

Produire une expertise territorialisée entre chercheurs et acteurs autour du climat

Producing territorialized climate expertise through collaboration between researchers and practitioners

Zohra Mhedhbi¹, Sinda Haouès-Jouve², Geneviève Bretagne², Julia Hidalgo², Mélissa Poupelin^{3,4}, Yves Richard⁴, Thomas Thevenin³

¹ UMR PRODIG, IRD, CNRS, France

² UMR LISST, Université Toulouse Jean-Jaurès, CNRS, France

³ UMR ThéMA, Université Bourgogne Europe, CNRS, Dijon, France

⁴ UMR Biogéosciences, Université Bourgogne Europe, CNRS, Dijon, France

RÉSUMÉ. Cet article étudie des formes d'expertise climatique territorialisée issues de collaborations entre chercheurs et acteurs urbains (collectivités, agences d'urbanisme). En mobilisant la notion d'objet intermédiaire, il analyse comment des dispositifs concrets (données, cartes, systèmes d'information géographique ou services climatiques) agissent comme des objets intermédiaires dans la co-construction des savoirs pour la prise en compte de l'adaptation dans l'action publique urbaine. À partir de trois cas d'étude (Toulouse, Dijon, Tunis), l'article met en évidence la diversité des configurations de collaboration depuis la simple consultation jusqu'à la recherche-action et la co-construction d'expertise climatique. Ces objets intermédiaires participent à l'émergence d'une expertise hybride, nourrissant un apprentissage mutuel et une acculturation réciproque entre scientifiques et praticiens. L'article souligne l'importance des conditions relationnelles, temporelles et interdisciplinaires dans la mise à l'agenda des enjeux climatiques et l'ancrage de l'adaptation au changement climatique dans l'action publique urbaine.

ABSTRACT. This article examines forms of territorialized climate expertise emerging from collaborations between researchers and urban stakeholders (municipalities, urban planning agencies). By mobilizing the notion of intermediary objects, it analyzes how concrete tools—such as data, maps, geographic information systems, or climate services—function as intermediary objects in the co-production of knowledge to integrate adaptation into urban public action. Based on three case studies (Toulouse, Dijon, Tunis), the article highlights the diversity of collaboration configurations, ranging from simple consultation to action research and the co-construction of climate expertise. These intermediary objects contribute to the emergence of hybrid expertise, fostering mutual learning and reciprocal acculturation between scientists and practitioners. The article emphasizes the importance of relational, temporal, and interdisciplinary conditions in placing climate issues on the agenda and embedding climate change adaptation within urban public action.

MOTS-CLÉS. expertise climatique territorialisée, objets intermédiaires, collaboration chercheurs–acteurs, action publique urbaine, adaptation au changement climatique, interdisciplinarité.

KEYWORDS. territorialized climate expertise, intermediary objects, researcher–stakeholder collaboration, urban public action, climate change adaptation, interdisciplinarity.

Cet article porte sur de multiples formes d'expertise climatique territorialisée produites en interaction entre chercheurs et acteurs sociaux (élus et techniciens essentiellement) et qui se traduisent sous la forme d'objets diversifiés tels que des données, des cartes, des systèmes d'information géographique des sorties de modèles, etc. Il se focalise sur les rôles que peuvent jouer ces objets médiateurs entre chercheurs et acteurs, en faveur d'un renouvellement de l'action publique en matière de climat. Il s'agit de mener une réflexion autour de deux questions connexes : quels objets concrets - et quels effets moins tangibles¹ - produisent les collaborations entre chercheurs et acteurs autour des enjeux climatiques ? Dans quelle

¹ On pense notamment à des effets tels que la sensibilisation, l'acquisition de nouvelles compétences ou l'adoption de nouvelles manières de travailler.

mesure et de quelles manières ces productions peuvent-elles participer à une prise en compte innovante de ces questions dans le champ de l'urbanisme en tant qu'ensemble de pratiques professionnelles ?

Cet article mobilise certains concepts issus de la sociologie de la traduction, laquelle s'intéresse aux sciences et techniques et vise à comprendre leurs modes de production et de diffusion, ainsi que leur contribution à la transformation du monde (Strum et al., 2006). En particulier, il fait référence à la notion d'objets intermédiaires qui, loin d'être de simples supports de matérialisation d'informations, sont aussi des éléments concrets, contraignants à produire, à adopter et à utiliser (Jeantet, 1998 ; Vinck, 2009). Dans certaines situations, ces objets peuvent être des médias intéressants permettant la collaboration entre différentes catégories d'acteurs (ici entre chercheurs et acteurs des territoires). L'approche par ce cadre théorique permet de dépasser le technosolutionisme qui laisserait penser que les savoirs produits par les chercheurs transforment systématiquement les pratiques des acteurs des territoires.

Trois cas d'étude sont analysés, à savoir les expériences de Toulouse, Dijon et Tunis, qui permettent d'illustrer la diversité des formes de collaboration entre chercheurs et acteurs autour de la production d'expertises climatiques territorialisées. Se déployant dans des temporalités variables et mobilisant des acteurs divers appartenant aux deux sphères, ces expériences peuvent prendre plusieurs configurations, depuis la simple consultation (à l'initiative des praticiens) ou application territoriale (à l'initiative des chercheurs), jusqu'à des travaux de recherche-action entrepris dans une perspective de transfert, ou pouvant tendre parfois vers des entreprises ambitieuses de formulation conjointe de problèmes et de co-construction de solutions.

Sur ces terrains, les deux sphères d'acteurs - chercheurs et praticiens - s'agencent de manières différentes en termes de composition, de cultures et de pratiques professionnelles. Les praticiens mobilisés sont principalement issus des collectivités locales (Toulouse Métropole et Dijon Métropole), mais aussi des agences d'urbanisme (Agence d'Urbanisme et d'Aménagement Toulouse aire métropolitaine - AUAT - à Toulouse et Agence d'Urbanisme du Grand Tunis - AUGT - à Tunis), ces dernières ne recouvrant d'ailleurs pas tout à fait les mêmes statuts et compétences dans les deux territoires.

De leur côté, les chercheurs impliqués sur les différents terrains présentent des profils multiformes en termes d'ancrages disciplinaires, d'approches méthodologiques et de pratiques d'interactions, tant avec les autres disciplines qu'avec la demande sociale. À Toulouse, la sphère des chercheurs impliqués résulte d'une coalition entre physiciens de l'atmosphère (appartenant pour l'essentiel au CNRM²) et chercheurs en Sciences Humaines et Sociales (émergeant principalement au LISST³). À Dijon, il s'agit d'une coalition locale interne à la géographie, regroupant géographes climatologues (équipe CRC⁴ du laboratoire Biogéosciences) et géographes modélisateurs des transports (ThéMA⁵). Sur Tunis, la démarche de recherche est singulière dans la mesure où il s'agit de l'extension sur un terrain au Sud de l'expérience interdisciplinaire toulousaine, par le biais d'un projet doctoral en urbanisme en aménagement, entrepris par une chercheuse formée initialement aux sciences de l'ingénieur (Mhedhbi, 2021).

En s'appuyant sur des sites relativement contrastés, l'ambition n'est pas de proposer une généralisation, ni même une catégorisation, lesquelles nécessiteraient de multiplier les exemples de villes à l'intérieur d'un espace géographique relativement homogène, par exemple en termes de cadre réglementaire, de contraintes climatiques, ou d'organisation des mondes de la recherche sur le climat d'un côté et de l'action urbanistique de l'autre. Le choix opéré ici a été de partir de terrains dans lesquels les chercheurs ont été acteurs et parties prenantes des expérimentations menées. Il s'agit dans ce qui suit, de pointer des éléments communs et d'interroger des différences, en adoptant une grille d'analyse

² Centre National de Recherches Météorologiques, UMR CNRS 3589

³ Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoires, UMR CNRS / EHESS / ENSFEA / INU / 5193

⁴ Le Centre de Recherches de Climatologie (CRC) est une équipe du laboratoire Biogéosciences, UMR CNRS / UB / EPHE 6282.

⁵ Théoriser et Modéliser pour Aménager, UMR CNRS / UBFC / 6049

commune mettant l'accent : (i) sur la genèse des collaborations et leur dimension processuelle ; (ii) sur ce qu'elles ont produit en termes d'expertise territorialisée (approches méthodologiques, données opérationnelles et supports divers de l'expertise territorialisée) ; (iii) sur la manière et l'ampleur avec lesquelles ces collaborations ont impacté les pratiques professionnelles et plus largement l'action publique urbaine ; (iv) pour proposer enfin quelques conditions qui paraissent faciliter la collaboration.

1. Genèse et ressorts des collaborations entre chercheurs et praticiens : observer la dimension processuelle

Les collaborations entre acteurs et chercheurs sont des expériences singulières, résultant de processus situés qui se construisent avec des temporalités et des leviers différents, en fonction de contextes qu'il s'agit ici d'élucider.

Au regard des différents sites étudiés, c'est à Toulouse que la collaboration entre chercheurs et acteurs apparaît comme la plus précoce et la plus aboutie. Le démarrage des recherches concrètes sur le terrain en climatologie urbaine intervient au lendemain de la canicule de 2003, avec le lancement dès 2004 par les chercheurs du CNRM (Météo-France) d'une vaste campagne de mesures dans la région toulousaine (projet Capitoul⁶). À ce stade, les acteurs locaux ont simplement été consultés pour valider les emplacements des capteurs et faciliter leur installation dans le domaine public. Cette interaction minimale constitue une première étape dans la construction de la collaboration autour des expertises climatiques à Toulouse. Du côté des chercheurs en SHS, l'intérêt pour le climat en ville prend naissance sur le socle de travaux antérieurs conduits au LISST sur des questions de durabilité urbaine et de paysages urbains. Une première expérience de recherche interdisciplinaire entre les deux communautés est lancée en 2006-2007 dans le cadre d'une réponse conjointe au premier appel à projets du PIRVE (Haouès-Jouve et al., 2016). Cette recherche qui portait sur la caractérisation des hétérogénéités climatiques dans le périurbain toulousain en lien avec les configurations paysagères et les modes d'habiter, était à vocation exploratoire. Elle a néanmoins constitué la première scène d'acculturation et d'apprentissage pour des chercheurs confrontés pour la première fois de leurs carrières à l'interdisciplinarité radicale.

Les projets de recherche-action démarrent avec l'AUAT autour de questions de recherche théoriques (PIRVE⁷-Toulouse en 2006-2007, puis ACCLIMAT⁸ en 2010-2012 sur la modélisation des interactions entre le développement urbain à long terme - 100 ans, le microclimat et le changement climatique). À ce stade, l'AUAT a été plus encline que la collectivité à se saisir de l'objet "climat urbain" pour collaborer avec des chercheurs sur des projets de long terme, du fait sans doute de la souplesse de son statut associatif qui la met à l'abri d'une tutelle politique directe et lui permet une auto-saisine des sujets qui lui semblent pertinents. En ce sens, l'agence d'urbanisme a joué un rôle clé d'acteur intermédiaire facilitant l'implication d'autres praticiens au fil du temps.

Un tournant s'opère en 2015 avec le lancement de l'élaboration du PLUiH⁹ de Toulouse Métropole et le démarrage concomitant du projet de recherche MApUCE¹⁰. L'injonction réglementaire croissante à la prise en compte des enjeux climatiques dans la planification urbaine et l'intermédiation assurée par l'AUAT - qui est à la fois partie prenante du projet de recherche et du PLUiH - expliquent l'ajustement des calendriers des chercheurs et des praticiens. Les chercheurs, les urbanistes de la collectivité et l'AUAT trouvent alors un espace d'échange stimulant dans le cadre du groupe de travail "Climat-Energie" du PLUiH.

⁶ Sur Capitoul, voir : <https://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article260>

⁷ Programme Interdisciplinaire de Recherche Ville et Environnement

⁸ Adaptation au Changement CLIMAtique de l'Agglomération Toulousaine

⁹ Plan Local d'Urbanisme intercommunal et Habitat

¹⁰ Modélisation Appliquée et droit de l'Urbanisme : Climat urbain et Énergie (<https://www.umr-cnrm.fr/ville.climat/spip.php?article386>)

La collaboration s'amplifie en 2017 et se focalise sur la réalisation de diagnostics microclimatiques et leur géovisualisation, grâce au recrutement conjoint par la collectivité et Météo-France d'un doctorant pour mettre en place un réseau d'observation métropolitain permanent basé sur l'installation de capteurs microclimatiques (Dumas, 2021). Le dernier tournant en date de la collaboration entre les chercheurs et les praticiens intervient en 2021 avec l'intégration au sein de la collectivité du jeune docteur, avec pour mission de pérenniser le dispositif d'observation -qui compte aujourd'hui 78 capteurs- et de développer des services climatiques associés. Cette phase peut être qualifiée de phase d'intégration ou d'internalisation de la capacité à produire l'expertise climatique au sein de la Métropole. Elle pourrait déboucher à l'avenir sur de nouvelles modalités de collaboration encore plus intégrées.

Dans le cas de Dijon, le processus se décline en deux phases. La première correspond à l'émergence d'un nouveau champ de recherche local dédié à la climatologie urbaine. Cette émergence est rendue possible par la rencontre autour de l'objet « climat urbain » de deux communautés dijonnaises de chercheurs géographes, sachant qu'aucune ne s'intéressait frontalement à cet objet auparavant et qu'elles n'avaient pas l'habitude de travailler ensemble. Pour cela, chacune a dû opérer un pas de côté : les chercheurs du CRC-Biogéosciences depuis la climatologie appliquée à l'agriculture (en particulier la viticulture) et les modélisateurs de ThéMA depuis le champ thématique des transports urbains vers celui du climat. Les diversifications thématiques s'accompagnent d'une augmentation progressive des partenariats avec les acteurs institutionnels, depuis l'ADEME et l'Agence régionale pour l'environnement (Alterre BFC) jusqu'aux services de Dijon Métropole. Ce travail collectif s'est concrétisé du côté des chercheurs par la mise en place d'un système d'observation du climat urbain. Ce système a joué un rôle d'intermédiaire entre les équipes de recherche en favorisant l'émergence et la consolidation de l'interdisciplinarité entre climatologie, géomatique, urbanisme et aménagement du territoire. En 2014, le réseau naissant est doté de cinquante stations météorologiques réparties sur l'ensemble des communes de Dijon Métropole.

À l'instar de ce qui s'est passé à Toulouse lors de la campagne de mesures de 2004, la première collaboration à Dijon des chercheurs avec la collectivité a consisté essentiellement en des discussions et des consultations en vue d'obtenir les autorisations pour l'installation des stations dans l'espace urbain. Dans ces conditions, Dijon et son territoire s'apparentent davantage à un nouveau terrain pour les scientifiques qu'à un véritable partenaire de travail ou - encore moins - un commanditaire de recherche.

La seconde phase correspond à une période de consolidation de ce nouveau champ de la recherche sur la ville qui s'opère par une intensification des relations de travail entre les deux équipes de recherche (CRC-Biogéosciences et ThéMA) et des services de Dijon Métropole. Ceci passe notamment par un effort conjoint de publication (De Lapparent et al., 2015, Pohl et al., 2015 ; Zito et al., 2016, ; Vairet et al., 2017 ; Richard et al., 2017 2022 ; Crétat et al., 2023), de recherche de financements pour de nouveaux projets de recherche (projet ADEME / Pôle Santé Publique BFC SAVE-IFU, et thèses de Thibaut Vairet et de Mélissa Poupelein) et de participation à des réseaux de recherche en climatologie (SNO Observil, Réseau Thématisé en climatologie urbaine). L'effort de structuration interne à la recherche s'accompagne de nouvelles formes de collaborations entre les chercheurs et la collectivité autour de la construction d'une expertise microclimatique territorialisée (Projets POPSU PURE¹¹ et H2020 RESPONSE¹²). La figure 1 montre l'évolution du réseau réseau MUSTARDijon en termes d'instruments, de financements et de projets.

¹¹ <https://popsu-dijon.u-bourgogne.fr/>

¹² <https://blog.u-bourgogne.fr/chaire-smart-city/la-recherche/projets/>

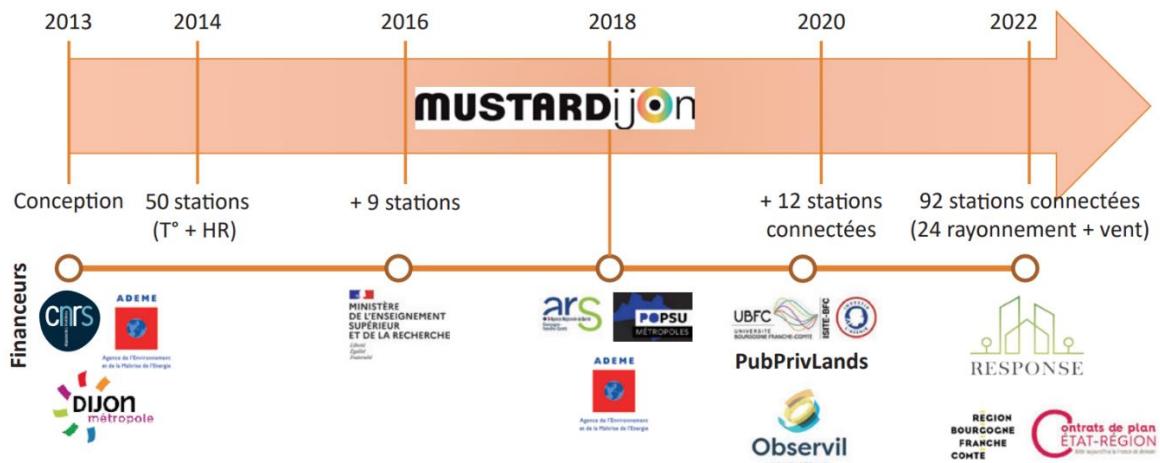


Figure 1. Evolution du réseau MUSTARDijon (Source : Jegou et al., 2024)

Cette expertise mobilise l'observation in situ, la modélisation climatique, la télédétection et la géomatique en vue de produire des cartes d'ICU (figure 2), des interpolations et des scénarios géoprospectifs (Poupelin et al., 2025).

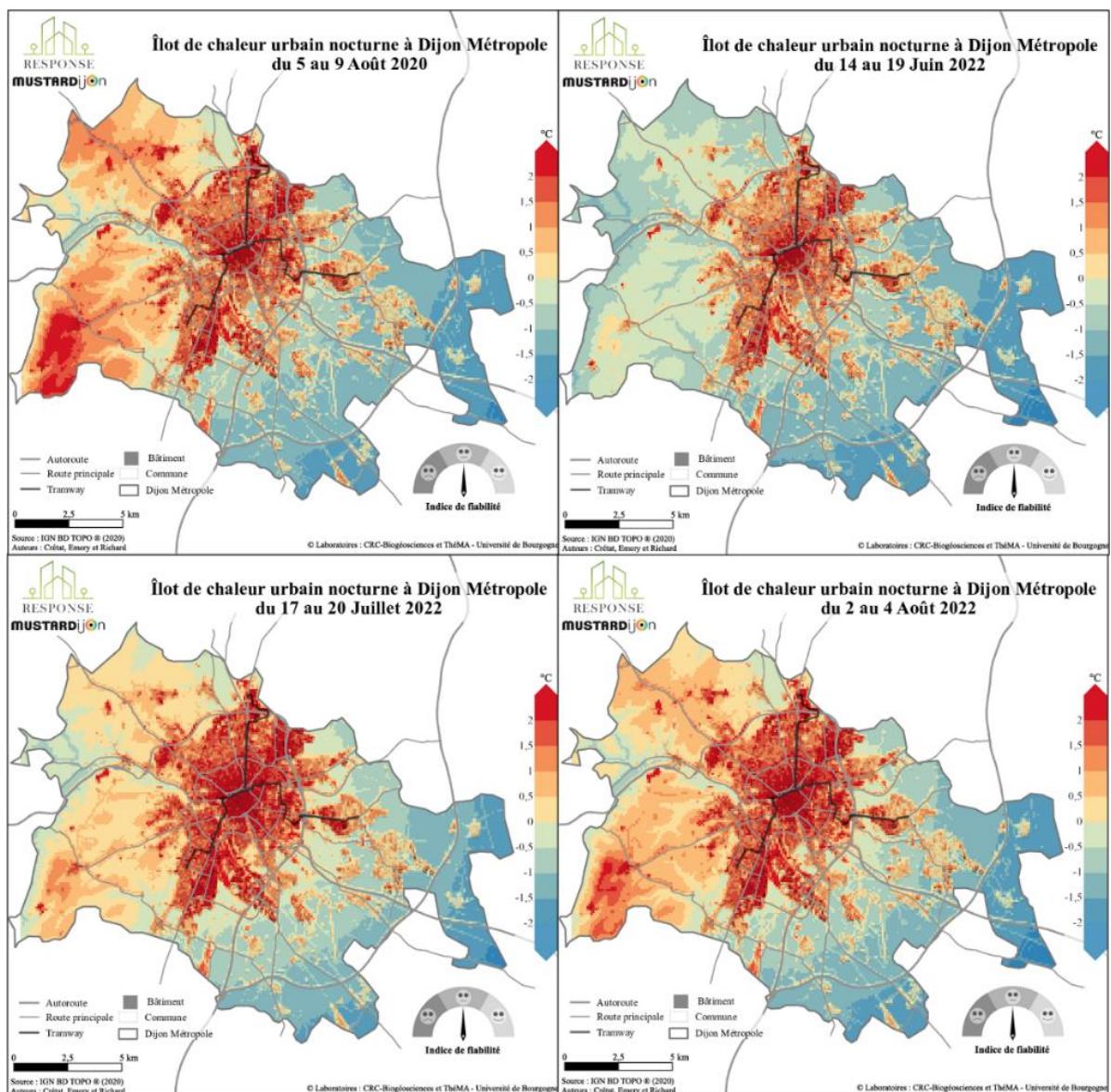


Figure 2. Cartes de l'ilot de chaleur urbain à Dijon Métropole réalisées dans le cadre du projet RESPONSE H2020 (source : Biogéosciences - CRC, 2024)

A Tunis, la construction et l'analyse du processus de collaboration entre chercheurs et praticiens font intégralement partie de la recherche entreprise dans le cadre de la thèse de Zohra Mhedhbi, portée par le CNRM et le LISST et financé par l'IDEX de Toulouse (Mhedhbi, 2021). Ce travail a mis en avant le rôle central de la cartographie climatique en tant qu'objet intermédiaire, construit pendant la thèse. Il a analysé son rôle dans la mise en place de la collaboration entre acteurs et chercheurs pour la mise à l'agenda de l'adaptation climatique dans les politiques urbaines. L'identification en amont du cadre théorique de la sociologie de la traduction a permis à la fois de construire la collaboration dans une logique de recherche-action autour des objets techniques, et de concevoir les phases successives typiques d'une boucle de traduction (problématisation, intéressement, enrôlement et mobilisation) mais aussi de décrire et analyser *a posteriori* le processus de collaboration (Callon, 1986).

La première étape - la problématisation - a consisté à identifier un problème commun aux acteurs et aux chercheurs à l'interface de la ville et du climat. Le focus porté par le projet de recherche sur le phénomène de la surchauffe urbaine et la production de cartes climatiques (figure 3) a été perçu par les acteurs locaux comme peu pertinent au regard des risques d'inondation qu'ils percevaient comme primordiaux à Tunis¹³.

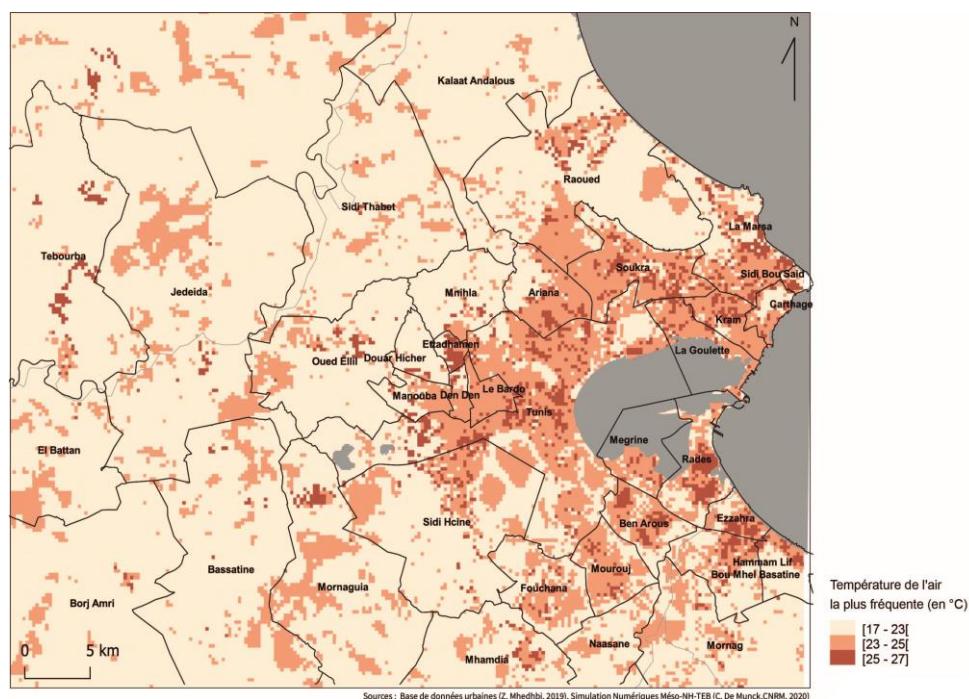


Figure 3. Carte de l'ilot de chaleur urbain du Grand Tunis (source : Mhedhbi et al., 2022)

Le positionnement de la thèse a ainsi été considéré comme défendant des intérêts spécifiques à la recherche au détriment de ceux des acteurs locaux. Afin de permettre une meilleure appropriation locale de la question climatique, il est vite apparu nécessaire d'élargir le champ de la collaboration à d'autres questions sur lesquelles l'Agence d'Urbanisme du Grand Tunis (AUGT) se trouvait davantage légitime et mieux outillée. La problématisation s'est ainsi orientée vers la collecte de données environnementales et climatiques utiles pour des études urbaines. La deuxième étape - l'intéressement - est basée sur la « promesse » de remédier en partie à la pénurie de données urbaines, à travers notamment la production de la carte en zones climatiques locales (LCZ¹⁴) pour le Grand Tunis (Mhedhbi et al., 2022). Cette carte et la carte climatique du Grand Tunis qui était alors en projet, peuvent être considérées comme les

¹³ Malgré l'intensité de la canicule de 2003, les risques liés aux vagues de chaleur n'apparaissaient pas prioritaires aux yeux des acteurs locaux qui se préparaient plutôt à gérer les risques liés aux inondations, à l'élévation du niveau de la mer et à la sécheresse (Mhedhbi, 2021)

¹⁴ Local Climate Zone (Stewart et Oke, 2012)

principaux dispositifs d'intéressement. En effet, à travers elles, plusieurs agents de l'AUGT se sont intéressés aux travaux des chercheurs, et plus particulièrement aux liens qu'ils tentent de construire entre climatologie urbaine et urbanisme. La troisième étape - l'enrôlement - implique des concessions de la part des chercheurs et des acteurs, visant à favoriser l'adoption d'un projet commun. Du côté des chercheurs, cela s'est traduit par un élargissement de l'objet de la collaboration du champ du climat vers celui de l'environnement. Cette évolution a permis le déplacement du dispositif d'intéressement, depuis la seule carte LCZ, vers une plateforme de données environnementales et climatiques qui contient cette dernière. Du côté des acteurs, la concession s'est traduite par l'acceptation de l'AUGT de s'investir pour la première fois sur des problématiques climatiques, en prenant le leadership du projet de la plateforme. La dernière étape - la mobilisation - est marquée par l'organisation en 2018 d'un événement fondateur, à savoir le séminaire de lancement de la plateforme destiné à intéresser et à enrôler de nouveaux acteurs locaux, ce qui pourrait se traduire par l'enclenchement d'une nouvelle boucle de traduction. La figure 4 résume les différentes étapes de la traduction à Tunis.

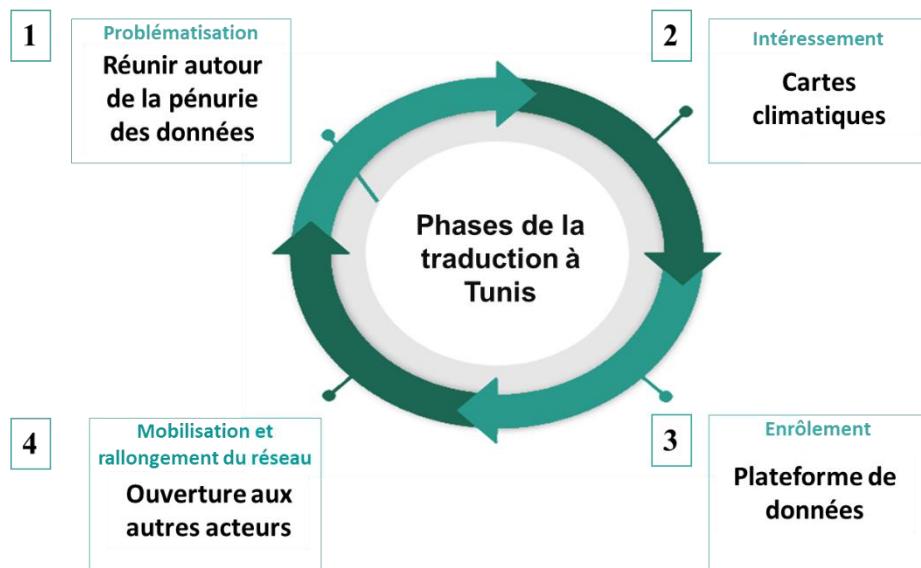


Figure 4. Les étapes de la traduction à Tunis (Schéma réalisé à partir des travaux de Michel Callon, 1984)

L'expérience tunisoise diffère de celles conduites à Toulouse et à Dijon. Sur ces deux terrains, les collaborations peuvent être qualifiées d'endogènes dans la mesure où elles ont été initiées par des équipes de recherche implantées sur les territoires concernés. Dans les deux cas, un tandem d'équipes pluridisciplinaires s'est formé qui permet de croiser les SHS (géographes, sociologues) et les sciences de l'environnement (climatologues). À Tunis, si les premières études de climatologie urbaine ont été menées essentiellement par des laboratoires locaux¹⁵ (Charfi et al., 2010; Dahech, 2013), la genèse de la collaboration entre chercheurs et acteurs peut être qualifiée d'exogène dans la mesure où elle a été initiée dans le cadre d'une thèse interdisciplinaire dirigée par deux laboratoires toulousains (LISST et CNRM), dans une logique visant à étendre les recherches en cours sur Toulouse vers des villes des Suds, avec Tunis comme premier terrain exploratoire. Dans le cadre de cette thèse, une collaboration a été initiée avec Sami Charfi, de l'Université de Sfax, afin d'assurer la validation de la configuration du modèle et d'évaluer la pertinence des simulations utilisées pour l'élaboration des cartes climatiques du Grand Tunis. En outre, M. Charfi a été convié à l'atelier de lancement du projet de la plateforme, organisé en partenariat avec l'AUGT à Tunis pour présenter ses travaux sur le Grand Tunis. Cette collaboration, bien que modeste, a permis de créer des liens avec les universités locales, acteurs clés pour l'adaptation des villes au changement climatique.

¹⁵ Il s'agit du GREVACHOT (Groupe de REcherche VAriabilité du Climat et l'HOMme en Tunisie) et de SYFACTE (SYstème d'informations, Formations, Aménagement, Cartographie, Télédétection et Environnement).

Dans les trois cas d'étude, la collaboration est le fruit d'un long travail de prospection et de sensibilisation mené par les chercheurs auprès des acteurs locaux, mettant au cœur de leurs approches les diagnostics climatiques et leur géovisualisation. Ces outils ont constitué une sorte de **dispositif d'intégration des savoirs** (Trompette et Vinck, 2009) et un support de médiation dans les processus de coordination entre les acteurs et les chercheurs.

Dans le cas des collectivités françaises, la mise en place depuis les années 2010 de nouveaux documents d'urbanisme au niveau métropolitain (PLU et PCAET) a été l'occasion d'ouvrir des fenêtres de dialogue avec le milieu académique. Rappelons qu'avec la canicule de 2003 en toile de fond, les lois Grenelle ont mis l'adaptation au changement climatique au cœur des enjeux à considérer pour la conception de ces documents. Ce contexte a été facilitateur dans la mise en relation des chercheurs et des acteurs des territoires, les deux sphères visant alors une intégration opérationnelle de la question climat dans les orientations et actions publiques locales.

A Dijon et à Toulouse plus particulièrement, la collaboration s'est concrétisée autour de projets de déploiement de campagnes de mesures, puis de réseaux d'observations pour lesquels les équipes de chercheurs devaient négocier des autorisations avec la métropole. À Tunis, la rareté des ressources financières, la caducité des instruments de planification et l'instabilité du contexte politico-administratif affaiblissent les acteurs de l'urbanisme et les empêchent de s'ouvrir sur de nouveaux enjeux comme l'adaptation au changement climatique. De plus, les représentations sociales des acteurs minimisant les effets du changement climatique constituent de réels obstacles à cette émergence (Mhedhbi, 2021). La seule voie d'entrée pour la collaboration avec l'AUGT a été un stage réalisé en son sein par la doctorante. Cette courte immersion a permis de sensibiliser les agents à l'intérêt des outils climatiques - la carte climatique en l'occurrence - dans la perspective d'un enrichissement des exercices de planification urbaine.

Au-delà des différences de contextes, la **qualité des relations humaines** entre chercheurs et acteurs semble être un facteur indispensable pour garantir l'intensité et la longévité de leur collaboration. Cependant, le fait que la collaboration repose en partie sur des affinités interpersonnelles constitue dans le même temps un risque pour la pérennisation de celle-ci sur le long terme, compte tenu de l'important *turn-over* interne et externe des agents des collectivités. De ce point de vue, la montée en puissance de **chantiers collaboratifs diversifiés** impliquant chercheurs et acteurs participe à la consolidation et à la sécurisation des liens de travail entre les deux parties. Ces chantiers vont de réponses communes à des appels à projets (projets POPSU, SAVE-IFU, H2020 RESPONSE à Dijon, projets ANR MApUCE et ADEME PAENDORA à Toulouse), à des stages de master ou des contrats post-doctoraux. Il convient en outre de noter le rôle important qu'ont joué les thèses réalisées à l'interface des laboratoires et des collectivités sur les trois sites principaux (à Dijon : Thibaut Vairet (2020) et Mélissa Poupelein (2024) ; à Toulouse : Guillaume Dumas (2021) ; à Tunis : Zohra Mhedhbi (2021)). Ces exercices amples de recherche, plus ou moins connectés à l'action publique, ont permis selon les cas d'initier ou d'approfondir les questionnements communs aux chercheurs et aux acteurs, voire dans le cas de Toulouse d'internaliser, au sein de la collectivité, l'expertise de recherche par le biais de l'embauche du jeune docteur à l'issue de sa thèse. Les communications à colloques et publications d'articles co-écrits avec des acteurs métropolitains (Bretagne et al., 2023, De Lapparent et al., 2015, Richard et al., 2017 ; 2022 ; Vairet et al., 2017) permettent également de renforcer la collaboration, de valider le travail accompli et de lui donner une visibilité. À noter également qu'à Dijon et Toulouse, la sollicitation récurrente des acteurs impliqués de la métropole pour intervenir dans les formations de Master pilotées par les enseignants-chercheurs des laboratoires partenaires contribue à fluidifier les circulations entre les deux sphères et à mieux asseoir la collaboration dans la durée.

Enfin, la **présence d'acteurs intermédiaires** (agences d'urbanisme, thèses, contrats postdoctoraux, etc.) semble jouer un rôle moteur dans les collaborations. Tous ces intervenants contribuent activement à faciliter la circulation des connaissances entre chercheurs et acteurs. De manière générale, ces acteurs intermédiaires se distinguent par leur capacité à être proactifs dans la création d'objets intermédiaires, renforçant ainsi la fluidité de l'échange d'informations et aidant à poser un diagnostic partagé qui peut

éclairer l'action publique urbaine. En contrepartie, le caractère contractuel et donc non pérenne de l'implication de ces acteurs intermédiaires peut être lu comme un facteur de fragilisation de ces collaborations.

2. Une médiation, premier pas vers la production d'une expertise hybride

Les différents cas d'étude présentés dans cet article illustrent l'importance de l'évolution des contextes, tant scientifiques avec l'incitation à l'interdisciplinarité et à l'interaction avec la demande sociale, qu'institutionnels avec l'évolution des cadres réglementaires vers une meilleure prise en compte du climat dans l'action urbaine. À cette fin, de nombreux programmes de recherche ont été développés dès 2004 avec des financements locaux (régions, métropoles), puis nationaux et européens. Ce contexte favorable a contribué dans les trois cas d'étude à la co-construction, entre acteurs et chercheurs, de 3 grandes catégories de productions : un processus méthodologique, des données opérationnelles et des supports tournés vers l'expertise.

Un cheminement méthodologique pour un diagnostic climatique territorialisé

À la suite de la canicule de 2003, le besoin de mesurer la surchauffe urbaine s'est imposé dans de nombreuses villes. À Toulouse, une équipe de chercheurs s'est lancée dès 2004 dans des campagnes de mesures fixes et mobiles afin de mieux comprendre les interactions entre climat, formes urbaines et mode d'habiter (projets Capitoul 2004, PIRVE 2006). Les équipes dijonnaises attendront 2014 pour lancer les premières mesures de températures sur la base d'un réseau de capteurs fixes (MUSTARDijon) pour caractériser la surchauffe urbaine. Parallèlement à l'installation de ces observatoires du climat urbain, des approches modélisatrices se sont développées en couplant des modèles de climat urbain avec des modèles d'expansion et de renouvellement de la forme urbaine (Masson et al., 2014, travaux appuyés par l'Agence nationale de recherche pour le projet VURCA (référence ANR-08-VULN-013 et le projet MUSCADE (référence ANR-09-VILL-0003) et par le Réseau thématique de recherche avancée sur l'aéronautique et l'espace pour le projet ACCLIMAT (RTRA STAE – ACCLIMAT)). Les données d'observations, qu'elles soient issues de campagnes d'observations ou de réseaux plus pérennes, ont été utilisées à des fins de validation des modèles à de nombreuses reprises sur les terrains de Toulouse et Dijon (Masson et al., 2014 ; Le Bras et Masson, 2015 ; Schoetter et al., 2017 ; Kwok et al., 2018 ; Hidalgo et Jouglia, 2018 ; Schoetter et al., 2020 ; Haouès-Jouve et al., 2022 ; Poupelin et al., 2022 et 2024).

La nécessité de disposer de données précises décrivant l'occupation du sol et le climat pour alimenter les plateformes de modélisation et d'observation implique la collaboration entre, d'une part les modélisateurs du climat et de l'autre, les chercheurs en urbanisme et géomaticiens et acteurs du territoire. La localisation optimale des capteurs a nécessité une caractérisation à échelle fine des espaces urbains. Cette description à haute résolution est encore plus importante pour les modèles qui exigent des données précises, autant sur les surfaces artificialisées (hauteur des bâtiments, largeur de la voirie, etc.) que sur les étendues végétalisées (surface enherbée, hauteur du tronc, houppier, etc.)¹⁶.

Les différents cas d'étude montrent par ailleurs que la production de méthodes ne peut être déconnectée du cadre réglementaire. Les travaux réalisés sur Toulouse et Tunis incluaient une étude minutieuse des documents de planification locaux (PLU, PCAET, etc.), en interrelation avec les urbanistes des collectivités, directement impliqués dans l'élaboration de ces documents. À Toulouse, l'expertise climatique produite a joué un rôle de médiation et de co-construction entre architectes, juristes, aménageurs et géographes, permettant de croiser les regards afin de caractériser les enjeux climatiques et soutenir l'action publique sur les chemins de la transition. Cet exercice a débouché sur la rédaction par les urbanistes de la collectivité d'un guide de recommandations issues du programme

¹⁶ La constitution de ces informations indispensables a exigé le développement d'outils de cartographie sous forme de *plug-ins* disponibles sous QGIS : TempMap (Touati, Gardes, et Hidalgo 2020) pour la visualisation des températures ; BD-DANUBE qui décrit les techniques constructives et les matériaux en fonction d'une dizaine d'archéotypes.

MAPUCE (figure 5). Enfin, la question des impacts du stress thermique sur la santé publique a été abordée principalement à Toulouse et beaucoup plus modestement à Dijon. Les mesures relevant de l'expologie restent à affiner en relation avec des spécialistes de la santé publique. De nouvelles méthodes doivent être développées dans ce sens pour constituer un diagnostic climatique complet.

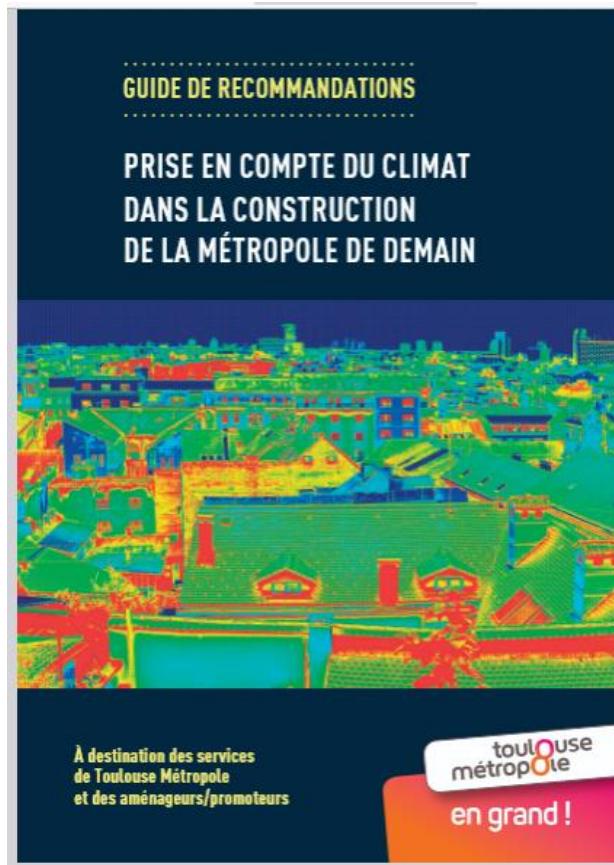


Figure 5. Page de couverture du Guide De recommandations de Toulouse Métropole

Au-delà de leur intérêt intrinsèque, les données produites et les outils construits ont favorisé les échanges entre les acteurs et les chercheurs, permettant la confrontation de leurs points de vue, méthodes et intérêts. Cette dynamique a contribué à une meilleure compréhension mutuelle et a permis de cheminer vers une co-construction de divers dispositifs, jouant le rôle d'objet intermédiaire, en faveur de la prise en compte des enjeux climatiques par l'action publique urbaine.

De la production de données aux services climatiques en temps réel : une diversité d'objets intermédiaires

Le cadre méthodologique a permis de développer des bases de données d'une grande précision sur les différents terrains étudiés. Des bases de données architecturales ont été constituées en combinant des caractéristiques morphologiques, texturales et d'occupation des sols à Toulouse et Tunis. Toutes les équipes de recherche ont pris conscience du déficit de connaissance sur les espaces végétalisés. Le programme MAPEUCE¹⁷ a été précurseur en France dans ce domaine avec une cartographie systématique de la végétation dans 15 villes de France dont Toulouse et Dijon. Sur cette dernière ville, un travail de caractérisation de la végétation à haute résolution a été effectué sur la base d'une approche multisources (BD Topo, images Pléiades, LiDAR).

Le croisement de ces multiples bases de données a contribué à l'élaboration de cartes inédites et de nouveaux atlas climatiques. Fondée sur la méthode des LCZ, la carte des ambiances thermiques est

¹⁷ Toulouse Métropole, 2021, Guide de recommandations : Prise en compte du climat dans la construction de la métropole de demain, 36pp

certainement le support le plus diffusé dans les agglomérations. L'élaboration de ce document basé sur des données ouvertes est largement facilitée par le logiciel Geoclimate. Cependant, ces unités spatiales (LCZ) sont peu connues et peu mobilisées par les aménageurs et les urbanistes, plus habitués à travailler sur le parcellaire cadastral. Les cartes climatiques sont un bon complément pour représenter l'effet d'Îlot de chaleur urbain (ICU) à l'échelle d'une agglomération. Ce mode de représentation a été réalisé sur les sites de Tunis et Toulouse (Mhedbhi, 2022 ; Hidalgo et al., 2023, Jegou et al., 2022). La figure 6 montre les cartes climatiques réalisées sur la commune de Balma, issues d'un atlas climatique réalisé par l'AUAT à l'échelle de la métropole, en s'appuyant sur les résultats obtenus dans le projet MApUCE et PAENDORA.

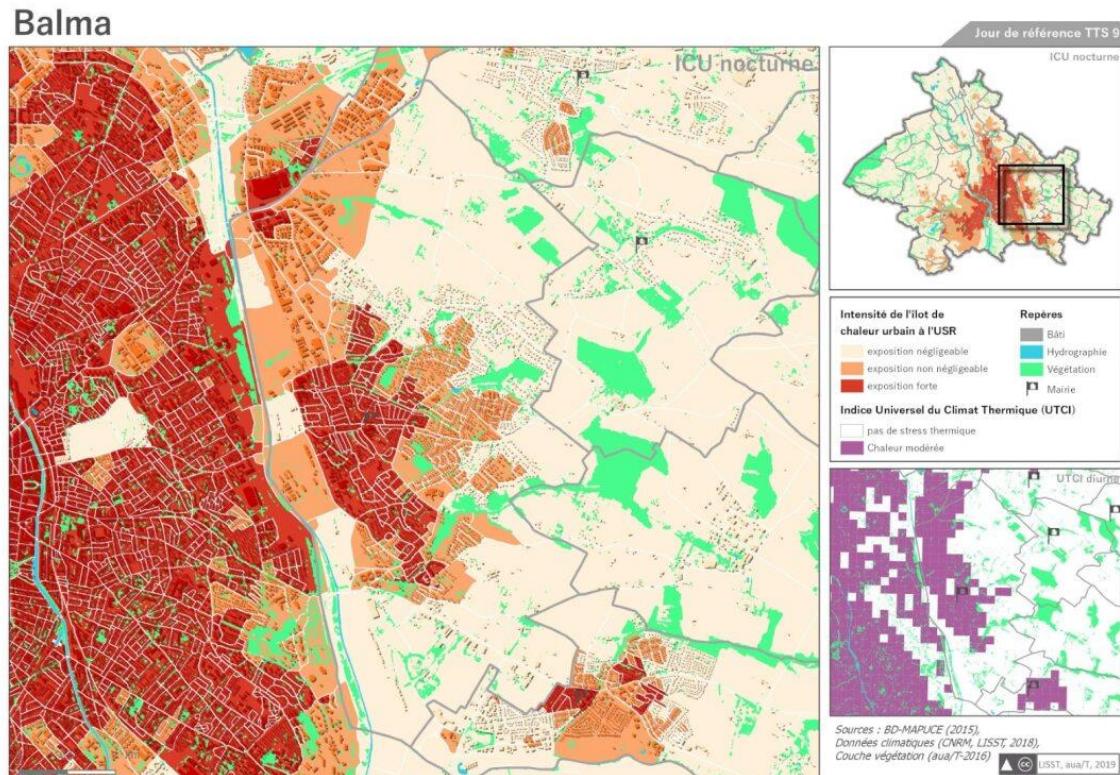


Figure 6. Cartes climatiques (ICU et UTCI) sur Balma au sein de Toulouse Métropole (extrait de l'Atlas¹⁸ climatique sur le périmètre de Toulouse Métropole)

En plus des LCZ, dans un contexte de répétition des vagues de chaleur, la visualisation dynamique en temps réel de cartes de températures mesurées aux stations ou/et interpolées en tout point de l'espace devient un enjeu essentiel pour les collectivités et les citoyens. Les observatoires de la température urbaine constituent un maillon indispensable pour livrer un monitoring environnemental. À Dijon, un tableau de bord des températures de l'air est déjà disponible sur les 95 stations installées sur la métropole et des cartes lissées sur différentes périodes de la journée seront prochainement mises à disposition. Les actions engagées sur Toulouse vont encore plus loin en matière de service climatique métropolitain, avec l'utilisation des données issues du réseau de surveillance pour permettre à terme la priorisation et le suivi d'actions publiques en faveur d'un rafraîchissement de la ville. Ce modèle pourrait se généraliser sur de nombreux sites à l'avenir.

Les travaux de recherche partent de données très spécifiques, telles que les bases de données urbaines, la cartographie systématique de la végétation, les cartes des PLU, pour aboutir, entre autres, à la construction de cartes climatiques intégrant divers types de connaissances, et en particulier l'expertise professionnelle des acteurs. Bien que ces productions ne soient pas toujours mobilisées directement par les acteurs, elles contribuent à minima en tant qu'objets intermédiaires à la construction de compromis

¹⁸ <https://www.aua-toulouse.org/atlas-climatique/>

et de connaissances partagées entre les acteurs et les chercheurs concepteurs. Elles peuvent également jouer le rôle d'un support conventionnel (Dodier, 1993), permettant de construire un référentiel commun sur lequel reposera l'action climatique future. Dans les expériences les plus abouties, notamment celle de Toulouse, l'intégration des expertises scientifiques et professionnelles débouche sur la co-construction de services climatiques métropolitains qui sont des dispositifs complexes pilotés par des individus aux compétences véritablement hybrides aux frontières des deux mondes sociaux.

Vers la construction d'une expertise transversale au sein des collectivités

Le passage de la recherche à l'expertise et la décision est soumis à un jeu d'acteurs complexes aux multiples facettes. Les équipes de Toulouse et de Tunis se sont lancées très tôt dans une démarche d'identification et de cartographie des parties prenantes. La compréhension du système d'acteurs a ainsi incité chercheurs et agents de Toulouse Métropole à constituer des groupes de travail pluridisciplinaires et cette initiative a débouché notamment sur la rédaction d'un guide de recommandations destiné aux services de Toulouse Métropole en charge de la planification urbaine et de l'aménagement urbain, ainsi que les aménageurs et les promoteurs impliqués sur le territoire de la Métropole. L'organisation dijonnaise n'a pas été aussi formalisée. C'est avant tout l'installation des capteurs et la mise en œuvre de l'observatoire qui ont permis de réunir l'ensemble des acteurs. Quelles que soient les modalités, l'objectif visait à s'affranchir de la logique de silo des différents services, agences d'urbanisme et autres organismes pour construire une expertise transversale autour du climat urbain.

Ces différents processus de recherche-action ont contribué à définir des orientations stratégiques dans les PCAET pour favoriser la conception bioclimatique, réduire les ICU par la préservation de la nature et réduire les dépenses énergétiques. Ces orientations trouvent leur traduction concrète principalement dans le PLUi-H¹⁹ de Toulouse Métropole. Dès 2018, cette nouvelle réglementation a donné lieu à Toulouse à des projets de trames vertes et bleues ou la création voire la préservation d'ilots verts de fraîcheur. À Dijon, comme dans une dizaine de villes françaises, tout nouveau projet de construction est soumis au calcul d'un coefficient de biotope vérifié par le service d'urbanisme. Cette réflexion stratégique se poursuit dans un travail de recherche géoprospective sous la forme d'ateliers de scénarisation. Végétalisation de la voirie, désimperméabilisation des parkings, requalification de friches industrielles sont autant d'hypothèses qui sont actuellement testées dans les modèles de climat urbain, comme dans la thèse de Florian Betou sur la métropole de Nantes (Betou et al., 2022).

Ces différentes actions s'accompagnent d'une réorganisation des services métropolitains. À Dijon, un service transversal dédié à la transition climatique a vu le jour récemment. Toulouse Métropole atteint un niveau de transversalité et d'intégration plus fort avec la création d'un poste de chargé de la coordination des actions de recherche en climatologie avec la planification urbaine.

3. Effets de la collaboration sur l'action publique

Si les effets de la commande publique sur les pratiques de la recherche scientifique sur le climat - notamment sur la définition des questions, des périmètres et des méthodes de la recherche - sont relativement bien connus (Roudil et Molina, 2015), les conséquences sur l'action publique du frottement de la sphère des praticiens à la recherche nous semblent moins bien investiguées. Les expérimentations menées à Toulouse, Dijon et Tunis montrent que ces effets peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs parmi lesquels l'ampleur temporelle des collaborations, la qualité des relations humaines qui se nouent à ces occasions, mais aussi la qualité et les rôles accordés aux objets produits lors de ces collaborations.

À Toulouse, la collaboration entre chercheurs et acteurs a produit deux effets notables en termes d'action publique locale. Le premier est la traduction progressive de l'expertise co-construite dans les

¹⁹ Plan Local d'Urbanisme intercommunal et Habitat

© 2025 ISTE OpenScience – Published by ISTE Ltd. London, UK – openscience.fr

Page | 161

documents de planification urbaine et environnementale, à savoir le PLUi-H et le PCAET. Dès 2015-2016, la phase de diagnostic territorial du PLUi-H a bénéficié d'une cartographie du phénomène d'ICU, sur la base des données issues de la campagne de mesures CAPITOUL menée par les chercheurs de Météo-France. Même si elle ne couvrait que partiellement le territoire métropolitain, cette connaissance - innovante et singulière à l'époque - a permis d'affirmer et de soutenir de nouveaux enjeux de planification urbaine, parmi lesquels le développement du bioclimatisme aux échelles du bâtiment et de l'opération d'aménagement, en privilégiant le confort d'été, la réhabilitation des bâtiments, la lutte contre la précarité énergétique et la réduction de l'ICU, conjointement à la préservation et au développement des îlots de fraîcheur. Dès 2017, les orientations stratégiques du Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) ont encouragé, de façon novatrice à Toulouse, la conception bioclimatique et la réduction des ICU via la protection de la nature en ville, à côté de la réduction des dépenses énergétiques et de la valorisation des énergies renouvelables et de récupération. Les dispositions relatives au bioclimatisme ont été intégrées dans le règlement écrit (2018) et non pas dans une OAP (orientations d'aménagement et de programmation) thématique, contrairement à la majorité des PLU en France. Ces règles font directement le lien avec le projet de trame verte et bleue métropolitaine, en ciblant la protection des îlots verts de fraîcheur, l'application d'un coefficient minimal de pleine terre ou d'un coefficient de surface éco-aménageable, le traitement environnemental et paysager des espaces non bâties, comme autant de leviers pour réduire l'ICU. Cependant, et il s'agissait là d'une limite importante, ces règles et recommandations n'ont pas été spatialisées en fonction de l'ICU, la modélisation finalisée de ce dernier n'étant pas disponible au moment de l'élaboration du premier exercice d'urbanisme (Bretagne et al., 2023).

Relancée en 2022²⁰, la démarche d'élaboration du PLUi-H bénéficie actuellement d'un socle de connaissances climatiques conforté, le processus de recherche-action ayant poursuivi son parcours indépendamment du calendrier du document d'urbanisme. Ces connaissances permettent aujourd'hui de consolider les volets bioclimatiques et de lutte contre les ICU dans le PADD, et d'approfondir la déclinaison des outils réglementaires, en complémentarité avec les OAP. Le nouvel exercice de PLUi-H projette une augmentation du pourcentage d'espace de pleine terre, partout où c'est possible, dans un objectif de multifonctionnalité : lutter contre les ICU, préserver la biodiversité, favoriser le cycle naturel de l'eau, stocker le carbone, etc. À terme, le climat pourrait devenir le fil rouge du nouvel exercice de PLUi-H, dans une vision plus transversale et intégratrice.

De son côté, le diagnostic territorial du PCAET a amélioré son approche de la vulnérabilité du territoire au changement climatique, en intégrant les éléments de modélisation du stress thermique en jour typique d'été et en condition caniculaire. Le croisement de données climatiques avec des données socio-économiques a complété cette approche de manière innovante. Le PCAET constitue aujourd'hui le cadre de référence pour les actions de sensibilisation et d'appropriation du phénomène d'ICU, et plus largement de la chaleur en ville, portées par la Métropole. Le Plan Rafraîchissement « Toulouse + fraîche », adopté en 2024, traduit lui aussi la prise en main des résultats de la collaboration entre chercheurs et acteurs.

Le second effet de la collaboration sur l'action publique locale réside dans la création de services climatiques urbains intégrés au sein de la métropole. Bénéficiant de la dynamique du projet MApUCE, la démarche de PCAET a saisi les opportunités offertes par l'initiative Smart-City de la Métropole et la création en son sein d'un Observatoire Environnemental Urbain, pour engager la mise en place d'un monitoring internalisé des températures de l'air et des phénomènes d'ICU, à base d'objets connectés (Dumas, 2021). S'appuyant notamment sur la cartographie LCZ issue du projet MApUCE et sur une campagne de mesures véhiculées, un réseau de stations météorologiques fixes a été défini sur l'ensemble du territoire métropolitain. Implanté dans un objectif de suivi en temps réel du climat urbain, ce réseau

²⁰ Le 30 mars 2021, le plan local d'urbanisme intercommunal valant programme local de l'habitat (PLUiH) de la métropole de Toulouse a été annulé par le tribunal administratif de Toulouse pour des motifs liés à la surconsommation d'espaces naturels et agricoles. Cette décision a été confirmée par une décision du 18 février 2022 de la cour administrative d'appel de Bordeaux.

permet de renouveler la cartographie de l'intensité de l'ICU nocturne sur la base de mesures et de mettre en perspective des services climatiques complémentaires (suivi des températures au sein des parcs et jardins, des écoles ou des sites urbains en cours d'aménagement, suivi des impacts des opérations de végétalisation, portail web de cartographie de l'ICU en temps réel). Il bénéficie d'une méthode d'interpolation spatiale de données de mesures, sur la base de celle développée dans le projet MApUCE (Touati, Gardes et Hidalgo, 2020). Le réseau permet aux citoyens de se saisir des questions climatiques en livrant en open data les données sur le site de la Métropole²¹.

À Dijon, les interactions autour du climat entre chercheurs et acteurs - bien que plus récentes - commencent à produire des effets sur l'action publique locale. Ainsi, chaque année, les chercheurs des laboratoires CRC-Biogéosciences et ThéMA sont sollicités pour contribuer aux Rapports Annuels de Développement Durable de la ville de Dijon et de Dijon Métropole. Il s'agit par exemple de fournir des illustrations et des analyses sur le thème de la chaleur urbaine et sur l'adaptation au changement climatique. Ces productions scientifiques ont encouragé les acteurs locaux à mieux prendre en compte les enjeux liés au changement climatique, en particulier en intégrant des mesures plus contraignantes concernant les espaces verts dans leurs documents de planification urbaine. C'est ainsi que depuis sa révision en 2019, le PLUi-HD de Dijon Métropole impose des coefficients de végétation haute, de végétation basse et d'aménagement éco-construits à tous les propriétaires qui construisent ou qui déposent un permis de construire. Les espaces végétalisés de la ville, publics et privés, sont désormais soumis à un ensemble de règles qui incluent un « coefficient de biotope ». Avec un calcul de ratio de pleine terre, ce coefficient est effectif aujourd'hui et appuie la réglementation relative aux espaces verts²². La règle établit des critères minimaux de végétalisation, en fonction d'un zonage fondé sur des critères automatiquement applicables aux nouvelles constructions. En intégrant le coefficient de biotope à son PLUi-HD, Dijon Métropole adopte une approche proactive en établissant des directives contraignantes pour les espaces verts. C'est une disposition peu fréquente dans les PLU qui, généralement, se limitent à imposer une surface maximale bâtie par parcelle en définissant des ratios à respecter. Ce choix traduit une véritable réflexion sur le rôle de la végétation au sein d'un document d'urbanisme contraignant²³. Ces initiatives dijonnaises peuvent être considérées comme une réponse - certes partielle mais précurseure - à l'injonction nationale à lutter contre l'artificialisation des sols devenue effective en 2021 avec la promulgation de la loi Climat & Résilience qui porte l'objectif de zéro artificialisation nette (ZAN).

La formulation de l'OAP Environnement et Paysage à Dijon offre un autre exemple de la manière dont la collaboration chercheurs/acteurs a contribué à construire l'argumentaire climatique de la Métropole. La référence au changement climatique y est présente dès l'introduction qui stipule qu'il s'agit de « Faire face aux défis des changements climatiques et aux pressions exercées sur les milieux par les activités humaines ». L'OAP insiste sur le renforcement des trames vertes urbaines et les corridors écologiques à travers un maillage d'espaces verts, le développement de leur diversification écologique et la reconquête des espaces imperméabilisés²⁴. Le coefficient de biotope est un outil qui répond directement à ces objectifs, même si son rôle en tant que moyen d'action pour s'adapter au changement climatique n'est pas explicitement souligné dans les documents officiels.

La dynamique de collaboration autour du climat a certainement contribué aux changements organisationnels au sein de la Métropole dijonnaise traduisant une mise à l'agenda de la question de la transition climatique, dont un signal fort fut la création en juin 2023 d'un nouveau service éponyme. Elle a également contribué au renforcement des démarches participatives au sein de la collectivité,

²¹ <https://data.toulouse-metropole.fr/pages/accueil/>

²² Dans les faits, cette règle exclut les équipements collectifs et les services publics, se concentrant principalement sur les propriétés privées telles que les résidences individuelles et les immeubles collectifs.

²³ En France, seules quelques villes intègrent le Coefficient de Biotope, dont Paris, Rennes, Nantes, Grenoble, et Clermont-Ferrand (Pachot, 2015). Ce coefficient n'est pas une innovation récente puisque son origine remonte au modèle berlinois qui l'a intégré dans les années 1990. Depuis, de nombreuses villes à travers le monde ont adopté cette approche (Becker & Mohren, 1990).

²⁴ https://www.dijon-metropole.fr/wp-content/uploads/sites/10/2023/06/4_OAP.pdf

notamment par le biais de campagnes de mesures mobiles initiées par les chercheurs dans le cadre du programme POPSU et associant des citoyens à la prise de mesures itinérantes de température dans et autour des espaces verts de la ville. Après un premier test réalisé dans le plus grand parc dijonnais en septembre 2021, plusieurs balades à vocation pédagogique ont été organisées pour informer et sensibiliser les acteurs institutionnels et les citoyens²⁵. Il s'agit de la première expérience de science participative à Dijon. Cependant, en dépit du recours à des dispositifs ouverts (enquête, exposition, événements conviviaux), la démarche est restée largement à l'initiative des chercheurs et à destination des acteurs et des citoyens. Dans le cadre du projet Paendor2, l'objectif a été de poursuivre cette expérience de science participative en améliorant les dispositifs d'implication des habitants et des acteurs institutionnels. Un poste dédié à cette démarche a été créé au sein du service de transition climatique, signe d'une forte adhésion de la collectivité. Par ailleurs, des fresques du climat sont organisées dans toutes les communes de Dijon Métropole et dans divers quartiers de la ville.

C'est à Tunis que les effets de la collaboration entre acteurs et chercheurs sur l'action publique sont les moins aboutis, en raison de plusieurs facteurs. En premier lieu, l'expérience de cette collaboration est récente et ne s'est formalisée pour l'instant qu'au travers d'une thèse. En second lieu, le contexte institutionnel et urbanistique à Tunis ne favorise guère l'émergence des préoccupations climatiques en tant que priorité, compte tenu des enjeux plus classiques auxquels sont confrontés les acteurs, tels que l'urbanisation informelle ou les problèmes de transport et de mobilité.

À Tunis, le principal acteur de la planification urbaine de la région, l'AUGT, se trouvait confronté - au démarrage de la collaboration - à de fortes interrogations quant à sa légitimité à travailler sur des questions climatiques, par rapport à d'autres acteurs considérés institutionnellement comme plus légitimes, tels que le ministère de l'Environnement et ses agences affiliées (Agence nationale de protection de l'environnement, agence de protection et d'aménagement du littoral, etc.). Afin de mieux assurer cette légitimité, l'AUGT et les chercheurs se sont progressivement acheminés vers la co-construction d'un projet de plateforme de données environnementales. Cette plateforme englobe les données climatiques, tout en élargissant le champ de la collaboration à des questions pour lesquelles l'agence d'Urbanisme du Grand Tunis se sent mieux outillée (collectes de données urbaines, construction d'indicateurs spatiaux, etc.) Grâce à ce projet officiellement adopté en 2019, l'AUGT se trouve désormais légitimée à travailler sur les questions climatiques - du moment qu'elles concernent la ville-, notamment au regard des acteurs « climat » au ministère des Affaires Locales et de l'Environnement (MALE). Suite à cette initiative qui lui a permis d'interagir et de se faire (re)connaître auprès de multiples acteurs de la scène tunisoise, l'AUGT et son ministère de tutelle (ministère de l'Équipement, de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire) ont d'ailleurs été sollicités pour la première fois par le ministère de l'Environnement pour participer au comité responsable de la mise à jour de la Contribution Déterminée au Niveau National (NDC)²⁶. Ainsi, la collaboration entre acteurs et chercheurs autour de ce nouvel objet intermédiaire, que constitue la plateforme de données environnementales, a permis aux acteurs de l'urbanisme de se faire désormais une place et de participer aux efforts nationaux et locaux dans le champ du climat. Ce faisant, elle a transformé l'action publique climatique, en donnant plus de visibilité et de légitimité aux acteurs de l'urbanisme et de l'aménagement dans la gouvernance du pilotage du climat à l'échelle locale.

Si c'est à Toulouse que la collaboration entre chercheurs et acteurs semble avoir produit le plus d'effets sur l'action publique locale, c'est d'une part parce qu'elle s'est développée de manière progressive sur une vingtaine d'années, et qu'elle a été portée d'autre part par un consortium riche et diversifié avec, d'un côté une équipe de chercheurs rompus au travail interdisciplinaire, et de l'autre des acteurs aux profils variés au sein de la collectivité locale et de l'Agence d'urbanisme Les collaborations

²⁵ La dernière balade a été réalisée en juin 2023 dans le cadre des journées scientifiques du SNO Observil.

²⁶ Il faut rappeler que lors de l'élaboration du NDC de 2015, aucun acteur responsable de l'urbanisme et de l'aménagement ne fut associé à ce travail ; le document porté par le ministère de l'Environnement en 2015 ne contenait aucune rubrique spécifique à l'urbanisme et à l'aménagement du territoire.

se sont formalisées et structurées autour d'une grande variété d'objets intermédiaires (cartes climatiques, guides de recommandations, services climatiques, etc.) pour construire une expertise réellement hybride selon un large éventail de modalités d'interactions, depuis la recherche pure jusqu'à l'internalisation de l'expertise par les services de la métropole.

À Dijon, les chercheurs manifestent un engagement croissant dans la collaboration avec les acteurs institutionnels et les habitants. Les illustrations et les analyses sur la chaleur urbaine, le calcul du ratio de pleine terre pour le coefficient de biotope et les campagnes de mesures mobiles qu'ils ont initiées ont agi comme des objets intermédiaires facilitant la collaboration entre chercheurs et acteurs d'une part, et sensibilisant les citoyens en faveur de l'adaptation d'autre part. L'effet de ces objets est visible sur le système d'acteurs, notamment à travers l'intégration de certains éléments de ces objets dans les documents de planification et la réorganisation des services de la métropole en faveur de la transition climatique.

En revanche, à Tunis, dans un contexte institutionnel et urbanistique plus complexe, l'émergence de l'adaptation sur la scène urbaine repose principalement sur la capacité des outils intermédiaires produits, à savoir les cartes LCZ, la carte de végétation, la carte climatique et la plateforme de données environnementales et climatiques, à « intéresser », « enrôler » et « mobiliser » les acteurs autour de cet objectif (Mhedhbi, 2021).

4. Dynamiques d'interaction et conditions de mise à l'agenda

Dans un contexte où des enjeux environnementaux complexes, tels l'adaptation au changement climatique, doivent être inscrits à l'agenda, l'articulation entre savoirs scientifiques et action publique joue un rôle important. Pour autant, cette interaction est loin d'être évidente. La rencontre entre chercheurs et acteurs s'inscrit dans un cadre où les logiques d'action, les rythmes de production des connaissances, les contraintes institutionnelles et les agendas politiques peuvent ne pas converger. Les conditions qui facilitent ou entravent cette rencontre sont de natures diverses. Cela dépend notamment des temporalités des interactions, de l'importance de la qualité des relations humaines, du degré de mobilisation des approches interdisciplinaires, des dispositifs de médiation mobilisés et du rôle des acteurs tiers capables de faire le lien entre des univers souvent cloisonnés.

La question des temporalités : y'a-t-il un bon tempo pour les interactions ?

Les retours d'expériences en France montrent une accélération des collaborations entre chercheurs et acteurs du territoire depuis la canicule de 2003.. Pour autant, le rythme de ces collaborations est loin d'être constant dans le temps, et s'il est possible d'identifier les raisons de ces fluctuations, il devient alors possible de cerner les conditions qui pourraient faciliter le maintien des collaborations sur le long terme.

La qualité de la recherche produite dans le cadre des collaborations dépend fortement de l'implication des deux parties et de leur volonté de consacrer du temps et des ressources au projet. En cela, le financement de projets de recherche-action est indispensable, en particulier à l'amorce de la collaboration, car il assure la présence de chercheurs et de professionnels dédiés totalement ou en partie au projet sur une période de temps donnée. A Dijon comme à Toulouse, chercheurs et professionnels de l'urbanisme partagent la conviction selon laquelle le déploiement de campagnes de mesures, puis la densification et la pérennisation des réseaux d'observation, permettent d'asseoir la collaboration et de maintenir le lien, y compris dans les périodes "creuses" de la collaboration (périodes sans financements dédiés). La pérennisation de l'infrastructure d'observation vient ainsi conforter celle de la collaboration proprement dite.

Depuis 2003, on assiste par ailleurs aux échelles nationale et européenne au déploiement d'un large éventail de règles et de plans d'actions incitent ou obligent les acteurs locaux à s'engager dans la mise en place de solutions d'adaptation sur leurs territoires. Ces incitations prennent parfois la forme de

financements permettant de rémunérer des chercheurs dédiés aux projets de recherche-action (principalement doctorants ou post-doctorants) pour une durée limitée. Ces projets constituent des temps forts de la relation qui peuvent inscrire celle-ci dans le temps long.

Ce fut le cas à Toulouse avec le projets de thèse CIFRE financée par la Métropole qui a abouti à l'embauche du docteur au sein des services métropolitains. De façon générale, la création croissante de services métropolitains dédiés à la question climatique est un facteur facilitant les collaborations car ces services assurent d'une part la présence d'agents de la collectivité qui se consacrent à temps plein à ces questions, et créent d'autre part des emplois pour des étudiants de master, souvent issus des formations universitaires liées aux laboratoires de recherche préalablement engagés dans la collaboration.

L'importance de la qualité des relations humaines

Par delà les différences de contextes, la qualité des relations humaines que les chercheurs et les acteurs parviennent à construire, émerge comme une constante qui favorise l'intensité et la longévité des collaborations entre ces deux mondes. En effet, en l'absence de relations formalisées entre institutions pour les encadrer et les pérenniser, les coopérations observées reposent avant tout sur la solidité des relations interindividuelles et souvent informelles, et donc sur la bonne volonté des protagonistes des deux bords qui s'y engagent. La seule convergence d'intérêts entre chercheurs et praticiens, pour évidente et objective qu'elle soit, ne suffit pas à faire en sorte que, de part et d'autre, chacun fasse le pas de côté nécessaire pour aller à la rencontre de l'autre. Encore faut-il faire avec les représentations subjectives réciproques portant sur les compétences, les limites et les contraintes de l'autre partie. De ce point de vue, collaborer à l'interface des métiers est au moins aussi complexe que de chercher à l'interface des disciplines ; pour y parvenir, les protagonistes doivent faire preuve de curiosité, d'humilité, de confiance et d'empathie.

Cependant, le fait que les collaborations reposent souvent sur des interactions en partie informelles et des affinités interpersonnelles constitue dans le même temps un risque pour la pérennisation de celles-ci sur le long terme. Du point de vue des chercheurs, la durabilité dans le temps des relations est rudement mise à l'épreuve par l'important *turn-over* interne et externe des agents des collectivités, lequel oblige à un laborieux effort de reconstruction de l'intérêt et de la conviction. De leur côté, les praticiens se plaignent parfois de la réticence des chercheurs à s'engager sur le long terme, du moins au-delà des termes qu'impose désormais la recherche contractuelle par projets. Pour ces raisons, il semblerait que tout ce qui peut contribuer à formaliser les dispositifs de la coopération à l'échelle des institutions est bon à prendre pour compenser la fragilité des relations interpersonnelles qui n'en demeurent pas moins centrales.

Si la qualité des relations interpersonnelles constitue un levier important pour permettre le dialogue entre acteurs, elle n'est pas suffisante face à la complexité de l'enjeu de mise à l'agenda de l'adaptation. Les approches interdisciplinaires sont un levier important, permettant de croiser les regards pour produire des connaissances utiles à la co-construction de réponses adaptées.

Le rôle des approches interdisciplinaires

L'émergence de l'adaptation dans l'action publique urbaine dépend de certaines spécificités des territoires. Certains, comme Toulouse ou Dijon, sont en capacité de saisir de l'adaptation, d'une part car ils sont soumis à un cadre réglementaire très prescriptif en matière de prise en compte du climat, et d'autre part car ils font montre de volonté et de capacités techniques, financières et organisationnelles pour produire l'expertise hybride nécessaire à l'adaptation. En revanche, dans d'autres contextes comme celui du Grand Tunis, les acteurs locaux peinent à s'engager sur la question de l'adaptation, d'une part car ils sont confrontés à d'autres enjeux urbains qu'ils perçoivent comme prioritaires, et d'autre part car ils sont moins enclins à travailler avec des chercheurs, qui plus est dans des contextes d'interdisciplinarité radicale.

La production de connaissances scientifiques sur les processus physiques en jeu dans le changement climatique, bien qu'essentielle, ne suffit pas seule à assurer le passage à l'action en matière d'adaptation. Si les sciences du climat et la géomatique sont au cœur de la recherche-action dans les trois cas d'étude, les approches de sciences sociales, quant à elles, apportent des connaissances sur les pratiques, les représentations sociales et les logiques d'actions des acteurs. Ces connaissances permettent de comprendre le contexte local des usagers potentiels de l'expertise et ses spécificités. Il s'agit autant de situer le monde social observé, que la connaissance produite dessus.

Le cas de Tunis montre que l'adaptation peut émerger dans l'action publique urbaine grâce à une approche croisant sciences du climat, sciences de la ville et sciences politiques. Cette approche interdisciplinaire montre qu'une intelligibilité plurielle de l'adaptation est possible par la construction d'objets techniques issus des sciences du climat et mobilisés par les sciences humaines et sociales en tant qu'objet intermédiaire.

Objets intermédiaires : quelle hiérarchie pour favoriser la mise à l'agenda ?

Les sorties des modèles climatiques, produites par les climatologues, sont essentielles pour comprendre les phénomènes climatiques de manière spatialisée. Toutefois, leur complexité les rend peu accessibles aux acteurs de l'urbanisme. Un travail interdisciplinaire entre chercheurs de différentes disciplines (climatologues, géographes, urbanistes et géomaticiens) permet alors de produire un ensemble restreint de cartes climatiques synthétiques. Celles-ci mettent en évidence les phénomènes climatiques majeurs et les zones sensibles, afin d'orienter les actions d'adaptation.

Selon les trois expériences analysées, la carte demeure l'outil privilégié pour engager le dialogue entre chercheurs et acteurs. Mais cette première étape de traduction cartographique reste ancrée dans une logique linéaire de transfert qui ne permet pas de prendre en compte la complexité du système d'acteurs et de ses logiques d'actions. Cette non prise en compte peut être un véritable obstacle à l'appropriation de ces outils techniques. La logique de transfert de connaissances suggère qu'un sens est déjà attribué aux outils avant leur partage, ce qui peut décourager l'engagement des acteurs. Quand les concepteurs prennent peu en considération les attentes des utilisateurs, leurs outils peuvent être perçus comme conçus pour discipliner l'utilisateur plutôt que co-construire avec lui (Akrich, 1989, Woolgar, 1990, Thévenot, 1990). Le schéma de transfert n'apporte donc que des réponses partielles à la problématique d'adaptation qui est une problématique transversale à l'interface de la recherche scientifique et l'action publique urbaine. Cette problématique ne peut pas être pensée sans prendre en compte le projet du territoire conçu par les acteurs. Le transfert réduit le problème de prise en compte du climat dans les pratiques urbaines à son unique dimension physique.

Dans le cas de Tunis, la sociologie de la traduction a été mobilisée pour éviter cette logique de transfert et aller davantage vers une logique de co-construction. Pour autant, cette mobilisation aurait-elle permis un enrôlement plus rapide dans d'autres contextes territoriaux ? Rien n'est moins sûr, cependant pratiquée de manière systémique, la sociologie de la traduction pourrait rendre les jeux d'acteurs plus intelligibles et permettre peut-être une certaine comparabilité entre les territoires.

A Tunis, le travail de co-construction entre chercheurs et acteurs a permis de développer un outil mieux adapté que la simple carte climatique aux besoins et contraintes des acteurs locaux, à savoir une plateforme de données environnementales et climatiques. Les chercheurs ont décentré leur regard de la carte climatique, pour proposer un projet commun plus consensuel. Ce changement de cible a rendu possible une certaine mise à l'agenda de l'adaptation au changement climatique dans l'action publique urbaine à Tunis à l'issue de la thèse de Z. Mhedhbi (2021).

Dans ce cas d'étude, la recherche-action a été envisagée comme un processus de traduction, d'interaction et d'apprentissage. Au cours de ce processus, des collaborations se sont nouées entre chercheurs et acteurs, notamment ceux de l'AUGT, dans l'objectif d'une mise à l'agenda de l'adaptation. La sociologie de la traduction s'est avérée un cadre approprié pour mener à bien une recherche avec une posture de recherche-action. Elle a permis d'ajuster l'action en faveur du processus de mise à l'agenda.

Au cours de ce processus d'émergence, la traduction s'est construite au travers de plusieurs épreuves : celles de l'intéressement des acteurs, de l'évolution des identités (des chercheurs et des acteurs) autour d'un projet commun, de la reconnaissance des intérêts des uns et des autres, de la légitimité de portage et de la capacité à mobiliser d'autres acteurs.

Le passage de l'objet « carte climatique » à l'objet « plateforme de données environnementales », à Tunis, a révélé que les propositions initiales données par les scientifiques n'étaient pas appropriées. La plateforme a joué le rôle d'objet intermédiaire dans la mesure où elle a consisté en un arrangement qui a permis, en dépit des différences, de travailler ensemble, chercheurs et praticiens, en permettant à chacun de garder ses intérêts et ses objectifs propres.

Quel rôle peuvent jouer des tierce-parties dans l'intégration des savoirs et l'émergence de solutions

Selon les contextes et les habitudes collaboratives entre les chercheurs et les acteurs urbains, la seule présence d'objets intermédiaires peut ne pas suffire à fluidifier la transmission et la compréhension des connaissances et des enjeux de chacune des parties prenantes. Leur portage peut s'avérer indispensable pour être saisis et implique alors de faire entrer dans la collaboration, voire dans la gouvernance des projets, des acteurs « tierce-parties », tels que des doctorants (Tunis), des contrats postdoctoraux (Dijon) ou encore des agences d'urbanisme (Toulouse). Leur rôle est particulièrement important lors de la mise en place des premières relations de travail. Ils participent en effet à décloisonner la compréhension des vocabulaires, des enjeux, comme les modes de penser et d'agir. Médiateurs entre chercheurs et acteurs urbains, qu'on pourrait presque appeler « traducteurs bilingues scientifiques-praticiens », ils participent activement à construire le socle de confiance et de compréhension mutuelle des collaborations à venir. Dans les étapes ultérieures, leur rôle reste important. Veillant tout au long des projets aux défauts ou angles morts des échanges entre chercheurs et acteurs urbains, ils sont généralement proactifs dans le portage ou la création d'objets intermédiaires pour y pallier, utiles par ailleurs à une communication vers d'autres acteurs de connaissances, d'enjeux ou de recommandations climatiques. Leur position en interface peut en effet faciliter l'ouverture de la démarche d'acculturation et d'action climatique à d'autres acteurs : praticiens en urbanisme autres que ceux impliqués dans la collaboration, grand public, ou encore élus politiques. Vis-à-vis de ces derniers, la capacité de traduction et de synthèse des acteurs médiateurs constitue un véritable atout pour informer et convaincre de porter l'enjeu climatique et d'agir.

Conclusion

La construction - et parfois même la co-construction - d'outils s'appuyant sur l'utilisation des méthodes et des outils de l'analyse spatiale, a contribué à rendre plus intelligible les enjeux climatiques et urbains pour les différents acteurs engagés à Toulouse, Dijon et Tunis. Ces objets, que nous avons qualifiés d'intermédiaires, représentent des éléments clés de la construction, la diffusion et l'appropriation des connaissances climatiques à l'échelle des villes, dans la perspective d'une mise à l'agenda de l'adaptation au changement climatique. Fruits d'une montée en compétence collective sur ce sujet, ils témoignent d'une expertise hybride encore aujourd'hui « bricolée » à l'articulation des enjeux climatiques et urbains, qu'il est désormais possible d'instiller dans les exercices opérationnels portés par les collectivités, avec plus ou moins de succès selon les contextes.

Les objets produits, allant d'une expertise thématique telle que celle liée aux services éco-systémiques rendus par la végétation par exemple jusqu'à la création de services climatiques urbains, ont incontestablement permis un rapprochement entre les protagonistes. Dans les cas d'étude, ce sont des supports d'interconnaissance qui ont fortement motivé la recherche-action, tant du point de vue des chercheurs que des acteurs urbains. Leurs contenus et les formes de collaboration autour de leur construction ont également constitué des opportunités d'acculturation et d'apprentissage mutuel, par le biais de la circulation de divers savoirs scientifiques (climatologie urbaine, géomatique, géographie urbaine, sciences politiques, etc.) et savoir-faire professionnels (planification urbaine, aménagement,

gestion des espaces verts, gestion de l'eau, etc.). À cet égard, les objets produits jouent un rôle d'objets intégrateurs de savoirs (Trompette et Vinck, 2009).

Une tierce-partie - les citoyens - s'invite parfois dans les interactions entre chercheurs et acteurs, au titre de leur expertise d'usage qui s'appuie sur le vécu et l'expérience du quotidien. Des balades urbaines mobilisant habitants et usagers, auxquelles participent parfois des élus et des techniciens locaux, sont ainsi organisées à Toulouse et à Dijon. Le plus souvent, l'objectif est de recueillir in-situ les discours des différents participants - munis ou non de capteurs météorologiques - à propos de leurs perceptions des ambiances climatiques urbaines et des stratégies d'adaptation qu'ils mettent en œuvre - ou imaginent - pour améliorer le confort climatique des espaces parcourus. Ce dispositif de recherche participative, pour l'instant piloté et mis en œuvre par des chercheurs, pourrait préfigurer une nouvelle génération d'objets intermédiaires dont la vocation serait de favoriser des interactions - désormais à trois - autour de l'adaptation des territoires au changement climatique. Le développement de la recherche participative pourrait ainsi constituer une voie intéressante pour articuler savoirs scientifiques, savoir-faire professionnels et savoirs expérientiels en vue de co-construire des stratégies d'adaptation multi-acteurs des territoires urbains.

Les chercheurs, en cartographiant les données en lien avec le climat - les LCZ, des cartes de températures, des cartes d'évolution du minéral/végétal, ou encore des cartes ou indices d'évolution des mesures d'adaptation au changement climatique - apportent des informations précieuses aux acteurs urbains ; inversement les collaborations que peuvent avoir les chercheurs avec les acteurs locaux permettent aux chercheurs d'améliorer considérablement leur compréhension des problématiques. D'autres formes d'objets intermédiaires sont encore à imaginer et à construire, en particulier pour étudier la vulnérabilité des populations dans le contexte d'une amplification et d'une fréquence plus importante des phénomènes de surchauffe urbaine. Dans tous les cas, il est nécessaire de préserver les conditions d'un « travailler ensemble » équitable et bénéfique aux deux partis. La volonté d'imposer les savoirs produits en science du climat ou de l'environnement, sans réelle prise en compte des dimensions normatives, organisationnelles et cognitives du territoire, peut être perçue comme porteuse d'une visée prescriptive contraignante pour les acteurs. Ce que les chercheurs proposent n'a de chance d'être adopté par les acteurs que s'il est perçu comme une opportunité, une réponse à des problèmes existants, et non comme une surcharge de travail ou un coût supplémentaire.

Selon ces expériences, pour tout enjeu environnemental émergent porté par des scientifiques, il est important de conduire un travail interdisciplinaire. Ce travail permet de mieux appréhender les dynamiques des acteurs, leurs logiques d'action et leurs représentations, afin de construire une collaboration avec les chercheurs autour de la mise à l'agenda de cet enjeu. Dans ce cadre, l'expertise scientifique et technique joue un rôle central en tant qu'objet intermédiaire.

Bibliographie

- Akrich, M. (1989). *La construction d'un système socio-technique : Esquisse pour une anthropologie des techniques*. Anthropologie et Sociétés, 13(2), 31–54. <https://doi.org/10.7202/015076ar>
- Barroca, B., & Ruas, A. (2023). Trajectoires de rafraîchissement urbain et planification urbaine. In É. Briche (Coord.), *Trajectoire de transition écologique – Vers une planification dynamique et adaptative des territoires* (Chap. 14). Éditions Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3767-8>
- Becker, G., & Mohren, R. (1990). The Biotope Area Factor as an Ecological Parameter: Principles for its Determination and Identification of the Target (Report). Senate Department for Urban Development and the Environment, Berlin. https://www.berlin.de/sen/uvk/_assets/natur-gruen/landschaftsplanning/bff-biotopflaechenfaktor/auszug_bff_gutachten_1990_eng.pdf
- Betou, F., Chancibault, K., Gaume, E., & Ruas, A. (2022, octobre). Modélisation hydro-climatique de la métropole nantaise : préparation des données d'occupation du sol. In *Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine 2022*, Lyon, France.

- Bretagne, G., Hidalgo, J., Haouès-Jouve, S., Dumas, G., Debrye, L., Hanna, A., & Masson, V. (2023). Enjeux de l'adaptation à la chaleur en ville et action publique : apports de l'interdisciplinarité et de la recherche-action – Cas de la métropole toulousaine. *Climatologie*, 20, Article 7. <https://doi.org/10.1051/climat/202320007>
- Callon, M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction : la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année sociologique (1940/1948-)*, 36, 169–208.
- Charfi, S., Dahech, S., & Carrega, P. (2010). L'îlot de chaleur urbain à Tunis : apport de l'imagerie spatiale. In *XXIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie* (pp. 119–124).
- Crétat, J., Richard, Y., Planchon, O., Emery, J., Poupelein, M., Rega, M., ... & Pohl, B. (2023). Impact de la topographie et de la circulation atmosphérique sur l'îlot de chaleur urbain en situation de canicule (Dijon, France). *Climatologie*, 20(10), 17 p. <https://doi.org/10.1051/climat/202320010>
- Dahech, S. (2013). Le réchauffement contemporain en Tunisie : rôle de l'urbanisation et de la circulation atmosphérique. *Journées de climatologie*, Épernay, 14–16.
- De Lapparent, B., Roux, J., Richard, Y., Pohl, B., Bientz, S., Codet Hache, O., ... & Thévenin, T. (2015, juillet). Mesures de la température et spatialisation de l'îlot de chaleur urbain à Dijon. In *28e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie* (pp. 257–262). Association Internationale de Climatologie.
- Dumas, G. (2021). Co-construction d'un réseau d'observation du climat urbain et de services climatiques associés : cas d'application sur la métropole toulousaine (Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier – Toulouse III).
- Haouès-Jouve, S., Beringuier, P., Desailly, B., et al. (2016). De la mesure des climats périurbains : entre science et culture. In S. Barles & N. Blanc (Eds.), *Ecologies urbaines : le terrain* (pp. 280–302). Économica.
- Haouès-Jouve, S., Lemonsu, A., Gauvrau, B., Amossé, A., Can, A., Carrissimo, B., Gaudio, N., Hidalgo, J., Lopez-Rieu, C., Chouillou, D., Richard, I., Adolphe, L., Berry-Chikhaoui, I., Bouyer, J., Challéat, S., De Munck, C., Dorier, E., Guillaume, G., Hooneart, S., ... Gao, Z. (2022). Cross-analysis for the assessment of urban environmental quality: An interdisciplinary and participative approach. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 49(3), 1024–1047. <https://doi.org/10.1177/23998083211069215>
- Hidalgo, J., & Jouglard, 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(12), e0208138. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208138>
- Hidalgo, J., Touati, N., Haouès-Jouve, S., Jegou, L., Bretagne, G., Bocher, E., ... & Schoetter, R. (2023). Mapping the urban climate to address summer comfort management in French urban planning documents. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.40319>
- Jeantet, A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception. Éléments pour une sociologie des processus de conception. *Sociologie du travail*, 40(3), 291–316.
- Lambert, M. L., et al. (2019). Urbanisme et microclimat urbain : outils et recommandations générales pour les documents de planification. AUA Toulouse. <https://www.aua-toulouse.org/agir-sur-le-microclimat-urbain/>
- Jégou, A., Martiny, N., Richard, Y., & Thévenin, T. (2024). La métropole sous observation environnementale. Éditions Autrement.
- Jégou, L., Touati, N., & Hidalgo, J. (2022). Proposals for the use of graphical models in urban climatic maps. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.39354>
- Kwok, Y. T., Schoetter, R., & Masson, V. (2018). Defining building archetypes for urban climate simulations of the complex high-density environment in Hong Kong. In *PLEA 2018 - Smart Healthy Within Two-Degree Limit Proceedings of the 34th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*.
- Le Bras, J., & Masson, V. (2015). A fast and spatialized urban weather generator for long-term urban studies at the city-scale. *Frontiers in Earth Science*, 3, 27. <https://doi.org/10.3389/feart.2015.00027>
- Masson, V., Marchadier, C., Adolphe, L., Aguejjad, R., Avner, P., Bonhomme, M., ... & Zibouche, K. (2014). Adapting cities to climate change: A systemic modelling approach. *Urban Climate*, 10, 407–429. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.03.004>
- Mhedhbi, Z. (2021). Construire une expertise climatique locale pour mettre à l'agenda l'adaptation au changement climatique dans la planification et l'aménagement urbains : le cas du Grand Tunis (Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II). <https://theses.fr/2021TOU20020>
- Mhedhbi, Z., Hidalgo, J., Munck, C. D., Haouès-Jouve, S., Touati, N., & Masson, V. (2022). Tool adjustments to support climate adaptation in urban planning for southern cities: The case of Greater Tunis, Tunisia. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.39297>

Pachot, F. (2020). Le coefficient de biotope, un outil pour penser la ville nature : exemple d'une commune du territoire bayonnais (Thèse de doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour).

Pohl, B., Richard, Y., Kohler, M., Emery, J., Castel, T., De Lapparent, B., ... & Thévenin, T. (2015, janvier). L'îlot de chaleur urbain de l'agglomération dijonnaise : campagne instrumentale in situ et modélisation climatique régionale haute résolution. In Workshop MISTRALS "Modélisation climatique régionale intégrée". HAL Archives Ouvertes. <https://institut-agro-dijon.hal.science/hal-02159119/>

Poupelin, M., Pergaud, J., Roy, D., Dudek, J., Granjon, L., Martiny, N., Crétat, J., Rega, M., Richard, Y., & Thévenin, T. (2022, juillet). Impacts d'une meilleure description de la végétation urbaine sur des simulations du climat urbain avec SURFEX TEB. Communication présentée au 35^e Colloque annuel de l'Association Internationale de Climatologie (AIC 2022). http://www.meteo.fr/cic/meetings/2022/aic/actes/climat_urbain.pdf

Poupelin, M. (2024). Géoprospective et modélisation climatique de la végétation urbaine dans une perspective d'adaptation aux fortes chaleurs : application à Dijon Métropole (Thèse de doctorat, Université Bourgogne Franche-Comté). <https://theses.fr/2024UBFCH033>

Poupelin, M., Granjon, L., Huteau, G., Thévenin, T., Pergaud, J., Richard, Y., & Pohl, B. (2025). Co-designing geoprospective private and public urban greening scenarios: A data-driven workflow for planning decisions and research. *Urban Forestry & Urban Greening*, 129, Article 129021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.129021>

Richard, Y., Emery, J., Dudek, J., Pergaud, J., Chateau-Smith, C., Zito, S., Rega, M., Vairet, T., Castel, T., Thévenin, T., & Pohl, B. (2018). How relevant are local climate zones and urban climate zones for urban climate research? Dijon (France) as a case study. *Urban Climate*, 26, 258–274. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.10.002>

Richard, Y., Pohl, B., Pergaud, J., Zito, S., Rega, M., Thévenin, T., ... & Dodet, M. F. (2017, juillet). Évaluation des effets thermiques des leviers d'action visant à réduire l'îlot de chaleur urbain : l'exemple de Dijon. In 30^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie (pp. 167–172). Association Internationale de Climatologie. <https://hal.science/hal-01585069v1>

Richard, Y., Crétat, J., Diallo-Dudek, J., Martiny, N., Pergaud, J., Pohl, B., ... & Volatier, A. (2022, juillet). Comment et pour qui cartographier l'îlot de chaleur urbain (ICU)? In 35^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie. Association Internationale de Climatologie. <https://hal.science/hal-03853192/>

Roudil, N., & Molina, G. (2015). La ville durable et les chercheurs : quelle construction interdisciplinaire des savoirs. *Cahiers RAMAU*, (7), 222–255. <https://cahiers-ramau.edinum.org/362>

Ruas, A., Clemence, V., Barroca, B., & Ulanowski, Y. (2024). Comparison of cooling grey solutions in the sense-city urban demonstrator for adapting cities to heat waves. *Urban Climate*, 55, Article 101874. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101874>

Ruas, A., Girres, J.-F., Guene, A., & Clemence, V. (2023). Mapping the city's trajectories to cool the city and better resist heat waves. In 31st International Cartographic Conference (ICC'23), Cape Town, South Africa. <https://doi.org/10.5194/ica-proc-5-19-2023>

Schoetter, R., Masson, V., Bourgeois, A., Pellegrino, M., & Lévy, J. P. (2017). Parametrisation of the variety of human behaviour related to building energy consumption in the Town Energy Balance (SURFEX-TEB v. 8.2). *Geoscientific Model Development*, 10(7), 2801–2831. <https://doi.org/10.5194/gmd-10-2801-2017>

Schoetter, R., Kwok, Y. T., de Munck, C., Lau, K. K. L., Wong, W. K., & Masson, V. (2020). Multi-layer coupling between SURFEX-TEB-v9.0 and Meso-NH-v5.3 for modelling the urban climate of high-rise cities. *Geoscientific Model Development*, 13(11), 5609–5643. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-5609-2020>

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

Strum, S., & Latour, B. (2006). Redéfinir le lien social : des babouins aux humains. In *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs* (pp. 71–86). Presses des Mines. <https://books.openedition.org/pressesmines/1192?lang=fr>

Thévenot, L. (1990). L'action qui convient. In P. Pharo & L. Quéré (Éds.), *Les formes de l'action* (Vol. 1, pp. 39–69). Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales.

Touati, N., Gardes, T., & Hidalgo, J. (2020). A GIS plugin to model the near surface air temperature from urban meteorological networks. *Urban Climate*, 34, Article 100692. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100692>

Toulouse Métropole. (2021). *Guide de recommandations : Prise en compte du climat dans la construction de la métropole de demain* (36 p.). <https://metropole.toulouse.fr/kiosque/guide-de-recommandations-pour-la-prise-en-compte-du-climat-dans-la-construction-de-la-ville>

Trompette, P., & Vinck, D. (2009). Retour sur la notion d'objet-frontière. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 3(1), 5–27.

Vairet, T. (2017, mai). Formes urbaines et îlots de chaleur : simulations et outils d'aide à la décision pour une ville durable. Dans *Treizièmes Rencontres de Théo Quant*, Besançon, France. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01531061>

Vairet, T. (2020). *Ilot de chaleur, croissance urbaine et climat urbain : simulations sur Dijon Métropole* (Thèse de doctorat, Université Bourgogne Franche-Comté, Géographie). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03202040>

Vanderlinden, J.-P., Pacteau, C., Joussaume, S., & Blanc, N. (2012). Structuration novatrice de la recherche interdisciplinaire sur les changements climatiques, une expérience francilienne. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 12). <https://doi.org/10.4000/vertigo.11882>

Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 3(3-1), 9–29.

Woolgar, S. (1990). Configuring the user: The case of usability trials. *The Sociological Review*, 38(1_suppl), 58–99. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1990.tb03349.x>

Zito, S., Richard, Y., Pohl, B., Pergaud, J., Dodet, M.-F., et al. (2016, juillet). Ilot de chaleur urbain et qualité de l'air, Dijon, hiver 2014-2015. In *29^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Besançon, France (pp. 87–92). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01359603>