



ILS L'ONT FAIT

DIAGNOSTIC DE LA SURCHAUFFE URBAINE

METHODES ET APPLICATIONS TERRITORIALES



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Ce document est édité par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Coordination technique : Céline PHILLIPS, ADEME,
Service Climat

Pilotage : Céline PHILLIPS, ADEME, Service Climat
Sophie DEBERGUE, ADEME, Service Organisations Urbaines
Claire BARAIS, ADEME, Direction régionale Bretagne
Pierre VIGNAUD, ADEME, Direction régionale Occitanie

Rédacteurs : Héloïse MARIE et Karine LAPRAY (TRIBU),
Marjorie MUSY

Création graphique : Emma LIDBURY (collectif Tadaa)

Impression : Imprimé en France - ABELIA/Beaucouzé
Imprim'vert - Papier certifié, issu des forêts gérées durablement

Brochure réf. 010307

ISBN : 979-10-297-0923-4 - septembre 2017 - 400 exemplaires

Dépôt légal : ©ADEME Éditions, septembre 2017

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (Art L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (Art L 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

DIAGNOSTIC DE LA SURCHAUFFE URBAINE

METHODES ET APPLICATIONS TERRITORIALES

SOMMAIRE



p.06
p.06
p.08

INTRODUCTION

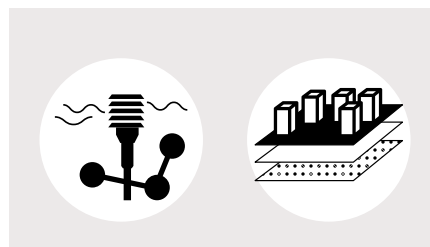
Enjeux
Les déterminants de la surchauffe urbaine

OUTILS ET MÉTHODES DE DIAGNOSTIC

Les outils de mesure
Les modèles

Identification des zones et des populations vulnérables
Choisir la méthode de diagnostic adaptée

p.10
p.10
p.14
p.17
p.18



CINQ EXPÉRIENCES DE DIAGNOSTIC

p.20
p.20
p.22

Présentation des cinq cas d'étude
Enseignements généraux



Bordeaux métropole,
exploration et
croisement des outils
de diagnostic
p.23



Mantes-la-Jolie,
cartographie
des îlots du quartier
du Val Fourré
p.30



Nice,
simulation
du confort du futur
pôle d'échange
multimodal
p.38



Montréal, QC
un diagnostic
au service des acteurs
de la santé publique
p.44



**Métropole
de Lyon,**
une démarche de
diagnostic progressive,
panachant plusieurs
méthodes
p.53

p.60 GLOSSAIRE
p.61 BIBLIOGRAPHIE

A / INTRODUCTION

ENJEUX

La surchauffe urbaine est une problématique multiple qui s'exprime de jour comme de nuit avec des répercussions à l'échelle des villes comme à l'échelle du vécu d'un habitant. En période de forte chaleur, la pratique quotidienne des espaces extérieurs et l'usage des bâtiments deviennent inconfortables pour les citoyens. En cas de canicule, le manque de rafraîchissement nocturne en ville est un réel enjeu de santé pour les populations sensibles.

Or, les projections climatiques annoncent une augmentation des températures moyennes ainsi que de la fréquence et de l'intensité des épisodes de canicule. Ceci met en avant l'importance, pour les territoires urbains, de trouver des solutions pour rafraîchir les villes.

En journée,

la surchauffe urbaine s'exprime dans un environnement urbain minéral et confiné qui impacte le ressenti thermique des citoyens. Le ressenti thermique d'un individu dépend de paramètres physiologiques (métabolisme, activité ...) et de paramètres physiques relatifs à l'environnement urbain dans lequel il est, où les plus influents sont le rayonnement solaire, la température des surfaces, la température de l'air, la vitesse du vent et l'humidité de l'air ambiant.



Radiation



Vent



Humidité



Température



Physiologie



Habillement



Mouvement



Transpiration



La chaleur peut créer un stress thermique pour les populations sensibles comme les personnes âgées, nourrissons, jeunes enfants, malades... Du fait de la fragilité de leur condition physique ou de leurs conditions de vie (habitat inadapté, isolement), ces personnes sensibles sont particulièrement exposées à des risques d'insolation, de déshydratation, d'hyperthermie, de coup de chaleur.



À l'échelle de la ville, la surchauffe urbaine est un phénomène du climat local connu sous le nom « d'îlot de chaleur urbain ». Sa caractéristique la plus marquée en période estivale est la limitation de la fraîcheur nocturne par rapport aux zones rurales.

Cette absence de rafraîchissement nocturne répétée, associée à la forte chaleur journalière, a été un facteur important de surmortalité pendant la canicule de 2003 (et notamment de la mortalité des populations vulnérables). En effet, en 2003, la surmortalité a été de 40 % plus élevée dans les petites et moyennes villes, 80 % plus élevée à Lyon, et 141 % plus élevée à Paris que dans le reste de la France (Vandentorren et al., 2004).



Les villes du XXI^e siècle font face à une augmentation des épisodes de canicule dus au dérèglement climatique, ainsi qu'à une croissance démographique constante du fait du vieillissement de la population française. Il devient donc urgent de mettre en place des solutions pour rafraîchir la ville.

LES DÉTERMINANTS DE LA SURCHAUFFE URBAINE

La surchauffe urbaine est causée par différents paramètres inhérents au milieu urbain que sont la forme urbaine (paramètres morphologiques), les caractéristiques des revêtements et la part de végétal (paramètres surfaciques), et encore la concentration d'activité humaine (paramètres anthropiques) comme décrits ci-après.

À l'échelle des espaces extérieurs en journée, les solutions de rafraîchissement urbain interviennent sur les différents paramètres influant le ressenti thermique des citoyens (rayonnement du soleil et des surfaces, humidité, vents en plus des températures d'air) où l'accès à l'ombre est un facteur prépondérant du confort avec la présence de l'eau et du végétal.

Paramètres anthropiques

ÉMISSIONS DE CHALEUR



Climatisation en été rejetant de la chaleur
Émission de chaleur des transports et autres équipements (voitures, camions...).

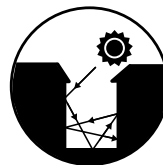
Paramètres morphologiques

RUGOSITÉ AUX VENTS



La réduction des vitesses de vent liées à la rugosité urbaine.

PIÉGEAGE DU RAYONNEMENT



Absorption du rayonnement solaire et faible dégagement de chaleur la nuit car l'ouverture de la forme urbaine vers le ciel est limitée.

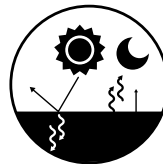
Paramètres surfaciques

FAIBLE ÉVAPOTRANSPIRATION ET ÉVAPORATION



Faible évapotranspiration liée à la forte proportion des surfaces imperméables qui ont remplacé la végétation, le sol naturel et l'eau.

ABSORPTION ET STOCKAGE DE LA CHALEUR

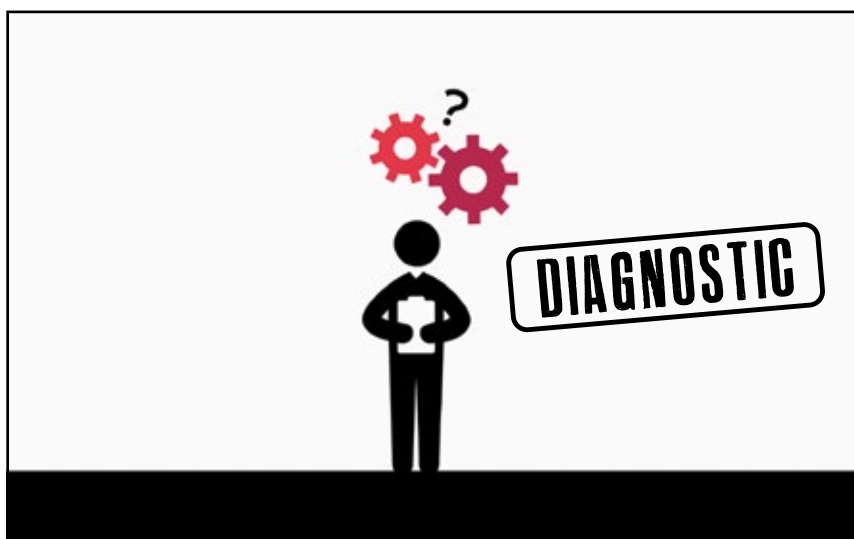


Forte absorption de la chaleur par les surfaces urbaines (matériaux à faible albédo et forte inertie thermique, comme l'enrobé bitumineux).

Afin de mettre en place des actions de rafraîchissement urbain adaptées à chaque contexte, il est nécessaire d'établir un diagnostic pour déterminer les enjeux liés à la chaleur urbaine.

En effet, la connaissance reste le préalable à toute action. Il permet aussi d'évaluer l'efficacité dans le temps des actions dans le temps.

Un diagnostic permet de quantifier l'ampleur du phénomène d'îlot de chaleur de la ville par rapport à la campagne, de mettre en place une cartographie et cibler les zones sensibles en termes de vulnérabilité sur une collectivité ou un quartier ; ou encore d'évaluer les conditions de confort thermique des espaces extérieurs. Le diagnostic est aussi un moyen incontournable pour sensibiliser et communiquer sur le phénomène de surchauffe urbaine auprès des citoyens et des acteurs du territoire, et ainsi les mobiliser dans la démarche.



*Extrait de la vidéo,
Surchauffe urbaine :
diagnostiquer pour agir
ADEME*

B / OUTILS ET MÉTHODES DE DIAGNOSTIC

Il existe une diversité de méthodes de diagnostic en fonction des résultats attendus et des objectifs visés. Le recensement national et international des diagnostics a permis d'établir un premier panorama des méthodes employées. Chacune présente des intérêts et des limites selon l'échelle de territoire, la résolution, le résultat souhaité au regard du coût et le temps nécessaire pour établir l'étude.

Les méthodes de diagnostic sont généralement des combinaisons de plusieurs approches. Pour diagnostiquer la surchauffe urbaine, il existe des approches expérimentales (au moyen d'outils de mesures) qui se rapportent à la prise de données à partir du territoire lui-même, et des modèles basés sur des approches empiriques, statistiques ou numériques (traitement des mesures, modèles empiriques, simulations numériques...). Chaque méthode de diagnostic peut employer un outil seul ou bien des outils combinés, sachant que les mesures permettent de calibrer ou de caler les modèles, tandis que les modèles permettent d'explicitier les mesures.

LES OUTILS DE MESURE

La mesure du territoire est un moyen de connaître un climat urbain à une période donnée, au moyen de campagnes de mesure mobilisant des outils tels que les stations météorologiques, l'imagerie satellite ou aéroportée, ou la caméra thermique. Pour diagnostiquer la chaleur, on mesure à minima la température d'air, paramètre principal de l'effet d'îlot de chaleur. Le confort thermique est mesuré en agrégeant le rayonnement solaire, les températures des surfaces, la température, la vitesse et l'humidité de l'air ambiant pour obtenir un indicateur de « température équivalente » au ressenti thermique. On distingue les mesures d'air, où les capteurs sont placés dans le site d'étude, et les mesures de surfaces, basées sur des capteurs du rayonnement infra-rouge des surfaces vues du ciel ou in situ. Une autre méthode in situ peut être d'effectuer des « mesures qualitatives » au moyen d'enquêtes auprès des habitants et usagers sur leur ressenti thermique et leur pratique de la ville.

Les tableaux ci-après décrivent succinctement les différents types d'outils et méthodes, avec leur échelle d'analyse, leur niveau de précision, le coût et la durée de l'étude, en prenant en compte le travail d'analyse.



La mise en œuvre opérationnelle des outils et méthodes est illustrée dans les cinq études de cas.

MESURES D'AIR

Les mesures d'air sont effectuées au moyen de capteurs simples ou de stations météorologiques, fixes ou mobiles, pour quantifier à un instant donné, le phénomène d'îlot de chaleur ou bien le ressenti thermique selon les variables mesurées. L'acquisition de ces données peut se faire ponctuellement un été ou bien dans le temps pour suivre l'évolution dans le temps.



MESURES FIXES

2 POINTS

ÉCHELLE : VILLE

RÉSOLUTION : FAIBLE

COÛT : < 10 000 €

DURÉE : > 3 MOIS

Il s'agit de mesurer sur 2 points (un en ville et un à la campagne) les températures d'air mais aussi l'hygrométrie, les vitesses de vents... durant un été ou sur plusieurs années. Cette étude peut se faire par l'installation de capteurs simples, stations météorologiques et / ou la récupération des données des stations existantes (Météo-France).

Il s'agit d'une première approche pour quantifier l'écart de température (et l'humidité, le vent) entre la ville et la campagne ainsi que sa variabilité journalière, saisonnière et même historique au cours du développement urbain.

+ Simplicité de mise en œuvre pour estimer l'ampleur de la surchauffe urbaine

- La situation particulière des stations peut impacter sur les résultats, le choix d'implantation est déterminant et nécessite un diagnostic préalable



MESURES FIXES

RÉSEAU DE POINTS

ÉCHELLE : VILLE

RÉSOLUTION : MOYENNE

COÛT : ENV. 50 000 €

DURÉE : > 3 MOIS

Le réseau de stations de mesures fixes de températures d'air (mais aussi d'hygrométrie, vitesse des vents...) permet d'étudier la variabilité spatiale du phénomène d'îlot de chaleur urbain en plus de sa variabilité temporelle.

À un instant donné, l'extrapolation ou l'interpolation spatiale entre les différentes stations permet de construire des cartographies thermiques du territoire.

+ Apporte des informations dans différentes zones d'un territoire

- La situation particulière des stations peut impacter sur les résultats, le choix d'implantation est déterminant et nécessite un diagnostic préalable



MESURES MOBILES

ÉCHELLE : VILLE À ESPACE PUBLIC

RÉSOLUTION : MOYENNE À FINE

COÛT : < 10 000 €

DURÉE : < 1 MOIS

Le principe des mesures mobiles est d'effectuer un itinéraire à l'intérieur et aux abords d'une agglomération, souvent par des transects ville-campagne ou sur une zone plus réduite en fonction du mode de déplacement (en voiture, à vélo ou à pied).

Selon les objectifs de l'étude, outre la mesure de la température d'air, le système peut également inclure des mesures d'humidité, de température de surface et de vitesse d'air pour mesurer le ressenti thermique.

+ Simplicité de mise en œuvre

- Les mesures effectuées ne sont pas simultanées ainsi la mesure mobile ne permet pas de mesurer les variables climatiques de façon synchrone



MESURES DES TEMPÉRATURES DE SURFACES

De nuit, la mesure des températures de surfaces permet de localiser les zones à forte inertie thermique qui accroissent l'effet d'îlot de chaleur. La journée, elle traduit l'échauffement des surfaces dû au rayonnement solaire, participant à l'inconfort du piéton.

Souvent utilisées dans les diagnostics car très visuelles, les mesures de températures de surface doivent être prises avec précaution.

Passer de l'image infra-rouge, telle qu'elle est produite par l'imagerie satellite, aéroportée, ou par caméra thermique, à une connaissance des températures des surfaces nécessite plusieurs traitements.

La lecture directe des images peut s'avérer erronée en cas de matériaux de nature très différente comme le végétal et le minéral.



TÉLÉDÉTECTION

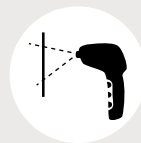
ÉCHELLE : VILLE À ESPACE PUBLIC
RÉSOLUTION : MOYENNE À FINE
COÛT : < 10 000€ (IMAGE SATELLITE)
À ENV. 50 000€ (CAMPAGNE AÉROPORTÉE)
DURÉE : < 1 MOIS

La télédétection via des imageries satellites ou aériennes permet d'obtenir des cartographies de températures de surface du milieu urbain. Cette méthode nécessite une analyse du rayonnement infra-rouge pour passer des températures de brillance aux températures de surface en connaissant l'émissivité des matériaux, et donc une connaissance de l'occupation du sol.

Les données de satellites Landsat, SPOT, Quickbird sont disponibles gratuitement avec une résolution de 60m jusqu'à 30m pour les plus récentes.

+ Cette méthode, souvent utilisée, a un fort impact de sensibilisation au phénomène car les résultats sont sous forme de cartographie

- Il faut passer par la simulation ou des classifications géoclimatiques pour obtenir des températures d'air. La prise de photographie satellite et aéroportée doit se faire par temps clair



CAMÉRA THERMIQUE

ÉCHELLE : ESPACE PUBLIC
RÉSOLUTION : FINE
COÛT : < 10 000€
DURÉE : < 1 MOIS

L'utilisation d'une caméra Infra Rouge Thermique depuis un point haut ou depuis la rue permet d'acquérir des données 3D des températures de surface.

+ Cette approche a un fort impact de sensibilisation sur la question du confort urbain

- Nécessite une combinaison avec d'autres outils pour mesurer le ressenti thermique

APPROCHES QUALITATIVES

Sous forme de questionnaires, d'enquêtes, le ressenti des usagers et des habitants peut être recueilli pour apporter des données relevant plutôt du sensible.



ENQUÊTES IN SITU

ECHELLE : QUARTIER, ESPACE PUBLIC

RÉSOLUTION : FINE

COÛT : < 10 000€

DURÉE : < 1 MOIS

Il s'agit de recueillir des données in situ, en interrogeant les usagers sur leur ressenti thermique et leur pratique des lieux.

+ Participation des usagers dans la démarche qui permet de mobiliser et de sensibiliser sur le phénomène

- La représentativité des données recueillies qui restent partielles selon le nombre de personnes interrogées : il est important d'avoir une diversité d'âges et de catégories socio-culturelles dans l'échantillon représenté



LES MODÈLES

Les modèles permettent d'évaluer la surchauffe urbaine sur la base de caractéristiques géographiques, morphologiques, surfaciques et anthropiques de l'environnement urbain. Associés à des mesures, des modèles peuvent apporter des données nouvelles pour cartographier la surchauffe urbaine.

Selon le périmètre d'étude, les moyens disponibles et les attentes opérationnelles, on peut modéliser la surchauffe urbaine par le biais de simulations numériques ou par des modèles empiriques.

MODÈLES DE TRAITEMENT SPATIAL DES MESURES

À partir de points de mesures, il est possible d'extrapoler ou interpoler les données pour obtenir une résolution plus fine.



**INTERPOLATION
DES MESURES**
TRAITEMENT
GÉOSTATISTIQUE
ÉCHELLE : VILLE
RÉSOLUTION : MOYENNE
COÛT : > 10 000€
DURÉE : < 1 MOIS

Cette méthode permet d'exploiter un réseau de mesures pour produire une cartographie en moyennant les résultats selon la distance entre chaque station.

- + Exploitation rapide d'un réseau de mesures
- Pour être représentative, cette méthode doit s'appliquer sur un grand territoire ou un maillage dense de mesures



**EXTRAPOLATION
DES MESURES**
RÉGRESSION
GÉOCLIMATIQUE
ÉCHELLE : VILLE
RÉSOLUTION : MOYENNE
COÛT : > 10 000€
DURÉE : < 1 MOIS

Sur la base d'une distribution représentative des points de mesures (fixes ou mobiles) sur différentes classes géoclimatiques (morphologie des tissus urbain et occupation des sols), une cartographie du phénomène peut être mise en place sur le territoire.

- + Méthode adaptée en combinaison avec la classification géoclimatique
- Nécessite de connaître un panel représentatif des quartiers étudiés et les informations qui s'y rattachent

LES MODÈLES PAR SIMULATION NUMÉRIQUE

Plusieurs outils de simulation numérique ont été développés pour modéliser, au moyen de calculs, les phénomènes physiques qui interviennent dans le climat urbain à l'échelle des quartiers et des villes.

La simulation permet de traduire la complexité du phénomène et de s'adapter à une multiplicité de cas de figure, mais ce type d'outil reste encore peu utilisé. En effet, ces outils de simulation sont encore en développement et demandent un temps de saisie et de calcul assez long par rapport aux exigences opérationnelles.



SIMULATION À GRANDE ÉCHELLE

ÉCHELLE : VILLE
RÉSOLUTION : MOYENNE
COÛT : > 50 000€
DURÉE : > 3 MOIS

Les modèles de simulation numérique à grande échelle reposent sur le bilan d'énergie de tissus urbains à partir des paramètres du climat (vents, température, hygrométrie). La forme urbaine et ses effets sont représentés par des caractéristiques moyennes (rugosité, albédo...) sur des mailles d'une centaine de mètres.

Exemples : Town Energy Balance (TEB)
et Meso-NH

+ Cette méthode permet aussi d'établir des perspectives et de comparer des scénarios d'évolution du tissu urbain à l'échelle de la ville

– Méthode qui nécessite une ingénierie qualifiée



SIMULATION À PETITE ÉCHELLE

ÉCHELLE : QUARTIER, ESPACE EXTÉRIEUR
RÉSOLUTION : FINE
COÛT : < 50 000€
DURÉE : > 3 MOIS

Les modèles de simulation numérique du climat urbain à l'échelle locale reposent sur des bilans radiatifs et convectifs des interactions entre les sols et les bâtiments en 3D. Cette approche multi paramètres (température d'air, surfaces, vents, hygrométrie...) permet de donner des résultats en indice de confort.

Exemples : logiciels Solene-microclimat, Envi-MET

+ Cette méthode permet aussi d'établir des perspectives et de comparer des scénarios d'évolution d'aménagements

– Méthode qui nécessite une ingénierie qualifiée et avec des temps de calcul parfois très long par rapport aux exigences opérationnelles



LES MODÈLES EMPIRIQUES

Les modèles empiriques sont de plus en plus utilisés car ils répondent aux exigences opérationnelles. Ceux-ci sont calés sur la base d'études antérieures (de mesures ou de simulations...) et mettent en corrélation des paramètres urbains (forme urbaine, occupation du sol, population...) avec les caractéristiques climatiques locales.



MODÈLE GLOBAL SIMPLIFIÉ

ECHELLE : VILLE
RÉSOLUTION : FAIBLE
COÛT : 0€

Il s'agit d'un abaque déterminant l'ampleur de l'îlot de chaleur urbain (différence de température ville-campagne) pour une ville par temps clair et calme (peu de vent), en fonction de la population et de la densité de ladite ville. L'abaque est basé sur des statistiques de résultats établis dans plusieurs villes du monde.

Exemple : Abaque de l'intensité maximale de l'îlot de chaleur en fonction de la population de la ville (Oke, 1982)

➕ Un simple calcul permet d'évaluer l'enjeu d'îlot de chaleur sur une ville

➖ Ce modèle est très simple mais pauvre en informations spatiales et temporelles



CLASSIFICATION GÉOCLIMATIQUE

ECHELLE : VILLE, QUARTIER
RÉSOLUTION : MOYENNE
COÛT : < 10 000€
DURÉE : < 1 MOIS

Cette méthode consiste à partitionner le territoire selon ses caractéristiques climatiques en utilisant les paramètres relatifs à la morphologie urbaine et l'occupation du sol.

La classification permet d'identifier et de comparer au sein d'un territoire des zones climatiquement homogènes, à partir d'un jeu d'indicateurs disponibles dans les bases de données urbaines, pour produire une cartographie globale. La méthode de classification la plus répandue est celle des Local Climate Zones (LCZ).

Exemples : Îlots Morphologiques Urbains (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France) projet DIACLIMAP (Cerema), MAPUCE (Toulouse)

➕ La cartographie par types de zones est une approche qui permet de produire rapidement une cartographie via des systèmes d'information géographique (SIG)

➖ L'influence du relief et des vents n'est pas prise en compte. L'hétérogénéité des tissus urbains peut rendre la classification difficile par zone



INDICATEURS GÉOCLIMATIQUES

ECHELLE : VILLE, QUARTIER, ESPACE EXTÉRIEUR
RÉSOLUTION : MOYENNE
COÛT : < 10 000€
DURÉE : < 1 MOIS

Plusieurs indicateurs simplifiés sans grandeur physique ont été mis en place par souci d'opérationnalité afin d'analyser les enjeux de surchauffe urbaine. Ils sont basés sur les caractéristiques des surfaces et de la forme urbaine.

Exemples : Indi-EN (bureau d'études TRIBU), Score ICU (bureau d'études ECIC)...

➕ La rapidité et la facilité d'analyse permet une bonne réactivité facilitant un échange itératif dans les dynamiques de projet.

➖ L'influence du relief et des vents n'est pas prise en compte

IDENTIFICATION DES ZONES ET DES POPULATIONS VULNÉRABLES

Les résultats du diagnostic du climat urbain peuvent être croisés à des données urbaines (populations sensibles, état du bâti...) pour identifier les zones vulnérables aux épisodes de canicule.



CROISEMENT DES CARTOGRAPHIES DE LA SURCHAUFFE URBAINE AVEC LA SENSIBILITÉ DES POPULATIONS

ECHELLE : QUARTIER, ESPACE EXTÉRIEUR

RÉSOLUTION : FINE

COÛT : < 10 000€

DURÉE : > 1 MOIS

À l'échelle de la ville, les données urbaines sont croisées avec les cartographies de zones à enjeu de surchauffe urbaine pour localiser les zones vulnérables.

Les données peuvent être :

- Données statistiques sanitaires : mortalité, malades
- Populations défavorisées, populations sensibles (personnes âgées, jeunes enfants, malades...)
- Établissements sensibles (crèches, écoles, hôpitaux, maison de retraite...)
- Niveau d'isolation, typologie, état de dégradation du bâti

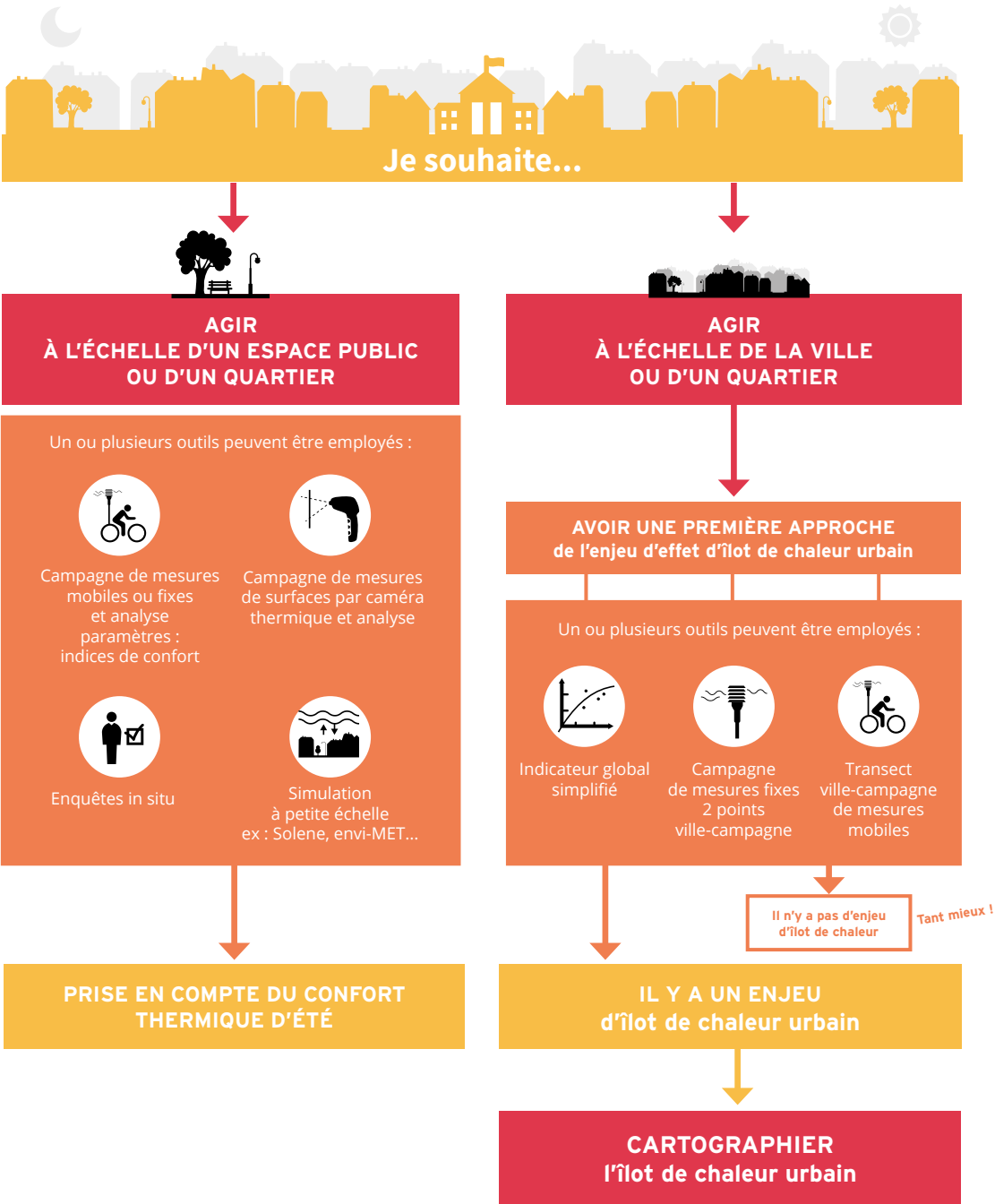
+ Les données urbaines liées à la vulnérabilité sont déjà existantes ou bien utilisables pour d'autres thématiques de la planification

- Les critères de vulnérabilité qui résultent de statistiques sur des épisodes caniculaires restent partiels pour anticiper l'enjeu

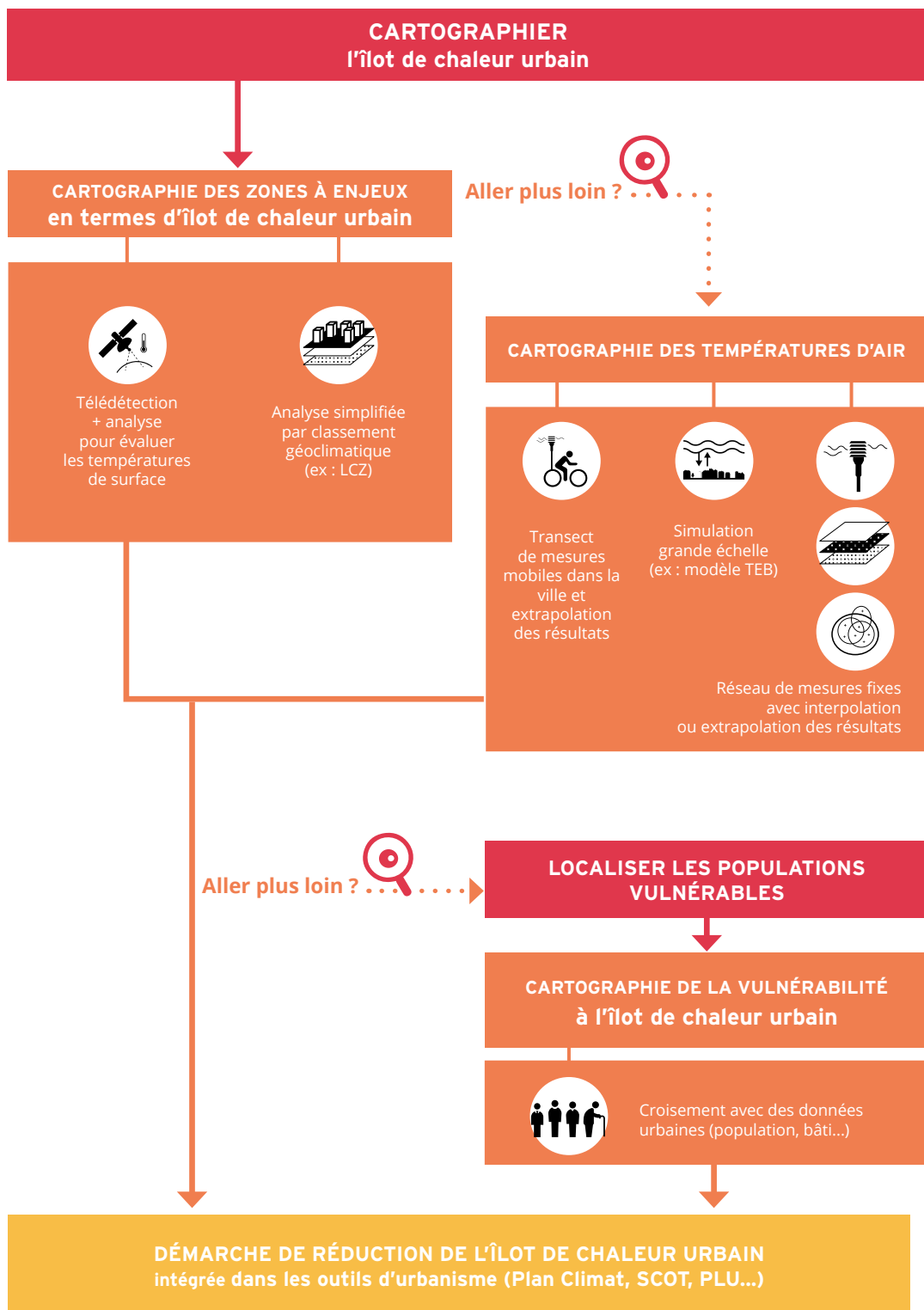


CHOISIR LA MÉTHODE DE DIAGNOSTIC ADAPTÉE

À partir de cette diversité d'outils, chaque collectivité ou acteur de l'aménagement peut composer la méthode de diagnostic adaptée à ses besoins. Le schéma ci-après clarifie le choix en fonction des attentes et de l'échelle d'analyse.



suite page ci-contre



C / CINQ EXPÉRIENCES DE DIAGNOSTIC

PRÉSENTATION DES CINQ CAS D'ÉTUDE

Suite à un premier recensement large des études de diagnostic réalisées en France et à l'international, cinq études de cas ont été sélectionnées pour la diversité de leurs contextes, de leurs gouvernances, de leurs échelles, de leurs méthodologies et des déclinaisons opérationnelles qui en découlent.

Pionnières dans leurs démarches, ces cinq collectivités ont accepté de partager leur expérience, avec les enseignements qu'elles en tirent et leurs difficultés. Ces études ont apporté de nouveaux éléments de connaissance relatifs à la surchauffe urbaine de chaque territoire, dans l'objectif de mettre en place des actions de rafraîchissement urbain adaptées. Ces études de cas apportent des enseignements intéressants pour leur reproductibilité dans d'autres territoires ou opérations urbaines, notamment dans le rapport entre le coût et la durée des études, et la qualité des résultats en termes scientifiques.

Ces diagnostics qui font l'objet d'étude de cas ont tous été effectués dans le cadre de démarches volontaristes, mais ils ont été initiés par des biais différents. Certains diagnostics ont émergé dans le cadre du volet « adaptation » des Plans Climat (PCAET) comme les cas de Lyon et Bordeaux. Pour les études effectuées sur Nice et Mantes-la-Jolie, ces diagnostics ont été mis en place suite à des appels à démarches spécifiques dans le cadre d'opérations urbaines : le Programme d'investissement d'Avenir (PIA) « Ville et territoire durable » pour Mantes-la-Jolie et la démarche « Ecocité » pour Nice. La ville de Montréal se place dans un contexte spécifique où la question des diagnostics de la surchauffe urbaine s'intègre dans les directives de l'Institut National de la Santé Publique du Québec.

Ces études ont toutes nécessité une approche croisée des enjeux qui va dans le sens d'un décloisonnement des services des collectivités.

Les diagnostics recensés ont été effectués par des laboratoires de recherche, des bureaux d'études, par les collectivités directement (en interne), voire dans certains cas en associant les habitants. Montréal a fait appel à des chercheurs pour mettre en place le diagnostic. Dans les cas de Mantes-la-Jolie, de Bordeaux et de Nice, un appel d'offre a été effectué, où des bureaux d'études ont été missionnés. La métropole de Lyon a fait l'objet d'une diversité de diagnostics mobilisant ensemble ou successivement l'agence d'urbanisme locale, des acteurs de la recherche et des bureaux d'études. Cette collectivité s'est aussi dotée de savoir-faire en interne et tente de mettre en lien tous ces acteurs dans une démarche collaborative de connaissance du climat urbain.

Les principales caractéristiques
des cinq cas d'étude sont décrites
dans le tableau ci-contre :

	 BORDEAUX 	 MANTES-LA-JOLIE Quartier du Val Fourré 	 NICE pôle d'échange multimodal 	 MONTREAL, QC Canada 	 LYON 
Échelle d'étude	Ville et quartier	Quartier	Quartier et espace public	Ville	Ville et quartier
Nom de l'étude de diagnostic	Îlots de chaleur et de fraîcheur urbains — Diagnostic et préconisations sur le territoire de Bordeaux Métropole	Cartographie des îlots de chaleur et mesures d'adaptation du quartier du Val Fourré au changement climatique	Étude et préconisations pour l'amélioration du confort climatique et l'atténuation du phénomène d'îlot de chaleur urbain du futur Pôle d'Échange Multimodal	Cartographies de la vulnérabilité dans l'agglomération de Montréal	Zoom sur les mesures de l'îlot de chaleur et du confort thermique sur l'été 2016 Plusieurs études successives
Enjeux de surchauffe urbaine	Confort thermique des espaces extérieurs Vulnérabilité des populations à l'îlot de chaleur	Confort thermique des espaces extérieurs Vulnérabilité des populations à l'îlot de chaleur	Confort thermique des espaces extérieurs	Vulnérabilité des populations à l'îlot de chaleur	Confort thermique des espaces extérieurs
Retombées opérationnelles	- Plan Climat - Intégration des préconisations sur 8 secteurs opérationnels	Mise en place d'actions opérationnelles pour le rafraîchissement suite aux fiches actions	Diagnostic effectué en lien direct avec l'architecte maître d'œuvre de l'espace public	Plan d'adaptation au changement climatique de Montréal	- Plan Climat - Référentiel des espaces publics, guide quartier durable
Outils et méthodes employées	Téledétection, mesures fixes, modèle simplifié	Classification géoclimatique (méthode IMU, type LCZ, et méthode des Indi-En TRIBU)	Simulation (Envi-MET)	Téledétection, croisement populations	Téledétection, classification géoclimatique, modèle simplifié simulations... Zoom sur mesure fixe, mesure mobile
Acteurs impliqués dans la démarche	Collectivité, bureau d'études	Collectivité, bureau d'études	Collectivité, aménageur, bureau d'études	Recherche, institutions publiques, collectivité	Collectivité, étude en interne

ENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Les outils et méthodes choisis dans le cadre de ces études relèvent de démarches exploratoires et ont permis de tirer quelques enseignements.

À Bordeaux et à Lyon, une diversité d'outils et de méthodes a été testée. La prise en compte de l'enjeu de surchauffe urbaine s'est confrontée à une inadéquation entre les méthodes utilisées (et donc les résultats obtenus) et les attentes opérationnelles.

L'opération du pôle d'échange multimodal à Nice a mis en avant l'importance du diagnostic comme un point de départ de la dynamique de projet, pour ensuite proposer des scénarios d'amélioration en échange avec l'équipe.

Sur le quartier du Val Fourré à Mantes-la-Jolie, l'usage d'outils empiriques simplifiés s'est révélé rapide et peu coûteux pour donner des éléments de résultats et des potentiels d'amélioration.

Dans le cas québécois, l'usage de la télédétection reliée à des indicateurs empiriques a trouvé son intérêt avec le traitement des données par Système d'Information Géographique sur l'ensemble des collectivités du pays.

En termes de reproductibilité sur d'autres territoires ou opérations urbaines, il en ressort donc une nécessité de bien connaître les caractéristiques de chaque outil pour choisir la méthode adaptée aux attentes opérationnelles.

Un diagnostic permet de porter à connaissance les enjeux de surchauffe urbaine auprès de tous les acteurs de l'aménagement urbain comme de la société civile. Que ce soit à destination des élus, des autres services de la collectivité, des aménageurs, des urbanistes, des architectes, des paysagistes, des habitants, la représentation et la pédagogie des résultats sont les garantes de l'opérationnalité du diagnostic.

Dans ce domaine qui reste encore complexe à appréhender, les collectivités qui ont initié des démarches sont toutes montées en compétence dans la connaissance de leur territoire en matière de surchauffe urbaine. Il est nécessaire de mettre en place un échange régulier autour du sujet et un partage des retours d'expériences de diagnostics pour avancer et monter en compétence.

Afin de mettre en place une démarche collaborative, les perspectives sont les suivantes :

- partager entre les collectivités du territoire français mais aussi s'ouvrir à des expériences internationales ;
- décloisonner les services des collectivités ;
- créer des liens entre les collectivités, les laboratoires de recherche, les aménageurs, les bureaux d'études, les urbanistes, les architectes, les paysagistes, et les habitants.

BORDEAUX MÉTROPOLE

EXPLORATION ET CROISEMENT DES OUTILS DE DIAGNOSTIC

Diagnostic et préconisations des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains sur le territoire de Bordeaux Métropole

LE CONTEXTE

_ Enjeux locaux et climat

Bordeaux est la 7^e agglomération de France : attractive, elle est en croissance démographique constante. Le territoire est situé en climat océanique caractérisé par des étés chauds et hivers doux liés à la proximité de l'océan. L'Aquitaine est la région où le réchauffement climatique est le plus fort en France d'après les scénarii du GIEC. En 2050, le climat à Bordeaux serait celui de Séville d'aujourd'hui.

_ Dynamique de la ville sur la question du climat urbain

C'est par le biais des outils Plan Climat et Agenda 21 qu'a pu émerger la question du climat urbain dans les réflexions urbaines. En 2011, Bordeaux Métropole décide alors d'actualiser son PCET et approfondie la thématique de l'adaptation au changement climatique. Dans le cadre de l'action 27/objectif 8 de ce nouveau PCET 2012-2016, Bordeaux Métropole s'est engagée à réaliser une étude de diagnostic sur les îlots de chaleur et de fraîcheur urbains.

_ Organismes porteurs de la démarche

Porteur de la démarche

Bordeaux Métropole,
Délégation au développement durable

Partenaires

- Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL)
- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)

_ Présentation du territoire

Métropole de Bordeaux

28 communes

Superficie 55 000 ha

Population 1 282 000 hab

Échelle d'étude ville et quartier



Figure 1
Cartographie
de Bordeaux
(Mapbox)





Parole d'acteur

Patrick FAUCHER,

Délégation au
développement durable,
Bordeaux Métropole

« La question de l'îlot de chaleur urbain renvoie non seulement aux enjeux de santé mais aussi aux enjeux énergétiques et donc économiques.

La métropole de Bordeaux s'est appuyée sur l'étude de diagnostic des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains sur son territoire effectué en 2015 comme point de départ d'une politique ambitieuse de prise en compte de l'îlot de chaleur urbain dans les projets opérationnels. Il est urgent de mettre en place des solutions pour rafraîchir la ville. »



Coût de l'étude

86 948 € HT



Durée de l'étude

1an / 2014-2015

LE DÉROULÉ DE L'ÉTUDE, DE LA MÉTHODE

_ Objectifs de l'étude

L'étude a consisté dans un premier temps à améliorer la connaissance des îlots de chaleur urbain sur la Métropole. Pour cela, une cartographie du territoire a été réalisée afin de caractériser les îlots de chaleur et les îlots de fraîcheur urbains existants. Cette étape s'est basée sur des données climatologiques et de télédétection spatiale ainsi que sur la réalisation d'une campagne de mesures durant l'été 2014. Par la suite, huit sites pilotes ont été sélectionnés afin d'approfondir la démarche au travers de cas concrets, puis des préconisations plus générales ont été formulées.

_ Méthodes employées

L'étude explore et croise une multitude d'outils de diagnostic



MESURES D'AIR

33 capteurs de température d'air
(enregistreurs de température et
d'humidité de type tinytag TGP4500)
Récupération des données
de la station Météo France



MESURES MOBILES

Campagne de mesures mobiles
à vélo à l'aide d'un tinytag (avec
capteur déporté)



CAMÉRA THERMIQUE

Identification des températures
de surface des espaces publics
(caméra infrarouge Testo 881)



TÉLÉDÉTECTION

Approche grand territoire par
cartographie infrarouge satellite
et arienne (campagne par avion
le 03 septembre 2014)



APPROCHE VULNÉRABILITÉ

Identification des établissements sensibles



INDICATEURS GÉOCLIMATIQUES

Outil simplifié d'analyse du confort des espaces extérieurs sur huit secteurs « Score ICU »

_ Moyens humains pour la réalisation de l'étude

Bureau d'études ECIC

Bureau d'études et de conseil sur l'énergie et l'environnement

- **Olivier PAPIN** (Chef de projet),
Ingénieur Énergie & Environnement

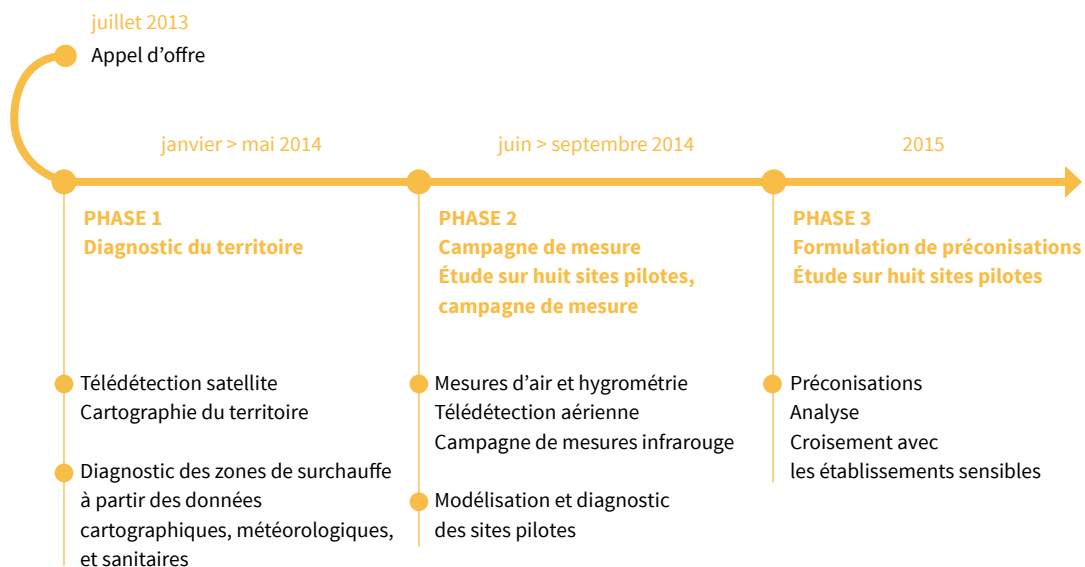
ACMG

Association Climatologique de la Moyenne-Garonne et du Sud-Ouest

- **Jean François BERTHOUMIEU**,
Docteur en mécanique des fluides

Alexandre COLIN

Paysagiste DPLG



PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DU DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

PHASE 1.

Cartographie du territoire

L'étude a consisté à réaliser un diagnostic climatologique estival du territoire. Le travail d'identification des zones de chaleur et de fraîcheur sur le territoire de Bordeaux s'est effectué sur la base d'une série d'imageries satellites, d'une campagne aérienne, de mesures de températures d'air et de campagnes mobiles. Un travail de croisement a alors été effectué entre les différentes données récoltées.

Il a été vérifié, lors de cette étude, que les îlots de chaleur se caractérisent par des lieux sans végétation. Les toitures, les parkings et places non arborées, les routes et rues, la gare avec les voies ferrées, les quais et cimetières, les zones industrielles ou d'activité commerciale, les friches et champs secs sont les principales zones de surchauffe.

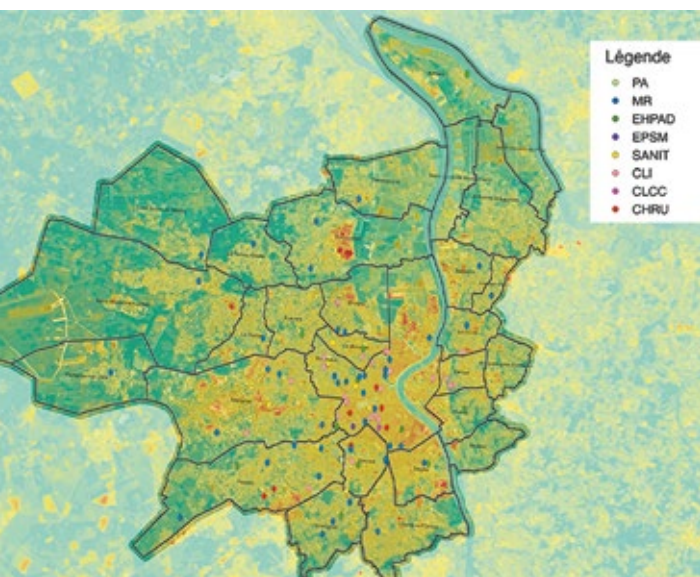


Figure 2
Cartographie satellite
infrarouge avec les
établissements de santé
sur Bordeaux (ECIC)

Une analyse historique des données Météo-France a été effectuée en récupérant les données disponibles de la station Météo France de Mérignac depuis 1910. L'étude a confirmé un réchauffement du climat sur le territoire de Bordeaux Métropole depuis la fin des années 1980. Si l'on examine, par exemple, le nombre de jours de températures maximales sous abri supérieures ou égales à 35°C entre juin et août depuis 1951, on passe de 1 jour tous les 2 ou 3 ans dans les années 1960 et 1970, à 1 à 4 jours tous les étés depuis le milieu des années 1990 et à un maximum de 16 jours en 2003 dont une journée à plus de 40° C.

Listes des données recueillies :

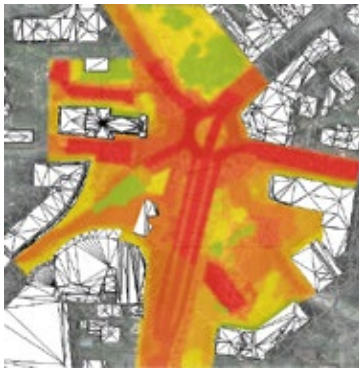
- Prise d'images satellite en milieu de journée
20 août 1987 – 13h
29 juin 2003 – 13h
15 juillet 2006 – 12h30
04 septembre 2013 – 13h
19 juin 2014 – 13h
- images satellites nocturnes
10 août 2003 – 23h30
20 juillet 2013 – 23h30
- images aériennes, campagnes par avion
03 septembre 2014
- mesures fixes et mesures mobiles
33 points de mesures du 1^{er} juillet 2014 à début septembre 2015 et données de la station Météo France

PHASE 2.

Etudes du confort des espaces publics
de huit sites pilotes



Des modélisations 3D couplées à une campagne de mesure de terrain ont permis de cartographier qualitativement les zones chaudes et froides du périmètre selon six tranches de températures. Pour illustrer les impacts thermiques et visuels des actions possibles ou réalisées, les sites pilotes ont été modélisés en 3D. Lorsqu'elles étaient disponibles, des images d'archives des anciens aménagements ont été analysées et comparées à la situation actuelle. Cette méthode a débouché sur le développement d'un outil « score ICU » basé sur cette méthode croisée entre ensoleillement et analyse des surfaces (zone chaude versus zone froide sans valeur de température).



Figures 3 et 3b
Secteur Talence :
modélisation 3D
du site et analyse
du confort avec l'outil
« Score ICU » (ECIC)

PHASE 3.

34 fiches proposant des actions
à mettre en œuvre

34 fiches proposant des actions à mettre en œuvre pour limiter la formation et le développement des îlots de chaleur et favoriser les îlots de fraîcheur ont été élaborées. Ces mesures sont curatives pour les zones de chaleur existantes, mais aussi préventives afin de limiter la formation des zones de chaleur sur de nouveaux aménagements. Elles portent sur la place de la végétation et de l'eau en ville, ainsi que sur l'aménagement des espaces extérieurs, l'architecture...

Suite aux diagnostics, des travaux ont été engagés sur deux zones en cours d'aménagement (Brazza et Bastide Niel) et un outil d'échange entre la métropole et les aménageurs a été conçu. L'intégration des recommandations dans le Plan Local d'Urbanisme est en cours de réflexion. Certains sites pilotes souhaitent mettre en œuvre les préconisations.

Les cartographies ont été intégrées dans le Système d'Information Géographique, les résultats exposés dans la métropole et ses communes membres, présentés aux assises de l'énergie, et une restitution publique a eu lieu en juin 2015. Un reportage sur TV7 (télévision locale) a été diffusé.





Parole d'acteur

Olivier PAPIN,

ECIC

« L'étude a démontré tout l'enjeu d'une telle thématique pour les villes de demain, a fortiori pour les métropoles, mais également pour les plus petits territoires, où les Zones d'Aménagement Concertées constituent souvent les points chauds. L'intérêt d'avoir des outils efficaces et simplifiés est d'aller vers l'opérationnel sans rester à une échelle trop large et trop théorique. À l'échelle d'une métropole comme Bordeaux, il est délicat de se passer des mesures estivales pour valider les images satellites infrarouges mais le retour d'expérience montre que celles-ci sont une excellente porte d'entrée pour un premier diagnostic simplifié du territoire. Pour aller ensuite dans l'opérationnel, à l'échelle des communes, des projets, les outils simplifiés type « score ICU » permettent d'engager des travaux et des démarches de mise en œuvre assez facilement, à un coût attractif. Enfin la modélisation de sites pilotes permet de rendre concret le diagnostic comme les préconisations. »

RETOUR D'EXPÉRIENCE

_ Apports de l'étude

Cette étude exploratoire des différents outils de diagnostic a permis de tirer des enseignements sur l'intérêt de certains outils par rapport à d'autres. Dans le cadre de cette étude, la cartographie satellite infrarouge croisée avec les données des établissements sensibles ont été les éléments les plus communicants pour représenter les zones à enjeux de surchauffe à l'échelle du territoire de la Métropole. Ensuite, la représentation 3D des sites avec l'outil « Score ICU » a permis de sensibiliser aux enjeux de chaleur urbaine à l'échelle des quartiers et espaces publics pour proposer des solutions opérationnelles in situ. L'enseignement de cette étude de diagnostic est qu'il est important de simplifier les outils pour une meilleure opérationnalité.

_ Difficultés rencontrées

Les mesures ont dû être effectuées en période estivale qui a nécessité une modification du phasage de l'appel d'offre.

L'étude a été confrontée à plusieurs aléas liés aux outils de mesure et à leur traitement qui reste complexe. Le retour d'expérience sur la télédétection a permis de mettre en avant un intérêt limité d'établir à la fois une campagne aéroportée et la récupération des photographies satellite. Les campagnes aéroportées ont une résolution plus précise mais restent compliquées à mettre en place. Cette méthode nécessite de mobiliser des moyens lourds (avion) confrontés aussi aux aléas liés à la météo dans la mesure où il est nécessaire d'établir cette campagne dans une période chaude et par temps clair.

Pour représenter les enjeux de la surchauffe urbaine, les données issues de la cartographie infrarouge sont difficiles à analyser. En effet, les photographies brutes représentent l'émissivité des matériaux à un instant donné. Pour obtenir les températures réelles des surfaces émettrices, il est nécessaire de renseigner avec précision les types de revêtements urbains.

Un point d'attention a été mis sur les termes notions d'îlot de chaleur urbain et les questions de confort thermique des espaces extérieurs qui ne font pas appel aux mêmes enjeux, leviers et outils de mesure. Ainsi, l'outil nommé « Score ICU » analyse le confort thermique diurne plutôt que le phénomène d'îlot de chaleur.

_ Réplicabilité

Cette méthode a mobilisé des fonds importants car elle a multiplié les outils de diagnostic. En employant seulement une partie de la méthode employée, il est possible d'établir un niveau d'expertise équivalent avec des moyens plus restreints sur des territoires de taille plus petite. L'outil « score ICU » développé en aval de l'étude peut s'appliquer de l'échelle micro (une place) à une échelle macro (une Zone d'Aménagement Concertée de plusieurs hectares).



Parole d'acteur

Alexandre COLIN,

Paysagiste

« Pour cette mission, le paysagiste a eu un rôle primordial dans la compréhension et la définition des apports du végétal sur le climat urbain. Aménageur du territoire, la problématique des îlots de chaleur urbains concorde avec le travail du paysagiste de valoriser la présence du végétal en milieu urbain.

La présence du paysagiste dans l'équipe a également permis de mettre en avant des outils graphiques (croquis, modélisations et montages photographiques) et informatiques (Systèmes d'Information Géographiques et supports de présentations) permettant une meilleure communication des enjeux. »



MANTES-LA-JOLIE

CARTOGRAPHIE DES ILOTS DU QUARTIER DU VAL FOURRÉ

Cartographie des îlots de chaleur et mesures d'adaptation du quartier du Val Fourré au changement climatique

LE CONTEXTE

_ Enjeux locaux et climat

Le secteur est situé dans un climat de type tempéré océanique dégradé, c'est-à-dire légèrement altéré par des apparitions ponctuelles d'influences continentales. Les projections climatiques sur la ville mettent en avant une augmentation générale des températures et une augmentation du phénomène de surchauffe nocturne. Le quartier du Val Fourré concentre parallèlement des populations socialement défavorisées, confrontées à un environnement bâti plus dégradé et des difficultés d'accès aux services, les rendant particulièrement vulnérables à la surchauffe urbaine.

_ Dynamique de la ville sur le climat urbain

La ville de Mantes-la-Jolie porte une politique exemplaire d'innovation en matière de développement durable, mise en œuvre par la Direction Développement, Prospective & Energies, et soutenue par des élus convaincus par les questions de transition écologique et de changement climatique. En 2015, la Ville a été retenue « Territoire à énergie positive pour la Croissance Verte » dans le cadre de l'appel à projets national. Sur le secteur de renouvellement urbain, la démarche de développement durable a été formalisée par l'obtention du label EcoQuartier en 2015 pour le nord du Val Fourré.

_ Présentation du territoire

Ville de Mantes-la-Jolie

Superficie 9,38 km²

Population 44 985 hab

Échelle d'étude quartier



Figure 5
Cartographie
de Mantes-la-Jolie
et le quartier
du Val Fourré Sud
(Mapbox)



Les objectifs en matière de développement durable et d'efficacité énergétique ont été réaffirmés dans le Contrat de Ville, signé le 25 juin 2015, à travers des actions ambitieuses visant à relever le défi du développement durable et l'efficacité énergétique dans le quartier.

La candidature et sélection du Val Fourré à l'Appel à Manifestations d'Intérêt « Ville durable et solidaire, excellence environnementale du renouvellement urbain », organisé par l'Agence Nationale de la Rénovation Urbaine dans le cadre du programme d'investissements d'avenir (PIA) « Ville et territoires durables », a donné l'opportunité de bâtir des projets intégrés sur le thème du cycle de l'eau. Cet appel à manifestations d'intérêt (AMI) vise en effet à mobiliser tous les leviers d'innovation de la ville durable, au service d'une amélioration du cadre de vie des habitants. En 2016, le Val Fourré a ainsi bénéficié d'un accompagnement technique et financier de l'Agence Nationale de la Rénovation Urbaine, pour mener à bien un ensemble d'études permettant de préfigurer la mise en place de solutions innovantes et/ou à haute performance environnementale.

Dans cette perspective, la Ville a souhaité être accompagnée par des experts du climat urbain pour réaliser une étude sur l'îlot de chaleur urbain et les mesures d'adaptation au changement climatique dans le quartier du Val Fourré, afin de cartographier le phénomène et proposer des solutions innovantes en lien avec le cycle de l'eau.

Parole d'acteur

Lucie LABIDOIRE,
Chargée de mission
contractualisation,
Direction Développement,
Prospective & Energies,
Ville de Mantes-la-Jolie

« Cette étude donne à la Ville l'opportunité de s'intéresser à la problématique dans un quartier prioritaire de la politique de la ville, avec une approche pluridisciplinaire qui fait le lien entre la thématique environnementale et les enjeux en matière d'urbanisme, de santé et de bien être des habitants dans ces quartiers.

L'objectif est de traiter de manière intégrée la question du cycle de l'eau pour susciter l'innovation et l'excellence environnementale au Val Fourré, afin d'améliorer l'attractivité du quartier et le qualité de vie des habitants. Il s'agit pour la Ville de développer une approche prospective pour inscrire les futurs projets de renouvellement urbain dans la transition énergétique et écologique du territoire. »



LE DÉROULÉ DE L'ÉTUDE, DE LA MÉTHODE

_ Objectif de l'étude

- Mieux comprendre les enjeux de surchauffe urbaine du quartier du Val Fourré en proposant une cartographie
- Proposer des mesures d'adaptation concrètes et innovantes dans le quartier en particulier en lien avec le cycle de l'eau et appréhender, en amont des futures opérations d'aménagement, les conséquences en matière d'adaptation au changement climatique.

Méthodes employées

La méthodologie est basée à la fois sur des modèles empiriques et des approches qualitatives d'analyse des autres paramètres du climat urbain. Il s'agit de prendre connaissance du climat régional, local puis de mettre en place un atlas cartographique basé sur 2 outils de modélisation empiriques : classification et indicateurs géoclimatiques.



Coût de l'étude

21 200 €HT
financé à 75 %
par l'Agence Nationale
de la Rénovation Urbaine



Durée de l'étude

4 mois
sept. à dec. 2016

_ Moyens humains pour la réalisation de l'étude

TRIBU

Bureau d'études et de conseils
en bâtiment et urbanisme
durable

– Edith AKIKI, ingénieur



CLASSIFICATIONS GÉOCLIMATIQUES

les Ilots Morphologiques
Urbains (IMU)

Méthode développée par l'Institut
d'Aménagement et d'Urbanisme de
la région Île-de-France sur la base
des Local Climate Zones (LCZ)



INDICATEURS GÉOCLIMATIQUES

Les Indi-En

(indicateurs environnementaux)

Coefficient de Rafraîchissement
Urbain type Régulo-Thermo-
Surfacique (RTS)

Coefficient de Rugosité Minérale (RM)
calculé à partir des éléments
méthodologiques de l'Institut
d'Aménagement et d'Urbanisme
d'Île-de-France

Analyse de la sensibilité de l'îlot

Méthode développée par TRIBU

juillet 2016

octobre 2016

novembre 2016

Appel d'offre

PHASE 1

- Mise à jour de la cartographie des Ilots Morphologiques Urbains
- Analyse du climat Cartographie de la surchauffe urbaine avec la méthode Indi-En (indicateurs environnementaux)

PHASE 2

- Benchmark des solutions de rafraîchissement et préconisations, fiches
- Préfiguration d'un outil de suivi et d'évaluation du projet

PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DU DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

PHASE 1.

Mise à jour de la cartographie élaborée par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France

La ville de Mantes-la-Jolie souhaitait une approche spécifique sur les enjeux de surchauffe dans le cadre d'un territoire en renouvellement urbain. Le cahier des charges proposait la reprise de la méthode de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France qui a dressé une cartographie à l'échelle de la région. > carto.iau-idf.fr/webapps/imu/

sur 14 paramètres. Chaque Îlot Morphologique Urbain exprime une géométrie caractéristique et une occupation du sol qui génèrent un climat spécifique par temps calme et ciel dégagé : il est caractérisé par une densité minérale, une présence d'eau, un taux d'imperméabilisation et un indice de végétation donné.



L'objet de l'étude étant bien de réaliser une cartographie pour proposer des fiches actions pour le projet à long terme, le découpage des Ilots Morphologiques Urbains ne correspondait pas aux secteurs opérationnels du projet urbain. Le travail a consisté à reprendre la méthode des Ilots Morphologiques Urbains pour la croiser avec les outils développés par bureau d'étude TRIBU.

Le bureau d'études a actualisé la cartographie de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France en fonction des caractéristiques du Val Fourré et pris en compte les dernières opérations d'aménagement effectuées. La méthode de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France s'appuie sur un système de classification des typo-morphologies urbaines des tissus de la région Ile de France, les Ilots Morphologiques Urbains (IMU) basé sur 50 paramètres en adaptant l'approche simplifiée du référentiel des Zones Climatiques Locales (LCZ) basée

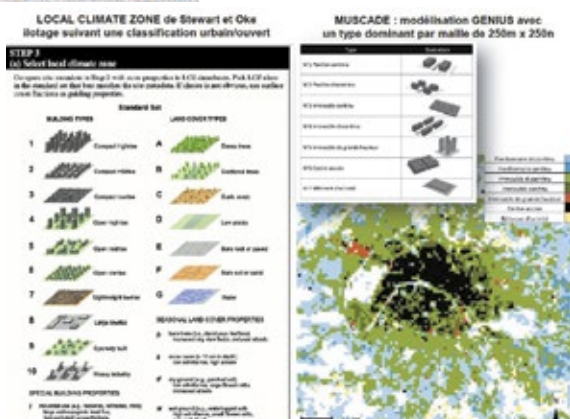


Figure 6
Cartographie des îlots
morphologiques urbains
(Institut d'Aménagement et
d'Urbanisme d'Île-de-France)

Figure 7
Méthode des Local
Climate Zones
(Institut d'Aménagement et
d'Urbanisme d'Île-de-France)

L'étude de diagnostic du quartier du Val Fourrée a été préalablement de replacer le site dans son contexte climatique en analysant les caractéristiques climatiques régionales, locales et microclimatiques du site ainsi que les enjeux futurs en termes de réchauffement climatique. La récupération des données météorologiques (températures, vents, hygrométrie, pluviométrie) a été un prérequis de cette étude d'analyse bioclimatique et de confort urbain.

Une analyse du territoire a été effectuée au moyen des indicateurs environnementaux d'aide à la conception par l'outil SIG, les « Indi-En » indicateurs environnementaux développés par TRIBU. Ils donnent des éléments plus précis sur les enjeux liés à la surchauffe urbaine en associant un « coefficient de Rafraîchissement Urbain » et l'indicateur de « Rugosité Minérale ». Les Indi-En sont aussi déclinés pour la gestion des eaux pluviales et la biodiversité.



Figure 8
Périmètre du quartier
d'étude Val Fourré sud
(TRIBU)

Figure 9
Découpage des îlots
morphologiques
urbains (TRIBU)



L'emploi du coefficient de Rafraîchissement Urbain permet d'effectuer à la fois le diagnostic mais aussi de proposer des pistes d'amélioration.

Les différents indicateurs utilisés sont les suivants :

Le coefficient de rafraîchissement urbain « régulo-thermo-surfacique » (RTS)

Il s'agit d'un coefficient chiffré de 0 à 1 qui mesure la contribution d'une zone (parcelle, espace public, îlot...) au réchauffement ou au rafraîchissement urbain. Il prend en compte la nature des revêtements (sols et toitures), la présence du végétal et de l'eau, chaque surface étant pondérée et catégorisée selon ses caractéristiques en matière d'albédo et d'évapotranspiration. Plus la surface est rafraîchissante, plus le coefficient est proche de 1 et plus la surface est réchauffante, plus elle se rapproche de 0. Il s'agit d'un indicateur empirique simplifié issu d'études établies par simulation (Solene-microclimat). Le coefficient global correspond à la somme des coefficients de chaque surface, pondérée par la surface totale.

Le coefficient de Rugosité Minérale (RM)

Il s'agit d'un coefficient qui analyse la forme urbaine et ses capacités à évacuer la chaleur (par l'ouverture au vent et au ciel). La valeur obtenue par calcul n'est pas comparable en chiffre absolu, mais bien en relatif, par rapport à la valeur seuil de 3 qui correspond à une forme « neutre ». En deçà, la forme permet une bonne évacuation de la chaleur et au-delà, ses capacités à évacuer la chaleur sont plus limitées. Ce coefficient est calculé à partir des éléments méthodologiques de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme : elle prend en compte l'emprise au sol / la densité bâtie volumique / la hauteur moyenne pondérée.

_ Les apports anthropiques

les apports anthropiques sont des apports de chaleur liés à l'activité humaine. Le flux de chaleur anthropique dépend de la densité du bâti, de la population totale de la ville, du type d'énergie utilisée, du degré de développement économique et de l'activité industrielle de la ville. Ces apports sont analysés de manière qualitative. La part de voirie dans l'îlot, la consommation des bâtiments (et leur déperditions potentielles), les émissions de grosses installations (type usine, chaufferie)... sont ajoutées à la lecture de chaque îlot.

_ La vulnérabilité

La vulnérabilité de l'îlot est observée à partir du nombre de lieux accueillant un public sensible au regard de la densité de population.

- Le nombre de lieux sensibles. Pour définir le critère de sensibilité de l'îlot, on compte le nombre de points « sensibles » à l'îlot (école, crèche, résidence personne âgée, locaux recevant du public, lieux d'accueil médicaux, marché...), autrement dit de lieux susceptibles d'accueillir des personnes potentiellement fragiles (jeunes, personnes âgées, personnes malades...), ou de personnes exposées sur des temps longs (marché, médiathèque...).
- La densité habitée. Nombre de logements ou mieux, le nombre d'habitants par îlot. Le coefficient d'occupation du sol (COS) permet également d'avoir une lecture rapide du public potentiel.

Le résultat est la production d'un atlas de la vulnérabilité des différents îlots face aux questions de surchauffe urbaine. Des cartes sont produites et ainsi qu'une lecture générale et stratégique pour chaque îlot.



Figure 11
Cartographie
du coefficient
de rafraîchissement
urbain (TRIBU)

PHASE 2.

Proposition de mesures de rafraîchissement urbain au Val Fourré

En point de départ de la phase 2, un atelier participatif multi-acteurs est organisé afin de partager le diagnostic et de co-construire les solutions avec tous les partenaires du projet.

Un travail de benchmark des solutions rafraîchissement urbain et de traitement du confort des espaces publics est réalisé pour produire 16 fiches actions sur des solutions de rafraîchissement urbain comme le réaménagement des toitures, les espaces de gestion des eaux pluviales, la présence du végétal, le choix des revêtements de sols... Elles comparent les solutions au regard de critères variés comme le prix d'investissement, les modalités d'entretien, le degré d'innovation, l'efficacité de la solution.

La finalité de l'étude a également été de proposer un outil d'accompagnement à la conception des futures maitrises d'œuvre urbaine en élaborant différents scénarios de réaménagement ou d'amélioration de la situation actuelle.

Figure 14
Analyse du potentiel
d'amélioration
(TRIBU)

5. Proposition de mesures d'adaptation / test sur Physicien



27

RETOUR D'EXPÉRIENCE

_ Apports de l'étude

Avec des exigences de temps très courtes, la méthode simplifiée mise en place permet d'apporter une première cartographie de la surchauffe urbaine sans campagne de terrain et sans étude complexe. Elle permet également d'établir des scénarii d'amélioration de façon très réactive et permet ainsi un échange itératif assez facile avec les différents acteurs du territoire.

_ Difficultés rencontrées

La difficulté principale rencontrée pour mettre en place l'étude a été d'obtenir les données existantes du système d'Information Géographique régional (SIGR) de l'IAU IDF et de s'approprier la méthodologie des IMU. L'outil de l'IAU idf, qui a le grand avantage d'être dressé sur l'ensemble de l'île de France, et de résulter d'une méthode automatisée, semble difficilement adapté à un périmètre opérationnel du fait du découpage effectué sur les IMU. La méthode de classification géoclimatique doit être croisée avec une approche simplifiée plus flexible et opérationnelle.

La méthodologie, basée à la fois sur des modèles empiriques et des approches qualitatives d'analyse des autres paramètres du climat urbain, permet de localiser les enjeux mais ne permet pas d'obtenir de grandeurs physiques telles que la température d'air.

_ Réplicabilité

Ces méthodes simplifiées d'indicateurs géoclimatiques sont des solutions peu coûteuses et rapides à mettre en place et peuvent être répliquées aisément dans tous les territoires urbains. La méthode des Indi-En apporte l'avantage d'établir des perspectives d'amélioration sur les surfaces urbaines (végétal et revêtements) dans le cadre de projets.



Parole d'acteur

Edith AKIKI,

Cogérante de TRIBU,
Ingénieur bioclimatique,
énergie et développement
durable

« La question de l'îlot de chaleur urbain et du confort thermique estival est une préoccupation que le bureau d'étude TRIBU traite dans l'ensemble de ses opérations d'aménagement et de bâtiment depuis plus de 15 ans.

Nous avons développé une méthodologie d'analyse simplifiée basée sur des indicateurs morphologiques et d'occupation des sols, les « Indi-En », indicateurs environnementaux que nous utilisons et améliorons au fil de nos études et de nos retours d'expérience de notre pratique opérationnelle. Sur le territoire du Val Fourré à Mantes-la-Jolie, où la commande ciblait un diagnostic de la surchauffe urbaine, nous nous sommes attachés à garder une vision globale et transversale des enjeux du territoire afin de mettre en place des actions opérationnelles cohérentes et durables. »



NICE

SIMULATION DU CONFORT DU FUTUR PÔLE D'ÉCHANGE MULTIMODAL

Étude et préconisations pour l'amélioration
du confort climatique et l'atténuation
du phénomène d'îlot de chaleur urbain
du futur Pôle d'Echange Multimodal

LE CONTEXTE

_ Enjeux locaux

Le quartier Grand Arénas situé au Nord de l'aéroport de Nice fait l'objet d'un aménagement d'ensemble dans le cadre de l'Opération d'Intérêt National de la Plaine du Var. Avec l'Établissement Public d'Aménagement de la Plaine du Var, les collectivités territoriales et le fonds « Ville de demain », le pari est de faire de cette partie du territoire de l'Éco-Vallée un laboratoire où se construit la ville du XXI^e siècle. L'État a sélectionné le sud de la vallée du Var comme l'une des treize ÉcoCités de France, à l'issue d'un appel à projet national.

_ Présentation du territoire

Métropole de Nice

Superficie 1 465,8 km²

Population 538 555 hab. (2014)

Échelle d'étude espace public

Superficie du projet 8 ha

Le pôle d'échange multimodal est l'un des piliers du projet d'Éco-Vallée, territoire d'innovation technologique et de développement durable. Ce pôle articulera l'aéroport de Nice, la future gare TGV, une gare routière et les transports en communs de la métropole.

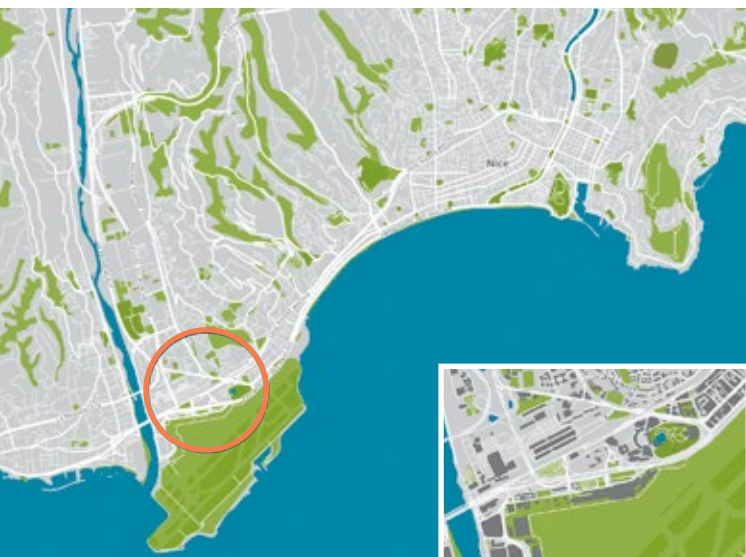


Figure 5
Carte de Nice
et localisation du pôle
d'échange multimodal
(Mapbox)

_ Dynamique sur les questions d'îlot de chaleur et de climat urbain

La dynamique a été impulsée par l'Établissement Public d'Aménagement de la Plaine du Var.

En 2011, dans le cadre de l'appel à projet ÉcoCité lancé par la Caisse des Dépôts et Consignations, l'Établissement Public d'Aménagement de la Plaine du Var a souhaité mettre en place des solutions innovantes en termes de confort urbain et d'îlot de chaleur.

_ Acteurs porteurs de la démarche

- Établissement Public d'Aménagement de la Plaine du Var, porteur de la démarche
- Nice Métropole

Maîtrise d'œuvre :

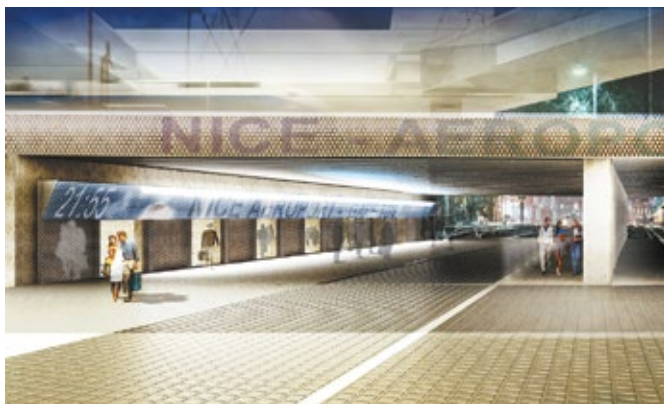
- Mateo Arquitectura, architecte maître d'œuvre des espaces publics
- Egis, bureau d'études technique
- Atelier Ville et Paysage
- 2EI, bureau d'études et conseil environnement

LE DÉROULÉ DE L'ÉTUDE, LA MÉTHODE

_ Objectif de l'étude

Afin de prendre en compte les problématiques de surchauffe urbaine sur l'espace public autour du Pôle d'Échange Multimodal de Nice Saint-Augustin, l'Établissement Public d'Aménagement de la Plaine du Var a commandé une étude de diagnostic et de prospection basée sur une série de modélisations microclimatiques.

Cette approche scientifique et logicielle à l'aide de l'outil Envi-MET a comporté trois simulations, dans un processus itératif d'ajustement du projet associant l'Établissement Public d'Aménagement de la Plaine du Var, Mateo Arquitectura et 2EI.



*Figure 16
Vue du projet
(Mateo Arquitectura)*

_ Moyens humains pour la réalisation de l'étude

2EI bureau d'études

- **Camille GRANDET**,

Chef de projet, ingénieur d'étude,

2EI, modélisation

Envi-MET

- **Michael BROOSE**, sous-traitance

Mateo Arquitectura

- **Ignasi RINCON** et **Marta CERVELLO**,

chefs de projets



Figure 16b
Vue du projet
(Mateo Arquitectura)

_ Méthode employée

Le diagnostic a été intégré dans les études de maîtrise d'œuvre de l'espace public. Le bureau d'étude a utilisé l'outil de simulation numérique Envi-Met.



SIMULATION NUMÉRIQUE

ENVI-met est un modèle de microclimat tridimensionnel conçu pour simuler les interactions surface-plante-air en milieu urbain avec une résolution typique jusqu'à 0,5 m dans l'espace et 1 à 5 s dans le temps.

Le modèle prend en compte les échanges entre les surfaces, l'impact de la végétation, les vents et dispersion de polluants.



Coût de l'étude

PHASE 1 : 139 179 € HT

PHASE 2 : 37 600 € HT

en sous-traitance
de la maîtrise d'œuvre (Mateo)
Financement ÉcoCité



Durée de l'étude

PHASE 1 : 4 mois

PHASE 2 : 2 ans

2013

Janvier – 3 juillet 2013 // 4 mois

Fin 2013 à décembre 2015

Appel d'offre

PHASE 1
Avant projet

Modélisation et résultats

PHASE 2
Mise en place opérationnelle solutions de rafraîchissement urbain

Mise en place des solutions techniques du projet au chantier

PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DU DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

PHASE 1.

Prise en compte du confort climatique dans la conception des espaces publics du pôle multimodal et modélisations des différents scénarios d'aménagement

Le diagnostic du projet initial et des scénarios d'amélioration ont été effectués par modélisation à l'aide du logiciel ENVI-Met. Les données d'entrée pour faire la simulation ont été de saisir le modèle 3D, le climat local, identifier les matériaux, la végétation et la présence d'eau. L'étude des résultats de la simulation s'est basée sur quelques journées types (été, hiver, mi-saison) en utilisant l'indice de confort Physiologically Equivalent Temperature (PET) prenant en compte l'exposition solaire, la vitesse de vent, la température d'air.

Figure 5.12: Simulation Nice
Pole Intermodal V0 13:00
17.08.2013
city not set build (no 0.00 m/s above terrain)

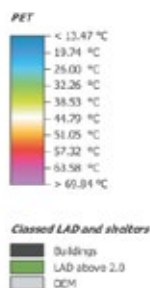
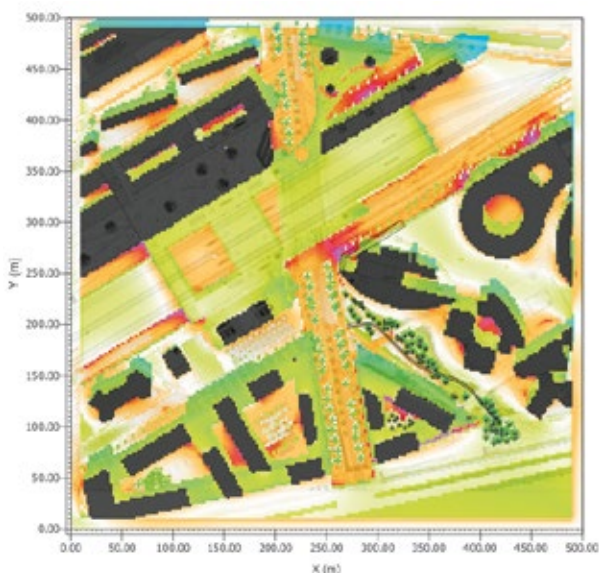


Figure 17
Simulation du confort
en PET avec le logiciel
Envi-MET (2EI)

_ Simulation n°1 - état initial

Cette première simulation a permis une analyse de l'état initial, sur la base du dossier d'avant-projet. Cette simulation a permis d'identifier les zones à enjeux où apparaissent des situations d'inconfort sur la base de simulation. Ces résultats de modélisation et l'analyse de 2EI ont alimenté les réflexions de Mateo Arquitectura, qui a alors fourni par la suite une nouvelle configuration du territoire tenant compte de ces remarques.

Les scénarios d'amélioration ont été effectués en échange avec la maîtrise d'œuvre avec l'implémentation de solutions d'amélioration du climat urbain (ombrage, humidification, exposition au vent, végétation).



_ Simulations n°2 et n°3 mesures d'amélioration du confort

Un travail itératif d'amélioration du confort a ensuite été entrepris à l'aide de deux nouvelles modélisations, permettant de tester les versions modifiées du projet et de juger de l'efficacité des solutions de rafraîchissement urbain. Le tableau ci-après présente de manière synthétique l'évolution du modèle Envi-Met au cours des trois simulations en co-conception avec Mateo Arquitectura.

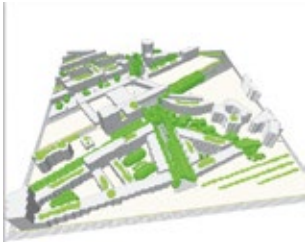
Version	Version initiale (V0)	Scénario modifié n°1 (V1)	Scénario modifié n°2 (V2)
Vue du modèle 3D			
Changements apportés par rapport à la version précédente	• Première version, correspondant à l'avant-projet	• Densification du modèle de végétalisation • Diversification des espèces végétales dans les zones venteuses • Ajouts et déplacements d'arbres • Nouvelles modélisations des arbres • Augmentation de la résolution du modèle au niveau du sol • Création d'un modèle et implantation de pavés à rétention d'eau humidifiés • Corrections mineures des volumes bâtis	• Modification des surfaces de pavés à rétention d'eau humidifiés et ajout de nouvelles surfaces (arrêt de bus) • Modification des modèles d'arbres par leur version définitive • Mise en place d'un système d'ombrage • Suppression d'un bâtiment • Création des arrêts de bus
Résultats	• Mise en évidence de zones de forts inconforts thermiques (été) • Mise en évidence de couloirs de vents ou « d'effet de coin » gênants en hiver • Zones agréables pendant les périodes froides et tempérées à conserver • Absence d'accélération du vent dans le tunnel de l'axe • Concertation et choix des zones d'études privilégiées pour la suite • Critique de la modélisation de la végétation	• Améliorations du confort de certaines zones sous l'effet de la correction de la végétation • Certaines zones restent très inconfortables l'été car ni ombragées ni végétalisées • Diminution des effets désagréables du vent par la réorganisation de la végétation • Levée des doutes concernant l'accès solaire de certains points particuliers (à proximité du Lycée hôtelier)	• Apport satisfaisant de confort par les pavés humides • Nécessité d'ajuster l'ombrage • Mise en avant du problème potentiel de vent à l'entrée Nord de l'axe • Absence de problème lié au vent sur les différents espaces

Figure 18
Tableau comparatif
du projet et des solutions
d'amélioration (2EI)

PHASE 2.

Caractérisation et spécification détaillée des solutions d'amélioration du climat urbain

La phase de mise en place des solutions innovantes d'amélioration du confort a été basée sur l'accompagnement technique du bureau d'étude 2EI. Ont été ainsi proposées des solutions de pavés humides, d'arrosage de chaussée en particulier sur les « espaces attendants » à savoir les zones d'attente au niveau des arrêts de bus de tramway. Cet accompagnement a nécessité des échanges avec la ville, avec la Mission Tramway de la métropole de Nice et avec les services voiries.

Le travail opérationnel a été d'intégrer les spécifications techniques et le pré-chiffrage en lien avec le bureau d'étude technique Egis puis le suivi de chantier des solutions.

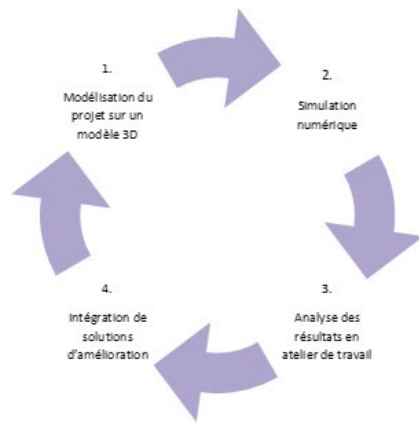


Figure 19
Processus itératif
du projet (2EI)

RETOUR D'EXPÉRIENCE

_ Apports de l'étude

L'ouverture de tous les acteurs a été un facteur clé de la réussite de cette étude. Après un travail de pédagogie sur les enjeux, la méthode de travail a reposé sur un travail collaboratif et itératif, alternant des temps de modélisation, de simulation et de workshop avec l'équipe de maîtrise d'œuvre de Mateo Arquitectura afin d'intégrer les solutions de rafraîchissement urbain.

_ Difficultés rencontrées

L'outil Envi-met, qui a permis de mettre en place le diagnostic du projet et des scénarios d'amélioration, nécessite un temps de modélisation et de calcul conséquent. Soit 1 semaine de modélisation et 2 semaines de calcul par scénario. Le travail d'aller-retour est donc alourdi par cet outil.

Les résultats donnés par l'outil Envi-Met restent à prendre avec précautions, il s'agit plutôt d'un outil de comparaison des solutions entre-elles.

_ Réplicabilité

La méthode de travail employée permet de prendre en compte les conditions de confort sur les espaces publics d'un projet d'aménagement, en phase d'esquisse du projet, de manière à apporter et à implémenter des solutions concrètes de rafraîchissement urbain.



Parole d'acteur

Camille GRANDET,
2EI

« Au-delà du travail de modélisation et de simulation numérique, nous étions garants, au sein de la maîtrise d'œuvre, de l'expertise technique et de la pédagogie des enjeux. Il s'agissait d'être force de proposition et en échange régulier avec l'architecte, l'EPA et les services techniques de la ville afin de mettre en place des solutions innovantes qui ne sont pas contre-productives. »



MONTRÉAL, QC

UN DIAGNOSTIC AU SERVICE DES ACTEURS DE LA SANTÉ PUBLIQUE

LE CONTEXTE

_ Enjeux locaux et climat

Au Québec, les dix années les plus chaudes du siècle ont été enregistrées à partir des années 1980 et les prévisions indiquent que les températures moyennes continueront d'augmenter durant les prochaines décennies. Il est prévu que l'augmentation des températures et du phénomène d'îlot de chaleur urbain entraînent, au Québec, une hausse de la mortalité et de la morbidité. À Montréal, la mortalité estivale pourrait augmenter de près de 2 % d'ici 2020 et de 15,8 % d'ici 2080 si aucune mesure d'adaptation n'est mise en place.

Ces phénomènes ont un impact chez une proportion importante de la population, notamment sur les populations défavorisées habitant en région urbaine et sur les personnes souffrant de maladies chroniques ou de problèmes cardiorespiratoires ainsi que les enfants et les personnes âgées.

_ Agglomération de Montréal

Ville de Montréal
et 15 villes accolées
Superficie 499,6 km²
Population 1 934 082 hab (2010)
Échelle d'étude ville

Le quart de la population québécoise habite à Montréal et la population de Montréal croît de 10 000 personnes par année, entre autres en raison de l'immigration internationale. Par ailleurs, sa population est vieillissante (15 % des personnes âgées de plus de 65 ans vivent à Montréal et ce pourcentage devrait atteindre 18 % en 2021).



Figure 20
Cartographie
de Montréal
(Mapbox)



_ Dynamique de la collectivité sur le territoire

La dynamique de lutte contre la surchauffe urbaine est intégrée dans la démarche nationale du Québec. L'Institut national de santé publique du Québec, a pour but de faire progresser les connaissances et les compétences, de proposer des stratégies ainsi que la mise en place d'actions intersectorielles susceptibles d'améliorer l'état de santé et le bien-être de la population.

À Montréal, des mesures de sécurité publique et de santé publique sont instaurées afin de réduire la vulnérabilité thermique des populations. Par exemple, l'Agence de Santé et de Services Sociaux de Montréal met à jour annuellement son plan régional de prévention et de protection en cas de chaleur accablante ou extrême. Ce plan sert à coordonner les efforts des institutions de santé sur l'île lors de période de chaleur. C'est pendant la canicule de l'été 2010 que le plan montréalais a été mis en place. Le centre de sécurité civile a élaboré une méthode afin d'établir les secteurs d'intervention prioritaires en cas d'épisodes de chaleur. L'identification de ces secteurs est primordiale afin d'implanter des mesures palliatives à court terme.

Ce plan prévoit aussi l'allongement des heures d'ouvertures des piscines, jeux d'eau et pataugeoires ainsi que la mise en valeur des lieux publics climatisés. Des opérations de porte-à-porte sont organisées en collaboration avec le Service de sécurité incendie et le Service de police de la Ville de Montréal afin de rechercher dans les zones les plus vulnérables des victimes de la chaleur. Les pompiers et les policiers, au besoin assistés par des intervenants de santé, visitent chacun des logements des quartiers identifiés afin de vérifier l'état de santé de ses habitants et de distribuer des conseils de protection contre la chaleur. Les personnes souffrantes sont dirigées vers des haltes climatisées où elles sont prises en charge par des professionnels de la santé. Pour que ces interventions soient efficaces, le choix des secteurs à visiter doit s'appuyer sur une connaissance approfondie des vulnérabilités des populations à l'intensité thermique ainsi que de leurs répartitions spatiales.

_ Moyens humains pour la réalisation de l'étude

Commanditaire

Institut national de la santé publique du Québec

Prestataire

Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.

- **Emmanuelle BOULFROY**, M.Sc.

- **Jalal Khaldoune**, géographe, Ph.D.

- **Frank Grenon**, biol., Ph.D.

Parole d'acteur

Mélanie BEAUDOIN,
Institut national de santé
publique du Québec

« Grâce à la cartographie développée avec le CERFO, nous avons été en mesure de lancer un appel de projets afin de lutter contre les îlots de chaleur urbains.

Chacun des projets devait être situé dans les zones de chaleur, viser des populations vulnérables et intégrer des mesures de réduction de la chaleur, notamment par le verdissement d'espaces bétonnés et asphaltés.

Dans ce contexte, plus de quarante projets ont été réalisés entre 2010 et 2013, bénéficiant à des écoliers, des personnes âgées, des personnes socialement défavorisées. Outre la réduction de la chaleur et l'embellissement du paysage, plusieurs retombées positives sur les communautés ont été notées, notamment quant à la cohésion sociale, la sécurité et l'adoption d'habitudes de vie plus saines. »



_ Organismes porteurs de la démarche

National

- Institut national de santé publique du Québec

- Environnement Canada, Ouranos

Étude de cartographie télédétection, modèles par le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy et Institut national de santé publique du Québec

Montréal

- Conseil régional de l'environnement de Montréal, Projet ileau

- XPlan d'action canopée Montréal, Ville de Montréal, SOVERDI

Étude de diagnostic vulnérabilité (Université du Québec à Montréal et le centre de sécurité civile de Montréal)

2 ÉTUDES

Étude d'identification et localisation des îlots de chaleur et de fraîcheur pour tout le Québec urbain

LE DÉROULÉ DE L'ÉTUDE, LA MÉTHODE

_ Objectif de l'étude 1

- Identification et localisation des zones de surchauffe et de fraîcheur pour tout le Québec urbain
- Développement d'une méthode de diagnostic qui devra être appliquée à tout le Québec urbain avec une enveloppe budgétaire limitée. Dans ce contexte, certains choix méthodologiques ont été faits, de manière à permettre l'élaboration d'un modèle applicable pour tout le Québec urbain, selon un coût raisonnable.



Durée de l'étude
2013

_ Méthodes employées



TÉLÉDÉTECTION



**EXTRAPOLATION
GÉOCLIMATIQUE**

PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DU DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

Dans le cadre du plan d'action 2006-2012 pour la lutte aux changements climatiques, une nouvelle cartographie de la surchauffe urbaine a été mise au point. En 2010, une première tentative de cartographie avait été faite. L'outil est plus précis et est élaboré grâce à un modèle spatial de prédiction des températures de surface.

La carte de températures a été créée à partir des données du Centre d'Enseignement et de Recherche en Foresterie de Sainte-Foy, qui a utilisé les images du satellites (SPOT-5) ainsi que des mesures thermiques (température de surface) du satellite Landsat-7. Un modèle mathématique a été développé pour extrapoler la température de surface obtenue à faible résolution spatiale (pixel de 100x100 mètres) à des images de photographie classique à haute résolution (20 mètres).

- Quinze images acquises par le capteur ETM+ de Landsat ont été utilisées pour obtenir une estimation de la température réelle de surface. Ces images ont été acquises entre 2005 et 2011 pendant la saison d'été (du 15 juin au 26 août). Toutes les images Landsat ont été prises entre 14h56 et 15h51

- Seize images acquises avec le capteur SPOT-5 ont été sélectionnées de manière à couvrir l'ensemble de l'étendue géographique du territoire d'étude et toute la diversité du tissu urbain retrouvé au Québec. Il a été nécessaire d'avoir recours à des images prises sur plusieurs années afin de respecter les critères de sélection (images prises pendant les saisons où les arbres sont en feuilles, images sans nuages, etc.).

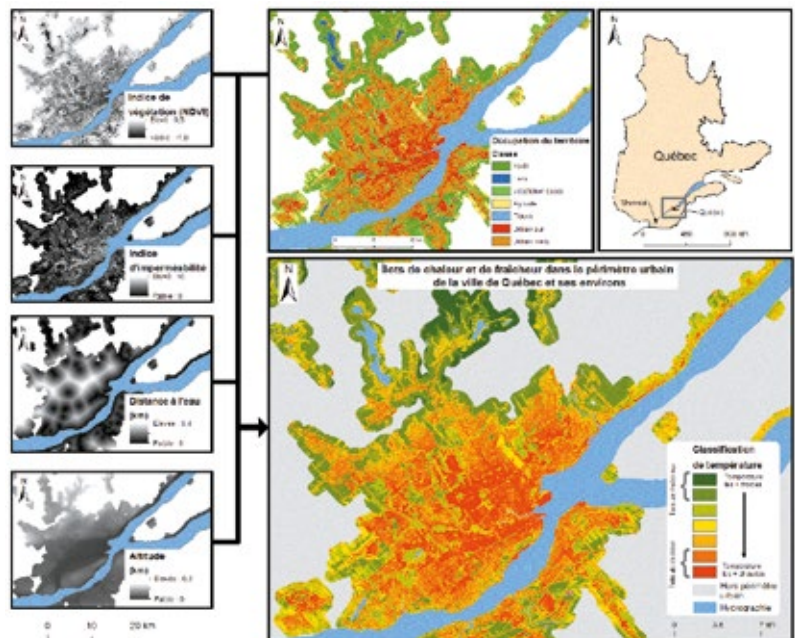


Figure 21
Cartographie de la
surchauffe urbaine
et les différents
indicateurs (CERFO)

Les variables explicatives du modèle qui se sont avérées significatives dans la procédure de régression et qui ont été retenues dans le modèle sont :

- Indice de végétation (NDV)
- Indice d'imperméabilité (variable ajoutée par rapport au modèle initial)
- Classes d'occupation du sol
- Localisation (coordonnées X et Y)
- Distance par rapport à l'eau
- Altitude
- Température moyenne de l'air lors de la journée d'acquisition de l'image Landsat provenant de relevés météorologiques ;
- Moyenne des températures 72 heures avant la date d'acquisition des images Landsat provenant de relevés météorologiques.

La cartographie québécoise a été mise en ligne et est accessible à tous. Plusieurs organismes se sont réapproprié le diagnostic comme outil d'action et de communication pour la mise en œuvre de solution de rafraîchissement urbain.

On peut citer :

- **Plan d'action canopée Montréal de la Ville de Montréal, (SOVERDI)**

Plan de plantation d'arbres dans l'espace public avec des objectifs à 5 ans.

- **Projet ILEAU, Conseil régional de l'environnement de Montréal**

Projet d'accompagnement de végétalisation participative citoyenne dans l'espace public et privé.

www.monclimatmasante.qc.ca/%C3%AElots-de-chaueur.aspx

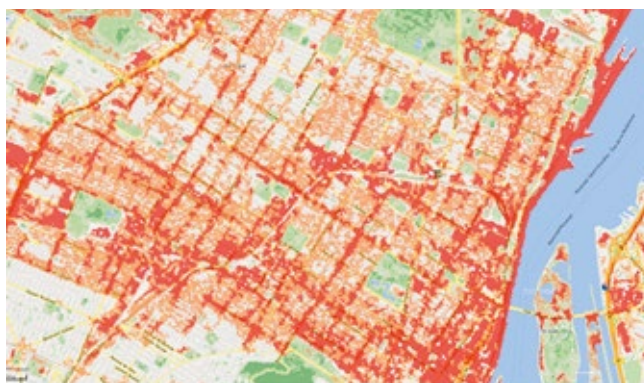


Figure 22
Cartographie
de sensibilisation
(INSPQ, CERFO)

Évaluation et cartographie de la vulnérabilité dans l'agglomération de Montréal

LE DÉROULÉ DE L'ÉTUDE, LA MÉTHODE

_ Objectif de l'étude 2

Mettre en place une méthodologie simple et reproductible, permettant de cartographier la distribution de la vulnérabilité thermique dans l'agglomération urbaine de Montréal afin de faciliter la prise de décision des autorités lors d'interventions en temps de chaleur extrême ou en prévention.

_ Méthodes employées



TÉLÉDÉTECTION



CROISEMENT
DES DONNÉES URBAINES
LIÉS À LA VULNÉRABILITÉ

_ Moyens humains pour la réalisation de l'étude

**Université du Québec à Montréal,
département de géographie**

- Yves BAUDOUIN, direction
 - Félissa LAREAU (1 an)
 - Philippe MARTIN, traitement de l'imagerie aérienne
- En partenariat avec le Centre de sécurité civile de Montréal*

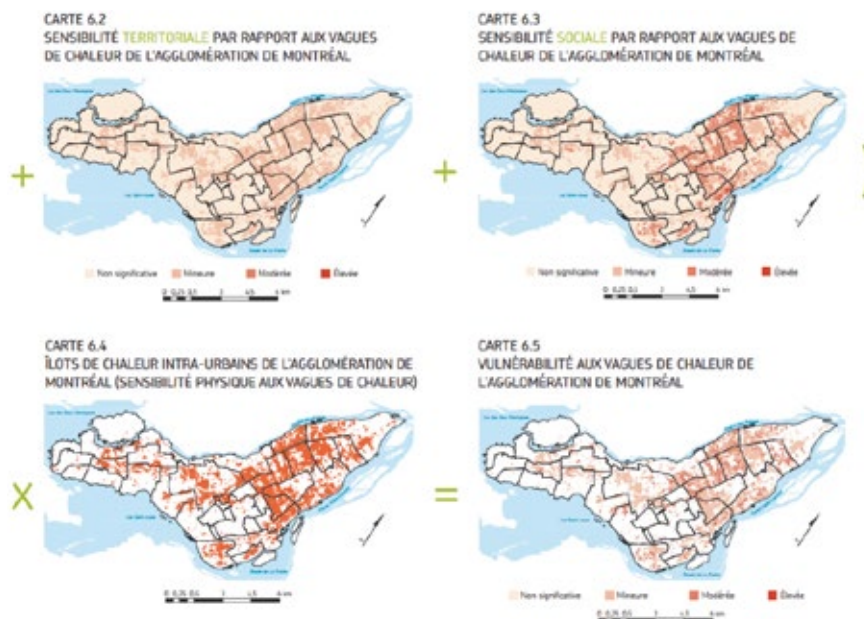


Durée de l'étude
2013 / 1 an

PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DU DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

Une cartographie a été élaborée en couplant les relevés satellites identifiant les zones de surchauffe avec les secteurs où résident les populations vulnérables. La cartographie des vulnérabilités est déterminée par la combinaison des secteurs défavorisés, des secteurs où vivent les personnes seules et de plus de 65 ans et des secteurs présentant des zones de surchauffe nommées îlots de chaleurs intra-urbains. Lors de canicule, les interventions peuvent être orientées vers les populations sensibles. L'implantation de mesures visant la réduction des ICU dans les secteurs identifiés permet de réduire les impacts et les risques sur les populations vulnérables.





Les données sources sont les données du recensement 2006, et une image thermique Landsat 5 de 2008.

La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux vagues de chaleur est obtenue en additionnant les sensibilités environnementale, territoriale et sociale, et en les multipliant par la sensibilité physique, c'est-à-dire en appliquant les sensibilités territoriale et sociale.

La vulnérabilité thermique est définie comme étant le degré auquel une population est susceptible, ou incapable de faire face aux effets adverses de la chaleur extrême. Elle varie en fonction de l'exposition et de la sensibilité au stress d'une population ainsi qu'à sa capacité à absorber ou à faire face aux effets de l'élément stressant. La direction de la santé publique de la région de Montréal a évalué le seuil d'exposition à la chaleur pour lequel des effets à la santé sont observés. Ce seuil est nommé « épisode de chaleur extrême » et consiste en une période d'au moins trois jours consécutifs où la température maximale moyenne pondérée est supérieure à 33°C ou lorsque la température minimale est supérieure à 20°C durant deux nuits consécutives.

Figure 23
Cartographies
de la vulnérabilité
(Université de Montréal)

IMPACTS	GROUPES DE PERSONNES SENSIBLES				
	Enfants de 0 à 15 ans	Neurosenes et tout-petits (0 à 6 ans)	Personnes âgées de 65 ans et plus	Personnes vivant seules	Personnes malade mentalement des personnes immigrantes, réfugiés ou personnes ne parlent ni le français ni l'anglais
Problèmes de santé causés par la pollution atmosphérique		X	X	X	X
Problèmes de santé causés par le pollen					X
Maladies causées par la contamination des eaux de baignade	X				
Problèmes de santé liés à une mauvaise thermorégulation		X	X	X	X
Augmentation du taux de mortalité		X	X	X	X
Pertes économiques					X

Figure 24
Impacts sanitaires
par groupe de personnes
sensibles

- l'exposition : la présence de zones de surchauffe urbaine sur la base des températures de surface ;
- la sensibilité : la proportion de personnes âgées de 65 ans et plus vivant seules ;
- la capacité d'adaptation : la défavorisation matérielle et sociale sur la base d'un indice. L'indice de défavorisation matérielle et sociale de Raymond et Pampalon (2003) regroupe des indicateurs socio-démographiques. La défavorisation matérielle est représentée par les indicateurs de la scolarité, de l'emploi (rapport emploi/population) et du revenu moyen. La défavorisation sociale est résumée par l'indicateur de la proportion de personnes séparées, divorcées ou veuves...

Les secteurs industriels, commerciaux ou très peuplés sont des endroits propices à la chaleur urbaine, car une bonne partie de leur surface est faite de matériaux absorbant le rayonnement du soleil, leur sol est souvent imperméable et la végétation y est peu abondante. Les habitations des zones densément peuplées sont souvent contiguës et ont peu de marge de recul par rapport à la rue ou d'espace de cour arrière. Cela maximise les surfaces imperméables et limite les espaces végétalisés, en plus d'être une morphologie qui entrave la dissipation de la chaleur accumulée par les matériaux.


Priorité 1

La cartographie a été une base pour identifier les secteurs d'intervention prioritaires en cas d'épisodes de chaleur.

Figure 25
Cartographie des zones
d'intervention prioritaire
en cas de forte chaleur
(Université de Montréal)



RETOURS D'EXPÉRIENCE

_ Apports de l'étude

Les deux études utilisent la télédétection comme moyen de diagnostic et comme solution pour mettre en œuvre des cartographies peu coûteuses et efficaces. La forme urbaine peu dense dans les villes nord-américaines semblent plus propices à la télédétection.

_ Difficultés rencontrées

La difficulté réside dans le traitement des données de télédétection (marges d'erreur) et l'indicateur de température de surface comme base pour identifier les zones de chaleur urbaines. De plus, la prise de photographies satellitaires nécessite des conditions climatiques spécifiques (forte chaleur et temps clair).

_ Réplicabilité

La méthode présente l'intérêt de diagnostiquer aisément des territoires vastes.

MÉTROPOLE DE LYON

UNE DÉMARCHE DE DIAGNOSTIC PROGRESSIVE, PANACHANT PLUSIEURS MÉTHODES

LE CONTEXTE

_ Enjeux locaux et climat

Le climat régional de la Métropole de Lyon est semi-continental avec des hivers froids comprenant des périodes de gel et des étés chauds et orageux. La ville de Lyon a été particulièrement touchée lors de la canicule de 2003. Les températures moyennes annuelles de la métropole lyonnaise ont augmenté de 1,9°C en moins de soixante ans et les experts prévoient que le climat lyonnais en 2100 serait semblable à celui d'Alger aujourd'hui. Face à la tendance à la hausse des températures sur le territoire, l'un des enjeux de la Métropole de Lyon en matière d'adaptation climatique concerne la lutte contre la surchauffe urbaine en été.

_ Dynamique de la collectivité sur le climat urbain

La Métropole de Lyon est un territoire où plusieurs études volontaristes sur la question du climat urbain ont été menées depuis plus de 10 ans. Ces études ont été effectuées par des acteurs variés (associations, entreprises, laboratoires de recherche, collectivités...) dans le cadre d'opérations urbaines et initiées par la démarche du Plan Climat de la Métropole. L'ensemble de ces études ont permis une montée en compétence progressive et constante des différents acteurs du territoire. Face à la multitude de diagnostics, il a été imaginé de créer un observatoire du climat local. Le projet « EPOC » (Étude de Préfiguration d'un Observatoire du Climat), financé par le Laboratoire d'Excellence « Intelligence des Mondes Urbains », a permis entre 2013 et 2015 d'identifier les rôles que peuvent jouer les différents acteurs (laboratoires, entreprises, associations, collectivités) et a fait naître des collaborations.

_ Présentation du territoire

Superficie 538 km²

Population 1 282 000 hab

Échelle ville et quartier

La Métropole de Lyon est la deuxième métropole la plus peuplée de France et connaît une croissance démographique constante.



Figure 26
Cartographie
de Lyon
(Mapbox)





Paroles d'acteurs

Philippe MARY,
Responsable à l'agence
d'Urbanisme de Lyon

« L'Agence d'Urbanisme de Lyon a bénéficié d'une très grande fidélité de ses partenaires pour travailler sur cette question depuis 2010. Le Plan Climat du Grand Lyon a sollicité l'Agence pour l'identification du phénomène d'îlot de chaleur urbain sur son territoire. Une première cartographie des températures de surface a été produite à partir des données Landsat. Le Grand Lyon a régulièrement associé l'Agence aux expérimentations qu'il a impulsé avec les acteurs privés et de la recherche. Avec l'ADEME, un partenariat de plusieurs années a été créé entre les 3 Agences d'Urbanisme de Lyon, St Etienne et Grenoble pour mutualiser les travaux,

Organismes porteurs

- Plan Climat, Service Écologie et Développement Durable, Métropole de Lyon
- Agence d'urbanisme de Lyon
- Villes de Lyon et Villeurbanne
- Aménageurs : SPL Lyon-Confluence, SERL, SPL Part-Dieu
- Universités de Lyon, laboratoires de recherche

les méthodes et modéliser l'ICU sur les 3 agglomérations en accompagnant une thésarde du laboratoire de climatologie de Lyon III, sous la direction de J. Comby. Cette collaboration a permis d'expérimenter les modèles climatiques de Météo France et d'avoir une cartographie dynamique du climat urbain. Les Agences sont aujourd'hui identifiées par les collectivités partenaires pour travailler sur le confort climatique.»



Paroles d'acteurs

Bruno CHARLES,
Élu au Développement Durable
à la Métropole de Lyon

« Depuis son adoption en 2012, le Plan Climat Energie Territorial de la Métropole de Lyon a évolué dans une logique partenariale. Pour l'ajout du volet « Adaptation » en 2017, j'ai souhaité à nouveau solliciter nos partenaires pour construire ce nouveau chapitre. Lyon est une ville qui a su se renouveler depuis 2 000 ans avec un climat relativement constant. Avoir le climat de Madrid ou d'Alger d'ici 2 100, c'est une révolution sur un temps court à l'échelle du renouvellement urbain. Pour garder un territoire où il fait bon vivre, la contribution de tous les acteurs sera nécessaire. »

- 2008 ● - Élaboration d'une méthodologie d'identification des îlots de chaleur urbains, DDASS du Rhône, Clément Champiat, 2008 (modèle empirique)
- Quartier Confluence, mesure de l'îlot de chaleur, SPL Lyon Confluence, TRIBU, 2008 (mesure)
- 2011 ● - Cartographie satellite de l'Agence d'urbanisme de Lyon, 2010 (télédétection)
- Thèse Julita Dudek, diagnostic avec une méthode croisée sur les agglomérations de Lyon, Grenoble et St Étienne, avec le soutien de l'ADEME, 2011-2017 (simulation, télédétection, mesures fixes)
- > Prise en compte de l'îlot de chaleur urbain dans le référentiel du Grand Lyon
- « Conception et gestion des espaces publics », 2010 et le Guide « ville et quartier durable » 2012
- Projet EVA « Eau, Végétation, Albédo » par Veolia et l'IRSTV avec le soutien de l'ADEME, 2013-2016 (simulation)
- > Participation au POPSU « îlots de chaleur urbains », 2014-2015
- > Intégration du volet « adaptation » dans la Plan Climat, 2015
- Ville de Villeurbanne, Cartographie du climat urbain dans le cadre de l'élaboration du Plan Paysage Environnement (2015)
- 2016 ● - Lyon 3, Florent RENARD, Cartographie du climat urbain, par mesures participative avec les étudiants, été 2016 (mesures mobile)
- Mesures des îlots de chaleurs et du confort urbain, réalisation interne Grand Lyon, été 2016 (mesures fixes et mobile)
- Mesures des îlots de chaleurs et du confort urbain, Parc Zénith, ville de Lyon, TRIBU, été 2016 (mesures fixes et mobile)
- > Réflexion sur la mise en place d'un observatoire du climat local afin de rassembler toutes les données sur Lyon entre les différents acteurs

ZOOM

Une étude de mesures de l'îlot de chaleur et du confort thermique urbain

_ Objectifs

- Identifier l'amplitude du phénomène d'îlot de chaleur urbain, à savoir la différence de température entre Lyon et sa périphérie
- Mesurer les paramètres du confort thermique des espaces publics du Grand-Lyon avec plusieurs outils de mesures : thermomètre embarqué à vélo, points de mesure temporaires, station météo mobile.

_ Moyens humains pour la réalisation de l'étude

L'étude a été réalisée en interne par l'équipe Plan Climat avec un stage de 6 mois

 **Durée de l'étude**
6 mois / été 2016

_ Méthodes employées



MESURES D'AIR

Thermomètres enregistreurs fixes



MESURE DE SURFACE

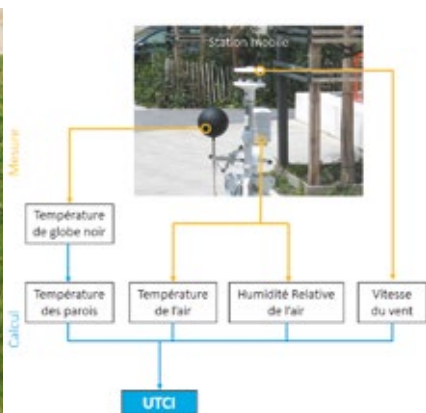
Thermomètre de surface



MESURES D'AIR MOBILES

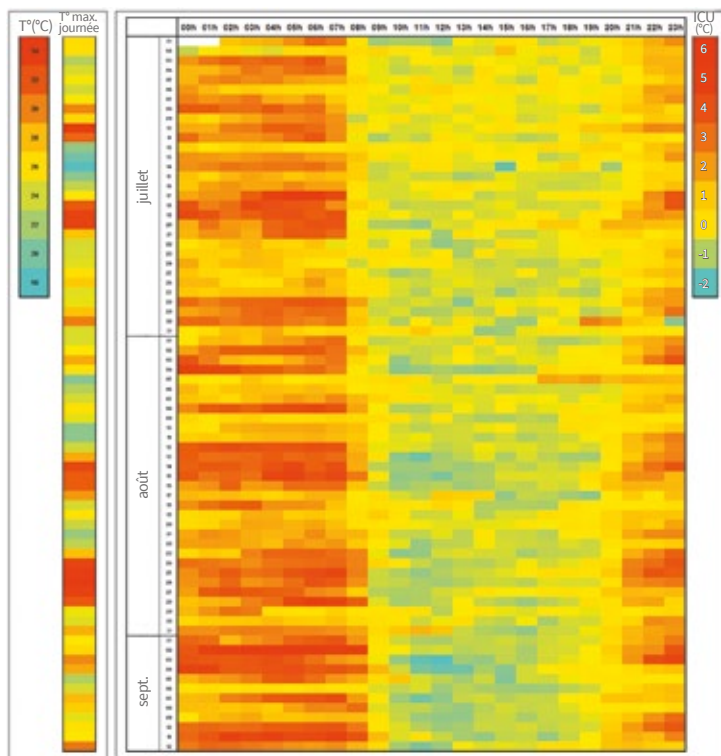
33 capteurs de température d'air
Thermomètres enregistreurs
mobiles

Station mobile (température globe
noir, température d'air,
vitesse de vents, hygromètre)



PHASE 1.

L'effet d'îlot de chaleur entre la station de la rue Garibaldi à Lyon et les stations en périphérie (Bron et Saint-Exupéry)

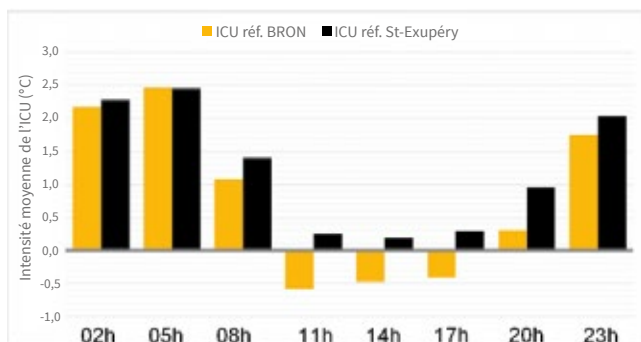


Des mesures de température de l'air ont été effectuées par 15 capteurs, rue Garibaldi à Lyon d'avril à septembre 2016. Elles ont été comparées aux relevés de la station Météo France de Bron, utilisée comme référence en périphérie de l'agglomération, pour connaître l'ampleur de l'îlot de chaleur urbain.

Durant la nuit, le centre-ville est plus chaud que la périphérie de 2 à 3°C en moyenne. Cette surchauffe traduit la restitution par les matériaux minéraux de la ville de l'énergie solaire accumulée le jour. La journée, le phénomène s'inverse le centre urbain est en moyenne 0,5°C plus froid que la référence en milieu rural. La part d'énergie solaire emmagasinée par les matériaux minéraux ne contribue à réchauffer l'air urbain qu'à la fin de la journée.

Figure 27
Représentation des différences de températures entre les capteurs rue Garibaldi et la station Lyon Bron (Service Plan Climat)

Figure 28
Résultats des différences de température entre les capteurs rue Garibaldi et la station Lyon Bron et Lyon Saint-Exupéry (service Plan Climat)



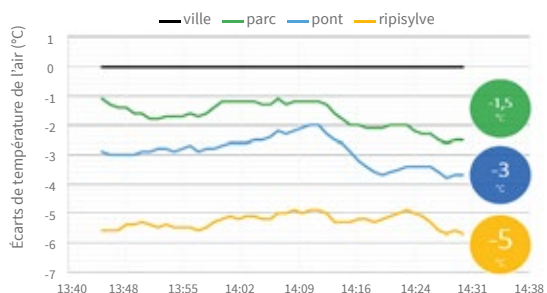
PHASE 2.

Confort thermique des espaces publics du Grand-Lyon

Les mesures ont été réalisées à vélo de jour, en enregistrant le parcours avec un système GPS, et à l'aide de dispositifs ponctuels conçus pour l'étude. L'abaissement de la température de l'air est sensible pour des éléments de grande étendue. Le parc de la Tête d'Or offre ainsi un abaissement de la température de 1 à 2°C, tandis que le fleuve Rhône créé un halo d'air jusqu'à 5°C plus frais que la ville minérale.



Figure 29
Résultats de mesures
mobiles (service Plan
Climat) (carte satellite
et images Google)

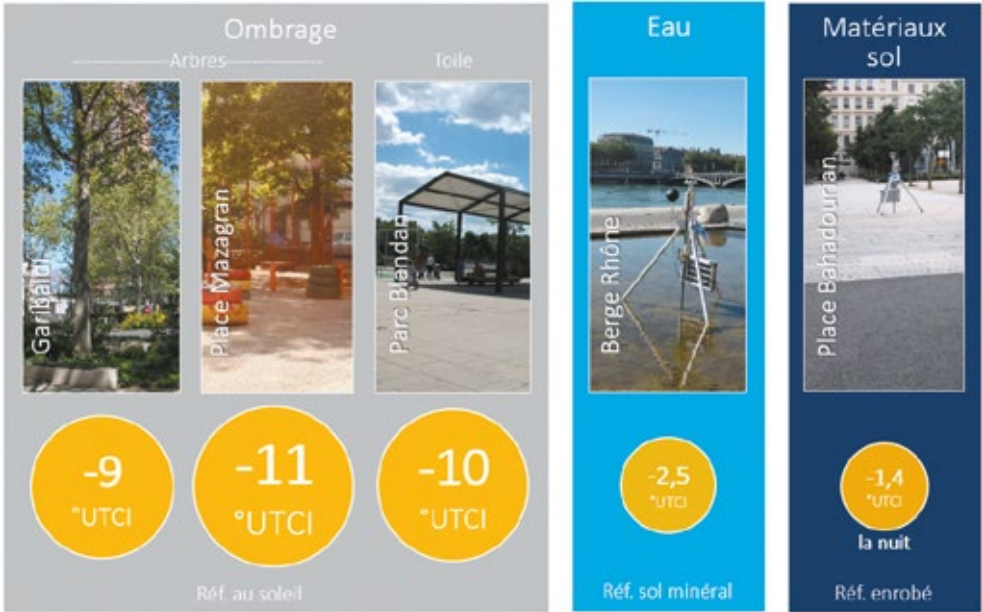


Figures 30
Résultats sur plusieurs points
de mesure fixes
(service Plan Climat)

Parce que la température de l'air ne suffit pas à décrire le ressenti dans une ambiance thermique, une station de mesure mobile a été utilisée pour évaluer l'indice de confort UTCI (Universal thermal climate index) sur différents sites de la métropole. L'UTCI est un indice de confort qui prend en compte à la fois la température moyenne radiante, la température d'air, la vitesse des vents et l'hygrométrie. Ces données ont mis en évidence l'apport de certains éléments du paysage urbain sur le confort d'une personne. Si l'ombrage constitue la solution la plus efficace de réduction du stress thermique (-10°UTCI), le choix des matériaux de revêtement de sol, ou encore la présence d'eau sous la forme d'un bassin permettent également de rendre un environnement citadin plus agréable en période de forte chaleur.

L'étude a été partagée avec les différents acteurs du territoire et les autres services publics en lien avec la thématique. Elle a mis en évidence l'importance du confort des espaces publics et le manque de données urbaines. Suite à ce travail, la Métropole s'est dotée d'un outil d'aide à la décision (« Score ICU ») pour l'analyse du confort des espaces publics.

Figure 31
Résultats du confort thermique
de différents espaces publics
(service Plan Climat)



RETOUR D'EXPÉRIENCE

_ Apports de l'étude

L'étude se place dans un contexte de mise à disposition d'outils en interne au sein de la collectivité pour effectuer des mesures et évaluer des projets urbains dans le temps. L'emploi d'outils de mesure a permis d'apporter de la connaissance sur le microclimat, de sensibiliser les acteurs des collectivités et les usagers des espaces publics.

_ Difficultés rencontrées

Les difficultés opérationnelles sont liées aux outils de mesures eux-mêmes qui ont des marges d'erreur. La compréhension des phénomènes microclimatiques, sur certains points de mesure, a été parfois difficilement explicable (phénomène de vents très localisés). La mesure nécessite un appui technique pour une bonne implantation de capteurs en ville.

_ Réplicabilité

L'acquisition de matériel en interne est peu coûteuse et initie une démarche de diagnostic et de suivi de la surchauffe urbaine au sein d'une collectivité.



Parole d'acteur

Luce PONSAR,
chef de projet Plan Climat,
Service Écologie et
Développement Durable,
Métropole de Lyon

« Il est parfois difficile de trouver le bon outil d'analyse : les cartes satellites ou la modélisation nous ont donné une idée globale de l'enjeu. Aujourd'hui, nous travaillons au plus près des projets urbains car c'est à cette échelle que se jouent les choix de matériaux, de plantations, de présence d'eau. Le tryptique « eau, végétal, climat » est très fort : la demande sociale pousse le végétal, notre règlement local nous impose d'infiltrer les eaux pluviales... et le tout, s'il est bien pensé, contribue à la création de zones de fraîcheur ! La notion de confort thermique en milieu urbain nécessite de travailler en transversalité. Elle bouscule les habitudes mais donne aussi un sens nouveau aux métiers traditionnels des agents de la Métropole. Bien sûr, des difficultés persistent : il faut continuer à prouver le bénéfice de ces solutions, la mesure objective du climat urbain en est un moyen. »



GLOSSAIRE

Îlot de chaleur urbain (ICU)

L'îlot de chaleur urbain est un phénomène à l'échelle du climat local qui se caractérise par la différence de température, le plus généralement de la température d'air, entre la ville et la campagne ou entre la ville et une moyenne régionale. L'enjeu le plus important de l'îlot de chaleur est relatif à un rafraîchissement nocturne des surfaces plus lent en été, qui provoque des températures ambiantes élevées durant la nuit.

Universal thermal climate index (UTCI)

L'indice UTCI, développé par une communauté de chercheurs et actuellement très utilisé est un indicateur de confort qui agrège le rayonnement solaire, les températures des surfaces, la température, la vitesse et l'humidité de l'air ambiant. Il produit une température équivalente au ressenti thermique. A ce niveau de température peut être associé un niveau de stress thermique.
www.utci.org

Évapotranspiration

L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des végétaux. Toute évaporation implique une absorption de chaleur et crée un rafraîchissement de la température d'air à proximité.

Rugosité aux vents

La rugosité définit la résistance au vent : plus il y a d'obstacles face à l'écoulement de l'air, plus la rugosité est élevée, et plus le mouvement de l'air est lent. La rugosité relative correspond à la rugosité dans une direction, à partir d'un point central. La rose de rugosité permet de représenter les directions de haute rugosité, par des branches plus longues dans ces directions.

Albédo

L'albédo est défini comme le rapport de l'énergie solaire incidente réfléchi par une surface sur cette même énergie incidente. Quand le rayonnement solaire arrive sur une surface opaque, une partie de l'énergie est réfléchi (cette fraction correspond à l'albédo) et le reste est absorbé par la surface ($1 - \text{albédo}$). Les surfaces ayant un faible albédo deviennent alors plus chaudes que celles avec un fort albédo. L'albédo peut être utilisé à plusieurs échelles : il peut désigner une surface uniforme (surface) ou un milieu plus hétérogène et complexe (tissu urbain).

Inertie thermique

L'inertie thermique d'un matériau représente la résistance au changement de sa température lorsque intervient une perturbation de cet équilibre thermique. Si la perturbation l'amène vers une nouvelle température d'équilibre, l'inertie thermique est mise en évidence par la « lenteur » avec laquelle ce nouveau point d'équilibre est atteint.

Système d'information géographique (SIG)

Il s'agit d'un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.

BIBLIOGRAPHIE

2EI, *Rapport de simulation pour le projet de plateforme multimodale à Nice*, 2013

Agence d'urbanisme de Lyon, *Identification des îlots de chaleur de l'agglomération lyonnaise, vulnérabilité des populations et mesures envisageables de résorption*, 2010

CHAMPIAT C. *Elaboration d'une méthodologie d'identification des îlots de chaleur urbains sur le territoire du Grand Lyon*, 2008

BOULFROY, E. *Conservation des îlots de fraîcheur urbains, Description de la méthode suivie pour identifier et localiser les îlots de fraîcheur et de chaleur*, CERFO INSPQ, 2013

ECIC, *Diagnostic et préconisations des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains sur le territoire de Bordeaux Métropole*, 2014

LAREAU, F. *Évaluation et cartographie de la vulnérabilité à la chaleur dans l'agglomération de Montréal*, 2013

MACE A. *Rapport Confort thermique et îlot de chaleur urbain sur le Grand Lyon*, 2016

MUSY M. *Projet EVA (Eau, Végétation, Albédo) Evaluation quantitative de l'impact sur le microclimat, les consommations énergétiques des Bâtiments et le confort intérieur et extérieur de trois principes de rafraîchissement urbain. Application Au quartier de la Part-Dieu à Lyon*, 2013

RENARD F. *Mesures PARTICipatives pour mieux caractériser les Climats Urbains de Lyon et de ses Environs*, 2016

SOTO D. *Enseignements de la préfiguration d'un observatoire pour accompagner la politique publique d'adaptation au changement climatique*, 2016

TRIBU, *Cartographie des îlots de chaleur et mesures d'adaptation du quartier du Val Fourré au changement climatique*, 2016



L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Ecologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



DIAGNOSTIC DE LA SURCHAUFFE URBAINE

Méthodes et applications territoriales

La surchauffe des villes rend la pratique quotidienne des espaces de vie urbains inconfortable pour les citoyens. En cas de canicule, l'absence de rafraîchissement nocturne des villes devient un enjeu de santé. Les collectivités territoriales se trouvent aujourd'hui confrontées à la nécessité de rafraîchir leurs villes.

Ce recueil leur est destiné afin de les aider lors de la phase de diagnostic. Il présente les méthodes couramment utilisées, leurs intérêts et leurs limites pour porter à connaissance les enjeux de surchauffe urbaine auprès de tous les acteurs de l'aménagement urbain et de la société civile. Cinq expériences de diagnostic, sont détaillées, avec les enseignements que les collectivités en ont tirés.



www.ademe.fr



010307

ISBN 979-10-297-0923-4



9 791029 709234