



**HAL**  
open science

# Problématiques de représentation cartographique pour la production des cartes climatiques de l'environnement urbain à visée opérationnelle

Leïa Manent, Laurent Jégou, Julia Hidalgo, Najla Touati

## ► To cite this version:

Leïa Manent, Laurent Jégou, Julia Hidalgo, Najla Touati. Problématiques de représentation cartographique pour la production des cartes climatiques de l'environnement urbain à visée opérationnelle. 6ème Colloque international du Collège international des sciences territoriales: Apprendre des territoires / Enseigner les territoires (CIST 2023), Collège international des sciences territoriales (CIST), Nov 2023, Aubervilliers, France. pp.380-384. hal-04426384

**HAL Id: hal-04426384**

**<https://hal.science/hal-04426384v1>**

Submitted on 30 Jan 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

# Problématiques de représentation cartographique pour la production des cartes climatiques de l'environnement urbain à visée opérationnelle

## AUTEUR-ES

Leïa MANENT,  
Laurent JÉGOU,  
Julia HIDALGO,  
Najla TOUATI

## RÉSUMÉ

La géovisualisation du climat urbain se situe au croisement de questionnements scientifiques en climatologie et géomatique et de problématiques opérationnelles en urbanisme. Il s'agit d'une question émergente, traitée notamment par des programmes de recherche tels que l'ANR-MApUCE et ADEME-PÆNDORA, mais aussi pour la planification territoriale, dont le CNIG est l'acteur opérationnel pour la mise au point des géostandards, les futures normes de représentation des risques climatiques spatialisés. Le travail a d'abord consisté en un état de l'art sur la place des cartographies du climat urbain et des données environnementales dans les documents d'urbanisme récents et les standards ou normes qui les régissent, ce qui a permis un panorama critique de l'existant. Ensuite, on a pu rechercher et proposer des modes de représentation adaptés à ces phénomènes climatiques complexes. On montrera l'importance de la méthode de représentation, basée sur une nécessaire connaissance des données, de la sémiologie adaptée, ainsi que la prise en compte du public ou usager cible de la carte.

## MOTS CLÉS

cartographie, climat urbain, documents de planification, confort d'été

## ABSTRACT

Urban climate geovisualisation is at the crossroads of scientific questions in urban climatology, geomatics, and operational issues in urban planning. It is an emerging topic, addressed not only by research programmes such as MApUCE and PAENDORA, but also by territory planification actors such as the CNIG. The latter is an operational structure that has been established for the creation and maintenance of geographical standards, so for future potential urban planning and climate risks representation standards. This specific study focuses on urban climate maps and environmental data used in recent urban planning documents, as well as their standards and norms. We produced a critical panorama of the state of the art of these representations, followed by the description of the research conducted to create a semiological methodology adapted to the geovisualisation of these complex climate phenomena. We depict the importance of the methodology of representation in maps, based on a necessary knowledge of the specific data, on an adapted semiology, and, last but not least, the care given to the map's public.

## KEYWORDS

Mapping, Urban climate, Urban planning documents, Heat discomfort

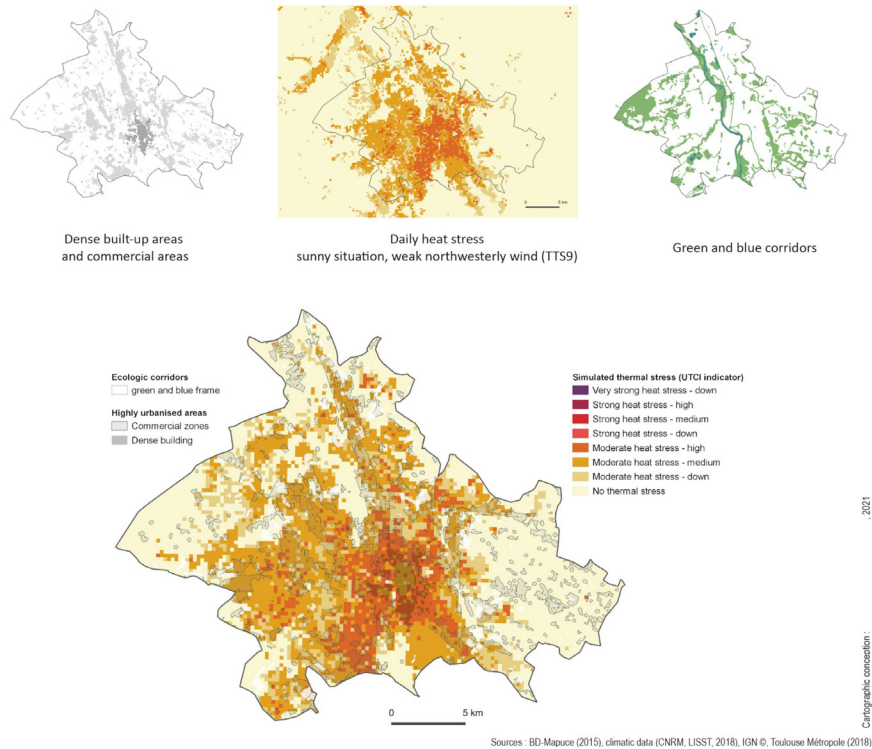
## ÉMERGENCE DU SUJET SUR LA SCÈNE SCIENTIFIQUE

La montée en puissance de la prise de conscience du changement climatique d'origine anthropique dans l'opinion publique et politique, notamment au cours de la dernière décennie anormalement chaude, a joué un rôle majeur en plaçant les questions climatiques à l'échelle urbaine dans les agendas internationaux, nationaux et locaux. Le cadre réglementaire en France suit cette évolution avec une territorialisation progressive des politiques climatiques et énergétiques depuis les lois Grenelle de 2009 et 2010 (Le Bourhis, 2007). Sur l'enjeu de l'adaptation au risque de températures extrêmes en milieu urbain, cela semble cohérent avec le rythme de développement des méthodes de production de données et de connaissances spatiales à ces échelles fines. Le processus d'intégration des enjeux de confort d'été dans la planification et l'aménagement urbains a plutôt consisté, ces dernières années, dans l'appropriation par les acteurs d'une série de documents institutionnels publiés par l'ADEME, Météo France, les agences d'urbanisme et quelques grandes collectivités (Leone & Vinet, 2008). Ces documents de sensibilisation expliquent les bases physiques de la surchauffe urbaine et les enjeux liés au confort d'été, les impacts sur l'environnement et la santé ainsi que les leviers d'actions : végétalisation, forme urbaine, matériaux, contention de l'utilisation de la climatisation... (Mericskay, 2021). Dans ce contexte, les projets de recherche ANR-MApUCE<sup>1</sup> (2015-2019) et ADEME-PÆNDORA<sup>2</sup> (2017-2020) et leurs partenariats de recherche interdisciplinaire ont permis d'apporter des méthodologies pour réaliser des diagnostics microclimatiques spatiaux, d'îlot de chaleur urbain nocturne, de stress thermique diurne et de vent, partout sur le territoire, notamment dans l'optique d'alimenter les documents d'urbanisme (fig. 1).

1 MApUCE : Modélisation appliquée et droit de l'urbanisme : climat urbain et énergie. Ce projet vise à intégrer dans les politiques urbaines et les documents juridiques les plus pertinents des données quantitatives de microclimat urbain, climat et énergie, dans une démarche applicable à toutes les villes de France [[umr-cnrm.fr/spip.php?article787](http://umr-cnrm.fr/spip.php?article787)].

2 PÆNDORA : Planification, adaptation et énergie : données territoriales et accompagnement. Ce projet vise à produire une base de données libre et évolutive (pour les études environnementales et climatiques), et ce à l'échelle des quartiers pour l'ensemble des communes de France, et à concevoir des méthodologies d'accompagnement des acteurs de l'urbanisme sur les thématiques liées à l'adaptation au changement climatique [[umr-cnrm.fr/spip.php?article1119](http://umr-cnrm.fr/spip.php?article1119)].

Figure 1. Exemple de carte d'analyse : carte d'analyse de l'indicateur de stress thermique (UTCI) en journée (Hidalgo, 2022)



Mon stage de M1 en géomatique<sup>3</sup> a porté sur les approches cartographiques pour la production des cartes climatiques de l'environnement urbain à visée opérationnelle. Il a permis de réaliser un *état de l'art* sur la place des cartes climatiques dans nos documents opérationnels spatialisés. Cet état de l'art s'intègre dans le travail de recherche poursuivant deux objectifs : l'analyse de la grande diversité des documents d'urbanisme dans leurs niveaux et leurs formes de prise en compte des questions climatiques. Le corpus a été sélectionné parmi des documents d'urbanisme de communes d'importance variée, de la grande métropole au village plus modeste. Les cartes ont été analysées selon divers critères : leur présence seule, mais aussi leur nombre, leur nature et surtout leur méthode de conception (sémiologie, données sources, qualité du message).

Le cadre réglementaire actuel ne préconise pas, pour cette problématique de la surchauffe urbaine, d'usages déterminés en termes de données, sémiologie ou méthodes de représentation comme c'est le cas, par exemple, des plans de prévention des risques (PPR) qui présentent des zonages standardisés pour représenter les différents degrés d'exposition au risque sur un territoire local précis, à grande échelle (Laganier, 2016). Cependant, dans les plans locaux d'urbanisme (PLU), au-delà de quelques couleurs simples, on ne trouve pas de consignes détaillées pour la représentation des risques climatiques (Bouët *et al.*, 2016). On remarque de nombreuses variations empiriques (le rouge est démultiplié en orange ou violet...). Dans les PLU, qui régissent la constructibilité des espaces mais aussi l'information des habitants, il est juridiquement exigé de faire figurer les zonages et textes explicitant les risques et aléas du territoire conformément au PPR, s'il existe. Cela suppose l'existence préalable d'un PPR et n'impose pas de catégories additionnelles, ni de modes de représentation. Dans les plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET), documents de planification avec lesquels le PLU doit être en conformité, des catégories thématiques sont conventionnellement abordées, comme les usages de l'eau, la biodiversité et, plus récemment, le confort thermique, sans qu'aucun texte de loi ne l'encadre. Quant aux données, lorsque les cartes de climat urbain apparaissent à l'initiative des acteurs opérationnels mettant en place les documents d'urbanisme, elles sont hétérogènes, sans réglementation dédiée.

Dans un deuxième temps, nous avons constaté que la place et le rôle des cartes sont très variés, après analyse de divers documents d'urbanismes : PLU et PCAET, PPR, de différentes régions comme l'agglomération de Toulouse, diverses communes de la Côte d'Azur (Nice, Fréjus, Cotignac) ou encore Paris et Lille. Enfin, nous avons tenté de comprendre les standards de conception et de réalisation des cartes des risques en général pour les documents d'urbanisme : leur existence, leur mise en place. Cela a permis de proposer un ensemble de conseils méthodologiques afin de répondre aux problématiques de géovisualisation standardisée des données climatiques.

### CONSTAT D'UN MANQUE DE STANDARDISATION SUR LA SCÈNE OPÉRATIONNELLE

L'étape de recherche actuelle explore la question de la représentation des phénomènes climatiques de manière spatialisée, pour permettre la communication et la discussion autour de ces phénomènes. Même dans le monde académique, toutes les données ne sont pas représentées de la même manière. Les données elles-mêmes peuvent être diverses : modèles de température à grille fine, mesures satellites de température au sol, estimations selon différentes méthodes et résolutions... ; produites par des modèles scientifiques complexes ou simplement interpolées à partir de mesures disparates ; adaptées à des analyses à

<sup>3</sup> Ce stage a débouché sur un mémoire de recherche intitulé « Discussion des approches cartographiques pour la production des cartes climatiques de l'environnement urbain à visée opérationnelle » (Manent, 2022).

différentes échelles, du quartier à l'agglomération, voire au territoire national (les risques climatiques concernant toutes les échelles).

La première partie du mémoire de master est consacrée à cet état de l'art qui a permis de constater des usages cartographiques très variés. Les cartes sont souvent des outils permettant d'apporter un contexte spatial au discours de planification, ce qui permet de comprendre la place hétérogène et non normée des cartes du climat urbain dans la scène opérationnelle. L'étude s'est notamment penchée sur des documents tels que les PPR qui sont, quant à eux, très normés en termes de cartographie sur des thématiques comme les risques d'inondation ou industriels, mais qui ne projettent pas encore leurs méthodes sur les questions de risque à la chaleur. D'autres documents climatiques tels que les PCAET n'ont pas à ce jour de méthode standardisée pour le choix des données climatiques et leur représentation. Cet ensemble recouvre donc un large panel de cartographies, peu interopérables et très éclectiques : des cartes thématiques sur la chaleur de jour ou de nuit (respectivement nommés « stress thermique » et « îlot de chaleur urbain »), présentant des mesures plus ou moins retravaillées ou des typologies, des constats comme des préconisations, des représentations lisses de type *heat map* (carte de chaleur) ou des carroyages, des imageries satellites ou des croquis... Des problématiques de représentation majeures ne doivent pas être négligées : la donnée source n'est pas toujours la même et n'exprime pas les mêmes problématiques, comme la température de surface qui ne peut être utilisée seule afin d'exprimer le confort d'été (fig. 2).

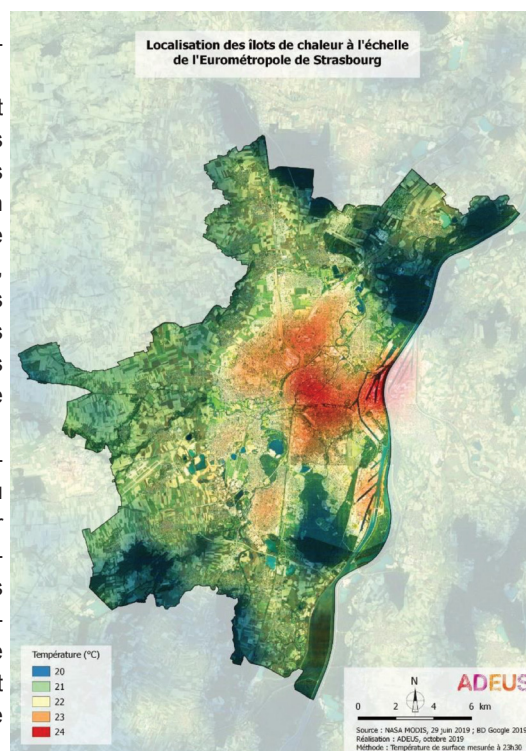
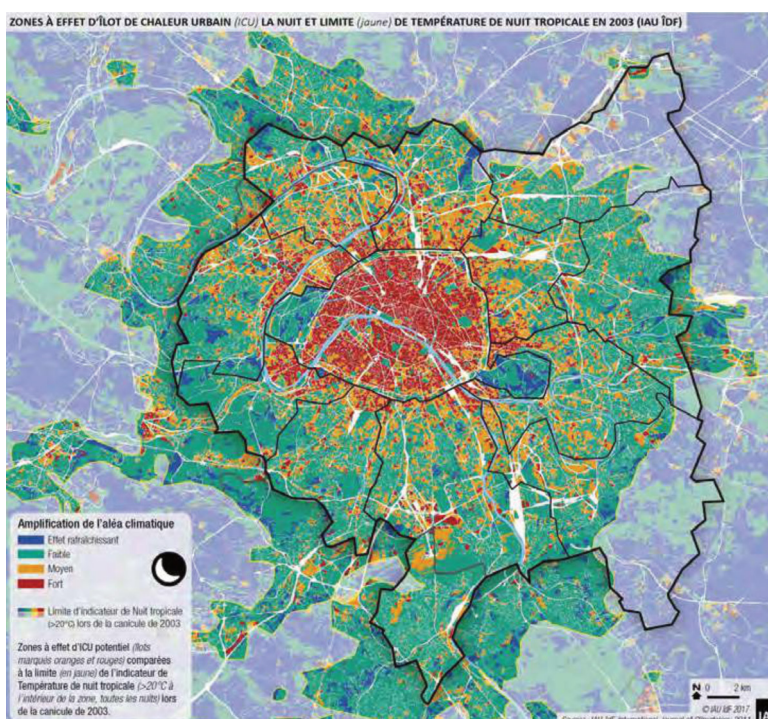


Figure 2. Image satellite des températures de surface pour estimer les îlots de chaleur urbains (ICU) de Strasbourg (agence d'urbanisme ADEUS, 2020)

L'usage des couleurs est une question de sémiologie également importante (variables visuelles de valeur pour les gradations et de couleur pour les différences qualitatives, cf. Lambert & Zanin, 2016) afin de faire passer un message clair et cohérent à un lecteur qui n'est pas familier de ces représentations. On remarque, en effet, des cartes de température de surface de type *heat map* en dégradés mais selon des palettes arc-en-ciel (fig. 3), dont l'usage a été critiqué car il peut fausser la lecture de l'information : en effet, il est très courant d'utiliser les couleurs bleu et vert dans le cadre opérationnel pour représenter notamment l'eau et la végétation par une métaphore plastique. Cependant, cela peut s'avérer un frein de lecture si elles sont utilisées pour des classes de températures sans rapport avec la réalité des couleurs choisies. Ainsi, la représentation de la chaleur en ville est un sujet qui ne devrait pas impliquer de barrière avec le grand public, premier concerné par ces problématiques.

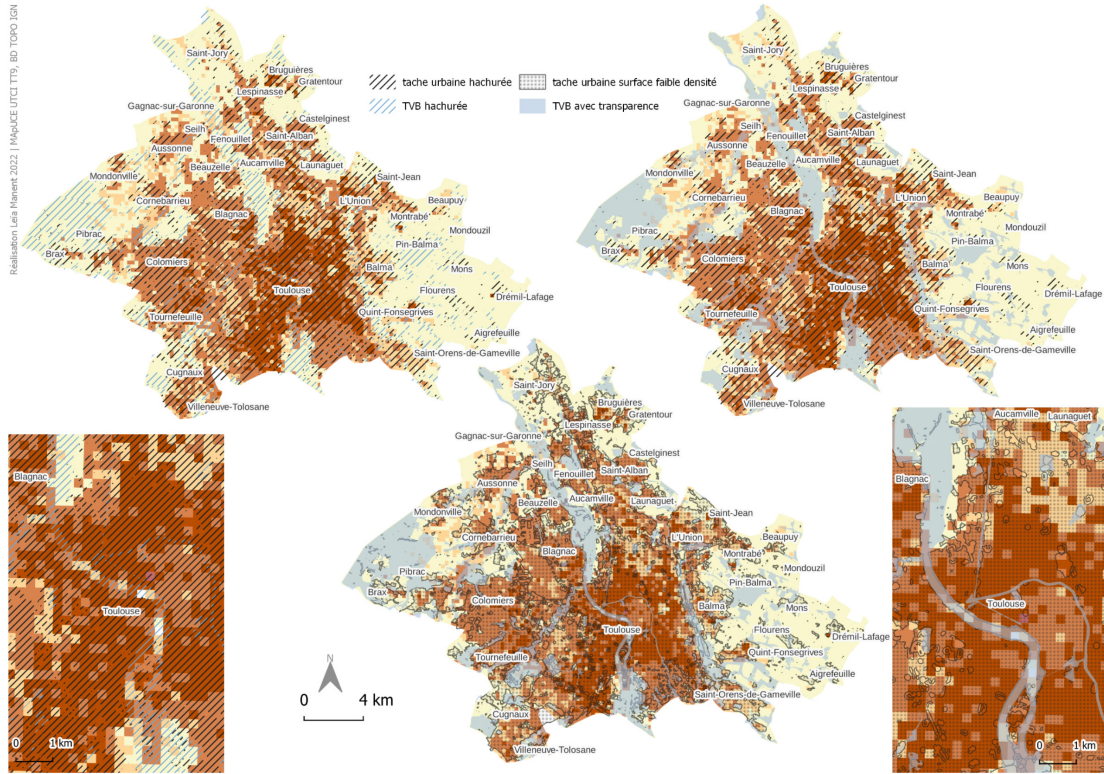
Cette question devrait pouvoir être traitée dans les documents d'urbanisme et de l'environnement, en fonction des lecteurs. Pour évoquer un exemple de pratique de la couleur, le bleu est souvent utilisé en climatologie pour représenter des températures à l'extrémité froide de la gamme. En zone tempérée, en été, les températures les plus basses pour un îlot de chaleur ou une zone soumise à un stress thermique ne sont pas froides pour autant. Cependant, on trouve des cartes climatiques urbaines utilisant des couleurs froides pour ces classes de températures. On préconise donc un usage de palette aux couleurs plus chaudes, dans un gradient potentiellement non linéaire adapté aux seuils de température de l'air (fig. 4). Nous avons fait d'autres constats opérationnels : on compare beaucoup de facteurs à cette température de l'air dans des planches diversifiées, mais aux caractéristiques graphiques très variables, souvent déconnectées. Il peut ainsi être intéressant d'analyser la composition de la carte, l'usage de symboles, d'aplats de couleur de textures variées et la composition de planches cartographiques en diptyques ou triptyques, méthodes qui peuvent servir à la mise en valeur du message afin de faciliter la lecture de la carte et sa compréhension par le public visé, pour une éventuelle réaction.

Figure 3. Carte de chaleur extraite du PCAET de Grand Paris Métropole (IAU ÎdF, 2016). Données : température de surface.



L'effet d'îlot de chaleur urbain dans la Métropole du Grand Paris, IAU Île-de-France 2017 (source : IAU Île-de-France, International Journal of Climatology, 2011)

Figure 4. Planche méthodologique de comparaison de choix de représentation de la tache urbaine dans les cartes de chaleur avec la trame verte et bleue (TVB), entre densité de remplissage du symbole surfacique, transparence et hachures avec mise en page en triptyque (Manent, 2022)

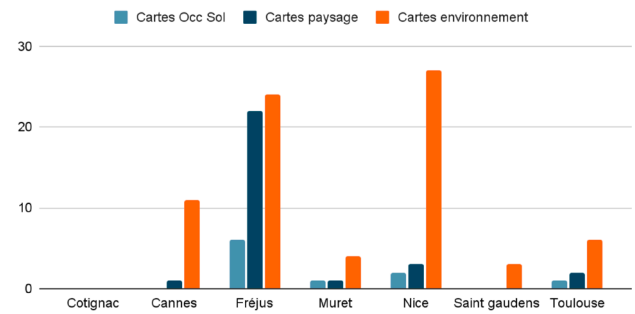


Nous pouvons synthétiser cette étude concluant l'hétérogénéité des cartes proposées par les acteurs opérationnels dans les documents d'urbanisme comme suit :

Figure 5. Synthèse des cartes étudiées dans le corpus (Manent, 2022)

Nom de la commune	Date du PLU	Nb de cartes d'occupation du sol	Nb de cartes de paysages	Nb de cartes d'environnement
Nice	2018	2	3	27
Fréjus	2019	6	22	24
Cannes	2019	0	1	11
Toulouse	2019 annulé, en cours de modification	1	2	6
Muret	2005 modifié 2020	1	1	4
Saint-Gaudens	2020	0	0	3
Cotignac	2020	0	0	0

Cartes de l'Occupation du Sol, des paysages et de l'environnement observées dans les PLU



**PROPOSITIONS ET PERSPECTIVES**

Les géostandards concernant les risques climatiques sont une préoccupation majeure d'institutions nationales telles que le Conseil national de l'information géolocalisée (CNIG), l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGNF), ainsi que d'acteurs publics locaux tels que les directions départementales des territoires (DDT). Ils sont une ressource potentielle dans la démarche de standardisation du traitement des données climatiques et de leur représentation. C'est cette piste que nous avons voulu explorer, d'abord en proposant une méthode de représentation en accord avec les règles de la sémiologie en cartographie, qui pourrait faire partie d'un géostandard.

Cette méthode est étudiée avec des adaptations aux cartes climatiques auxquelles nous portons notre attention, ainsi que des préconisations issues d'une réflexion à partir de la littérature. La mise en place du cadre initial de cette méthodologie a mobilisé des ressources telles que des thèses et travaux de recherche variés en climatologie, des manuels de cartographie, mais aussi des documents d'urbanisme et leur dimension juridique à travers de nombreux PLU, PCAET ou PPR. L'étude comparée de ces thématiques, leurs liens et jonctions ont permis de dégager des principes méthodologiques en termes de cartographie opérationnelle. Mais les propositions ne s'arrêtent pas là. Il est question de favoriser l'usage de davantage de représentations, en fonction de la partie du document d'urbanisme concernée (rapport de présentation, plan d'aménagement et orientations à long terme, règlement en vigueur) et ses objectifs. En effet, on ne fera pas le même usage de la carte dans une partie introductive présentant le territoire que dans un document graphique réglementaire comme une carte de zonages, ni même dans la représentation d'orientations et plans d'aménagement.

L'usage du schéma et des croquis est aussi recommandé dans ce dernier cas de figure. Cela apporte une dimension prospective valorisée dans certains supports tels que des documents d'urbanisme liés à la planification sur le long terme.

Par ailleurs, on envisage l'usage des chorèmes : ces représentations simplifiées des processus territoriaux se présentent par des formes individuelles standardisées permettant de décrire de manière uniformisée un même phénomène et ses variations sur plusieurs territoires, en mettant l'accent sur le côté processuel et dynamique des effets climatiques. Cette méthode développerait progressivement un modèle graphique du processus étudié qui serait complémentaire à la carte. Les descriptions chorématiques sont prometteuses dans ce domaine car elles sont relativement pédagogiques et peuvent s'imposer comme une forme de géostandard de représentation (Jégou *et al.*, 2022). À l'image des règles cartographiques des PPR (code couleur pour les statuts de zones de risque), l'usage de la chorématique peut ainsi s'avérer intéressant, au niveau de détail assez fin, pour la représentation de processus climatiques complexes selon un processus adapté à la mise en œuvre par les acteurs opérationnels. Une première tentative de description chorématique des risques climatiques urbains et des recommandations possibles a été réalisée sur Toulouse (*ibid.*). L'expérimentation de géovisualisations dynamiques, animées et/ou interactives est aussi à expérimenter. Certes, les documents d'urbanisme sont encore figés dans des formats fixes, mais la vulgarisation et la sensibilisation des acteurs et du public font évoluer les propositions vers des supports plus modernes.

Les phénomènes climatiques peuvent proposer de riches représentations une fois quelques règles établies, dans le choix des données et de la sémiotique. Il en va de la nature du document qui portera la carte, mais également de la réception et de l'appropriation par le public visé. L'objectif est pour nous dorénavant d'approfondir cette problématique des conseils sur les méthodes à employer, au niveau à la fois cartographique et de la communication aux futurs lecteurs.

## RÉFÉRENCES

Bouët A., Poupel F., Garry G., DGPR, DGAL, 2016, *Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN). Guide général*, La Défense, MEEM.

Hidalgo J., 2022, *Climat et urbanisme : apports de la dimension cartographique de la climatologie urbaine à la mise en place des plans d'adaptation*, HDR, ENS Paris.

Jégou L., Touati N., Hidalgo J., 2022, « Proposals for the Use of Graphical Models in Urban Climatic Maps », *Cybergeo: European Journal of Geography*, « Cartographie, Imagerie, SIG », document 1026 [[doi.org/10.4000/cybergeo.39354](https://doi.org/10.4000/cybergeo.39354)].

Laganier R. (dir.), 2006, *Territoires, inondation et figures du risque. La prévention au prisme de l'évaluation*, Paris, L'Harmattan.

Lambert N., Zanin C., 2016, *Manuel de cartographie. Principes, méthodes, applications*, Paris, Armand Colin, « Cours ».

Le Bourhis J.-P., 2007, « Du savoir cartographique au pouvoir bureaucratique. Les cartes des zones inondables dans la politique des risques (1970-2000) », *Genèses*, 68(3), p. 75-96 [[doi.org/10.3917/gen.068.0075](https://doi.org/10.3917/gen.068.0075)].

Leone F., Vinet F. (dir.), 2008, *La mise en carte des risques naturels. Diversité des approches*, Montpellier, Presses universitaires de la Méditerranée, « Géorisques » [[hal.archives-ouvertes.fr/hal-03050910](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03050910)].

Manent L., 2022, *Discussion des approches cartographiques pour la production des cartes climatiques de l'environnement urbain à visée opérationnelle*, mémoire de recherche de M1 Sigma, Université Toulouse-Jean Jaurès.

Mericskay B., 2021, « Les effets de l'*open data* et du *big data* dans la fabrique des cartes de l'action publique : entre repositionnement des acteurs et démonopolisation de l'expertise autour des données territoriales », in T. Aguilera, F. Artioli, L. Barrault-Stella, E. Hellier & R. Pasquier (dir.), *Les cartes de l'action publique. Pouvoirs, territoires, résistances*, Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion, p. 107-130.

## LES AUTEUR·ES

### Leïa Manent

Master 2 Sigma (géomatique)  
Université Toulouse-Jean Jaurès & INP/ENSAT  
[manentleia@gmail.com](mailto:manentleia@gmail.com)

### Laurent Jégou

Université Toulouse Jean Jaurès – LISST-CIEU  
[laurent.jegou@univ-tlse2.fr](mailto:laurent.jegou@univ-tlse2.fr)

### Julia Hidalgo

CNRS – LISST-CIEU  
[julia.hidalgo@univ-tlse2.fr](mailto:julia.hidalgo@univ-tlse2.fr)

### Najla Touati

CNRS – LISST-CIEU  
[najla.touati@univ-tlse2.fr](mailto:najla.touati@univ-tlse2.fr)