

Journée thématique "Services climatiques urbains"  
Mercredi 4 Juillet 2018 - Toulouse  
Organisation : MétéoFrance/CNRM et IPSL

-  
Compte-rendu de la journée

Organisé par l'IPSL et METEOFRACTANCE dans le cadre de la Convention services climatiques<sup>1</sup>, le séminaire sur les services climatiques urbains s'est déroulé à Toulouse, dans les locaux de l'Agence d'urbanisme et d'aménagement de Toulouse métropole. Il a rassemblé environ 60 participants d'horizons variés, scientifiques et professionnels des secteurs public et privé.

Les domaines de l'aménagement, de l'énergie, de l'eau et de la santé en ville sont soumis aux conditions climatiques. Or les effets du changement climatique, déjà perceptibles et appelés à s'accroître dans le futur, alertent aujourd'hui sur la nécessité d'adaptations à réaliser dans chacun de ces secteurs, de façon coordonnée : un exemple frappant en est l'effet des vagues de chaleur sur la santé, sur la disponibilité en eau et en énergie, et les nécessaires aménagements urbains associés.

La production et l'utilisation de l'information climatique issue des résultats de la recherche scientifique pour l'appui aux décideurs constituent les services climatiques. La spécificité des problématiques liées à la ville justifie le développement de services climatiques urbains, dédiés à leur résolution. A l'occasion de ce séminaire, les intervenants ont brossé un tour d'horizon des problématiques urbaines liées au climat, des connaissances, des actions en cours, des difficultés et des besoins pour l'avenir. Des témoignages complémentaires ont été apportés et discutés lors des échanges avec l'ensemble des participants.

#### L'îlot de chaleur urbain

*Valéry Masson (METEOFRACTANCE / CNRM)*

Ce phénomène d'écart de température entre la ville et l'environnement alentour est bien connu aujourd'hui. Une erreur courante est de l'associer aux émissions de gaz à effet de serre, or ces dernières agissent sur le long terme, tandis que l'îlot de chaleur urbain (ICU) est un processus rapide, à l'échelle de la journée. **Il est induit en premier lieu par un refroidissement plus lent en ville qu'en milieu rural, du fait du dégagement de l'énergie provenant du soleil qui a chauffé les sols urbanisés et les matériaux des bâtiments.** Un second facteur, le dégagement de chaleur par rayonnement la nuit, est moins important. L'effet varie d'une ville à l'autre, fonction du climat, de la topographie et des aménagements locaux. Enfin le changement climatique n'est pas seul en cause dans les changements constatés : **l'expansion urbaine** est un important facteur de changement.

Pour prévoir la météorologie urbaine et les effets du changement climatique, on recourt à des modèles comme celui développé au CNRM : **le modèle TEB**. Contrairement à des modèles d'architectes urbanistes qui représentent explicitement chaque bâtiment, le modèle de météo urbaine est conçu à l'échelle du quartier : il représente par exemple une rue bordée de bâtiment comme un "canyon urbain". Un des défis pour la

---

<sup>1</sup> <https://convention-services-climatiques.lsce.ipsl.fr>

performance d'un tel modèle est **d'accéder à des données à la fois urbaines et météorologiques** : on mobilise, pour les premières, des données de l'IGN, et pour les secondes les stations de mesure sur les aéroports ainsi que des ressources plus innovantes (réseaux participatifs...).

L'objectif est de **développer des stratégies d'adaptation et d'atténuation** prenant en compte les aspects liés à l'humain, aux interactions homme-atmosphère, tout en veillant aux effets secondaires (par exemple la pression sur la ressource en eau).

### Questions :

- *Quels poids relatifs sur l'ICU de l'effet de l'imperméabilisation liée au bâti et du différentiel ville-campagne ?*

L'imperméabilisation liée au bâti joue sur 80% de l'ICU (en été), mais il faut également tenir compte des spécificités liées à chaque ville : environnement géographique (côte, montagnes...), mesures prises...

- *Quel impact de la circulation automobile sur l'ICU ?*

L'impact est faible à l'échelle globale. A Paris : 15 W/m<sup>2</sup>, à rapporter aux 50 W/m<sup>2</sup> liés au chauffage et aux 800 W/m<sup>2</sup> du rayonnement solaire.

L'effet est en revanche très fort sur la pollution de l'air.

- *Etudie-t-on les impacts des pratiques agricoles alentour ou de la configuration agricole périurbaine ?*

Un effet de l'arrosage en amont de la ville a été démontré sur la ville d'Agen.

Une autre étude a été réalisée en région parisienne, démontrant un effet rafraîchissant (-2°C) d'un changement de pratiques agricoles (remplacement des cultures céréalières par du maraîchage) et d'augmentation de surfaces de forêts et de lacs... mais la mise en oeuvre n'a rien d'évident !

## Introduction aux services climatiques urbains

*Aude Lemonsu (METEO-FRANCE / CNRM)*

Le développement d'un démonstrateur de services climatiques urbains constitue un des axes de travail de la Convention services climatiques.

Le premier objectif est de **mieux prendre en compte le climat en ville**, de comprendre les enjeux spécifiques associés et d'étudier les impacts du changement climatique. Or les simulations climatiques futures sont réalisées à l'échelle globale à une résolution de 50\*50 km<sup>2</sup>, voire pour certaines régions avec des modèles régionaux de résolution plus fine (12\*12 km<sup>2</sup>) : ces résolutions sont insuffisantes pour représenter l'ICU. La résolution du modèle AROME, plus fine (2,5 à 1,3 km<sup>2</sup>), utilisé pour les prévisions météo, convient mieux. Dans ce projet, une nouvelle **méthode de descente d'échelle** doit donc être développée pour les simulation climatiques en milieu urbain.

Le second objectif est de **mieux qualifier et quantifier les impacts en ville, et de construire des indicateurs pertinents avec les acteurs**. Lors de précédents travaux, les scientifiques ont identifiés des problèmes pour lesquels ils ont **besoin d'un retour des acteurs** pour avancer :

- identification des **critères pertinents** de caractérisation de l'ICU, associant la température de l'air à d'autres paramètres (par exemple sur la ressource en eau, sur le bâti...) pour construire par exemple des indices de confort thermique.

- identification des **périodes de temps adaptées** à la prise de décision pour les aménageurs : événements extrêmes, tendances saisonnières ou pluriannuelles...
- sélectionner les **méthodes d'analyse des impacts et de format des indicateurs** plus ou moins agrégés pour la communication et l'aide à la décision.

Aménagement urbain : Collaborations Recherche-Action à l'échelle territoriale  
Élaboration du PLUi-H & Mise en place d'un réseau d'observation microclimatique

*Valérie Edouart (Toulouse métropole), Julia Hidalgo (LISST), Guillaume Dumas (CNRM)*

Le **contexte local est aujourd'hui favorable** à un travail de prise en compte des effets climatiques dans l'aménagement urbain de Toulouse métropole : d'un côté avec l'élaboration du PLUiH (Plan Local d'Urbanisme Intercommunal intégrant le Programme Local de l'Habitat) et l'implication dans la démarche "smart city" portée par la métropole, de l'autre avec l'expérience de collaboration entre laboratoires de pointe et interdisciplinaires (METEO-FRANCE, CNRM, LISST, ONERA, CESBIO) et acteurs locaux (par exemple l'aua/T), acquise depuis plusieurs années.

Le **projet phare MApUCE**, qui s'achève au printemps 2019, a pour objectif **l'intégration dans les politiques urbaines et dans des documents juridiques des données quantitatives de microclimat urbain**, climat et énergie, dans une démarche applicable à toutes les villes de France.

L'accompagnement dans l'élaboration du PLUi-H de Toulouse Métropole a été l'occasion de développer des outils spécifiques pour l'intégration des enjeux climat-énergie :

- des documents écrits : fiches thématiques, mémentos, profils climatiques. Pour la partie climat, 11 types de temps sensible ont été identifiés pour faciliter le dialogue et la prise de décision ;
- des ressources cartographiques sur 4 types de temps sensible : carte des ICU, de l'exposition des populations et structures les plus sensibles aux fortes chaleurs, carte climatique de l'environnement urbain pointant les couloirs de ventilation et les zones plus ou moins sensibles.

D'autre part, les enjeux climatiques sont traduits et intégrés dans le PLUiH.

La thèse de Guillaume Dumas, interdisciplinaire, montée en partenariat entre Toulouse métropole, le CNRM et le LISST, a pour objectif de **développer le réseau de stations météorologiques pour Toulouse Métropole pour créer un système d'observation de l'ICU**. En croisant les données recueillies avec d'autres sources, le second objectif est de proposer des outils intégrés d'analyse et de diagnostic selon un processus itératif de co-construction.

Les actions menées en concertation avec les laboratoires et les acteurs locaux de Toulouse métropole sur les adaptations au microclimat relèvent déjà des services climatiques. Du fait des interactions entre effets climatiques et solutions (par exemple la présence d'un espace vert ne joue pas son effet rafraîchissant dans les bâtiments si le bruit de la rue contraint les habitants à fermer leurs fenêtres), l'information pour la décision est nécessairement complexe. Toulouse métropole travaille avec des startups sur des applications innovantes.

## Questions

- *Coût de maintenance et pérennité des capteurs déployés ?*

Faible coût (1000 € par capteur) pour une longue durée de vie (supérieure à 15 ans). Le déploiement du réseau de capteurs est stratégique pour Toulouse métropole, qui, propriétaire des données, reste maître de sa politique d'adaptation.

- *Partage des données ?*

Il est prévu en deux temps :

\* pour les professionnels : via l'open data soft de Toulouse métropole (le format reste à déterminer) ;

\* pour les particuliers : via une plateforme encore non existante.

- *Au niveau des établissements sensibles, a-t-on réalisé un état des lieux ? un système d'alerte précoce ? des seuils de référence ?*

Un travail exploratoire est cours sous la responsabilité de l'aua/T.

- *Envisagez-vous de fournir des recommandations pour les questions de changement climatique ?*

Pas encore : le travail se situe encore au niveau de la caractérisation des impacts. Les actions sont tournées vers la réduction de la vulnérabilité des populations.

L'eau, la ville et le changement climatique
---

*Françoise Goulard (Agence de l'eau Adour-Garonne)*

L'échelle d'étude pour le réseau hydrographique est celle du **bassin versant**. Sur le bassin Adour-Garonne, le changement climatique est déjà perceptible. A horizon 2050, l'été caniculaire de 2003 sera devenu la référence. Or, si la température, donc l'évaporation, doit augmenter, les projections ne prévoient pas de changement des cumuls de précipitation : l'écoulement d'eau et la recharge des nappes iront donc en diminuant, avec des conséquences sur les milieux inféodés. **Le plan d'adaptation au changement climatique** du bassin Adour-Garonne tient compte de ces enjeux liés à l'eau. Composé de 7 chapitres, il inclut des mesures douces, immatérielles (gouvernance, communication), des mesures vertes (fondées sur la nature ou de l'ingénierie écologique) et des mesures grises (basées sur des infrastructures matérielles, des ouvrages et de la technologie).

**Le plan d'adaptation en 7 chapitres :**

1- La prise de conscience des enjeux : pas encore totalement effective pour le grand public.

2- Assurer une gouvernance adaptative.

3- Intégrer les enjeux futurs dans l'aménagement : par des mesures en amont (éviter l'étalement urbain, trop consommateur d'eau) et en aval (capacité du milieu à recevoir des rejets), en favorisant les services rendus par des zones naturelles (mobilité de la rivière, continuité écologique...).

4- Miser sur des solutions fondées sur la nature en préservant les espaces naturels et en veillant aux effets secondaires négatifs de certaines mesures de verdissement (pression sur la ressource en eau, risques d'allergies...).

5- Agir via le développement économique en engageant les citoyens vers un autre modèle de développement (agricole, notamment), vers une société plus sobre.

6- Sécuriser la ressource en eau : traitement des pluies d'orage, favoriser l'infiltration....

7- Favoriser la connaissance et l'innovation : appel aux climatologues pour répondre à un fort besoin de prévisions saisonnières et décennales, soutien de projets innovants pour trouver des solutions, et actions de vulgarisation pour favoriser l'anticipation de la décision et l'action.

## Questions

- Commentaire de David Salas y Mélia (METEO-FRANCE) : les prévisions saisonnières se développent et donnent de bons résultats. Les prévisions décennales, en revanche, ne donnent pas encore de résultats satisfaisants : la fenêtre de prévisibilité est plutôt de 3 à 5 ans.

- *Quelles différences entre Toulouse et Bordeaux ?*

Toulouse est alimentée en eau par la Garonne et les Pyrénées. Bordeaux utilise son eau souterraine : un stock patrimonial non renouvelé. Si la population continue à augmenter dans le continuum Bordeaux-bassin d'Arcachon, la ressource risque de manquer. La question posée pour l'urbanisme est donc : comment limiter l'urbanisation et l'arrivées de nouvelles populations ? Dans le cadre du plan d'adaptation est aussi expérimenté le dessalement d'eau de mer.

- *L'agence de l'eau travaille-t-elle avec les collectivités pour les aider à s'approprier ce plan d'adaptation ?*

Le plan d'adaptation a été voté le 2 juillet 2018. La diffusion sur les territoires commencent dès à présent, au travers de réunions et de visites dans les collectivités. Le forum de l'eau, organisé en octobre, constitue un temps fort de rencontre entre acteurs sociaux et professionnels.

- *Comment éviter le "tout tuyau" quand on organise une nouvelle zone ?*

Il existe de nombreuses techniques alternatives, des fossés filtrants, végétalisés, aux chaussées conçues en matériau filtrant...

Consommations d'énergie et climat urbain
--

*Valéry Masson (METEO-FRANCE / CNRM)*

L'objectif de cette présentation était de montrer ce qu'il est possible de faire aujourd'hui, de recueillir les besoins des acteurs et de lancer la discussion.

Le microclimat urbain est influencé par l'architecture des bâtiments, par la météo et les comportements induits (chauffage...), et par les possibles couplages entre ces effets.

Il est possible de modéliser le bilan d'énergie des bâtiments via une scénarisation intégrant processus physiques et socioéconomiques, en utilisant le modèle TEB. Conduit à l'échelle du quartier ou de l'ensemble de l'agglomération, ce travail s'appuie sur la cartographie de la ville (*street map*) et des comportements énergétiques modélisés à partir d'enquêtes.

Ces données d'usages des bâtiments, hétérogènes à l'intérieur des quartiers, sont difficiles à obtenir. Un travail récent sur l'année 2004-2005, réalisé à partir d'enquêtes, d'un recensement et de modèles statistiques, a cependant donné de bons résultats. Il démontre que la simulation des consommations énergétiques est plus performante lorsque les différents usages (6 catégories identifiées) sont pris en compte. Les bonnes pratiques liées au chauffage (rénovations, comportements responsables) en particulier, constituent un levier très important sur la consommation d'énergie.

Le photovoltaïque et le solaire pourraient couvrir les besoins liés au chauffage en ville, mais les travaux actuels démontrent peu d'impact sur l'ICU (-0.1 à 0.2°C).

### Question

- *Comparaison de formes urbaines plus ou moins denses ?*

Cela a été fait, sans montrer de différence significative.

Confort et santé en ville
---------------------------

*Karine Laaidi (Santé Publique France)*

La **canicule de 2003** a mis en évidence les enjeux de santé liés aux très fortes chaleurs : surmortalité, majorée avec des facteurs individuels (âge, maladie...), géographiques (nord-sud, ville-campagne) et climatologiques (augmentation de la fréquence et de l'intensité des canicules).

Une **comparaison Paris/Val de Marne** a ainsi montré qu'alors que l'ICU est disséminé dans les zones industrielles le jour, il est centré sur Paris la nuit : la **chaleur nocturne** empêche les organismes de récupérer. Les résultats d'enquêtes mettent en évidence les **facteurs de risque** individuels (degré d'autonomie, maladie...), mais aussi les facteurs protecteurs (vêtements légers, isolation du logement...), et les facteurs environnementaux (chambre sous les toits...). Les personnes âgées sont particulièrement vulnérables.

Les **effets de la température sur la mortalité** ont été étudiés sur 18 villes de France. Le risque relatif de décès pour une température donnée **diffère selon la ville**. Le risque est maximal dans les premiers jours de température "élevée", puis est compensé par un **"effet moisson"** : une sous-mortalité expliquée par le décès précipité par la chaleur de personnes en fin de vie. Dans le cas des températures "extrêmes", en revanche, on n'observe pas d'effet moisson : le risque relatif est significatif jusqu'à 8 jours après l'exposition.

Différentes **mesures d'adaptation** en ville sont testées : arrosage des chaussées, ouverture des parcs... Le **plan canicule** est couplé avec un système d'alerte calé sur les niveaux de vigilance météo : le niveau 4, le plus élevé, correspond à la canicule de 2003. Malgré l'application du plan canicule depuis 2004 et les mesures associées, **les canicules continuent d'entraîner une surmortalité** : moins spectaculaire que celle liée à d'autres événements (comme les inondations), avec une publication des données retardée par rapport à l'événement, elle peut passer inaperçue.

Une étude auprès des parties prenantes dans 6 villes aux climats différents a été conduite pour tenter d'expliquer la permanence du risque de surmortalité en dépit des mesures d'adaptation. Auprès des acteurs interrogés, **la canicule apparaît comme une**

**problématique simple et bien gérée** par des mesures de bon sens. Mal connu, et comparé à d'autres risques (attentats, inondations...), **le risque est minoré**. La situation est pourtant plus compliquée qu'il n'y paraît : les personnes à risque ne sont pas toujours identifiées (enregistrement volontaire), et les services de prise en charge souvent surchargés, en particulier durant les congés d'été.

**Propositions** pour améliorer la prévention et la gestion des risques de canicule :

- améliorer l'information : outils adaptés à chaque population à risque
- améliorer la communication à *bon escient* : un message anachronique décrédibilise la campagne de prévention
- améliorer la collaboration entre tous les acteurs : notamment acteurs municipaux, médecins et pharmaciens, en première ligne
- renforcer les liens sociaux entre les personnes vulnérables et les personnes de proximité (familles, commerçants...)
- renforcer les moyens et les équipes dans les hôpitaux et les EHPAD
- améliorer les registres communaux et demander l'autorisation de croiser les informations avec celles d'autres registres (ex. ceux de portage de repas à domicile)
- prendre des mesures d'adaptation et d'amélioration du confort climatique en ville (végétalisation...)

### Questions

- *Quel impact de la canicule de 2006, qui a du bénéficier des mesures de prévention post-2003 ?*

Une étude de Santé Publique France a montré que le nombre de décès en 2006 était très inférieur à celui anticipé. Attention cependant, même si les mesures du plan canicule contribuent à l'explication de ce résultat, d'autres facteurs ont pu jouer également.

- *Les indices de confort permettent-ils de remonter à l'impact de la température sur la santé avec plus de précision ?*

Les moyens de l'équipe ne sont pas suffisants à ce jour pour tester cette hypothèse. Sur 2003, le cumul de température sur plusieurs jours et plusieurs nuits ressortait comme un facteur de risque, au-delà de la seule température quotidienne.

- *La surmortalité est ici attribuée à la chaleur, mais ne pourrait-il pas s'agir d'un effet de la pollution de l'air sur les personnes atteintes de maladies chroniques ?*

Les maladies chroniques ne sont pas toutes liées à la qualité de l'air. Une étude a montré que, sur 9 villes testées, plus la chaleur était importante, plus son impact dominait. Il est vrai que la hausse de température est souvent associée à une pollution accrue à l'ozone. Ce sont moins, cependant, les pics de pollution que la pollution chronique qui affectent la santé.

Table ronde : questions de la salle et discussion
---

*Tous les intervenants*

- *Quel est l'impact de la végétalisation sur un bâtiment ou une rue ?*

Une étude de MétéoFrance à l'échelle du quartier ou de la ville, pour Paris, a démontré un effet positif de la végétation de pleine terre sur le confort dans la rue : jusqu'à -2°C. L'effet est plus prononcé avec des arbres que pour de la végétation au sol. D'autres effets

positifs (infiltration de l'eau...) sont associés, pourvu, cependant, que la ressource en eau soit suffisante. La végétalisation des toits démontre peu d'effet dans la rue, mais joue un rôle d'isolant qui limite le réchauffement des bâtiments.

*- Dans le processus de co-construction des services climatiques urbains, quelles informations sont particulièrement attendues côté scientifiques et côté acteurs ? Quels sont les verrous encore à lever ?*

Du point de vue de Météo-France, les thématiques abordées finissent par dépasser ce qui relève strictement du climat urbain, et les collaborations transdisciplinaires viennent parfois à manquer pour interpréter les résultats des climatologues en termes de confort ou de santé. Les climatologues peuvent être fournisseurs de scénarios, mais la suite du travail doit impliquer d'autres acteurs.

Du point de vue de Santé Publique France, le principal problème est le sous-effectif sur ces thématiques. Les collaborations avec Météo-France sont déjà riches, mais les moyens manquent pour aller plus loin.

Du point de vue de l'agence de l'eau Adour-Garonne, les collaborations avec Météo-France sont fructueuses : des indicateurs intéressants ont par exemple pu être construits à partir d'une carte d'occurrence de sécheresse des sols. Le besoin de prévisions saisonnières se fait néanmoins sentir pour pouvoir anticiper les problèmes de saisons sèches.

A l'interface entre la recherche et Toulouse métropole se pose la question de la définition des îlots de fraîcheur : alors que l'ICU est bien caractérisé, comment, selon quels paramètres identifier les îlots de fraîcheur en ville plus ou moins facilement accessibles (des magasins climatisés aux escapades à la campagne) ?

*- Dans vos travaux, utilisez-vous les indicateurs existants ou en construisez-vous de nouveaux ? Comment trouver les indicateurs les mieux adaptés ?*

*Comment bien communiquer les résultats de la recherche ?*

A MétéoFrance, on utilise en général les indicateurs issus de la littérature scientifique, comme l'indice de confort, pour les études. Lors de la transmission des résultats, cependant, il peut être plus efficace de les transmettre sous la forme utilisée au quotidien par les acteurs, mais ce n'est pas encore une démarche automatique.

A l'agence d'urbanisme, Toulouse métropole, l'agence de l'eau et Santé Publique France, le constat commun est que les indicateurs les plus simples pour les experts peuvent se révéler difficiles à comprendre par des non spécialistes. Les élus et les techniciens doivent traiter de nombreux problèmes relevant de différentes thématiques et manquent souvent de temps et de moyens : des bilans rédigés de quelques pages sont encore trop longs et compliqués, là où les décideurs attendent seulement 2 ou 3 chiffres-clés, débarrassés de toute mention d'incertitude (fourchettes de résultats, marge d'erreur...).

Une conclusion commune est la nécessité de faire appel à des professionnels de la communication pour aider à la transmission des résultats, et d'accepter de simplifier les messages. Enfin, les enjeux (de santé, de gestion des ressources...) sont liés : plutôt que de multiplier les messages, il serait judicieux d'aborder la gestion des risques de façon globale.

*- Les plans canicule sont-ils liés aux plans climat ?*

Non car les échelles de temps (canicule ponctuelle / climat de long-terme) sont différentes. La question serait plutôt celle d'intégrer les canicules dans les plans climat...



et d'aller plus loin encore en posant celle de l'insertion des questions climatiques dans les plans d'urbanisation : comment, enfin, faire l'interconnexion entre les différents plans ? Le climat occupe justement une place centrale.

La difficulté pourrait ne pas venir d'un manque de conviction des pouvoirs publics, mais d'un problème de temporalité : mandat courts des élus par ailleurs très attendus sur d'autres sujets, et asynchronisation des différents plans entre eux et avec les mandats électifs.