÉCUS ET INÉGALITÉS SOCIO-SPATIALES DES HABITANTS DE SAINT-PIREST**  
*Malou ALLAGNAT, Géraldine MOLINA*

- **ÉVALUATION DU RAFFRAÎCHISSEMENT DES PARCS URBAINS À L'AIDE DU BILAN ÉNERGÉTIQUE DE MOTIFS ÉLÉMENTAIRES DU PARC**  
*Adrien GROS, Auline RODLER, Jeremy BERNARD, Benjamin MORILLE, Sihem GUERNOUTI, Marjorie MUSY*
- **IMPACT OF A MODERATE WATER STRESS ON THE CLIMATIC SERVICES PROVIDED BY STREET TREES : AN EXPERIMENTAL STUDY INSIDE AN OUTDOOR CANYON STREET SCALE MODEL**  
*Julien THIERRY, Sophie HERPIN, Loli MATURANA, Sabine DEMOTES-MAINARD, Fabrice RODRIGUEZ, Patrice CANNAVO, Pierre-Emmanuel BOURNET.*
- **BRISES THERMIQUES À BIZERTE : APPROCHE MULTISCALEAIRE**  
*Mounir SELLAMI, Salem DAHECH., Sami CHARFI.*
- **CARACTÉRISTIQUES DE LA BRISE LITTORALE À DJIBOUTI : ÉTUDE PRÉLIMINAIRE**  
*Moumina IDRIS DAOUUD et Salem DAHECH*
- **ÉTUDE DES TEMPÉRATURES SIMULÉES AVEC MÉSO-NH : SENSIBILITÉ À L'ARTIFICIALISATION DES SOLS À GRENOBLE ET LYON**  
*Julita DIALLO-DUDEK, Valéry Masson, Olivier Planchon, Jacques Comby, Christine Lac, Julien Pergaud, Nadège Allegri-Martiny, Benjamin Pohl, Yves Richard, Aude Lemonsu*
- **STRUCTURE FINE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN PARISIEN À PARTIR D'UN RÉSEAU DE STATIONS NON CONVENTIONNELLES**  
*Malika MADELIN, Vincent DUPUIS*
- **COMMENT ET POUR QUI CARTOGRAPHIER L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN (ICU) ?**  
*Yves Richard, Julien Crétat, Julita Dudek, Nadège Martiny, Julien Pergaud, Benjamin Pohl, Mélissa Poupelin, Mario Rega, Daniel Joly, Damien Roy, Thomas Thévenin, Justin Emery, Ludovic Granjon, Suzie Besset, Oanez Codet-Hache, Marie-Françoise Dodet, David Fau, Anne Volatier*
- **L'ADAPTATION CLIMATIQUE EN URBANISME, UNE OPPORTUNITÉ POUR LA JUSTICE ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE ?**  
*Geneviève BRETAGNE*
- **RÉSEAU DE MESURES ET ANALYSES SPATIO-TEMPORELLES DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN GRENOBLOIS : L'ÉTÉ 2020**  
*Xavier Foissard, Sandra Rome, Sylvain Bigot, Anne-Cécile fouvel*
- **IMPACTS D'UNE MEILLEURE DESCRIPTION DE LA VÉGÉTATION URBAINNE SUR DES SIMULATIONS DU CLIMAT URBAIN AVEC SURFEX-TEB**  
*Mélissa POUPELIN, Julien PERGAUD, Damien ROY, Julita DUDEK, Ludovic GRANJON, Nadège MARTINY, Julien CRÉTAT, Mario REGA, Yves RICHARD, Thomas THEVENIN*
- **BENEFITS OF WELL-WATERED TREES ON STREET MICROCLIMATE : WHAT IS THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ?**  
*Sophie Herpin, Souleymane MBALLO, Julien THIERRY, Dominique LEMESLE, Lydia BRIALIX, Fabrice ODRIGUEZ, Sabine DEMOTES-MAINARD, Pierre-Emmanuel BOURNET*
- **MODÉLISATION CLIMATIQUE RÉGIONALE À HAUTE RÉOLUTION POUR L'ÉTUDE DU CLIMAT URBAIN : ÉVALUATION DU MODÈLE CNRM-AROME SUR 12 VILLES FRANÇAISES**  
*Yohanna MICHAU, Aude LEMONSU, Philippe LUCAS-PICHER, Cécile CAILLAUD, Antoinette ALIAS*
- **LES BRISES DE MER ET L'ÎLOT DE CHALEUR À FLORIANÓPOLIS - BRÉSIL**  
*Geisa ROCHA, Vincent DUBREUIL, Francisco MENDONÇA*

- **ÉTUDE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN À VITRE (35), APPROCHE PAR MODÉLISATION DE L'OCCUPATION DES SOLS ET MESURES DE TERRAIN**  
*Marion DELIDAI, Vincent DUBREUIL, Philippe LECUYER, Annabelle LAMY, Gabriel DELAUNAY, Charlotte BRABANT*
- **INFLUENCE DE LA TAILLE DE TACHE URBAINE SUR L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN : ETUDE SUR DES COMMUNES D'ILLE ET VILAINE**  
*Charlotte BRABANT, Vincent DUBREUIL, Simon DUFOUR, Gabriel DELAUNAY, Jean NABUCET*
- **UN CHANGEMENT CLIMATIQUE SOUVENT OUBLIE : LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS EN AMAZONIE**  
*Vincent DUBREUIL, Damien ARVOR, Vincent NEDELEC, Jean NABUCET, Charlotte BRABANT, Carlos Antonio DA SILVA JUNIOR, Laurimar VENDRUSCULO, Bruno CARDOSO, Marco ANTONIO Camillo de CARVALHO, Thiago RIZZI, Isabelle BONINI, Luis DE ARAUJO, Margarete AMORIM*
- **CARTOGRAPHIE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN GRÂCE AUX THERMOMÈTRES EMBARQUÉS DANS LES VOITURES CONNECTÉES : CAS À TOULOUSE ET DIJON**  
*Eva MARQUES, Valéry MASSON, Philippe NAVEAU, Olivier MESTRE, Vincent DUBREUIL, Yves RICHARD*
- **CARTOGRAPHIER LE CLIMAT URBAIN POUR LA GESTION DU CONFORT D'ÉTÉ EN URBANISME : DE L'ANALYSE CLIMATIQUE ET LA SÉMILOGIE GRAPHIQUE AUX RECOMMANDATIONS**  
*Julia HIDALGO, Najla TOUATI, Sinda HAOUES-JOUVE, Laurent JEGOU, Geneviève BRETAGNE, Erwan BOCHER, Valéry MASSON, Arnaud MAYIS, Renaud JOUGLA, Gwendall PETIT, Robert SCHOETTER, Collectif GEO-VISU*
- **VARIABILITÉ ET INTERCOMPARAISON DES TEMPÉRATURES DES ZONES D'ACTIVITÉS ET COMMERCIALES SELON DIFFÉRENTES CONDITIONS CLIMATIQUES À TOULOUSE**  
*Guillaume DUMAS*
- **CHARACTERISATION OF THE INDOOR MICROCLIMATE WITHIN THE HISTORIC ARCHIVES OF A CULTURAL INSTITUTION IN THE MEGACITY OF SÃO PAULO (BRAZIL) IN THE PERSPECTIVE OF PREVENTIVE CONSERVATION**  
*Andrea CAVICCHIOLI, Anna Laura CANUTO ROCHA DE ANDRADE, Vincent DUBREUIL*
- **LA PLANIFICATION STRATÉGIQUE ET TERRITORIALE POUR L'INTÉGRATION DES SOLUTIONS D'ADAPTATION FONDÉES SUR LA NATURE ET LA LUTTE CONTRE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN : LE CAS DES PCAET**  
*Elodie BRICHE, Baptiste SALMON, Aurélie TAILLEUR, Charlotte DA CUNHA*
- **IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET STRATÉGIES D'ADAPTATION À GRAND-BASSAM (SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE)**  
*Kalitia Fatoumata SEKONGO, Sophie Pulchérie TAPE*
- **MODÉLISATION DES GRADIENTS THERMIQUES EN MILIEU URBAIN : COMPARAISON DE TROIS RÉGRESSIONS SUR LYON**  
*Florent RENARD, Lucille ALONSO*
- **RUISSELLEMENT PLUVIAL ET ÉROSION DES TERRES DANS L'ARRONDISSEMENT D'AKASSATO À ABOMEY-CALAVI AU BENIN**  
*Cyr. Gervais ETENE, Ayédèguè BIAOU, Philippe CHABI*

## Session MONTAGNE - EAU

- **VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DES JOURS PROPICES AUX ÉVÈNEMENTS DE PLUIE VERGLAÇANTE/NEIGE COLLANTE EN EUROPE**  
*Florian RAYMOND, Philippe DROBINSKI, Nicolas ROCHE*
- **LES SIMULATIONS HYDRO-CLIMATIQUES DRIAS 2020 - SIM2**  
*Fabienne ROUSSET, Flore TOCQUER, Jean-Michel SOUBEYROUX*
- **INTERPOLATION DES TEMPÉRATURES DE L'AIR À FINE RÉOLUTION EN ZONE DE MONTAGNE**  
*Judith EECKMAN, Jean-Michel FALLOT*
- **ESTIMATION DES SÉCHERESSES AU NOUVEAU-BRUNSWICK, CANADA (1971-2020)**  
*Guillaume FORTIN, Charlotte POIRIER, Vincent DUBREUIL*
- **HOW ABRUPT CHANGE IN SURFACE TEMPERATURE IMPACT WATER CYCLE OVER FRANCE ?**  
*Léa LAURENT, Albin ULLMANN, Claude PERROT, Xavier AUBOUY, Thierry CASTEL*
- **ANALYSIS OF TEMPERATURE CHANGES IN VALSESIA (NORTH WESTERN OF ITALY)**  
*Alessandro POMPEO, Alice BARONETTI, Fiorella ACQUAOTTA,*
- **CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE ET TEMPS NEIGEUX DANS LES ALPES DU SUD**  
*Guillaume GUERIN, Nicolas MARTIN*
- **ÉVALUATION DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE L'ADAPTATION AVEC DES OUTILS DE MODÉLISATION HYDROLOGIQUES LIBRES**  
*Guillaume THIREL, David DORCHIES, Olivier DELAIGUE, Laura NUNEZ TORRES, Diyae ELMALKI*
- **EXPLORING THE FUTURE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON THE WATER RESOURCES OF FRANCE**  
*Miquel TOMAS-BURGUERA, Patrick LE MOIGNE, Aaron BOONE*
- **ESTIMATION DES RÉSERVES EN EAU SOUTERRAINE RÉGULATRICES DANS LE HAUT BASSIN DE L'OU M ER RBIA (MAROC)**  
*Tarik EL ORFI, Mohamed El Ghahci, Sébastien LEBAUT, Emmanuel GILLE*
- **IMPROVING THE ACCURACY OF HYDROLOGICAL MODELING USING SNOW WATER EQUIVALENT (SWE) DURING SPRING FLOODING IN THE MOROCCAN HIGH ATLAS**  
*Myriam BENKIRANE, Nour-Eddine LAFTOUHI, Simon GASCOIN, Laura SOURP, Said KHABBA,*
- **ASSIMILATION OF THERMAL AND MICROWAVE DATA TO IMPROVE FAO-56 METHOD FOR EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATES IN SEMI-ARID REGIONS**  
*Abdelhakim AMAZIRH, Salah ER-RAKI, Olivier MERLIN, Abdelghani CHEHBOUNI*
- **CLIMSNOW, UN SERVICE CLIMATIQUE POUR ANTICIPER L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES CONDITIONS D'ENNEIGEMENT DES STATIONS DE SPORT D'HIVER**  
*H. FRANÇOIS, S. MORIN, C. CARMAGNOLA, R. SAMACOÏTS, N. ANIORT, L. GUILY, J. SIMON, J.M. SOUBEYROUX, A. DROUIN*

- **PROJECTIONS CLIMATIQUES ET CONDITIONS D'ENNEIGEMENT DANS LES MASSIFS MONTAGNEUX FRANÇAIS**  
*Raphaëlle SAMACOÏTS, Samuel MORIN, Jean-Michel SOUBEYROUX, Matthieu LAFAYSSE, Carlo CARMAGNOLA, Hugues FRANÇOIS*
- **DROUGHT CHARACTERISTICS OVER TWO LARGE BASINS IN MOROCCO (TENSIFT AND SEBOU)**  
*Kaoutar OUKADDOUR, Younes FAKIR, Michel LE PAGE*
- **LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RESSOURCE EN EAU EN BRETAGNE : LES RÉSULTATS DU PROGRAMME DEMOCLIM AIC 2022**  
*Louis AMIOT, Vincent DUBREUIL, Josette LAUNAY, Florence MASSA, Enora KEROMNES, Elodie BARDON, Franck BARAER*
- **IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ÉCOULEMENT DES RIVIÈRES EN ROUMANIE**  
*Liliana ZAHARIA, Gabriela IOANA-TOROIMAC, Gabriela Adina MOROSANU*
- **ÉVOLUTION DU RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE SUR UN SIÈCLE DANS LA PROVINCE DE SETTAT, MAROC**  
*Abdelali SEBBA, Hassan FOUGRACH, Mohamed HSAINE, Wadi BADRI*
- **ÉTUDE DES VARIATIONS CLIMATIQUES AU SUD DU MAROC ET DES DÉBITS DE PROJET, CAS DU "BASSIN D'OUED OUM LAACHAR"**  
*Abdelali SEBBAR, Youssef DARARI, Mostafa BADILOU*
- **SIMULATION DE DÉBITS ET D'ÉVÈNEMENTS DE CRUE À PARTIR D'INFORMATIONS ATMOSPHÉRIQUES DE GRANDE ÉCHELLE : EXEMPLE DU BASSIN VERSANT DU RHONE AMONT (ALPES EUROPEENNES)**  
*Caroline LEGRAND, Bruno WILHELM, Benoît HINGRAY*
- **L'IMPACT DE LA VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUE SUR L'APPORT DES BARRAGES ET L'APPROVISIONNEMENT DES VILLES EN EAU POTABLE EN TUNISIE**  
*Ajifa Ben HAMMOUDA, Salem SEBEI*

## Session SANTÉ - AIR - ÉNERGIE

- **ENJEUX ET OBJECTIFS DU PROJET CASSANDRE (CANICULES, SANTÉ ET DENSITÉ DE RÉSEAUX MÉTÉOROLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE GRENOBLOIS)**

*Sandra ROME, Xavier FOISSARD, Sylvain BIGOT, Anne-Cécile FOUVET, Emilie ROUSSET, Agnès QUESNE, Johanna LEPEULE, Dominique BICOUT, Nathalie DUBUS*

- **PROFILS TEMPORELS ET NIVEAU GLOBAL DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE DES MÉNAGES DE LA VILLE DE ZINDER - NIGER**

*Mahamadou ZAKARI, Abdou KAILOU DJIBO, Souleymane KEITA, Fabrice PAUL NGUEMA*

- **THE COPERNICUS ATMOSPHERE MONITORING SERVICE (CAMS) EMISSIONS OF GREENHOUSE GASES AND AIR POLLUTANTS**

*Antonin SOULIE, Claire GRANIER, Hugo DENIER VAN DER GON, Jeoren J. P. KUENEN, Santiago Arellano, Sabine DARRAS, Thierno DOUMBIA, Bo GALLE, Michael GUAUSS, Marc GUEVARA, Jukka-Pekka JALKANEN, Sekou KEITA, Cathy LIOUSSE, Jana DOUBALOVA, David SIMPSON, Katerina SINDELAROVA*

- **L'ÎLOT DE FRAICHEUR DU COTENTIN (NORMANDIE) : UN ELDORADO DE L'ADAPTATION AUX CANICULES ?**

*Matthieu DAVID, Olivier CANTAT, Éline GÉRARD*

- **RESPIRATORY DISEASES - RELATIONS TO CLIMATE PARAMETERS**

*Eduarda Rebelatto BRANDALISE, Pedro MURARA.*

- **VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DES PM2. ET NO2, DANS LE XIIIEME ARRONDISSEMENT DE PARIS**

*ABDMOULEH, S. DAHECH*

- **TOPOCLIMAT DE LA RÉGION DE ZAHLE (LIBAN ORIENTAL)**

*Rabih ZEIN AL DINE, Salem DAHECH.*

- **LA POLLUTION DE L'AIR AU PM10 DANS L'AGGLOMÉRATION DE CERGY-PONTOISE : LIENS ENTRE ÉPISODES DE POLLUTION ET TYPES DE TEMPS**

*Souad LAGMIRI et Salem DAHECH*

- **ANTHROPOGENIC EMISSIONS, AEROSOL POLLUTION AND HEALTH IN WESTERN AFRICA**

*LIOUSSE, V. YOBOUE, S. KEITA, T. DOUMBIA, J.F. LEON, J. ADON, S. GNAMIEN, E. N'DATCHOH TOURE, BAEZA-SQUIBAN, I. ANNESI-MAESANO, S. BECERRA, M. BELLAND, A. AKPO, J. DJOSSOU, K. KOUAME, M. OUAFO, E. ASSAMOI, J. BAHINO, A. BONNASSIEUX, H. CACHIER, M. DIAS-ALVES, M. DOUMBIA, GALY-LACAUX, E. GARDRAT, C. GRANIER, G. OSSOHOU, L. ROBLOU, F. SOLMON and H. XU*

- **RECENT WEATHER AND AIR POLLUTION CHANGES IN BRAZIL**

*Francisco Jablinski CASTELHANO, Ana Clara Neme PEDROSO, Igor Cobelo FERREIRA<sup>3</sup>, Weeberb J. REQUIA*

- **INFLUENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE COMPORTEMENT DU BÂTIMENT DANS SON ENVIRONNEMENT URBAIN : QUEL FICHER MÉTÉO FUTUR UTILISER ?**

*Sihem GUERNOUTI, Auline RODLER, Jeremy BERNARD, Marjorie MUSY, Benjamin MORILLE, Adrien GROS*

- **A GLOBAL ATLAS OF AIR QUALITY, BASED ON THE COPERNICUS ATMOSPHERE MONITORING SERVICE REANALYSIS**

*Thierno DOUMBIA, Claire GRANIER, Sabine DARRAS, Sekou KEITA, Cathy LIOUSSE, Antonin SOULIE, Rajesh KUMAR, Gabriele PFISTER*



- **THE ECCAD DATABASE: ACCESS TO A VARIETY OF INVENTORIES OF EMISSIONS FOR GREENHOUSE GASES AND AIR POLLUTANTS**  
*Sabine DARRAS, Claire GRANIER, Cathy LIOUSSE, Thierno DOUMBIA, Sekou KEITA, Antonin SOULIÉ*
- **CITIZENS AS ADDITIONAL MOBILE SENSORS IN CASE OF NATURAL DISASTERS: A NEW EMERGENCY DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ITALY AND CROATIA**
- **LES CITOYENS COMME CAPTEURS MOBILES SUPPLÉMENTAIRES EN CAS DE CATASTROPHE NATURELLE : UN NOUVEAU SYSTÈME D'AIDE AUX DÉCISIONS D'URGENCE POUR L'ITALIE ET LA CROATIE**  
*Antonio CARDILLO, Valentina DI TALIA, Giacomo ANTONIONI*
- **CLIMATE AND COVID-19 IN THE STATE OF PARANÁ (BRAZIL)**  
*Francisco MENDONÇA, Pedro Augusto Breda FONTÃO, Wilson Flavio Feltrim ROSEGHINI*
- **CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES AMBIANCES CONTRAIGNANTES CHAUDES LIÉES À L'HUMIDITÉ DE L'AIR EN TUNISIE**  
*Mustapha RIAHI*
- **PERCEPTION DE LA FORTE CHALEUR DANS L'AGGLOMÉRATION DE KAIROUAN (TUNISIE)**  
*Mohamed CHEBLI, Sami CHARFI, Salem DAHECH*
- **FICHIERS MÉTÉOROLOGIQUES DE VAGUES DE CHALEUR FUTURES POUR ÉVALUER LA RÉSILIENCE THERMIQUE DES BÂTIMENTS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**  
*Anaïs MACHARD, Emmanuel BOZONNET, Agnese SALVATI, Mamak POURABDOLLAHTOOKABONI, Abhishek GAUR*

## Session AGROMÉTÉOROLOGIE

- **MODÉLISATION DES IMPACTS CLIMATIQUES SUR LA CROISSANCE RADIALE DU PIN MARITIME (PINUS PINASTER) POUR ÉVALUER LA VULNÉRABILITÉ DES ARBRES À LA SÉCHERESSE PENDANT LE DÉPÉRISSEMENT DES FORÊTS DE BENI DERDJINE CHLEF (ALGERIE)**  
*Malik KACI*
- **CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ADAPTATION DES PAYSANS DE NAPIE (NORD DE LA COTE D'IVOIRE)**  
*Sangboliéwa Lanzeny OUATTARA, Aichatou KONE*
- **IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ÉVOLUTION DES CONDITIONS AGROCLIMATIQUES DU BASSIN IVOIRIEN DE LA COMOÉ**  
*Djibril D. NOUFÉ, Amidou DAO, Emile G. SORO, Pauline K. DIBI, Dominique DUMAS, Téléphore Y. BROU, Sylvain BIGOT, Bamory KAMAGATE, Lanciné D. GONE, Bi Tié A. GOULA, Eric SERVAT, Gil MAHE*
- **VARIABILITÉ DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR A BISKRA (ALGÉRIE)**  
*Mohammed FACI, Miloud OUBADI*
- **NOUVELLE INCERTITUDE LIÉE AUX OCCURRENCES DE SÉQUENCES AVEC OU SANS PLUIE : IMPACT SUR LES RENDEMENTS AGRICOLES DANS LA RÉGION SUD-EST DE LA COTE D'IVOIRE**  
*Dominique DUMAS, Sylvain BIGOT, Téléphore Y. BROU, Jean-Emmanuel PATUREL, Kouakou Bernard DJE, Djibril D. NOUFE, Pauline DIBI, Dané BEUGRE, Arona DIEDHIOU, Christian CILAS*
- **RISQUES AGROCLIMATIQUES ET SAVOIRS ENDOGÈNES DES EXPLOITANTS AGRICOLES DE LA CUVETTE DE GUIDIMOUNI (CENTRE-SUD ZINDER AU NIGER)**  
*Amadou ABDOU BAGNA*
- **VARIABILITÉ DE LA PRODUCTION OLÉICOLE EN FONCTION DES PARAMÈTRES CLIMATIQUES DANS LA DÉLÉGATION DE MENZEL CHAKER (SFAX, TUNISIE CENTRALE)**  
*M. MZOUGHJI et, M. FEKI, S. DAHECH*
- **CEREAL YIELD FORECASTING WITH SATELLITE DROUGHT-BASED INDICES, WEATHER DATA AND REGIONAL CLIMATE INDICES USING MACHINE LEARNING IN MOROCCO**  
*El Houssaine BOURAS, Lionel JARLAN, Salah ER-RAKI, Clément ALBERGEL, Riad BALAGHI and Saïd KHABBA*
- **MODÉLISATION DU POTENTIEL DES VIGNOBLES LITTORAUX ET INSULAIRES DANS LE CADRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE**  
*Jeanne THIBAUT, Hervé QUENOL, Cyril TISSOT*
- **MESOCLIMATE IMPACT ON ALBARIÑO CV. (VITIS VINIFERA L.) BERRY COMPOSITION IN THE EMERGING ATLANTIC WINEGROWING REGION OF URUGUAY IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE**  
*Mercedes FOURMENT, Ramiro TACHINI, Milka FERRER and Valérie BONNARDOT*
- **IMPACT DE LA SÈCHERESSE ET DE LA VAGUE DE CHALEUR ESTIVALE DE 2021 SUR L'OLIVERAIE PLUVIALE À SKHIRA (SFAX -TUNISIE CENTRALE)**  
*Ismail CHIAB, Salem DAHECH, Najiba CHKIR, Riadh BOUAZIZ*

- **ESTIMATION DE LA VITESSE DE PROPAGATION DU FEU DANS LA FORET DOMANIALE DE TAKROUNA (NORD OUEST DE LA TUNISIE) PAR LE MODELE BEHAVE**  
*Salem SEBEL & Youssef AMMARI*
- **APPORT D'UN NOUVEAU PROTOCOLE DE RÉGIONALISATION DYNAMIQUE DU CLIMAT POUR L'ESTIMATION DU BILAN HYDRIQUE DE DOUGLASAIES**  
*Valentin BLANCHET, Philippe AMIOTTE-SUCHET, Nathalie BRÉDA, Vincent BADEAU, Thierry CASTEL*
- **ÉVALUATION SPATIO-TEMPORELLE DE L'EXPOSITION AU GEL EN RÉGIONS VITICOLES TRADITIONNELLE (PAYS DE LA LOIRE) ET ÉMERGENTE (BRETAGNE)**  
*Théo PETITJEAN, Cyril TISSOT, Jeanne THIBAUT, Mathias ROUAN, Hervé QUENOL et Valérie BONNARDOT*
- **DETERMINATION OF WATER CONSUMPTION FOR WINTER WHEAT IN SOUTHERN ROMANIA. CASE STUDY : CARACAL PLAIN, AGRICULTURAL YEAR 2017-2018**  
*Dana Maria (OPREA) CONSTANTIN, Florentina Iuliana (STAN) MINCU, Adrian Amadeus TIȘCOVSCHI, Elena GRIGORE, Victor Viorel VĂȚĂMANU, Raul Gabriel ILEA*

## RÉSEAU DE MESURES ET ANALYSES SPATIO-TEMPORELLES DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN GRENOBLOIS : L'ÉTÉ 2020

**Xavier FOISSARD<sup>1</sup>, Sandra ROME<sup>1</sup>, Sylvain BIGOT<sup>1</sup>, Anne-Cécile FOUVET<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Université Grenoble Alpes, IGE UMR 5001 CNRS, CS 40700 38058 Grenoble Cedex 9, France

[xavier.foissard@univ-grenoble-alpes.fr ; sandra.rome@univ-grenoble-alpes.fr ;  
sylvain.bigot@univ-grenoble-alpes.fr]

<sup>2</sup> Ville de Grenoble, 11 Bd Jean Pain 38000 Grenoble, France [anne-cecile.fouvet@grenoble.fr]

**Résumé :** Une première étude menée à Grenoble a permis de mettre en évidence l'intensité, l'étendu et la fréquence de l'îlot de chaleur urbain (ICU) notamment lors d'épisodes de chaleur intense. Un réseau d'observation composé de 2 stations météorologiques et de 30 capteurs de température est mis en place à partir de l'été 2020. L'ICU grenoblois est défini par l'analyse des facteurs météorologiques conditionnant sa présence dans un contexte topographique spécifique. A partir de ces premiers résultats, une cartographie de l'ICU est réalisée mettant notamment en évidence le caractère advectif de l'ICU à Grenoble associée à des brises thermiques.

**Mots-Clés :** îlot de chaleur urbain, brises de montagne, réseau de mesures, Grenoble.

**Abstract :** The measurement network and the analysis of urban heat island in Grenoble, summer 2020. A first study showed intensity, spread and frequency of the urban heat island (ICU) especially during intense heat wave. A network composed by 2 weather stations and 30 thermal sensors were installed through the 2020 summer. The analysis of weather factors leads to define the ICU occurrence in a specific topographic context. According to these first results, we map the ICU and its advective aspect linked to thermal breezes. Titre + texte 8 lignes maximum ; Calibri 11 ; espace 18 points avant, 6 points après.

**Keywords :** urban heat island, mountain breezes, measurement network, Grenoble

### Introduction

À ce jour, l'année 2020 est l'année la plus chaude enregistrée en France depuis le XX<sup>ème</sup> siècle avec 14,1°C de température moyenne annuelle (+1,5°C au-dessus de la normale 1981-2010). Plus localement, à l'aéroport Grenoble-Saint-Geoirs en Isère, cette même année est la seconde la plus chaude depuis l'installation de la station météorologique en 1973. Ces records illustrent l'augmentation moyenne des températures constatée dans le contexte du changement climatique de l'échelle globale aux échelles fines. Cette augmentation se traduit notamment par l'accroissement du nombre de vagues de chaleur et leur intensification dont les impacts en ville sont renforcés car associés au phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU) (Rousseau, 2005).

Face à ces enjeux, les collectivités territoriales souhaitent développer la connaissance climatique de leur territoire afin de mettre en œuvre des stratégies d'adaptation. L'étude est menée à Grenoble et a pour but d'identifier et d'analyser le phénomène de l'ICU. Un réseau de mesures de haute densité spatiale est déployé. Les types de temps associés à l'ICU sont analysés ; l'objectif vise d'une part, à établir les conditions favorables à la mise en place de l'ICU et, d'autre part, à pointer les spécificités liées au contexte topographique de la ville (Hidalgo *et al.*, 2018 ; Dubreuil *et al.*, 2020). L'objectif est d'évaluer la variabilité spatiale des gradients thermiques associés à l'ICU grenoblois et de les spatialiser.

## 1. Observation de l'îlot de chaleur urbain grenoblois

### 1.1. Mise en place d'un réseau de mesures adaptés

L'ICU est un phénomène topoclimatique local dont l'échelle d'influence varie d'une centaine de mètres à 1 km environ (Oke *et al.*, 2017). Le réseau d'observation synoptique de Météo-France n'est pas adapté à l'observation de ce phénomène dans le contexte grenoblois. Ce réseau de mesures préexistant est composé d'une station périurbaine au nord-est de Grenoble à 12 km et d'une station urbaine située au nord-ouest de la commune de Grenoble à la confluence du Drac et l'Isère (Rome *et al.*, 2020). Elles sont respectivement nommées en figure 1 : *Le Versoud* et *CEA*. La Ville de Grenoble prend place à la jonction de trois vallées, formant un « Y » entre les massifs de la Chartreuse au nord, du Vercors à l'ouest et de Belledonne au sud-est. Ces reliefs imposants culminent à plus de 1000 m d'altitude, offrant un contexte topographique complexe aux communes présentes dans la vallée. Ainsi les stations météorologiques *Le Versoud* et *CEA* sont localisées dans deux portions distinctes de la vallée du Grésivaudan.

Au sein de ces éléments topographiques, l'observation de l'ICU requiert un réseau de mesure complémentaire et adapté afin d'observer les gradients de température à l'échelle des quartiers. Deux stations météorologiques de modèle *Vantage Pro 2* (Davis Instruments®) ont été implantées, l'une dans le centre de Grenoble (*Centre-Ville*) et la seconde au *Centre Horticole* à l'est de Grenoble. Elles ont pour but de qualifier l'état de l'atmosphère par l'enregistrement au pas de temps horaire de la température, de l'humidité relative, des précipitations, du vent (intensité et direction) et de la pression. Le choix du lieu d'implantation a été défini afin de mesurer l'amplitude maximum de l'ICU entre le centre et la périphérie ainsi que la présence éventuelle de brises orientées selon le sens des vallées.

Associé à ces deux stations météorologiques, un réseau de 30 capteurs de température a été implanté sur l'ensemble de la commune de Grenoble afin de mesurer les gradients de température relatifs à l'ICU. A partir de l'occupation du sol (bâtiments, surfaces imperméabilisées et végétation) et des principaux indicateurs de formes urbaines influant sur l'ICU ont été calculés, la cartographie des « Local Climate Zones » a permis de définir et de qualifier les différents quartiers (Stewart, 2012). La décision du lieu d'implantation des capteurs a été élaborée selon les différents types de LCZ en présence dans la ville et selon le gradient potentiel de l'ICU. Le modèle des capteurs retenu est *Tinytag Talk2* (Gemini®), monté avec un abri RS3 (Onset®) ; il présente l'avantage d'être économique, compact et d'être facile à installer sur le mobilier urbain ; chaque capteur est installé à environ 3 m du sol afin de prévenir d'éventuels risques de dégradations.

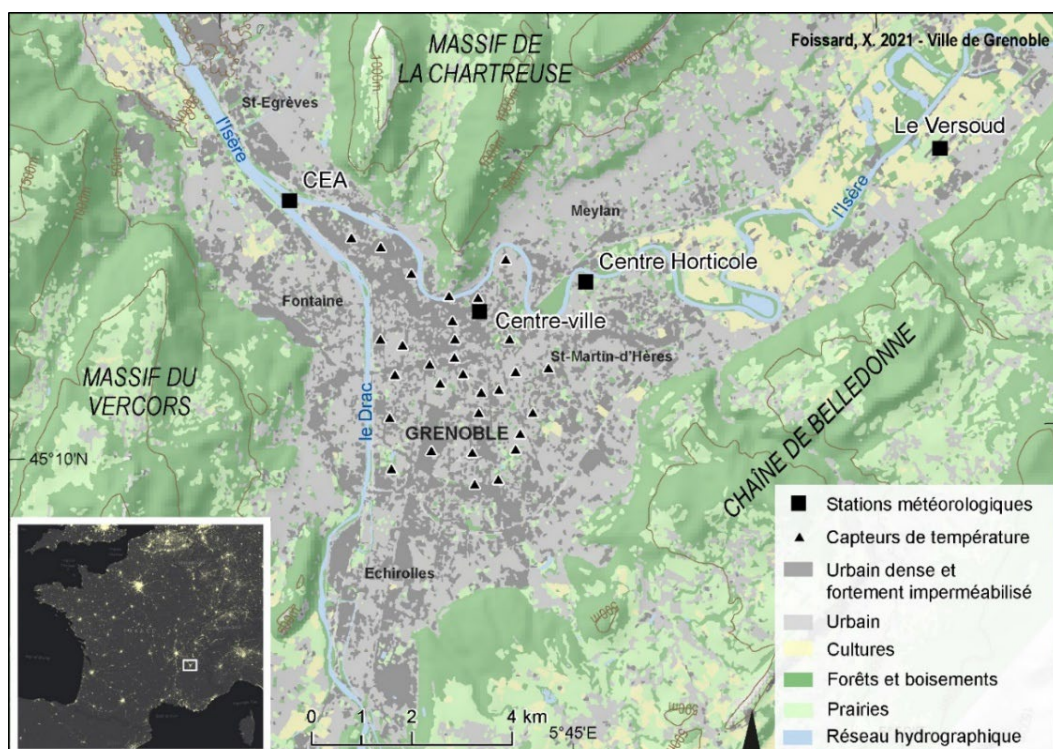
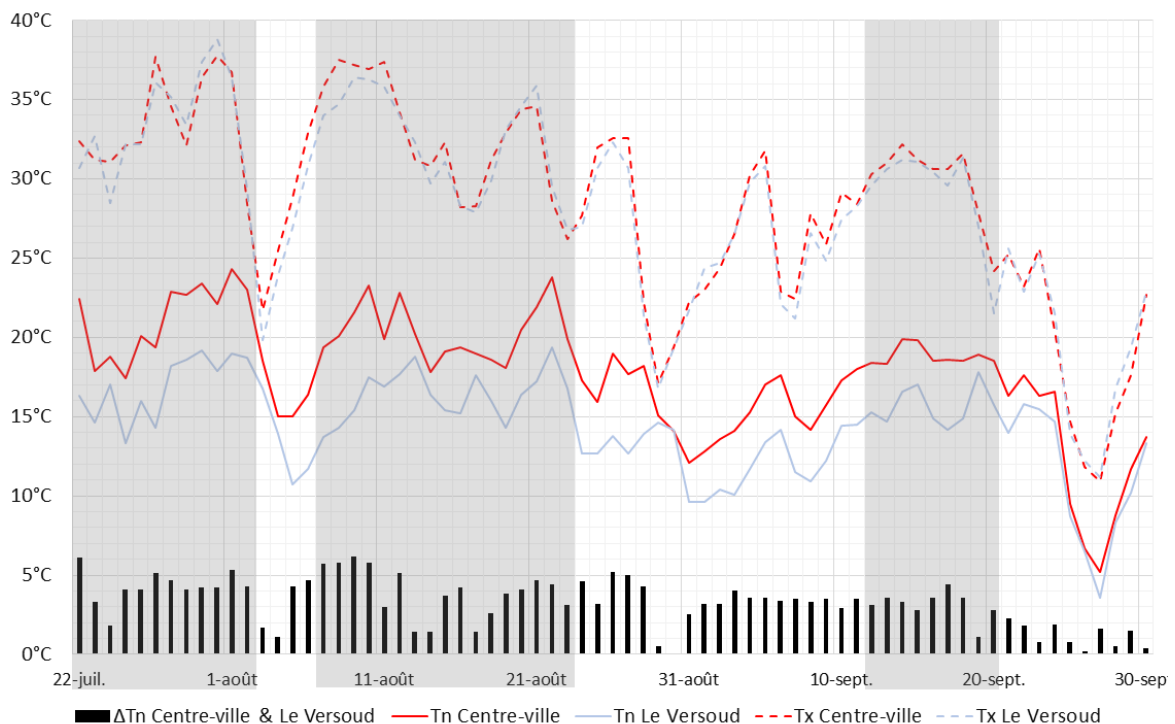


figure 1. Le réseau d'observation de l'ICU à Grenoble. Les stations *Le Versoud* et *CEA* sont gérées par Météo-France.

## 1.2. Caractéristiques de l'été 2020 à Grenoble

L'ensemble des points d'observation du réseau est opérationnel à dater du 22 juillet 2020 ; la période d'analyse de l'ICU s'étend jusqu'au 30 septembre 2020 afin de couvrir l'ensemble des vagues de chaleur estivales. Durant ces premiers mois d'enregistrements, plusieurs vagues de chaleur successives sont relevées (figure 2). Celles-ci peuvent être dénombrées en trois périodes pour lesquelles la température maximale (Tx) relevée est supérieure à 30°C et la température minimale (Tn) relevée en ville est supérieure à 19°C (voir les trois bandes grisées en figure 2). L'intensité de l'ICU s'exprime par la différence des Tn relevées entre les stations météorologiques *Centre-ville* et *Le Versoud* (notée  $\Delta Tn$ ). La figure 2 montre la variabilité de  $\Delta Tn$  dont la présence associée aux vagues de chaleur engendre une exposition des citoyens à des températures nocturnes élevées à la suite d'une journée chaude. Ainsi la station *Centre-ville* dénombre 16 nuits tropicales (nuits où  $Tn \geq 20^\circ\text{C}$ ) contre aucune pour la station *Le Versoud* pour la même période. Cet écart traduit l'empreinte de l'ICU sur cet indicateur thermique. Un pic nocturne a été relevé le matin du 1<sup>er</sup> août 2020, la Tn relevée à 7h (heure locale) était de 24,3°C dans le centre-ville de Grenoble contre 19,0°C dans la campagne avoisinante (*Le Versoud*). Ce pic fait suite à une Tx de 38,8°C relevée la veille. Au cours de la période analysée, on dénombre 34 « journées chaudes » (où  $Tx \geq 30^\circ\text{C}$ ) dont 9 « journées très chaudes » (où  $Tx \geq 35^\circ\text{C}$ ).



**figure 2.** Températures maximales (Tx) et minimales (Tn) quotidiennes observées par la station météorologique urbaine (Centre-ville) et extra-urbaine (Le Versoud) du 22 juillet au 30 septembre 2020 à Grenoble. La différence entre les Tn des deux stations est exprimée par  $\Delta Tn$ . Les bandes grises indiquent à la période des trois épisodes de chaleur identifiés.

## 1.3. Définition de l'îlot de chaleur urbain grenoblois selon les types de temps

Dans ce contexte estival chaud, la variabilité de l'ICU est analysée en fonction des conditions météorologiques. L'intensité de l'ICU est estimée par  $\Delta Tn$ , cependant elle dépend de situations radiatives avec un vent faible (Cantat, 2004). La relation entre la vitesse du vent observé au moment de l'enregistrement de la Tn et la présence d'un gradient de température nocturne ville/campagne ( $\Delta Tn$ ) est illustrée en figure 3a. Seules 3 nuits enregistrent un  $\Delta Tn \geq 3^\circ\text{C}$  avec un vent supérieur à 2 m/s, soit seulement 6% des nuits. En moyenne le vent observé au moment de la mesure de la Tn est de 1 m/s pour  $\Delta Tn \geq 3^\circ\text{C}$ .

La distribution de  $\Delta Tn$  (figure 3b) montre une distinction entre deux groupes au seuil de 3°C, où les 2/3 des enregistrements sont supérieurs à ce seuil. Ne disposant pas de mesures de l'état du ciel pour cette période d'enregistrement, l'amplitude thermique quotidienne (Tx-Tn) permet indirectement d'associer les fortes amplitudes à un ciel clair. La figure 3c présente la combinaison résultante entre l'intensité du vent et l'amplitude thermique avec  $\Delta Tn$ . Pour une amplitude thermique  $>10^\circ\text{C}$  avec un vent inférieur à 2 m/s, 83%

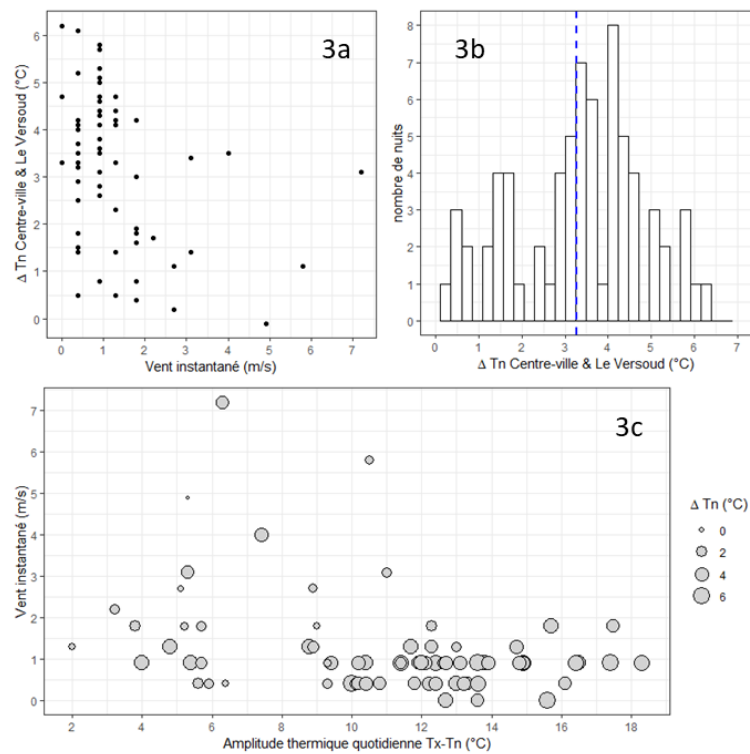


des nuits où l'écart  $\Delta T_n$  est supérieurs ou égal à  $+3^\circ\text{C}$  est relevé. Ainsi l'ICU est défini comme présent avec un seuil  $\Delta T_n \geq 3^\circ\text{C}$  et un vent  $\leq 2 \text{ m/s}$ , soit un total de 44 nuits d'observation pour un ICU moyen de  $+4,2^\circ\text{C}$  avec un ICU maximum de  $+6,2^\circ\text{C}$ .

## 2. La variabilité spatiale de l'îlot de chaleur urbain

### 2.1. Spatialisation de l'îlot de chaleur urbain moyen

A partir de ces 44 nuits où l'ICU est présent, l'intensité moyenne de l'ICU est définie pour l'ensemble des points d'observation (figure 4). L'étape de spatialisation des gradients thermiques est réalisée à partir de plusieurs indicateurs de formes urbaines : la fraction bâtie, le « Sky View Factor » (l'effet de canyon urbain, SVF), la part de surfaces imperméabilisées, la fraction de végétation haute et basse. Le modèle de spatialisation est construit en établissant les échelles les plus corrélées à l'ICU pour l'ensemble des paramètres (Foissard *et al.*, 2019). Pour la modélisation de l'ICU, en figure 4, deux paramètres ont été employés : la fraction de végétation dans un rayon de 400 m, associée à l'indice SVF calculé pour un rayon de 300 m. Le modèle obtenu explique 83% de la variabilité spatiale de l'ICU (pour une validation croisée de 10%) avec une RMSE (racine carrée de la moyenne des erreurs) de 0,32 et une MAE (moyenne de l'erreur absolue) de  $0,24^\circ\text{C}$ .



**figure 3.** Relation entre  $\Delta T_n$  et le vent (3a) et combiné à l'amplitude thermique (3c). Distribution de  $\Delta T_n$  (3b).

L'ICU le plus intense est observé dans les quartiers du centre-ville composé d'un tissu bâti dense (compris entre 40% et 50%) avec en moyenne 10% de fraction de végétation. Cependant le gradient de température du centre vers la périphérie ne forme pas une structure concentrique. Au nord du centre un abrupt de 300 m de hauteur surplombe la ville (nommée La Bastille). Il est très largement couvert par une végétation arborée (80%). Ce relief escarpé n'est pas pris en compte par la modélisation. Le point de mesure situé au pied de La Bastille est situé au bord de l'Isère, où l'intensité de l'ICU relevé diminue de  $-1,5^\circ\text{C}$  par rapport au centre. Cette relative fraîcheur peut s'expliquer par l'ouverture liée à la plus faible présence de bâtiments et par la proximité de ladite rivière en contre-bas. L'effet de canyon (SVF) est de 0,73 pour ce site contre 0,60 en moyenne dans le centre.

La cartographie de l'ICU met en évidence les principaux parcs de Grenoble avec les îlots de fraîcheurs associés (en moyenne  $+2^\circ\text{C}$  par rapport à la station *Le Versoud*). Les îlots de fraîcheur les plus remarquables

sont le parc Paul Mistral à l'est du centre (35 ha), le parc des Champs Elysées au sud-ouest de la ville (29 ha), le parc Jean Verlhac au sud-est (14 ha).

L'ICU maximum observé sur l'ensemble de la période analysée est atteint pour l'un des sites à l'ouest du centre-ville (à une distance inférieure à 1 km) avec +6,8°C le 8 août, soit +1°C par rapport au centre-ville cette nuit-là. Cette situation met en évidence un déplacement potentiel de l'ICU malgré un vent faible (0,9 m/s).

## 2.2. Un déplacement intermittent de l'îlot de chaleur urbain estival associée à des brises de montagne ?

Associé à l'ICU moyen des gradients de température spécifiques se distinguent dont la situation mentionnée précédemment illustre un déplacement de l'ICU vers le nord-ouest du centre-ville de Grenoble. Une analyse est menée à partir des écarts de température constatés entre les stations météorologiques *Centre-ville*, *CEA* et *Le Centre Horticole* et avec le vent associé. L'extension de l'ICU vers le nord-ouest est estimée quand l'écart entre les stations *Centre-ville* et *CEA* (au N-W) est inférieure à 1,5°C. Le tableau 1 récapitule ces situations. Il apparaît que pour 52% des nuits l'ICU s'étend vers le nord-ouest de Grenoble. Les points de mesure situés au nord-ouest du centre observent une augmentation de l'ICU et dans le même temps une faible diminution de l'ICU pour les sites situés à l'est et au sud de Grenoble (figure 5a). Le vent mesuré au *CEA* pour l'ensemble des nuits avec cette situation est orienté au sud-est (en moyenne 1 m/s). La situation, où l'ICU est centrée, représente 48% des nuits observées (figure 5b). Les vents associés à cette situation n'ont pas d'orientation prédominante, en revanche le vent est plus faible avec une moyenne de 0,4 m/s. Par ailleurs, la modélisation de cette situation est meilleure avec 87% de la variabilité spatiale de l'ICU expliquée contre seulement 79% pour la situation avec un déplacement de l'ICU.

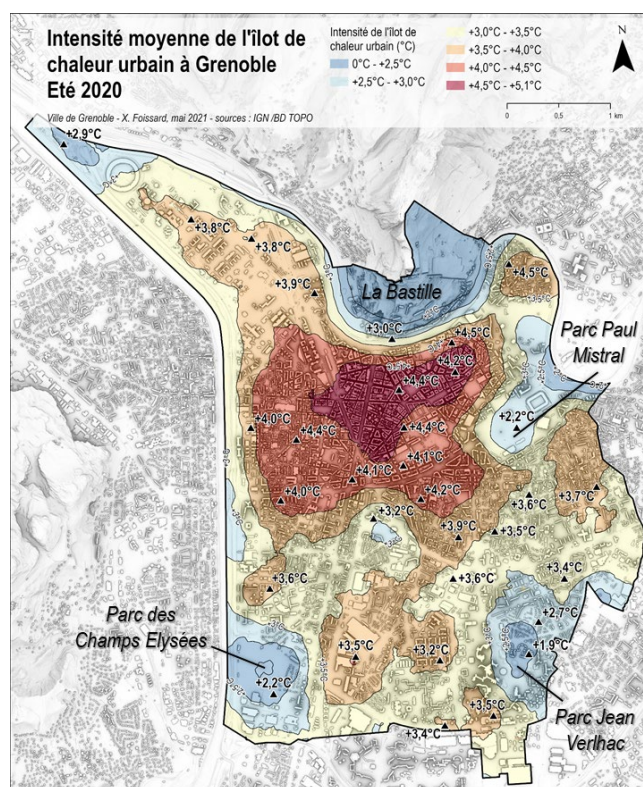


figure 4. Intensité moyenne de l'ICU à Grenoble observée lors de l'été 2020 pour 44 nuits.

Tableau 1. Décomposition des situations avec ou sans déplacement de l'ICU

Situation	Fréquence	CEA	Centre-Ville	Centre-Horticole
ICU moyen (toutes situations)	100%	+2,9°C	+4,2°C	+2,0°C
ICU « extension vers l'ouest »	52%	+3,4°C	+4,0°C	+1,8°C
ICU « centré »	48%	+2,3°C	+4,5°C	+2,1°C



## Conclusion

L'étude a permis de réaliser une première évaluation de l'ICU grenoblois et d'établir son intensité, sa fréquence et son extension spatiale. La cartographie révèle les quartiers les plus exposés à l'ICU et dans le même temps les îlots de fraîcheur à l'échelle des quartiers. Les résultats ont également permis d'expliquer les causes de la présence de l'ICU par la caractérisation du tissu urbain à l'aide des indicateurs de formes urbaines. Les produits issus de cette étude apportent des outils à la Ville de Grenoble pour l'analyse du territoire au regard de l'ICU. Ces premiers résultats révèlent aussi la complexité de l'ICU et suscitent la poursuite de l'analyse de ces situations afin de mieux appréhender cette variabilité spatiale. Les travaux menés dans le cadre du projet de recherche CASSANDRE (2021-2025) permettront ces développements mais également de croiser ces résultats avec les problématiques de la santé en ville lors des épisodes de chaleur.

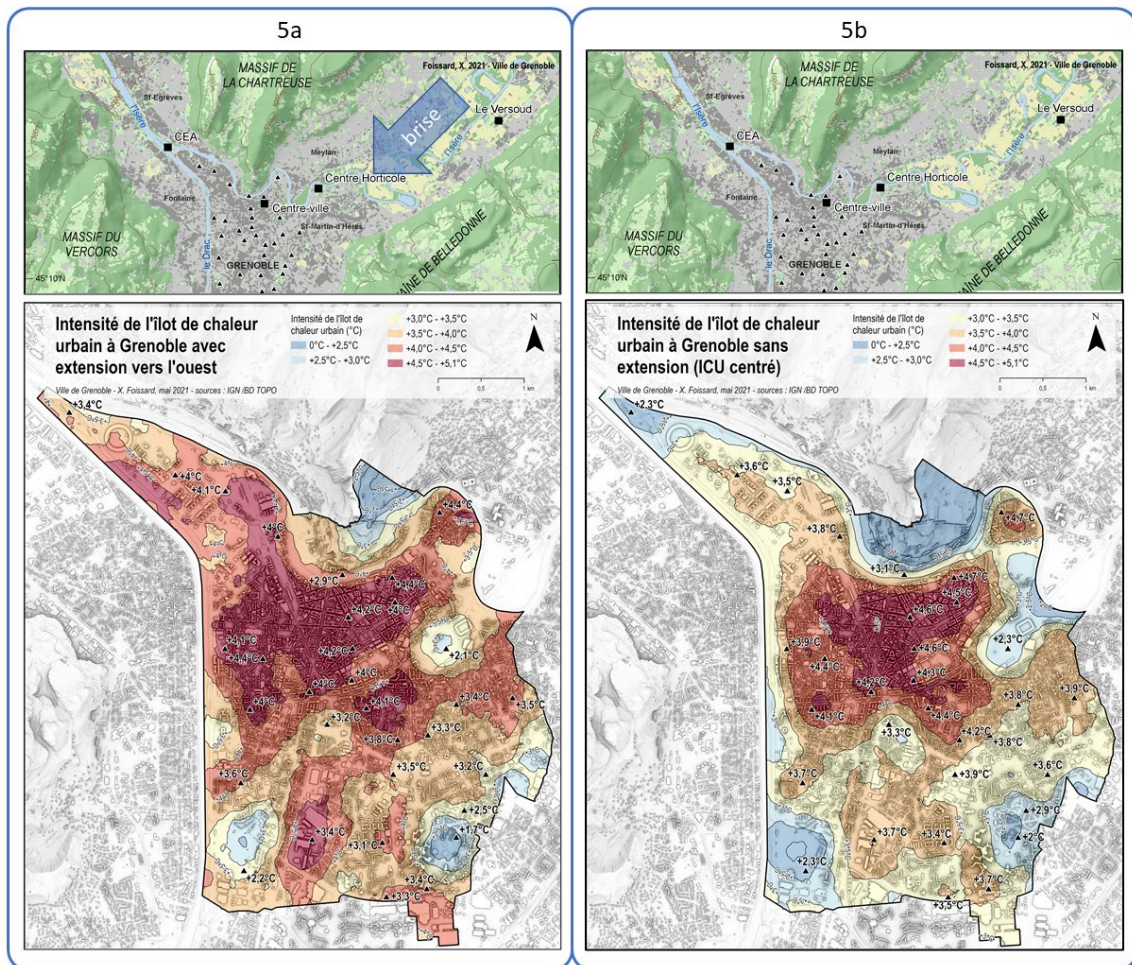


figure 5. Intensité de l'ICU avec déplacement associé à une brise de nord-est (5a) et en l'absence d'advection (5b).

**Remerciements :** La poursuite de cette étude est réalisée 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

- Cantat O., L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps. *Norois*. 2004. **191**, 75-102.
- Dubreuil V., Foissard X., Nabucet J., Thomas A., Quénol H., 2020. Fréquence et intensité des îlots de chaleur à rennes : bilan de 16 années d'observations (2004-2019). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, **17**, 17.
- Foissard X., Dubreuil V., Quénol H., 2019. Defining scales of the land use effect to map the urban heat island in a mid-size European city: Rennes (France). *Urban Climate*, **29**, 100490.
- Hidalgo, J., Jougla, R., 2018. On the use of local weather types classification to improve climate understanding: An application on the urban climate of Toulouse. *PLoS One* **13**, 1–21.

Oke T.R., Mills A., Christen A., Voogt J.A., 2017 : *Urban Climates*. Cambridge University Press, 519 pages.

Rome S., Bigot S., Foissard X., Madelin M., Duché S., Fouvet A.-C., 2020. Les deux épisodes caniculaires de l'été 2019 à Grenoble : constat et perspective pour une gestion des extrêmes thermiques futurs. *Climatologie*, **17**, 12.

Rousseau D., 2005. Analyse fine des surmortalités pendant la canicule 2003. *La Météorologie*, **51**, 16-22.

Stewart I. D., Oke T. R., 2012. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **93**, 1879-1900.