

# VISION

Quelles solutions  
de rafraîchissement  
basées sur l'eau en ville



**Le projet VISION est porté par l'Eau de Bordeaux Métropole, subventionné par l'Agence de l'eau Adour Garonne dans le cadre de son appel à projets « Villes et territoires intelligents pour l'eau » (2017). Il s'est déroulé en 2019 et 2020. VISION a été piloté par SUEZ-Le LyRE (centre de R&D du groupe SUEZ) en partenariat avec l'entreprise d'aménagements paysagers Atelier-paysages (ACCP) et E6-consulting (bureau d'études spécialisé en accompagnement à la transition énergétique et environnementale). Ces trois structures sont implantées sur la métropole bordelaise.**

**<https://www.suez.fr/fr-fr/references/projet-vision>**

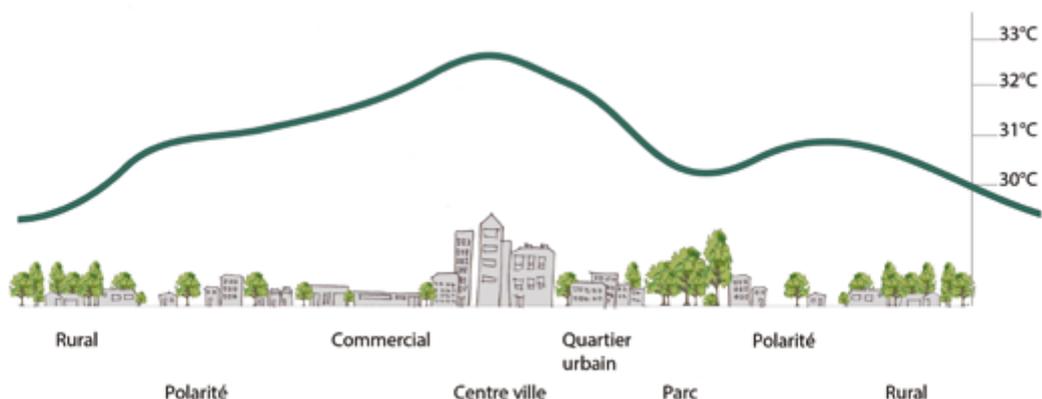
# Sommaire

<b>1. Introduction</b>	<b>4</b>
<b>2. Le projet VISION</b>	<b>6</b>
<b>3. Approche sociologique de la chaleur à l'échelle d'un territoire</b>	<b>8</b>
Une double approche théorique pour appréhender la chaleur en tant que question humaine et urbaine. p9	
Une méthode d'enquête sociologique complète. p10	
La chaleur : apparition d'une nouvelle forme de nuisance urbaine. p12	
La chaleur urbaine ressentie. p15	
La chaleur urbaine : une relecture inédite de la densité métropolitaine perçue par les usagers. p25	
<b>4. L'avis des acteurs du territoire : l'atelier VISION</b>	<b>34</b>
<b>5. Quel espace sélectionner sur un territoire?</b>	<b>40</b>
Approches actuelles. p41	
Outil méthodologique VISION. p42	
<b>6. Evaluation du pouvoir rafraichissant de solutions existantes</b>	<b>48</b>
Les besoins en solutions de rafraichissement : une réalité et un marché en devenir (Benchmark VISION). p49	
L'arbre en ville. p52	
Conclusion sur le pouvoir rafraichissant des arbres en ville. p61	
Les fontaines ornementales. p62	
Le brumisateuse ventilateur. p64	
Conclusion sur le brumisateuse-ventilateur. p74	
Les jeux d'eau. p75	
Quels bénéfices des jeux d'eau face aux phénomènes de street-pooling. p88	
Le rafraichissement de la chaussée. p90	
Conclusion sur le rafraichissement de la chaussée. p95	
<b>7. Solutions de rafraichissement non testées dans le projet</b>	<b>96</b>
L'utilisation de l'eau pluviale. p97	
Les pavés évaporatifs. p100	
Les abribus végétalisés. p101	
<b>8. L'ilot de fraîcheur urbain : bénéfices croisés du végétal et de la brumisation</b>	<b>102</b>
La place du végétal et de la brumisation pour se rafraichir. p103	
L'ilot de fraîcheur urbain (IFU). p104	
<b>9. Comparatif des solutions testées</b>	<b>112</b>
Ce qu'il faut retenir. p113	
Evaluation de scénarios fictifs. p115	
Analyses du cycle de vie des solutions testées. p118	
<b>10. Retour des usagers</b>	<b>126</b>
Les solutions perçues par les usagers : les arbres d'abord !. p128	
Une acceptabilité sociale en contradiction pour les solutions de mobilisant l'eau. p129	
Appropriation des jeux d'eau : un dispositif qui a souffert d'un manque d'accompagnement social. p131	
Les brumisateurs : controverse environnementale dans les esprits ; approbation unanime dans les usages. p135	
L'ilot de fraîcheur : succès d'un nouvel équipement de rafraichissement, de proximité, et de convivialité. p140	
Conclusion sur la perception des usagers. p149	
<b>11. Conclusion générale</b>	<b>150</b>
<b>12. Bibliographie</b>	<b>154</b>

# 1 Introduction

Les vagues de chaleur – périodes de plusieurs jours de températures au-dessus des valeurs fréquentes pour la saison – font désormais partie du paysage estival chaque année. L'augmentation de leur fréquence et de leur intensité en font cependant un des phénomènes météorologiques extrêmes les plus préoccupants du XXI<sup>e</sup> siècle. En France, si 2003 reste la référence en la matière, il suffit de remonter aux étés 2018 ou 2019 pour recenser des épisodes de chaleur d'une intensité exceptionnelle. Outre le risque pour la santé humaine associé à ces pics de température, ceux-ci génèrent dans le quotidien un inconfort notable, persistant, et désormais récurrent. Cet inconfort se traduit notamment par l'apparition d'îlots de chaleur urbains (ICU). Un ICU est une zone où la température est régulièrement au-dessus de la moyenne de l'aire urbaine en été. Généralement, ce phénomène se traduit par une différence de 2 à 5°C de température ambiante entre les points frais et les points chauds d'un territoire.

L'urbanisation massive et concentrée dans un contexte de réchauffement global et d'augmentation des épisodes de canicule participe à l'apparition des ICU. La configuration des villes, les matériaux utilisés, le tissu d'activités et les flux qui en résultent (notamment de gaz à effets de serre) sont autant de facteurs qui en favorisent le développement.



*Gradient de température observable depuis la périphérie rurale vers le centre-ville lors d'une journée type en été (Polarité : espace périphérique attractif)*

## DANS CE CONTEXTE : QUE FAIRE POUR SE RAFRAÎCHIR ?

En réponse à cette problématique, certaines manifestations spontanées détournent les ressources en eau potable. La plus connue d'entre elle est le street-pooling (littéralement « faire une piscine de rue »), qui consiste à ouvrir sans autorisation les hydrants (i.e. les bouches-incendie) pour profiter de la fraîcheur produite par l'eau ainsi détournée. Ces comportements occasionnent un gaspillage de la ressource en eau et peuvent s'avérer dangereux pour les populations (blessures liées à la pression, électrocution avec les réseaux à proximité, perte de pression dans le réseau incendie). Mais outre les dégâts qu'ils génèrent, ils sont également symptomatiques d'un manque de solutions pour se rafraîchir en ville. En effet, dans les grandes métropoles, le minéral a depuis longtemps pris le pas sur le végétal, le rafraîchissement offert par les fontaines ornementales est limité, voire nul, les fontaines à boire sont souvent méconnues des populations, etc. L'accès à l'eau pour se rafraîchir en ville ne s'est pas encore totalement adapté à la nouvelle donne issue du réchauffement climatique.

Mais les choses évoluent. Les collectivités et les pouvoirs publics commencent à réfléchir à ces questions, et des publications sur le sujet voient le jour. Parmi elle, une revue de littérature est publiée en 2009 au Québec renseigne sur « les mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains » (Institut national de santé publique du Québec, 2009). En France, l'ADEME publie en 2017 une synthèse des « journées techniques sur les solutions de rafraîchissement urbain ». Bernard et al. publient également en 2020 un article de synthèse : « Rafraîchissement des villes : solutions existantes et pistes de recherche ». A l'échelon local, le projet EVA (Eau, végétation, albédo – ADEME - Musy et al., 2017) a permis de monitorer la chaleur sur le territoire de Lyon. A Bordeaux, un rapport intermédiaire « adapter les tissus urbains au réchauffement climatique » est publié par l'A'Urba en 2019. Le sujet est également traité en Île de France dans un document de l'institut d'Aménagement et d'urbanisme d'Île de France « Adapter l'Île de France à la chaleur urbaine : Identifier les zones à effet d'îlot de chaleur urbain et établir leur degré de vulnérabilité afin de mieux anticiper » (IAU, 2017). En parallèle, de nombreux territoires, à l'instar de la métropole de Bordeaux, étudient et définissent des stratégies de lutte contre les îlots de chaleur urbains.

De manière générale, un mouvement s'est mis en marche pour repenser une ville capable de rafraîchir ses occupants mieux qu'elle ne le fait à l'heure actuelle. Trois axes centraux émergent pour lutter contre les désagréments liés à la chaleur : Un changement de paradigme au niveau de l'urbanisme et des matériaux de construction, une réintroduction du végétal en ville et un meilleur accès à l'eau pour se rafraîchir.

# 2 Le projet VISION

Face aux questionnements autour de la chaleur en ville, l'Eau de Bordeaux Métropole a déposé un dossier de candidature à l'appel à projet « Villes et territoires intelligents pour l'eau » lancé en 2017 par l'Agence de l'eau Adour Garonne. Le projet VISION (2019-2020) est l'un des lauréats de cet appel à projet. Il s'inscrit dans la volonté de la métropole bordelaise d'adapter son territoire dans un contexte de changement climatique afin d'évoluer vers une métropole à haute qualité de vie. Ces objectifs rejoignent les recommandations, attentes et actions engagées sous l'égide du SDAGE Adour-Garonne 2016-2021.

Le projet VISION a été piloté par SUEZ eau France via l'un de ses centres de R&D (Suez le LyRE), en partenariat avec le bureau d'études E6-consulting, spécialisé en accompagnement à la transition énergétique et environnementale, et l'entreprise d'aménagements paysagers Atelier-paysages (ACPP). Ces trois structures sont implantées sur la métropole bordelaise.



La vocation première du projet consiste à améliorer le confort urbain en proposant des solutions de rafraîchissement basées sur l'eau, tout en ayant un impact limité sur la ressource.





## DANS LE DÉTAIL, VISION A CINQ OBJECTIFS :

- Réaliser un état de l'art sur le panel de solutions aujourd'hui existantes pour rafraîchir l'espace urbain
- Identifier, comprendre et prendre en considération les besoins et les attentes des usagers du territoire face aux vagues de chaleur pour proposer des solutions adaptées
- Réaliser une analyse croisée des besoins, des contraintes, des ressources et des solutions pour produire une méthodologie permettant de cibler, sur un territoire donné, les endroits où déployer des solutions de rafraîchissement en ville
- Tester et documenter le pouvoir rafraîchissant d'un panel de solutions, leur compatibilité avec la préservation de la ressource en eau et mesurer leur impact environnemental global à l'aide d'une analyse du cycle de vie (ACV).
- Mener une concertation avec les acteurs du territoire impliqués dans la gestion actuelle et future de la transition énergétique et environnementale pour imaginer quels sont, et quels seront, les jalons à poser au cours des années à venir pour mieux lutter contre le réchauffement en ville tout en préservant la ressource en eau.

**Le projet a été mené sur la période : 2019 et 2020**

EN 2019

- Large consultation des usagers du territoire pour comprendre leur ressenti face à la chaleur via différents travaux sociologiques
- Réalisation d'un benchmark de solutions existantes de lutte contre les îlots de chaleur urbains basées sur l'eau
- Mesures du rafraîchissement procuré par des solutions conventionnelles déjà en place sur le territoire de Bordeaux métropole (fontaines ornementales, espaces végétalisés, etc.)
- Mise en place et test de deux solutions : le brumisateurs-ventilateurs et l'aire de jeux d'eau, puis évaluation de leur pouvoir rafraîchissant
- Evaluation de la satisfaction des usagers au regard des solutions proposées

EN 2020

- Organisation d'une journée atelier avec les acteurs du territoire pour comprendre leurs attentes et leurs besoins pour lutter contre les vagues de chaleur en ville
- Développement d'un outil cartographique pour cibler où déployer une solution de rafraîchissement en fonction des spécificités du territoire concerné
- Mise en œuvre d'un protocole de mesures du pouvoir rafraîchissant d'arbres d'alignement en ville
- Mise en œuvre de solutions de rafraîchissement de la chaussée et test de leur pouvoir rafraîchissant
- Déploiement d'un îlot de fraîcheur multimodal (IFU) alliant végétal et brumisation. L'IFU (100m<sup>2</sup>) a été mis en place dans la ville de Cenon (33) et a été suivi durant tout l'été 2020 (pouvoir rafraîchissant, consommation en eau, satisfaction de usagers, etc.)
- Réalisation des analyses du cycle de vie (ACV) des dispositifs testés.

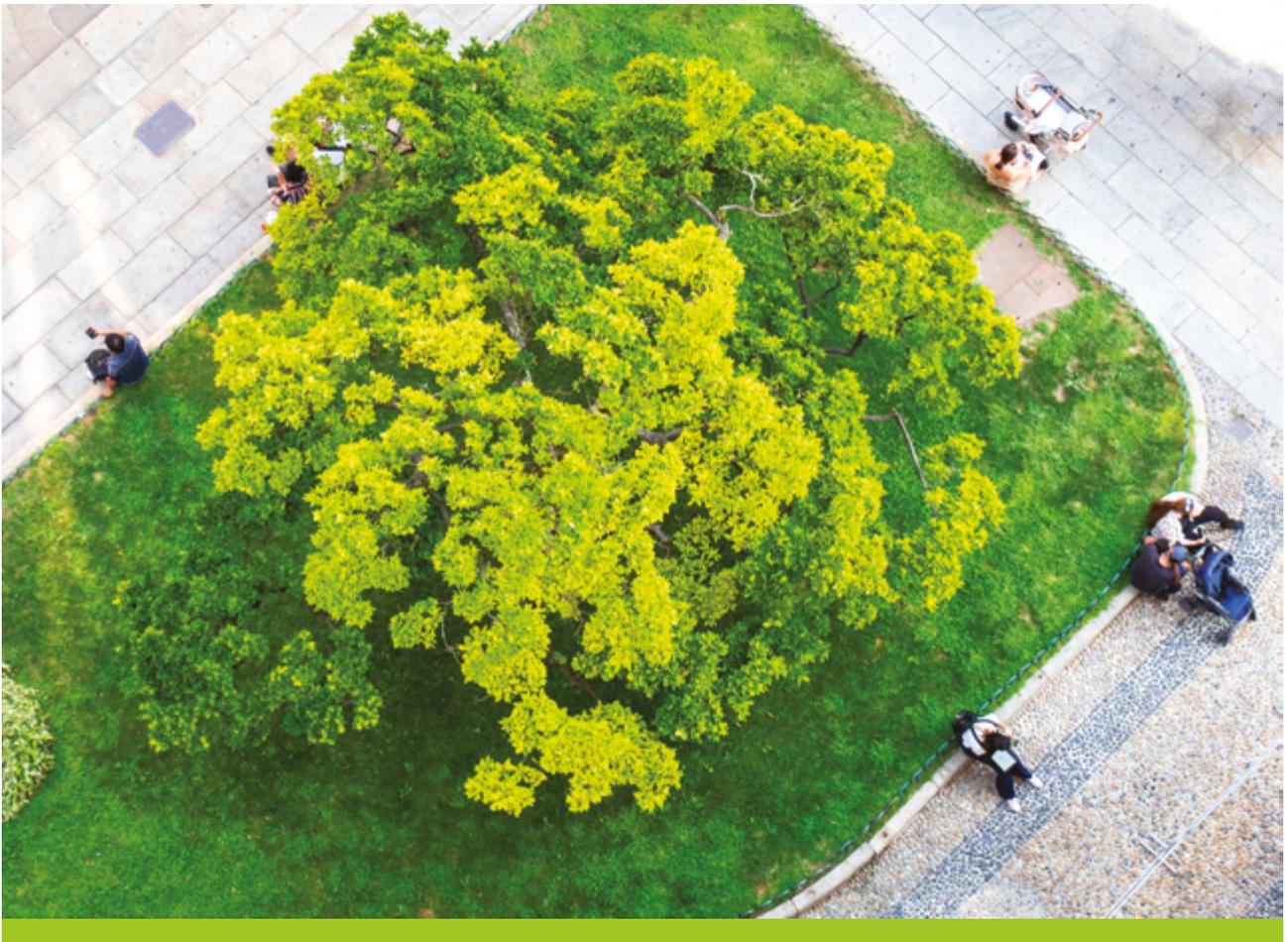
*L'année 2020 ayant été fortement marquée par la crise COVID, le projet VISION a été contraint de s'adapter au mieux pour poursuivre le projet malgré les difficultés engendrées par la situation.*

*Le détail des résultats et conclusions du projet sont présentés dans ce document. Une plaquette d'information synthétique est également disponible sur le site internet du projet.*

# 3 Approche sociologique de la chaleur à l'échelle d'un territoire

Le projet VISION a développé tout au long des deux années du projet un volet sociologique pour comprendre l'expérience sociale de la chaleur urbaine, prendre en compte les besoins des usagers en matière de rafraîchissement, leurs attentes en matière de politiques urbaines, et leur appropriation des solutions de rafraîchissement mis en place dans le projet.

Le volet sociologique, a notamment été support à associer différents partenaires de recherche tel que le l'Institut Aménagement Tourisme Urbanisme – IATU Bordeaux, la faculté de sociologie de l'Université de Bordeaux, et le Groupe Recherche Environnement, Confort, Conception Architecturale et Urbaine (GRECCAU), par l'accueil d'étudiant.e.s en stage au sein du LyRE, ou en travail de groupe, le temps d'un séminaire.





# Une double approche théorique pour appréhender la chaleur en tant que question humaine et urbaine

## LA CHALEUR RESSENTIE : UNE SOUS-DIMENSION DE LA NOTION D'AMBIANCE ET CONFORT URBAIN

L'ambiance est un champ théorique en architecture sur lequel il est possible de s'appuyer pour définir la notion de confort. L'ambiance implique tout d'abord un rapport sensible de l'individu à son espace environnant : pas d'ambiance sans usager pour l'expérimenter. Si on parle d'ambiances architecturales et urbaines, la notion d'ambiance elle-même ne se réfère pas à une échelle spatiale particulière. Elle s'applique à tous types d'espaces. Il en est de même pour les échelles temporelles, les ambiances s'appliquent à des situations datées comme à des périodes de temps. Aux croisées des échelles spatio-temporelles, l'ambiance concerne aussi des expériences sensibles qui ne sont pas uniquement statiques, mais également en mouvement. (MUSY, 2008)

L'approche physique des ambiances est liée aux facteurs physico-sensoriels qui ont un effet sur la perception des ambiances par les usagers : la lumière, l'humidité, les odeurs, le vent (ou les mouvements d'air), le son et, enfin, ce qui est l'objet du projet, la chaleur. Nous élargissons ainsi l'approche des « ambiances » pour aborder des aspects de confort urbain dans les espaces publics influencés spécifiquement par un contexte de fortes chaleurs.

## LA CHALEUR RESSENTIE : UNE EXPÉRIENCE SOCIALE TOTALE

L'ensemble de la matière sociologique recueillie (données quantitatives, qualitatives, observations in situ, relevés photographiques et cartographiques), converge à caractériser la chaleur urbaine, comme une « expérience sociale totale », dans le sens de « fait social total » entendu par Marcel Mauss (1923-1924).

En effet, elle met en action tous les aspects physiques et sociaux de l'individu : ses comportements, ses pratiques du quotidien, ses particularités socio-démographiques, ses choix résidentiels, son rapport aux institutions locales, son rapport à la ville et sa morphologie, ses valeurs socio-politiques, sa relation aux autres et ses représentations sociales, que ce soit le champ élargi des imaginaires comme ses propres souvenirs urbains. La chaleur en ville réinterroge la relation des individus à leur espace de vie, d'habitat mais aussi à leur rapport à l'urbain et à la nature de manière générale. Par la compréhension des perceptions et du vécu de la chaleur en ville, il est possible de tirer des enseignements pour mieux fabriquer la durabilité des métropoles en prenant en compte les besoins et les attentes des usagers.



# Une méthode d'enquête sociologique complète

Pour comprendre de manière générique les perceptions sociales, les imaginaires collectifs autour de la chaleur en ville et leur expérience de cette dernière dans leur quotidien, deux outils ont été déployés :

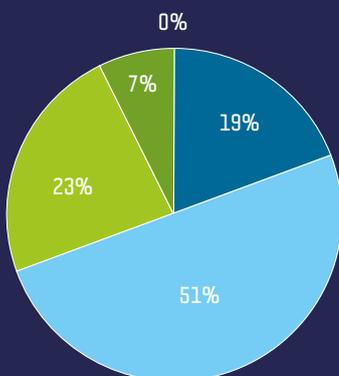
**Un questionnaire diffusé pendant l'été 2019 sur le site internet de Bordeaux Métropole.**

**1004 individus ont participé à cette enquête à l'échelle du territoire de la Métropole.** 80% des personnes vivent et travaillent sur Bordeaux Métropole dont plus de 50% des personnes vivent et/ou travaillent sur la ville de Bordeaux.

64% sont des femmes. 85% sont des actifs travaillant actuellement. La moitié des répondants sont dans la catégorie des jeunes actifs et/ou jeunes parents et ont entre 30 et 44 ans. La moitié appartiennent également à la catégorie des cadres et professions intellectuelles supérieures et 67% sont hautement diplômés.

Certes, l'échantillon n'est pas représentatif de la population métropolitaine mais il représente néanmoins une part importante de celle-ci. En effet, selon le recensement INSEE 2017, les cadres et professions intellectuelles supérieures représentent près de 22% des 25-54 ans. L'échantillon s'inscrit dans la dynamique territoriale récente, à savoir un territoire particulièrement attractif pour les actifs à certains revenus et qui gentrifie de façon certaine la ville-centre et sa première couronne.

## RÉPARTITION ÂGE

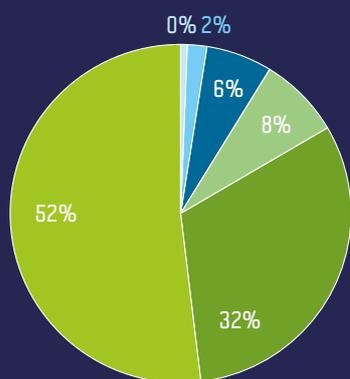


### Quel est votre âge ?

- 18-29 ans
- 30-44 ans
- 45-59 ans
- 60-74 ans
- 75 ans et plus



## RÉPARTITION DES CATÉGORIES SOCIO-PROFESIONNELLES



### Quel est votre profession actuelle ?

- Agriculteurs
- Ouvriers (qualifiés, non qualifiés, agricoles)
- Insituteurs et professions intermédiaires (santé, administratif, commercial)
- Artisans, commerçants, chefs d'entreprise
- Employés (fonctions publiques, administratifs d'entreprise), personnels des services directs aux particuliers
- Cadres (fonction publique, technique ou commerciale), enseignants du secondaires ou plus, chercheurs, professions libérales

Au regard des questions posées - à savoir comprendre les perceptions de la chaleur sur le territoire - les tranches salariales, les tranches d'âge et le sexe sont convenablement représentés pour offrir une première vision très intéressante du positionnement général des habitants de la métropole face aux épisodes de chaleur sur leur territoire de vie, ainsi que leur niveau d'acceptabilité des dispositifs de rafraîchissement disponibles (fontaines à boire) ou potentiellement déployables (acceptabilité des brumisateurs etc.)

En revanche, la surreprésentation de jeunes actifs diplômés et appartenant aux CSP + (cadres, catégories A de la fonction publique etc.) ne permet pas de traiter en profondeur les différences de ressentis avec les personnes pauvres ou vulnérables habitant dans des résidences HLM par exemple. Le questionnaire ne peut ainsi que faiblement illustrer les enjeux et phénomènes d'inégalités sociales et environnementales que peuvent générer les effets des fortes chaleurs en ville, du moins, en trompe-l'œil. Une étude dédiée à ce sujet mériterait d'être conduite. Nous évoquerons néanmoins ce sujet plus en aval dans le document.

Enfin, le questionnaire a provoqué beaucoup d'enthousiasme sur le fait que les politiques publiques locales investissent cette question et invitent les usagers à se prononcer sur ce sujet. Cet enthousiasme

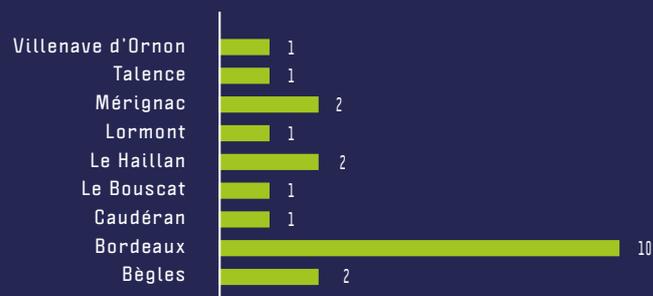
se traduit par le grand nombre de commentaires libres laissés en fin de questionnaire ainsi que par le grand nombre de coordonnées laissées pour pouvoir recontacter le répondant par la suite lors d'entretiens qualitatifs plus poussés. De nombreux commentaires sont extrêmement longs et détaillés.

**Dans un second temps, une vingtaine d'entretiens semi-directifs auprès d'habitants ont été réalisés durant l'été 2020, associés à la réalisation de cartes mentales retraçant parcours et fréquentations des quartier en cas de fortes chaleurs**

L'échantillon est composé de 9 hommes et 11 femmes. 10 entretiens ont été menés dans différents quartiers de Bordeaux et 11 autres sur des villes périphériques.

Le tableau récapitulatif des données biographiques en annexe reprend de manière détaillée le profil de chaque personne interrogée.

### VILLES DE RÉSIDENCE DES PERSONNES INTERROGÉES





# La chaleur : apparition d'une nouvelle forme de nuisance urbaine

Les répondants sont une grande majorité à se sentir préoccupés par la question de l'augmentation des épisodes de chaleur (72% se déclarent tout à fait préoccupés par l'augmentation des épisodes de fortes chaleurs). Ceci s'explique par une sensibilité assez consensuelle face à la chaleur, associée à une tendance à en avoir déjà souffert, jusqu'à avoir vu leur confort de vie significativement baisser et ce au point d'imaginer un déplacement résidentiel futur vers des zones périphériques plus fraîches. La chaleur en ville apparaît également comme plus pénible et comme une préoccupation plus forte pour les femmes. Et si le seuil de pénibilité partagé par tous se situe à 30°C, les séniors considèrent déjà 27°C comme une forte gêne.

**La chaleur en ville s'apparente à la fois comme une nuisance urbaine à part entière, de l'ordre de la vie quotidienne et comme un facteur de dégradation plus total du cadre de vie. Elle est à la fois un type de gêne et une fonction augmentatrice voire créatrice de gêne.**

## UNE NOUVELLE NUISANCE À PART ENTIÈRE

La chaleur est catégorisée par les usagers comme une nuisance du même registre que les autres nuisances urbaines que l'on retrouve plus traditionnellement dans l'espace public telle que le trafic routier, le bruit, les odeurs, le manque de propreté.

Bien qu'elles apparaissent plus secondaires car plus épisodiques, les fortes chaleurs produisent des gênes qui lui sont propres en termes de sensations physiques et sensorielles : déshydratation, sensation de soif, transpiration. Cela peut aller plus loin, et dégrader la santé des individus, qui évoquent par exemple des œdèmes ou des maux de tête. La chaleur entraîne aussi des changements d'humeur, une augmentation du stress, de la colère et plus généralement un état d'abattement qui peuvent générer des conflits ou être un facteur accidentogène dans l'espace public, notamment au niveau du trafic et des mobilités.

“

*« Il fait chaud, oui, mais bon... Quand vous voyez l'état de la route, le ramassage des poubelles, l'état de la rue en général... La chaleur, oui ça amplifie les odeurs, c'est pire, à la limite, mais bon... si la chaleur était le seul problème, ça serait bien. »*

**Véronique, 51 ans**

La précision apportée par les usagers de la métropole interrogés en entretien semi directif sur leur état de gêne physique au cours de leurs activités en extérieur montrent combien cette nuisance peut être particulièrement intense et relève d'un enjeu sanitaire certain, y compris pour des catégories de personnes a priori non fragiles. Une de personnes interrogées décrit toute la détresse qu'elle a ressentie lors de la visite de ses parents en pleine canicule, où il faisait trop chaud pour sortir et trop chaud dans son logement, et ses craintes pour leur santé et la fatigue que cela leur causait.

## UNE FONCTION D'AUGMENTATION DES AUTRES NUISANCES DE LA VILLE

La particularité de la chaleur urbaine est que, contrairement aux autres nuisances, elle vient accentuer toutes les autres. Quand il fait chaud, la saleté des espaces publics et des rues apparait plus forte, et les rues en deviennent jusqu'à « crasseuses ».

« On est entre la place sainte Croix et le Cours de la Marne donc c'est très minéral, et quand il fait très chaud, il y a un peu le côté animé, mais animé crado, avec plein de gens qui zonent. Ça fait sale. Peut-être que la chaleur ça augmente l'effet de crasse. » Yann, 33 ans

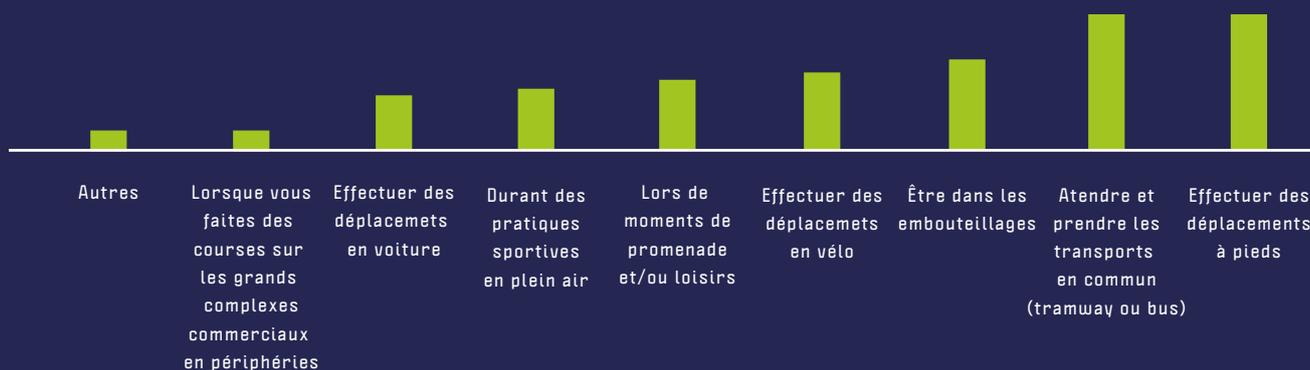
L'enquête par questionnaire montre que les transports en commun ou les zones piétonnes deviennent des pratiques fortement désagréables s'ils ne sont pas adaptés aux épisodes de forte chaleur. La chaleur vient déprécier des services traditionnellement perçus comme des éléments de confort urbain.



« Je me souviens d'un jour à Paris où il y avait un pic de chaleur hyper balèze et j'allais bosser à vélo. Et je me suis aperçu que les gens étaient hyper sur les nerfs, hyper à cran. Car dans la même journée, sur le trajet aller et retour cumulé j'ai vu peut-être 4 engueulades. C'est courant à Paris que les motards gueulent sur les vélos et que les vélos gueulent sur les voitures, etc. Mais là j'en ai vraiment vu 4 et des énormes. Les gens sont plus énervés quand il fait chaud. Il y a une tension dans la circulation, dans la ville, dans les interactions. Et en vélo, tu dois faire encore plus attention, tu dois être plus vigilant. »

Yann, 33 ans

### PRATIQUES URBAINES LES PLUS PÉNIBLES À VIVRE LORS D'ÉPISODES DE FORTES CHALEURS EN JOURNÉE





*« Eh bien quand on prend un moyen de transport autre que le vélo et qu'on va d'un endroit à l'autre, et bien ça chauffe un petit peu, ce n'est pas forcément si agréable de se déplacer. Quand on circule à vélo, ça va amplifier toutes les mauvaises odeurs. Quand on passe à proximité de voitures il y a un effet de lourdeur qui se rajoute, entre chaleur et pollution. [...] Tous les moyens de transports sont désagréables quand il fait chaud. »*

**Marine, 25 ans**

La pratique du vélo apparaît beaucoup plus pénible jusqu'à être perçue comme un risque pour la santé, au moment-même où la pratique de la voiture est justement déconseillée voire interdite afin de limiter les pics de pollution atmosphérique.

*« Sur le trajet du boulot de Darwin à la gare, je passe par le pont de pierre. Et jeudi dernier, quand je suis arrivée chez moi je me suis dit « ouf ! » parce que j'avais l'impression d'être dans un four ! Sur les quais de Queyries ça va. Mais sur le pont de pierre et là c'est horrible ! Même la Garonne en dessous n'apporte aucune fraîcheur. Il n'y avait pas d'air, pas de vent. »*

**Mathilde, 32 ans**

*« Une fois, en allant au travail, et même en partant tôt il faisait une chaleur à mourir, j'étais en eau, je n'étais pas bien, j'étais à deux doigts du malaise parce que je pense qu'il faisait facilement 35° à 9H du matin. J'étais à vélo sur une route goudronnée, entre chez moi et le campus, où il n'y a pas un arbre. Je pense que je me suis fait une micro-insolation sur cette portion de trajet. »*

**Julie, 31 ans**



# La chaleur urbaine ressentie

## UN PROCESSUS D'ADAPTATION PSYCHOSOCIOLOGIQUE

Dans la continuité de l'approche théorique en termes de confort urbain décrite en introduction, Marialena Nikolopoulou, professeure d'architecture durable à l'Université d'architecture du Kent (USA), a travaillé sur la question du confort dans les espaces publics, dans différents pays à travers le monde. Elle cherche à comprendre les comportements que les usagers adoptent dans l'espace public en fonction des contextes thermiques au cours de l'année en fonction des pays, des cultures, et surtout au regard de l'aménagement urbain. Les résultats principaux de ses travaux montrent, via des enquêtes quantitatives, une corrélation directe et forte entre la température globale et le nombre d'usagers dans les espaces publics extérieurs. Cette relation entre les deux variables confirme que la qualité de l'environnement thermique conditionne l'usage et l'appropriation des espaces publics extérieurs (Musy, 2008).

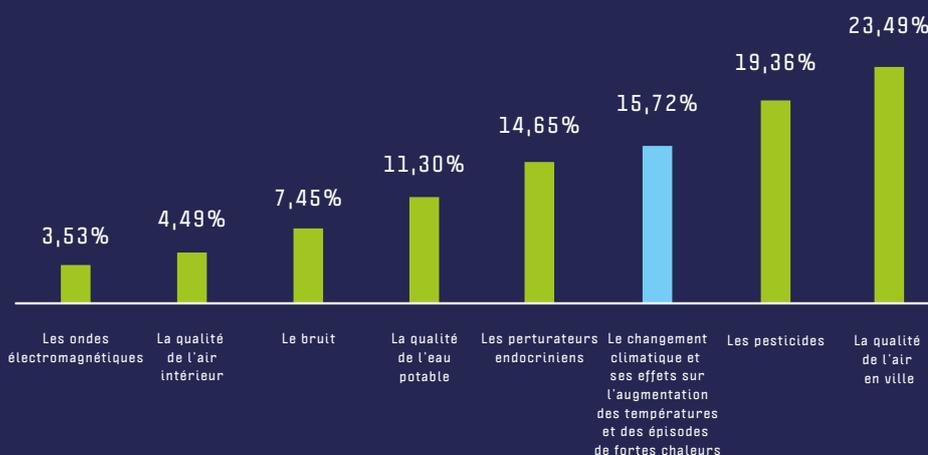
**L'auteur identifie 5 grands facteurs psychosociologiques qui font varier les sentiments de gênes des individus lors des fortes chaleurs et qui influencent leurs choix dans l'usage des espaces publics (choix entre une place à l'ombre d'un arbre ou au soleil par exemple). Ils constituent l'une des principales grilles d'analyse des résultats issus du questionnaire et des entretiens qualitatifs du projet VISION.**

### **1<sup>ER</sup> FACTEUR : « La naturalité » (Naturalness)**

Il s'agit de la « naturalité » des changements thermiques vécus en ville. Marialena Nikolopoulou démontre que les événements thermiques en ville sont mieux acceptés s'ils sont considérés par les usagers comme des phénomènes naturels que s'ils semblent issus de l'action de l'homme : pollution, dérèglement climatique etc. Ainsi, si les usagers de la ville considèrent la chaleur urbaine comme un événement naturel, et si aucune action anthropique ne leur semble être à l'origine de cette hausse de température, ils seront conscients de la forte chaleur mais ne trouveront pas pour autant le territoire dans lequel ils vivent moins confortable, puisque la nuisance sera perçue comme « naturelle ».

A l'inverse, la chaleur sera plus mal vécue si l'action de l'homme semble en être à l'origine ou fortement y contribuer. Le haut niveau d'inquiétude face à l'augmentation des vagues de chaleur que l'on retrouve dans les résultats du questionnaire corrobore cet effet de « naturalité ». 94% des répondants qui se déclarent fortement à très fortement gênés sont ceux qui considèrent l'augmentation des épisodes de chaleur problématique. L'augmentation des températures apparaît d'ailleurs, d'après les résultats du questionnaire en ligne, en troisième position dans les préoccupations sanitaires.

## PRÉOCCUPATION SANITAIRE DES RÉPONDANTS AU QUESTIONNAIRE EN LIGNE



Les individus ont en grande majorité évoqué leur perception du changement climatique dans les entretiens, en faisant références aux différentes saisons vécues depuis qu'ils habitent Bordeaux Métropole et sur les autres lieux habités dans leur parcours résidentiel. Les plus préoccupés et/ou renseignés sur le sujet ont davantage pris le temps de préciser et qualifier leur ressenti des gênes qu'ils jugent de plus en plus forte avec les années en les considérant anormales d'un point de vue phénomène météorologique. Pour Julie, primo-accédante sur le quartier de Nansouty, cela a même participé à son choix de logement.



« Je vis depuis 5 ans à Bordeaux donc j'aurai du mal à dire l'évolution qu'il y a eu. [...] Mais comme tout le monde je vois que c'est de pire en pire chaque année, les épisodes caniculaires sont de plus en plus réguliers et de plus en plus intenses. [...] Je pense qu'il y a 10, 15 ans on ne connaissait pas de fortes chaleurs, la nuit on n'était peut-être pas aussi gênés fréquemment, et c'est vrai que ça préoccupe ne serait-ce que dans les choix de localisation de résidences. Typiquement on a acheté le rez-de-chaussée, ça nous convenait parce que c'était moins cher. On acceptait aussi que ça pouvait nous apporter d'autres nuisances mais on s'était fait la réflexion que c'était plus confortable pour la chaleur, et le fait qu'on avait une cour partagée avec un arbre faisait que, pour nous, c'était aussi une source de rafraîchissement. [...] J'ai lu également, je ne suis pas très sûre d'ailleurs que ce soit très exacte, mais que Bordeaux allait se rapprocher du climat de villes d'Espagne dans les prochaines années. Donc c'est alarmiste, mais au vu de ce qu'on vit ça me paraît complètement réaliste. »

Christian et François évoquent la responsabilité anthropique sur le changement climatique pour expliquer la multiplication des épisodes de chaleur et s'appuient dessus pour exprimer l'ampleur de leur préoccupation et des gênes qu'ils ressentent régulièrement sur le territoire :

« Je pense qu'il y a un problème de climat, oui il y en a un. Je pense qu'il y a de la responsabilité »

Christian 51 ans

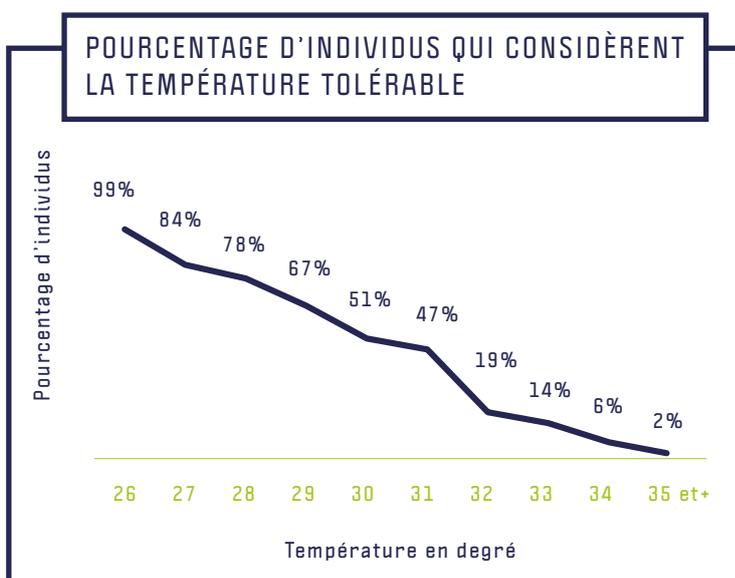


« J'aime la chaleur (rire), après il y a deux choses : supporter la chaleur ça ne m'empêche pas de vivre, mais la vie n'est pas adaptée : notre habitat, notre façon de vivre même ne sont pas adaptés au réchauffement. On a eu le printemps le plus chaud depuis qu'on mesure les températures dans la région, même en France. Voilà on n'est pas adapté à ça. C'est là-dessus qu'il faut travailler, il ne faut pas continuer à vivre comme avant, il faut adapter la végétation, les moustiques, adapter notre façon de vivre, envisager de faire autre chose, c'est nouveau. Même si on supporte ce n'est pas une question de supporter le froid ou la chaleur. On voit bien que le climat change, il faut faire quelque chose quand même. Il faut s'adapter, ça ne peut pas être une démarche : je ne supporte la chaleur donc je ne fais rien. Ce n'est pas acceptable. »

François, 63 ans

## 2<sup>ÈME</sup> FACTEUR : les attendus (Expectations)

Dans les espaces publics, le facteur des « attendus » se rapporte aux représentations et attentes des individus en termes de climat et météo. Ils l'expriment le plus souvent par des phrases de type : « c'est acceptable pour cette période de l'année », « Pour cette période de l'année, je préférerais qu'il fasse plus chaud » ou « c'est l'hiver, donc c'est normal qu'il fasse froid ». (Nikilopoulou, 2003). Dans les cas où les conditions thermiques s'écartent nettement de ce que les gens avaient vécu les jours précédents, ou au même moment une année précédente, cela provoque des appréciations différentes et davantage de gêne, trop chaud, trop froid, par rapport à leurs attentes.



Dans le cadre de nos enquêtes, ce facteur des « attendus » se retrouve tout particulièrement dans les réponses concernant la mesure de la tolérance et de l'acceptabilité de la chaleur en ville. Passés 30°C, et sur plus de 3 à 5 jours, la situation apparaît comme anormale, y compris pour la saison estivale, si l'on souhaite conserver un confort de vie urbaine.

50% des répondants considèrent que 30 degrés est un seuil à partir duquel la température devient difficile à vivre. Chez les seniors, ce seuil de température acceptable est critique dès 27°C.



*« Ce sont surtout les écarts de température qui me gênent. Je trouve qu'à Bordeaux on monte très vite dans des températures assez fortes, on est assez peu dans des températures modérées et agréables entre 20 et 30°, ça va rapidement au-dessus de 35° voire plus avant que l'orage pète et vienne faire redescendre la température. »*

Anne, 55 ans

On retrouve également l'effet de ce facteur des « attendus » lorsque les individus évoquent des voyages et des déplacements dans des villes et territoires où ils ont connu de fortes chaleurs. Il apparaît alors pour de nombreuses personnes que la chaleur semble plus supportable à Madagascar parce qu'elle y est attendue. La pénibilité est prise en compte, anticipée lors du séjour et elle est décrit comme mieux vécue.

*« Parce que quand je vais à Madagascar je ne suis pas gênée par ça en fait, quand je fais l'école aux enfants et que les murs et les toits sont en tôle euh j'ai plus de 40° dans la salle de classe avec les enfants, c'est difficile je dégouline, je bois beaucoup mais j'arrive à le faire. Eh bien je ne sais pas (rire) peut-être parce que j'y fais des choses différentes, je me concentre sur l'activité et je sais que le climat est comme ça là-bas. »*

Janine, 56 ans

### 3<sup>ÈME</sup> FACTEUR : Le niveau d'intensité des changements

#### comportementaux à adopter (Expérience)

Les gênes vis-à-vis de la chaleur ou de tout changement thermique sont plus vives si elles nécessitent des changements de comportements brutaux et radicaux de la part des usagers pour s'y adapter. Si les individus voient changer le confort thermique du jour au lendemain de manière extrême, la gêne sera plus intense, et ce, d'autant plus si cela se produit sur des courtes durées (ex. quelques jours).

Sur les pratiques de changements de comportements, les personnes interrogées par entretiens semi-directifs semblent prendre avec pragmatisme les longs épisodes de fortes chaleurs. Les sorties sont plus matinales, les individus se mettent à l'heure espagnole, mangent crus ou frais, et limitent leurs déplacements, ou bien encore évitent certains endroits. En revanche, plus la gêne occasionnée va nécessiter des changements de pratiques, et plus elle va être mal vécue, d'autant plus à l'intérieur des logements. Aller jusqu'à acheter un ventilateur et surtout un climatiseur, qui sont associés à une pratique anti écologique culpabilisante, ou encore, le fait

de devoir consacrer du temps à prendre plusieurs douches dans la journée, sont autant de contraintes mal vécues. Les moments de transition, où l'on doit commencer à s'adapter à la nouvelle situation météorologique sont particulièrement mal vécus. Ils se traduisent par des ratés, des oublis, des nouveaux réflexes pas encore complètement acquis et cela agace. Les individus interrogés citent par exemple les gênes ressenties après être sortis en pleine chaleur avec la mauvaise tenue, le fait de faire de mauvais choix alimentaires, sortir en vélo ou faire son jogging en faisant fi de la chaleur, oublier de prendre une gourde ou une bouteille d'eau avant de sortir, etc.

*« Je n'ai pas trop l'habitude de prendre de l'eau avec moi. Surtout, si je sors sans sac, je ne vais pas penser à m'équiper, du coup je subis assez fortement la chaleur quand je suis dehors ».*

Damien, 37 ans



## 4<sup>ÈME</sup> FACTEUR :

### Le temps d'exposition (Exposition)

L'exposition à l'inconfort n'est pas perçue négativement si l'individu pense qu'elle sera de courte durée. Au contraire, si la personne sait qu'elle va rester pendant un temps plus long dans un endroit, qu'elle se représente comme surchauffé, la gêne pourra être beaucoup plus importante (Nikilopoulou, 2003).

Les situations d'attentes de transport en commun sont ainsi perçues et vécues comme des temps d'exposition à la chaleur qui sont particulièrement mal vécus, et d'autant plus si cela dépasse plusieurs dizaines de minutes. Les individus interrogés par entretiens semi directifs décrivent certains arrêts de tramway avec précision dans le manque de solutions pour se mettre à l'ombre.

Les temps de déambulations piétonnes longues font également source de gênes qui s'éternisent, surtout lorsque l'on n'identifie pas de solutions pour se rafraîchir, et/ou que l'on connaît mal le lieu fréquenté. Sylvain décrit ainsi un séjour à Milan, en été, où la chaleur l'a fait particulièrement souffrir. La ville lui est apparue comme vaste et difficile à déambuler, sous une chaleur harassante, sans vraiment savoir où faire une halte, sans localiser de solutions pour se rafraîchir. Le fait de ne pas avoir de repères dans une ville semble aussi renforcer cet effet de « temps d'exposition » sur la gêne face à la chaleur urbaine.

*« Moi j'adore la chaleur, je trouve ça cool, mais je supporte mal. Mais, ce n'est pas pour autant que je me dis que je ne sors pas comme d'habitude. C'est une fois dehors que je me dis que j'aurais dû faire autrement... Par exemple, la semaine dernière on est allés au restaurant jeudi soir et c'était horrible. On a mangé des trucs chauds en plus, mais quelle idée stupide... »*

Damien, 37 ans

*« Il y'a quelques années, on était allé à Milan en voyage, et on est tombé sur une période dans laquelle il faisait très chaud. Ce n'était pas simple parce que, comme Bordeaux, Milan est assez minérale, et c'est une grosse ville qui a plusieurs activités. C'était sur la période de 15 au 31 Juillet. Or s'y promener, faire un peu le tour de la ville, mais sans trouver quelque chose d'intéressant à faire, ça avait été compliqué à vivre. On s'était lancé à pieds dans une grande ville et on n'arrivait pas à trouver un moment de respiration. »*

Sylvain, 32 ans



## 5<sup>ÈME</sup> FACTEUR :

### Le contrôle perçu (Control)

Si les individus ont le sentiment de contrôler ou de pouvoir maîtriser l'inconfort lié à la chaleur, les réactions émotionnelles négatives seront considérablement réduites.

On constate ainsi que les individus interrogés par entretiens semi-directifs évoquent très largement une pénibilité liée à la chaleur surtout lorsqu'elle se vit dans des moments de déplacements subis, obligatoires, ou rendus nécessaires. Une grande majorité des personnes parle ainsi le plus spontanément de leurs déplacements domicile-travail, ou des moments de courses alimentaires avec la fréquentation extrêmement pénible d'un parking de voiture.

*« Quand il fait chaud pour aller faire des courses. Qui dit supermarché dit grand parking bitumé, et ça m'est arrivé de les faire un après-midi et ça n'est pas sympa, on a souvent l'impression d'avoir la tête dans le four. » Sylvain, 32 ans*



Mathilde nous raconte ainsi qu'elle ne peut pas changer de trajet pour se rendre à son travail, au prix, d'un très grand détour encore plus contraignant :

*« Dispositions particulières, changement d'habitude ? EUuuuhhhh nonn je ne dirai pas... si, je vais plus doucement pour ne pas trop transpirer. J'essaye de ne pas faire trop d'efforts pour ne pas arriver complètement en nage au boulot, mais je ne change pas d'itinéraire, et en même temps changer de pont, ce n'est pas forcément facile à Bordeaux [rires]. »*

Chacun des 5 facteurs psychosociologiques : Naturalness, Expectations, Experience Exposition, et Control se retrouve illustré par le travail d'enquête effectué sur Bordeaux Métropole, qui participe à les conforter et les affiner. Cette grille pourrait constituer la base, ou en partie une méthode d'évaluation des territoires ou des espaces urbains lorsqu'il fait chaud du point de vue des usages et des usagers.

Ils sont autant de points saillants qui peuvent potentiellement être mobilisés pour mener des campagnes de prévention en termes de politiques urbaines de gestion des canicules efficaces : communiquer sur les gestes de prévention (au-delà de « s'hydrater, ne pas oublier d'emporter sa gourde », mieux guider et faire connaître les espaces de respiration ou d'hydratation, mieux ombrager les espaces de haltes et d'attentes (transports en communs...) ; identifier et communiquer sur les pistes cyclables et de parcours de joggings les plus « frais », ralentir le rythme de la ville (intégrer la problématique dans un Bureau de temps\*...).

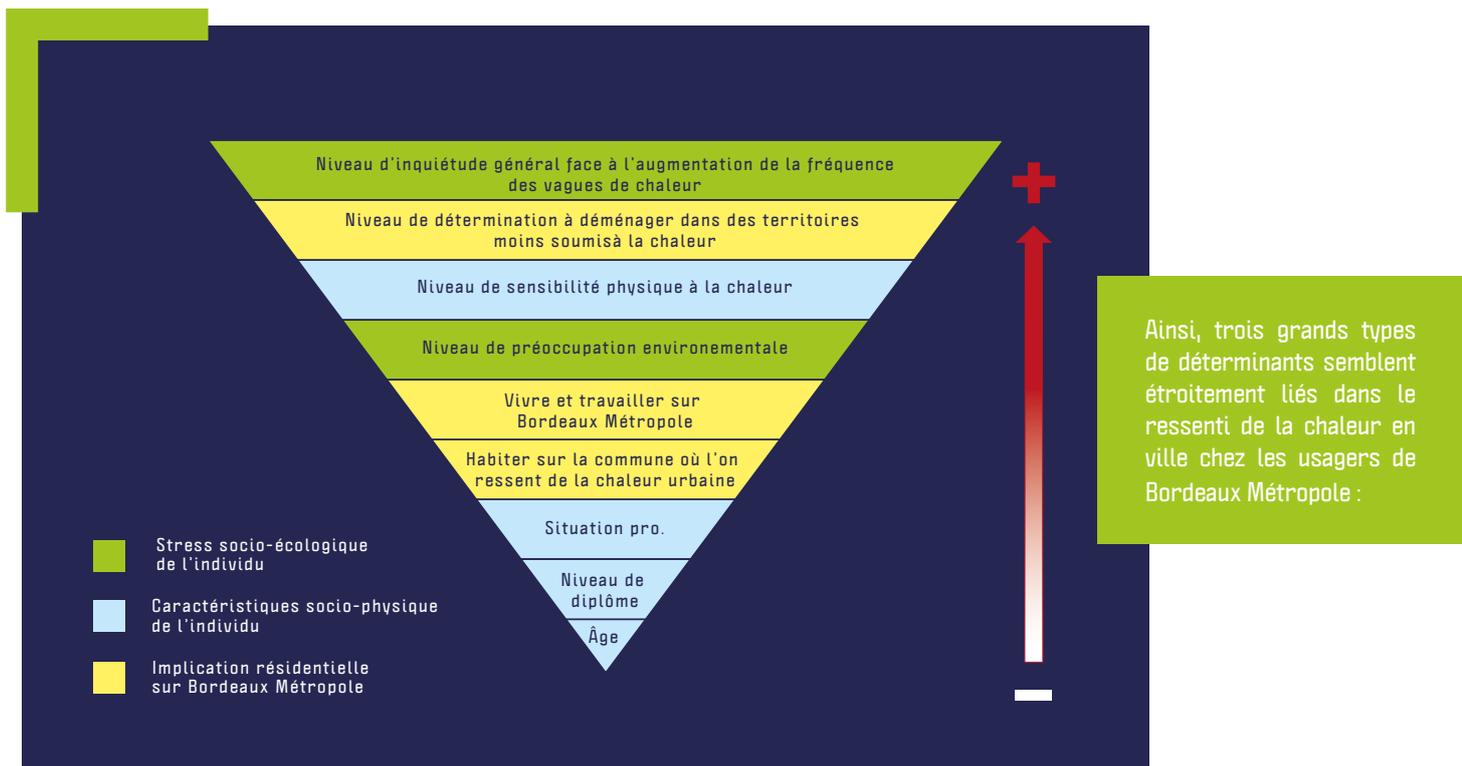
La dimension psychosociale dans l'expérience sociale de la chaleur urbaine apparaît ainsi déterminante. **Le confort thermique d'un espace public ne dépend pas uniquement des données physiques de température, d'humidité et de vitesse du vent mais également des comportements d'adaptation plus ou moins subis ou contraints qu'il oblige à faire aux usagers.**

\* « Nés en Italie dans les années 1990, les bureaux des temps se sont développés en France au début des années 2000. Des collectivités locales s'intéressent à l'organisation du temps – horaires d'ouverture et accessibilité des services – et à la coordination des systèmes d'horaires sur leur territoire – transports, loisirs, travail, etc. – dans un objectif d'amélioration de la qualité de vie. Cette organisation n'est pas la même dans une ville administrative, étudiante, industrielle ou touristique. A Poitiers, une semaine avant la rentrée scolaire, en fin de journée, tous les acteurs du scolaire et du périscolaire sont réunis dans les mairies de quartier afin que les parents puissent réaliser toutes les inscriptions en une seule démarche.



## UNE PÉNIBILITÉ VARIABLE SELON LES CARACTÉRISTIQUES SOCIOLOGIQUES DES INDIVIDUS

Les analyses de corrélation réalisées à partir des réponses au questionnaire ont permis d'identifier d'autres facteurs complémentaires à ceux théorisés par Marialena Nikopoulou. Ces facteurs sont, cette fois, d'ordre sociologique, liés aux profils des personnes concernées par l'expérience de la chaleur en ville. Ils enrichissent les facteurs psychosociologiques de nouvelles dimensions, qui ont davantage à voir avec le rapport qu'ont les individus à leur territoire : leur niveau d'implication résidentielle, leur sentiment d'identité territoriale, etc.



## 1<sup>er</sup> déterminant :

### Le « niveau de stress socio-écologique de l'individu »

Le niveau d'inquiétude face aux épisodes de canicules ainsi que les niveaux de préoccupation environnementale participent à augmenter le niveau de gêne par rapport à la chaleur en ville. Les individus les plus conscientisés du point de vue écologique seront davantage soumis aux facteurs psychosociologiques décrits plus haut. Ils seront plus que les autres, préoccupés par l'anormalité des situations de fortes canicules qu'ils relieront à l'action de l'homme sur le changement climatique, plus renseignés et plus enclins à noter l'inadaptation des villes françaises aux fortes chaleur, etc.

## 2<sup>ème</sup> déterminant :

### Les caractéristiques socio-physiques de l'individu

Plusieurs déterminants liés aux caractéristiques physiques et démographiques de l'individu influencent l'expérience de la chaleur même s'ils ne sont pas les plus forts. La stabilité de la situation professionnelle et le niveau de diplôme semblent augmenter une forme d'exigence dans les attentes et les préoccupations face à la chaleur en ville et la pénibilité qu'elle génère.

Les individus les plus diplômées et les moins soumis à des difficultés sociales liées à l'emploi ont des attentes plus fortes, de manière générale, en termes de confort urbain, d'urbanité dans des espaces publics qu'ils investissent davantage dans leurs loisirs, modes de consommation, de déplacements doux, etc. Ils ont également davantage de moyens de les exprimer car ils savent alerter et faire pression directement sur les élus ou via des associations militantes. Ils savent également utiliser les réseaux sociaux et les canaux digitaux de la puissance publique pour faire valoir leurs revendications.

## 3<sup>ème</sup> déterminant :

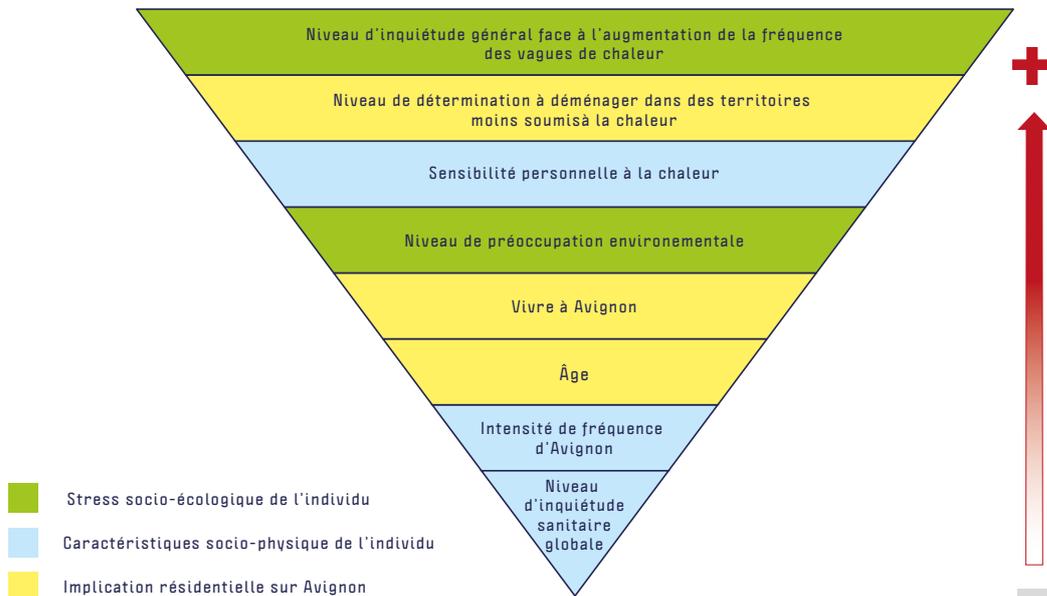
### L'implication résidentielle sur Bordeaux Métropole

Enfin, l'ancrage résidentiel des individus participe de l'expérience de la chaleur urbaine. Plus les souhaits de mobilité résidentielle sont vifs et précis et plus ils participent au rejet du territoire de résidence et de ses défauts, dont la chaleur en ville. Il en va de même pour le niveau d'implication sur le territoire. Plus l'individu est investi (propriétaire plutôt que locataire, membre d'un syndicat de copropriété, d'une initiative mobilisant le voisinage, attachement professionnel, etc.) et plus les fortes chaleurs sont mal vécues.

L'identification des déterminants sociologiques influençant l'expérience de la chaleur en ville mis en avant par cette étude sur Bordeaux Métropole sont d'autant plus solides qu'ils entrent en parfaite cohérence avec ceux identifiés lors d'une enquête similaire sur Avignon réalisée l'été 2020.

L'influence des variables socio-démographiques y est moins présente. Cette différence peut être attribuée à un biais statistique (Population interrogée sur Avignon plus réduite qu'à Bordeaux qui a pu affaiblir la robustesse des tests de corrélation effectués).

## FACTEURS SOCIOLOGIQUES QUI AMPLIFIENT L'EXPÉRIENCE DE LA CHALEUR À AVIGNON



## UN ENJEU POUR L'ATTRACTIVITÉ FUTURE DES MÉTROPOLIS

En préoccupant davantage des profils d'individus cadres et hautement diplômés, très consciencieux du point de vue environnemental, plus souvent acteurs de la vie citoyenne locale, et ce même s'ils ne sont pas les plus touchés, la chaleur en ville devient un critère à part entière de condition d'installation ou de départ sur un territoire de ce groupe social issu de la classe créative (Florida, 2002), communément appelés en France les bobos.

Or, ce sont eux qui sont à l'origine du dynamisme qu'a connu la métropole bordelaise au cours de ces 10 dernières années en faisant le pari de rester vivre à l'intérieur de la métropole au lieu de s'en éloigner pour rejoindre les couronnes périurbaines.

Ils exercent des activités qui se nourrissent de la mixité sociale et urbaine des centres villes et croient, plus que d'autres, au modèle controversé de la densification comme développement urbain durable.

L'inconfort urbain généré par des épisodes répétés de forte chaleur peut altérer l'attractivité résidentielle à moyen terme de Bordeaux Métropole pour ces profils d'individus. **90% des répondants du questionnaire, eux-mêmes constitués à 52% de cadres, pensent que le territoire de Bordeaux Métropole deviendra moins agréable avec l'augmentation des épisodes de chaleur dans les années à venir.** Et plus de la moitié des répondants se disent prêts à déménager dans un territoire plus frais si les épisodes caniculaires continuent d'augmenter.

Certes ces profils d'individus ont les moyens de partir les week-end, à la plage ou à la campagne, ou dans des résidences secondaires etc. Mais ce n'est pas suffisant pour réduire la pénibilité au quotidien autour de leur résidence principales. Ces dernières restent souvent très inadaptées à la chaleur parce qu'elles n'ont pas été choisies sur ce critère mais pour avoir accès à l'intensité de la ville (aménités, commerces, facilités d'accès au centre-ville en bénéficiant de la tranquillité du quartier de proximité...).

“

« Quand il fait chaud, je vais chez ma sœur qui a une piscine à Varsac à la campagne c'est peut-être pour ça qu'on est moins dans la vie de quartier et qu'on souffre moins de la chaleur. Je vais aussi à l'océan, mais c'est vrai que juste pour une soirée, ça représente la bagnole, l'essence, les bouchons. Je préfère aller chez ma sœur qui est à 30 min pour aller dans la piscine. [...] Faudrait vivre à la ville en hiver et à la campagne l'été, c'est ce que faisaient les bourgeois autrefois, Comtesse de Ségur et compagnie. La Rochelle c'est bien aussi, peut-être carrément changer de ville. Ça peut être une cause de déménagement ? Oui mais bon pas tant à cause de la chaleur, finalement... Mais en même temps, peut être que si j'avais des enfants je serais vachement plus emmerdée, parce que qu'est-ce qu'on fait avec des enfants quand il fait 40°C ? Là, pour l'instant, on en est plus au stade du « comment je vais m'habiller j'ai une réunion et il fait 45°C. »

Justine, 25 ans

**Ainsi, les stratégies résidentielles sont amenées à évoluer dans quelques années, et les critères de sélection des modes d'habitat à se complexifier en prenant en compte l'adaptation du logement face à la chaleur en ville, jusqu'à requestionner l'attractivité des métropoles dans un avenir proche.**



# La chaleur urbaine : une relecture inédite de la densité métropolitaine perçue par les usagers

La chaleur en ville propose de manière plus générale une relecture du rapport à la ville, de sa représentation et de ses usages. Des paradoxes émergent dans les discours et les entretiens semi-directifs et donnent à voir des attentes contradictoires en matière de rafraîchissement et d'espaces publics. C'est ainsi toutes les dimensions de l'appropriation de la densité métropolitaine qui se retrouvent bousculées (Viviere, 2015) contrebalancées par des besoins toujours plus forts et des exigences de nature et de végétalisation.

## LA DENSITÉ COMME INTENSITÉ :

La concentration des services, des commerces, les possibilités de mobilité. C'est souvent l'aspect de la ville dense qui est le plus recherché et apprécié, au prix d'efforts économiques et résidentiels élevés pour y accéder.

## LA DENSITÉ COMME COMPACITÉ :

Les éléments bâtis et les formes architecturales, les types de revêtement, la hauteur des édifices, la largeur des voiries etc. Les cartes mentales ont permis un recensement inédit des éléments de compacité augmentant la sensation de chaleur en ville.

## LA DENSITÉ COMME URBANITÉ :

Le niveau d'animation des villes, leur mixité, l'intensité de fréquentation des espaces publics, l'intensité des interactions sociales et des possibilités de rencontre de voisinage etc. Les habitants des métropoles, et plus particulièrement les classes moyennes et supérieures, adhèrent aujourd'hui à la recherche du « juste à côté » : être proche de hyperactivités des centres urbains tout en bénéficiant d'une vie de quartier plus apaisée. Ces populations représentent la majeure partie des personnes interrogées par questionnaire et entretien du projet VISION (52%).

Il est ainsi possible d'analyser les résultats de l'enquête qualitative au regard de ces trois dimensions, que les individus abordent à la fois dans leurs imaginaires urbains (évoqueries de villes perçues comme particulièrement soumises à la chaleur...), et dans leurs pratiques du quotidien (évoqueries d'aménagements urbains précis dans différents endroits phares de la métropole bordelaise).

## DE L'INTENSITÉ URBAINE AU BESOIN D'INTENSITÉ DE NATURE

L'intensité urbaine est fortement remise en cause lors des épisodes de forte chaleur. Il n'est plus question d'aborder la ville par son accès aux services, aux mobilités, aux commerces et aux loisirs mais quasiment exclusivement par rapport à son intensité de Nature. Les individus parlent de leur logement et de leur quartier sous le prisme d'un accès plus ou moins facile à un espace de verdure, et non plus par rapport à son accès ou sa distance au centre-ville.

Les quartiers traditionnellement très prisés d'un point de vu résidentiel tel que Nansouty ou les tissus d'échoppes, apparaissent beaucoup moins agréables au quotidien lors de fortes chaleurs, voire stigmatisés par leur minéralité et leur manque d'arbres. Les personnes font parfois le triste constat, en regardant la carte de leur quartier qui leur est présentée pendant les entretiens pour y pointer les points chauds, qu'ils n'ont que **très peu d'espaces verts accessibles, et qu'ils sont mal aménagés : mini pelouse qui grille, chicanes qui ne permet pas de les traverser en vélo. L'offre de jardins publics apparait beaucoup trop faible, sur-fréquentée pour être attractive voire sciemment évitée.**

“

« Il y a eu une plantation d'arbres à Nansouty, avec une augmentation de la surface destinée aux piétons. C'est vrai que pour l'instant les arbres sont un peu rachitiques et ne procurent absolument aucune ombre. L'été c'est pas du tout agréable de venir faire ses courses sur cette place parce que pour l'instant elle est en plein soleil. Il y a certes une fontaine, c'est sympa, les gosses se mouillent, mais ça reste très limité. Le projet de la place Dormoy ? Les arbres sont préservés mais sans une seule nouvelle plantation. Il y a de grandes pelouses mais il faut de l'entretien et est-ce que ça va rester très longtemps dans cet état-là ? Il n'y a pas eu beaucoup plus de verdure finalement que ce qu'il y avait déjà. »

Julie, 31 ans

« Moi par exemple dans ma rue, ce sont des échoppes, je suis plein sud et c'est une rue cuisante. Je ne saurai même pas vous dire si c'est la configuration des bâtiments, le goudron. »

Justine, 34 ans

« Justement pour l'aspect végétatif il y a des coins où j'ai tendance à ne pas aller parce qu'il y a beaucoup de monde : ce sont les jardins publics bordelais. C'est vrai que je privilégie les zones dans lesquelles on peut se promener en vélo et s'arrêter. Je préfère aller à Bordeaux Garonne Rive Droite en sachant que ça va être une zone étendue, beaucoup plus étirée, et qu'il y a de la place pour plus de monde. »

Christian, 51 ans



**A l'échelle de Bordeaux Métropole, les individus interrogés opposent également très fortement l'intensité urbaine de la rive gauche, qui devient alors « repoussoir », à l'intensité végétale de la rive droite qui devient particulièrement attrayante.**

*« Alors la place Pey-Berland c'est un cauchemar quand il fait chaud ce n'est juste pas possible, il n'y a pas d'arbres. Cet été ils avaient mis des arbres dans des pots mais si vous n'êtes pas dessous vous ne respirez pas. La rue Sainte Catherine, étant donné le monde quand il fait chaud, c'est étouffant. Une place que j'aime beaucoup d'habitude c'est la place de l'Opéra, mais je l'évite quand il fait chaud. Après on aime bien aller sur les quais et notamment de l'autre côté du pont de pierre. Quand on traverse à vélo il y a une allée verte maintenant là où il y a des arbres c'est très agréable, c'est frais, ça oui on aime bien y aller. Après les petites rues piétonnes qui remontent à la mairie ça peut aller parce qu'elles ne sont pas très larges, je pense que sur ces rues il y a de l'ombre. »*

**Céline, 49 ans**

**La rive droite est appréciée pour son aspect « vie de village », pour ses qualités urbaines même, avec la possibilité d'accéder aisément à la pleine nature, que ce soient les quais de Queyries, très fréquemment cités dans les entretiens, mais aussi les grands parcs des coteaux sur Lormont, Cenon et Floirac.**

*« Ce qu'on privilégie ce sont plutôt les parcs avec de l'ombre quand on a des enfants, le jardin botanique à Bordeaux ou le parc de l'Hermitage. On essaie de ne pas trop prendre les transports ni d'aller dans Bordeaux même. »*

**Quitterie, 35 ans**

**Les personnes résidant sur la rive gauche privilégient le territoire de la ville rive droite pour s'aérer, se rafraîchir à moindre distance plutôt que d'aller à la plage ou se rendre dans des lieux pourtant plus proches comme le jardin public ou le miroir d'eau, victime de son succès. La place des Quinconces, quant à elle, apparaît comme un lieu anonyme et peu reposant.**

*« Les lieux qu'on évite ce sont toutes les places : la Victoire, Pey Berland, les Quinconces, ce qui est bête parce c'est que c'est une place très arborée, mais en fait, il ne s'y passe rien, il n'y a rien pour s'y asseoir. De plus, la partie centrale qui n'est pas à l'ombre reçoit plutôt de grandes manifestations. Donc on n'y va pas quand il fait chaud. »*

**Justine, 25 ans**

**Les individus font le choix de s'éloigner un peu plus pour trouver cette intensité végétale dont ils semblent ne pas pouvoir se passer pendant les fortes chaleurs estivales, et qu'ils ne trouvent pas de manière satisfaisante sur leur quartier.**

*« Quand il fait chaud j'aime bien aller sur la rive droite. Mais sur la rive gauche il n'y a pas vraiment d'endroit à part aller dans le parc bordelais ou jardin public. C'est ça qui est compliqué à Bordeaux c'est qu'il n'y a pas de parcs. Quand on a besoin de s'aérer, soit on va à rive droite parce que les pelouses sont justement ombragées et on a une vue sur la rive gauche. Sinon on va à la plage comme tout le monde parce qu'il n'y a pas assez d'intermédiaires. »*

**Julie, 31 ans**

*L'intensité végétale de la rive gauche a également le fort inconvénient d'être inaccessible au plus grand nombre. Elle est comme privatisée, dans des îlots de copropriétés ou sous forme de jardins privés.*

*« En espace vert, c'est notre résidence. [...] Après ce sont beaucoup d'espaces privés, et globalement toutes les taches vertes que l'on voit, ce sont des parcs de résidences. »*

**Sylvain, 32 ans**



**L'intensité végétale de la rive gauche devient un facteur d'inégalité résidentielle important.**

*« A part mon jardin, dans le quartier, il n'y a pas de parc donc je ne vais nulle part ailleurs pour me rafraichir. »*

Céline, 49 ans

**Elle se retrouve réservée aux chanceux qui ont fait le choix d'habiter de petites résidences des années 90-2000 ou qui ont les moyens économiques de s'offrir le luxe d'avoir un jardin privé. A une échelle de représentation plus élargie, les villes les plus fraîches dans les imaginaires urbains des individus sont celles ayant directement accès à un espaces de nature « sauvage » tel que l'océan pour les villes littorales (La Rochelles, les villes bretonnes...) ou les bois et forêts de campagne pour les villes de Clermont Ferrand, Périgueux...**

*« Les îles de l'Atlantique, il y a l'air marin, l'atlantique. »*

Quitterie, 35 ans

**Les villes de Montréal ou de Mexico, très arborées par des politiques urbaines volontaristes dans leur évolution historique, sont citées comme des exemple de villes et métropoles voire mégaloilles, fraîches. Elles apparaissent à la fois massives mais plus aérées, avec des avenues larges laissant passer le vent et permettant de planter de grands arbres.**

*« Ici c'est étouffant tout le monde le dit qu'il n'y a pas assez d'espaces verts. Moi j'ai vécu dans une mégaloille en Amérique latine à Mexico dans laquelle il fait chaud toute l'année et je n'ai jamais ressenti la chaleur que l'on ressent ici. J'ai le sentiment qu'il y avait plus de parcs avec des arbres partout et dans toutes les rues. Je crois que ça avait été une politique à l'époque au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle d'un président qui s'appelait Benito Juarez, qui était aussi le maire de la ville de Mexico et son idée était de planter tous les cinquante mètres des arbres.*

*Au final c'est une ville qui a aujourd'hui beau être extrêmement polluée et être très étendue, avec tout un tas de problèmes de transport etc., ce n'est pas une ville dans laquelle on a l'impression d'être étouffé. Donc on se rend compte, enfin moi ça m'a interloqué quand je suis arrivée ici, dans une ville à échelle beaucoup plus réduite, mais dans laquelle pour autant le rapport à la nature n'est pas très évident. »*

Marine, 25 ans

## COMPACTÉ ET CHALEUR : VERS UNE STIGMATISATION SÉVÈRE DES ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX QUI CONSTITUENT LA MORPHOLOGIE CLASSIQUE DE LA VILLE

Les cartes mentales n'ont pas permis de pointer précisément des points chauds dans les quartiers des individus interrogés, du moins sous une forme exploitable pour être cartographiés et intégrés dans la méthode d'identification des points de chaleur sur Bordeaux Métropole. De nombreux entretiens ont été réalisés par téléphone, ce qui n'a pas rendu l'exercice simple notamment pour maintenir une rigueur dans les différents tracés à réaliser.

En revanche, elles ont eu l'avantage de délier les langues, de faciliter l'émergence de discours sur l'expérience de la chaleur en ville, quand les individus ont parfois l'impression de faire assez vite le tour de ce sujet. Et surtout, elles ont permis de dresser une liste des éléments urbains et architecturaux qui semblent renforcer le sentiment de chaleur.

Principale grande famille d'éléments architecturaux qui renforcent le sentiment de chaleur : le béton, le bitume et la minéralité. La totalité des entretiens semi directifs menés révèle la mauvaise image qu'ont ces éléments architecturaux.

“

« Je n'arrive pas à comprendre qu'on continue ces p\*\*\*\*\* de constructions en béton avec des immeubles partout et qu'il n'y ait rien dans le respect des normes climatiques. J'entends par là des toits végétalisés, des façades végétalisées, moins de béton, plus de bois peut être, ce qui permettrait qu'au moins, l'air soit plus respirable. »

Janine, 56 ans

### **Le béton est unanimement décrié.**

Son aspect, sa couleur, son homogénéité, sa répétition rendent l'architecture interchangeable, d'un quartier à un autre, d'une ville à une autre, et renforcent le sentiment de l'inconfort du lieu en cas de chaleur. Il est d'autant plus décrié et pointé du doigt qu'il apparaît comme une matière qui s'est substituée au végétal, qui a pris la place de la nature et qui l'étouffe.

« Parce qu'il y en a des arbres, mais le revêtement vient jusqu'au tronc, faut laisser un peu de pelouse autour des arbres, les laisser respirer. Parce que toi tu étouffes, mais de voir un truc en asphalte qui ne respire pas, j'ai vraiment l'impression que le sol étouffe ».

Mathilde, âge non communiqué



Le béton est le produit de l'action de l'homme qui fabrique la ville au détriment des espaces naturels. Il renvoie à une production d'une ville financiarisée, accumulant des opérations immobilières à court terme sans charme, homogènes, et qui ne répond plus aux attentes et aux besoins des habitants toujours plus en demande de nature (Guillaume Faburel, 2019) et de singularité.

Les personnes interrogées critiquent aussi la ville patrimoniale et historique, plus souvent nommée sous le qualificatif de ville minérale, pour la distinguer de la ville de l'immobilier. Elles font la distinction entre la ville bétonnée et la ville minérale. L'esthétique de la ville minérale n'est pas remise en cause par la chaleur. Ce sont avant tout ses fonctions premières d'espace de rassemblement, vitalité, fréquentation large voire touristique, espaces de flânerie, de shopping qui sont sous le feu des critiques.

“

« J'ai toujours connu cette ville avec le miroir d'eau, mais je pense que l'évolution est plutôt à la négative quand je vois les projets d'aménagement des espaces publics de manière générale et notamment des places. Pey-Berland continue d'être extrêmement minérale, et quand il y a eu les canicules, on a proposé de mettre trois arbres sur la place avec des voiles pour faire de l'ombre et point barre, à Gambetta on a retiré des arbres. »

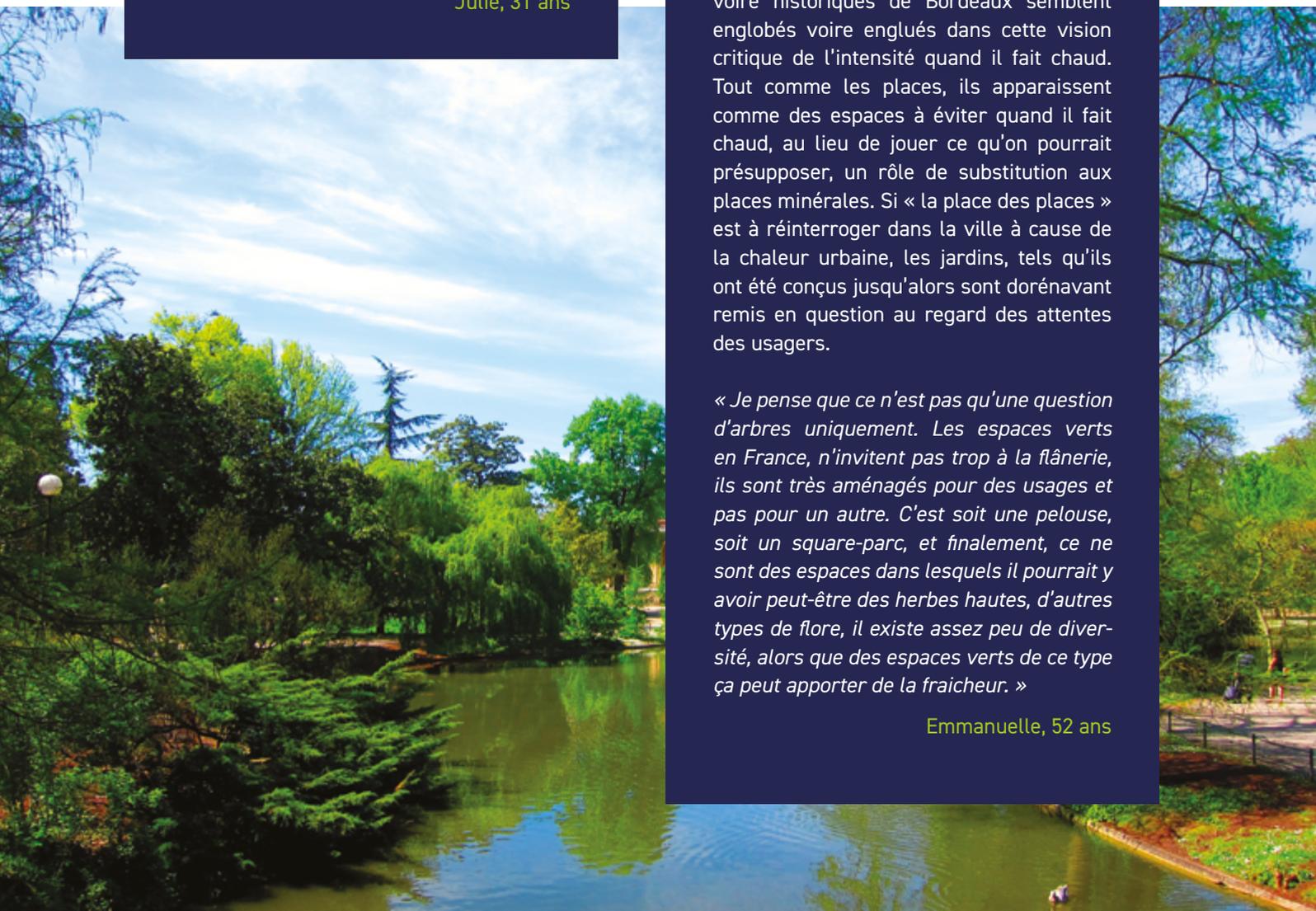
Julie, 31 ans

De manière plus surprenante, on assiste également à un phénomène d'évitement des jardins publics, à l'instar des grandes places structurantes de la ville patrimoniale de Bordeaux.

A l'origine, tout comme les places minérales, les jardins publics jouent, en ville un rôle de convivialité. Ce sont des lieux de rencontres, de croisement, de frottement social. Contre intuitivement, les jardins publics notamment les plus traditionnels voire historiques de Bordeaux semblent englobés voire englués dans cette vision critique de l'intensité quand il fait chaud. Tout comme les places, ils apparaissent comme des espaces à éviter quand il fait chaud, au lieu de jouer ce qu'on pourrait présupposer, un rôle de substitution aux places minérales. Si « la place des places » est à réinterroger dans la ville à cause de la chaleur urbaine, les jardins, tels qu'ils ont été conçus jusqu'alors sont dorénavant remis en question au regard des attentes des usagers.

« Je pense que ce n'est pas qu'une question d'arbres uniquement. Les espaces verts en France, n'invitent pas trop à la flânerie, ils sont très aménagés pour des usages et pas pour un autre. C'est soit une pelouse, soit un square-parc, et finalement, ce ne sont des espaces dans lesquels il pourrait y avoir peut-être des herbes hautes, d'autres types de flore, il existe assez peu de diversité, alors que des espaces verts de ce type ça peut apporter de la fraîcheur. »

Emmanuelle, 52 ans



Les jardins et espaces jardinés, étriqués et avec parfois juste un morceau de pelouse, semblent mal adaptés aux très fortes chaleurs. Au contraire, ils participent à produire une ville inconfortable, aux espaces « crevés », « secs », « desséchés » (termes employés par les personnes interrogés) plutôt qu'à la rafraîchir.

“

*« Copenhague (rire) il ne fait pas chaud et ils ont des arbres, c'est une ville où la nature est accessible facilement. Même en Hollande les parcs sont accessibles, ils ne sont pas fermés comme chez nous avec des grilles. Dans nos grands parcs on a des grilles partout, on a l'impression de rentrer. Là-bas ces parcs sont en pleine ville, on a l'impression que la nature est dans la ville quoi. Il y'a pas de séparation, ça ne fait pas pareil. Je trouve nos jardins inconfortables. »*

Céline, 49 ans

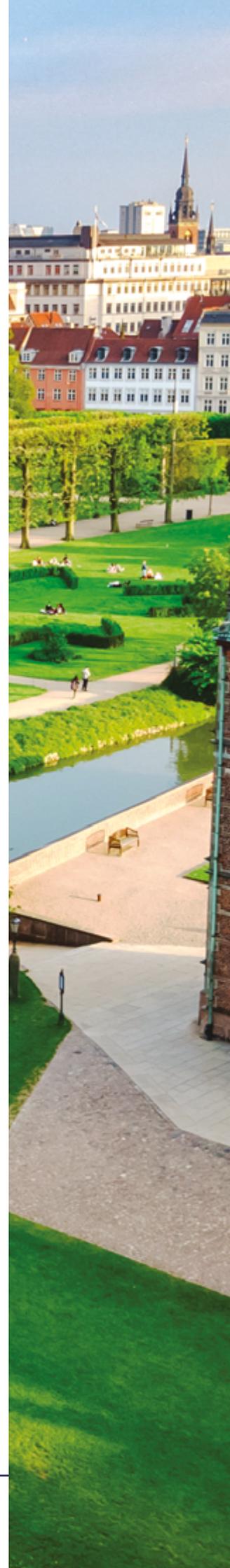
Enfin, c'est l'ensemble des aménagements liées à la mobilité en ville qui sont perçus comme accentuant la chaleur urbaine, et au-delà des seuls parkings. Les voies ferrées, les grands axes, boulevards, les cours, certains tronçons de pistes cyclables sont des endroits particulièrement chauds. **Les quais rive gauche ne sont pas épargnés, mais de manière beaucoup plus nuancée, seulement sur certains tronçons. Enfin, d'une manière générale, le trafic routier accentue l'effet de pollution et d'étouffement.**

*« Le quartier est brulant car il y a un hangar à côté de là en tôle qui rejette énormément de chaleur. [...] puis il y a tout ce qui est axes routiers. »*

Nicolas, 32 ans

*« Je dirai que c'est au niveau des grands axes, c'est très pénible et plus on monte au niveau du rond-point qui est au nord et plus il y a des bâtiments qui sont rapprochés et on a le sentiment d'étouffer. »*

Marine, 25 ans



## L'URBANITÉ QUAND IL FAIT TRÈS CHAUD : LE DOUBLE REJET DE VILLE MOROSE ET DU BAIN DE FOULE

Les attentes des usagers en matière d'urbanité semblent se contredire. La foule, synonyme de vitalité bruyante mais recherchée (Florida, 2002 ; Viviere 2015) est évitée à tout prix dès qu'il fait trop chaud. D'animation joyeuse, elle devient une agglutination oppressante et participe à augmenter la sensation de chaleur.

La rue Sainte Catherine, le Cours de l'Intendance, la place de la Comédie sont particulièrement fuis, et plus généralement tout le quartier généralement prisé des bordelaise.e.s et des visiteur.se.s du Triangle d'Or.

“

« Il y a difficilement des endroits pour se rafraîchir parce que les parcs à Bordeaux sont pleins et puis les rues aussi donc beaucoup de sentiment de chaleur partout. J'évite le centre-ville qui est hyper minéral. Quand je dis le centre-ville c'est plutôt l'hôtel de ville et le vieux Bordeaux tout ce qui est autour des Quinconces par exemple. »

Nicolas, 32 ans

« Les lieux à éviter c'est cours de l'intendance, Saint-Catherine, Victoire je n'y vais pas trop. C'est vrai que j'évite quand il fait chaud ou j'y vais tôt le matin à l'ouverture des magasins. D'autres lieux à éviter sont ceux où il n'y a que du béton. S'il n'y a pas verdure ça va vite devenir insoutenable surtout si on doit attendre »

Les rues étroites des quartiers médiévaux de Saint Pierre et de Saint Michel sont moins critiquées. Plus étroites, plus sombres, avec des tailles des terrasses de café plus réduites, elles sont moins propices à faire ressentir une sensation de foule gênante. Périgueux est ainsi cité comme une ville restant agréable quand il fait très chaud par cet urbanisme historique similaire.

Elodie 29 ans

Comme évoqué plus haut, les jardins publics ne sont que très faiblement perçus comme des lieux alternatifs et refuge. La sensation de foule fait figure d'un repoussoir plus fort que la nature qu'ils proposent en matière de rafraîchissement et d'apaisement.

Enfin, à l'autre extrême, une trop faible animation des places, des rues et des centres-villes participent à déprécier tout autant ces mêmes espaces quand il fait chaud. La morosité de l'ambiance urbaine, le quasi désertique en été, ce rythme à « l'espagnol », qui n'est pas une pratique culturelle ancrée est perçue comme un rythme urbain subi. Ainsi, de nombreuses petites villes moyennes sont citées en référence de villes repoussoirs l'été comme Limoges.





Les fortes chaleurs urbaines redessinent l'expérience de la ville. Elles exacerbent ses défauts, notamment tout ce qui a trait à sa minéralité, qui est pourtant l'ADN d'une ville. La chaleur bouscule les rythmes urbains, les déplacements et les mobilités du quotidien, mais aussi le rapport des habitant.e.s à l'urbanité, fonction pourtant la plus appréciée des citoyen.e.s et qui participe le plus à l'attractivité résidentielle des Métropoles.



# 4 L'avis des acteurs du territoire : l'atelier VISION





**La lutte contre la chaleur dans l'espace urbain peine à s'opérationnaliser et se systématiser dans les projets pérennes et/ou initiatives d'aménagements éphémères. La canicule de 2003 a cependant marqué un tournant dans les politiques urbaines. La chaleur en ville s'inscrit dans l'agenda politique non plus uniquement comme un enjeu sanitaire mais comme une préoccupation d'aménagement qu'il faut prendre en considération afin d'éviter les métropoles suffocantes.**

*« La prise de conscience c'est 2003. Du point de vue des alertes, on voit bien que tout ça s'est structuré. Au niveau de l'accompagnement des personnes fragiles, dans les mairies des choses sont mises en place. [...] Chaque été dans nos métiers, dès qu'il y a un pic de chaleur, les journalistes viennent nous voir et nous demandent « parlez-nous des îlots de chaleur, des îlots de fraîcheur, qu'est-ce que vous faites ? » C'est systématique »*

Directrice Energie, écologie, développement durable, Bordeaux Métropole

**Les différentes échelles de politiques territoriales adaptent leurs documents d'urbanisme. Localement, à l'image de la dynamique nationale, le temps est encore à l'appropriation de la problématique, l'acquisition d'une meilleure connaissance de la formation et de la localisation des ICU, et de la compréhension des enjeux qui se posent en termes d'aménagement.**

La Nouvelle Région Aquitaine s'est dotée d'un conseil scientifique sur le changement climatique, AcclimaTerra, qui place la lutte contre les îlots de chaleur comme un enjeu majeur de politique d'adaptation du territoire, en comparant les configurations urbaines de Bordeaux Métropole et des agglomérations de Poitiers et d'Agen. Parallèlement, le SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) de l'aire métropolitaine bordelaise fait évoluer ses orientations et cherche à sensibiliser les acteurs, dont les élus, sur une approche plus large des îlots de chaleur au-delà de la seule ville de pierre de Bordeaux.

*« Notre travail c'est aussi de leur expliquer que les îlots de chaleur c'est quelque chose de global, ce n'est pas uniquement sur Bordeaux ».*

Chargé de mission SYSDAU

**Mais c'est bien la ville de Bordeaux qui a été pionnière dans la lutte contre les îlots de chaleur en 2014 en développant une méthode de calcul de scores ICU pour chacun de ses quartiers. Cette méthodologie a d'ailleurs été reprise par l'agence d'urbanisme en 2018 pour l'appliquer au PLU intercommunal.**

Ainsi, la prise de conscience s'installe, la connaissance urbaine progresse, mais les exemples concrets de la mise en œuvre d'une manière de fabriquer une ville « plus fraîche », que ce soit dans des projets d'urbanisation ou d'intervention dans les tissus existants, restent peu nombreux et les références encore trop rares.

*« Dire qu'on veut rafraîchir c'est facile, il suffit de planter un arbre. Mais finalement, quand il s'agit de faire des projets, il faut les caser [les arbres] entre toutes les injonctions de stationnement de piste cyclables (modes doux), de la place pour la voiture. [...]. Ensuite on a une problématique de coût parce que dans les communes, les arbres ça veut dire de l'entretien, des coûts de fonctionnement et finalement quand on en arrive à arbitrer entre une place de stationnement et un arbre, parfois on va plutôt vers la place de stationnement »*

Responsable du service santé, qualité de vie au sein de la direction  
«énergie, écologie et développement durable» de Bordeaux Métropole

Dans ce contexte, une consultation des acteurs du territoire a été organisée en février 2020 sous la forme d'une journée atelier sur la thématique « **Quel rafraîchissement dans l'espace urbain pour l'avenir ?** »



*Extrait du flyer d'invitation à la journée atelier sur le rafraîchissement urbain du 4 février 2020*

## **CETTE CONSULTATION A RÉUNI 32 ACTEURS, ISSUS DES STRUCTURES SUIVANTES :**

- Bordeaux métropole (16 personnes : direction de l'Eau, de l'Urbanisme, des Espaces Verts, Energie Ecologie et Développement Durable)
- Agence de l'eau Adour Garonne (3 personnes)
- CAUE Gironde (1 personne)
- CREAQ (1 personne)
- ARS (1 personne)
- Consortium VISION (6 personnes)
- Monde associatif (3 personnes)
- Universitaire (1 personne)



# Deux grandes thématiques ont été abordées :

## 1 2050 : Un futur désirable ?

### Quel climat pour 2050 ?

Le climat en 2050 est globalement pressenti comme tel qu'il est décrit dans les scénarios du GIEC : chaleurs fortes et prolongées, générant un inconfort tant de jour que de nuit, avec une intensification des phénomènes extrêmes (orages, inondations, incendies, etc.). L'élévation du niveau de la mer est évoquée, tout comme la diminution de la ressource en eau douce (déficit hydrique six fois plus important qu'à l'heure actuelle à l'échelle du bassin versant Adour Garonne en 2050).

Plusieurs conséquences associées à ce bouleversement climatique sont évoquées : lissage des saisons, prolifération de moustiques, sécheresses, fractures sociales accentuées, etc...

Certaines notes positives émergent comme une amélioration de la qualité de l'air, voire une meilleure protection de la ressource en eau. Ce scénario plus optimiste résulterait de la prise de conscience d'aujourd'hui en 2020, qui porterait ses fruits à l'horizon 2050. .

### Comment sont rafraichies les métropoles en 2050 (ex de Bordeaux) ?

En 2050 les métropoles sont avant tout rafraichies grâce aux espaces verts arrosés de manière raisonnée. Outre les espaces verts classiques, les villes sont maillées en été d'îlots frais temporaires, pour lutter contre les phénomènes d'îlots de chaleur urbains.

Les façades et toits des bâtiments sont massivement végétalisés, et les zones de baignades mutualisées, tant en intérieur qu'en extérieur, se sont multipliées. L'infiltration douce (noues,

parkings désimperméabilisés, etc.) s'est démocratisée sur l'ensemble du territoire des métropoles. Cette recirculation depuis la surface vers les nappes s'accompagne d'un débusage des cours d'eau.

Des fontaines à boire, plus visibles et intégrées dans un parcours d'eau sont réparties dans la ville. Celle-ci offre davantage de zones ombragées et a recours à des matériaux passifs et à fort albedo ainsi qu'à des peintures thermochromiques. Les climatiseurs et les piscines chez les particuliers sont en revanche interdits, ou à minima règlementés.

### Quelle est la place de l'eau dans ces solutions et stratégies ?

En 2050, il y aura assez d'eau pour produire de la nourriture, mais la surconsommation, la dégradation des ressources et l'impact du changement climatique en réduiront la disponibilité.

Comment stocker cette ressource ? Comment l'utiliser pour rafraichir les métropoles ? Le constat qui se dégage est que nous aurons de l'eau en 2050 (augmentation des pluies hivernales) mais qu'il faut trouver le moyen de la stocker et de limiter la surconsommation.

Les usagers pourront alors se rafraîchir grâce à des services offerts par la métropole comme des zones de baignades mutualisées, des zones humides ouvertes, un meilleur usage des fleuves ou autres parcours d'eau le long de cours d'eau «renaturés». Des zones de rafraichissement ponctuelles pourront être proposées (ex. Ilots de fraîcheur), avec une ressource en eau réutilisée dans la mesure des contraintes sanitaires.

## 2

# 2020-2035 : les étapes à court et moyen terme pour y parvenir (avec un focus "eau")

### 2035 : à moyen terme où en est-on ?

A moyen terme, en 2035, le PLU a été révisé de manière à libérer des emprises pour effectuer des plantations encadrées par un protocole raisonné de revégétalisation de la ville, mais également pour permettre le stockage inter-saisonnier d'eau en sous-sol.

Les textes réglementaires autour de l'accès à l'eau, ainsi que les documents d'urbanisme ont été réévalués pour répondre au réchauffement climatique en vigueur. Face aux canicules estivales, des îlots de fraîcheur temporaires axés sur la brumisation et le végétal sont répartis dans la métropole.

La réutilisation d'eau s'est également démocratisée, notamment pour l'arrosage des espaces verts. Ceux-ci se sont généralisés et maillent le territoire de la métropole. Ils s'accompagnent de ruisseaux et bras artificiels qui permettent aux fleuves de divaguer au cœur même de la ville. Ils s'appuient également sur une désimperméabilisation des espaces bitumés.

Les points d'eau mutualisés (piscines en intérieur et zones de baignade en extérieur) se sont multipliés, en parallèle d'une réglementation contraignante (voire d'une interdiction) sur les piscines privées.

### 2021 : à court terme : que mettre en place ?

Parmi les actions à initier dès aujourd'hui, la révision du PLU et l'actualisation d'outils juridiques occupent une place centrale dans une perspective de récupération d'un foncier destiné à la végétalisation de l'espace public ainsi qu'au stockage de l'eau en ville.

Il est également préconisé de lancer d'ores et déjà une série d'études pour appuyer les décisions à venir, tout en réalisant - en parallèle - des opérations de pédagogie à destination des élus et des jeunes générations, parmi lesquelles se trouvent les décideurs de 2050.

Le développement de sites pilotes, fournissant à la fois des supports d'étude et des éléments de pédagogie est recommandé. Parmi les pistes de travail sont évoquées : la mise en place d'un parcours d'eau en ville, doté d'une signalétique appropriée ainsi que le démarrage d'un programme concerté, raisonné et multipartite autour de la place du couvert végétal en ville (gestionnaires, citoyens, scientifiques, associations, etc.).

Il est recommandé de se pencher dès aujourd'hui sur les solutions de désimperméabilisation des sols (ex. Dans les cours d'école), la faisabilité des îlots de fraîcheur temporaires, la réalisation de nouvelles zones de baignades mutualisées en extérieur et en intérieur, le tout en favorisant des partenariats entre les divers territoires de la métropole, ainsi qu'avec les promoteurs immobiliers.



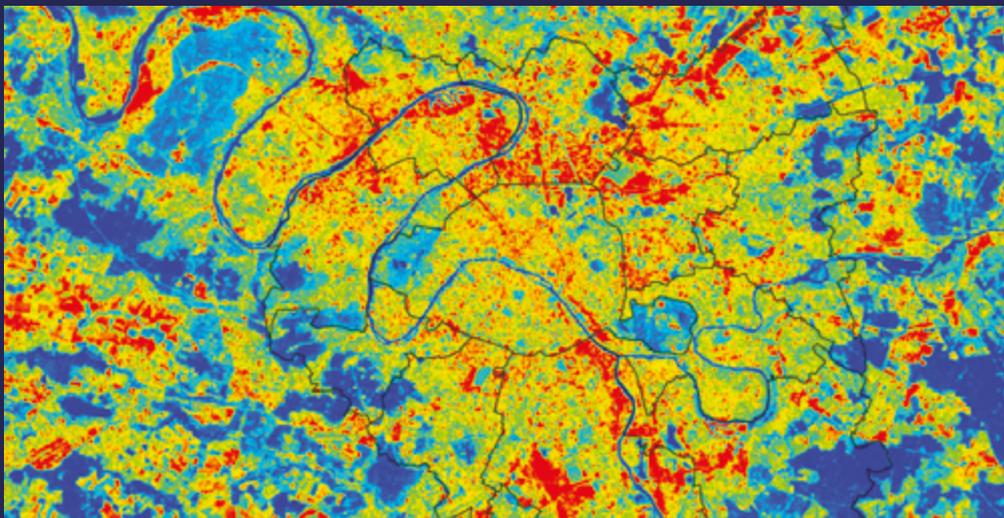
# 5 Quel espace sélectionner sur un territoire?





## Approches actuelles

Deux grandes approches cohabitent aujourd'hui pour accompagner les collectivités dans l'identification des îlots de chaleur (ICU) urbains. La première est l'approche thermographique infrarouge qui permet, grâce aux prises de vue du satellite LANDSAT, de collecter une information globale à l'échelle d'un territoire sur la chaleur émise par les surfaces.



*Thermographie d'été de la ville de Paris (source Apur)*

La seconde, co-portée notamment en France par le CEREMA et l'université Nancy Lorraine dans le cadre de la thèse Caractérisation des îlots de chaleur urbain par zonage climatique et mesures mobiles : Cas de Nancy (Leconte, 2015), est l'approche LCZ (Local Climate Zone).

Cette méthodologie, issue des travaux de Stewart et Oke (2012), redécoupe le territoire en zones climatiques urbaines de la taille de quelques îlots ou d'un quartier. Les zones définies répondent au double principe d'homogénéité de composition urbaine et d'homogénéité climatique. La classification LCZ regroupe 17 classes permettant de qualifier n'importe quel territoire par le biais de 10 indicateurs décrivant la morphologie des rues et des bâtiments, la nature et l'occupation du sol, le niveau d'activité anthropique et les propriétés thermiques des surfaces et des matériaux.



Cartographie LCZ de la chaleur en ville à Paris (source Institut Paris Région)

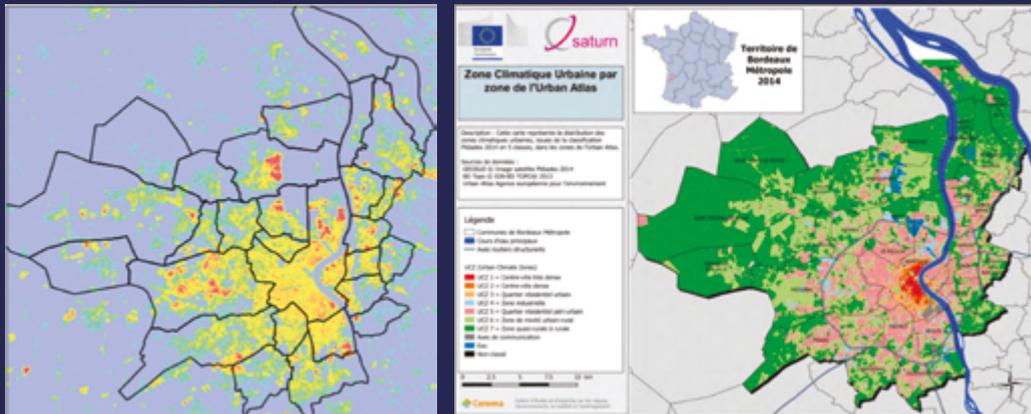
Cette classification a été ajustée par le CEREMA pour évaluer la chaleur en ville et ainsi identifier les îlots de chaleur. Les LCZ sont une méthode plus ancienne que l'approche thermographique pour l'analyse des territoires urbains sur la problématique ICU. Elles permettent une première caractérisation du phénomène à une échelle des grands territoires.



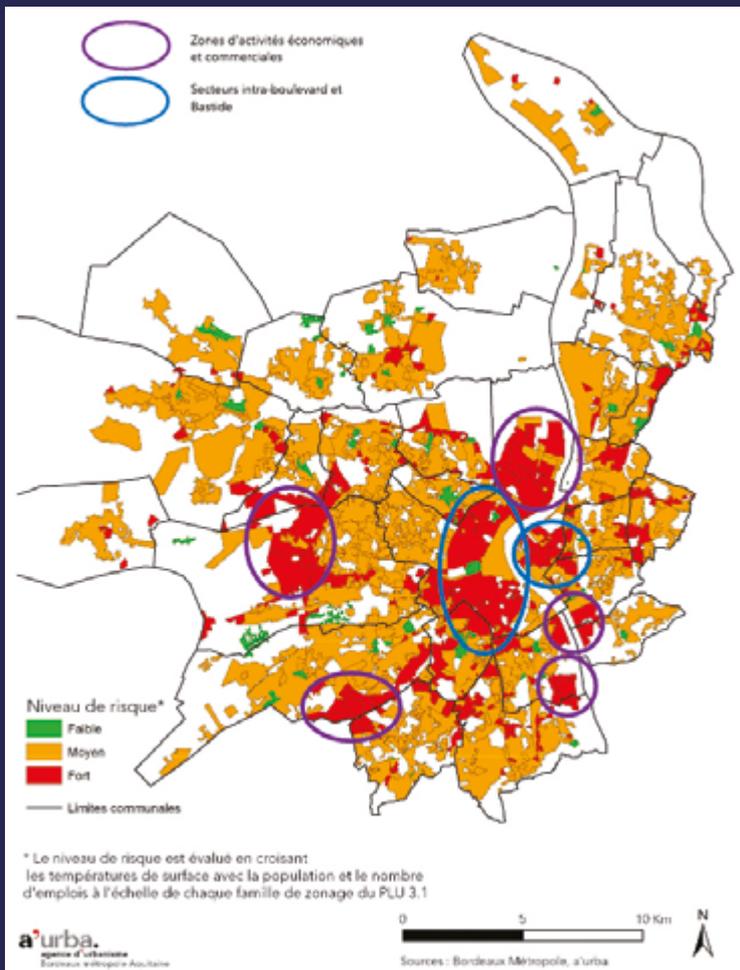
## Outil méthodologique VISION

Le projet VISION concernait le territoire de Bordeaux Métropole. Sur le sujet de la chaleur en ville, la collectivité a déjà à disposition :

- La thermographie d'été réalisée par ACMG (Association de climatologie de moyenne Garonne) en 2014 et 2018
- La cartographie LCZ réalisée par le CEREMA sur le territoire de Bordeaux métropole
- Le document Adapter les tissus urbains de la métropole bordelaise au réchauffement climatique publié par l'A'Urba en 2019 (rapport intermédiaire).



Thermographie d'été 2018 (gauche, source ACMG), cartographie LCZ (droite, source CEREMA)

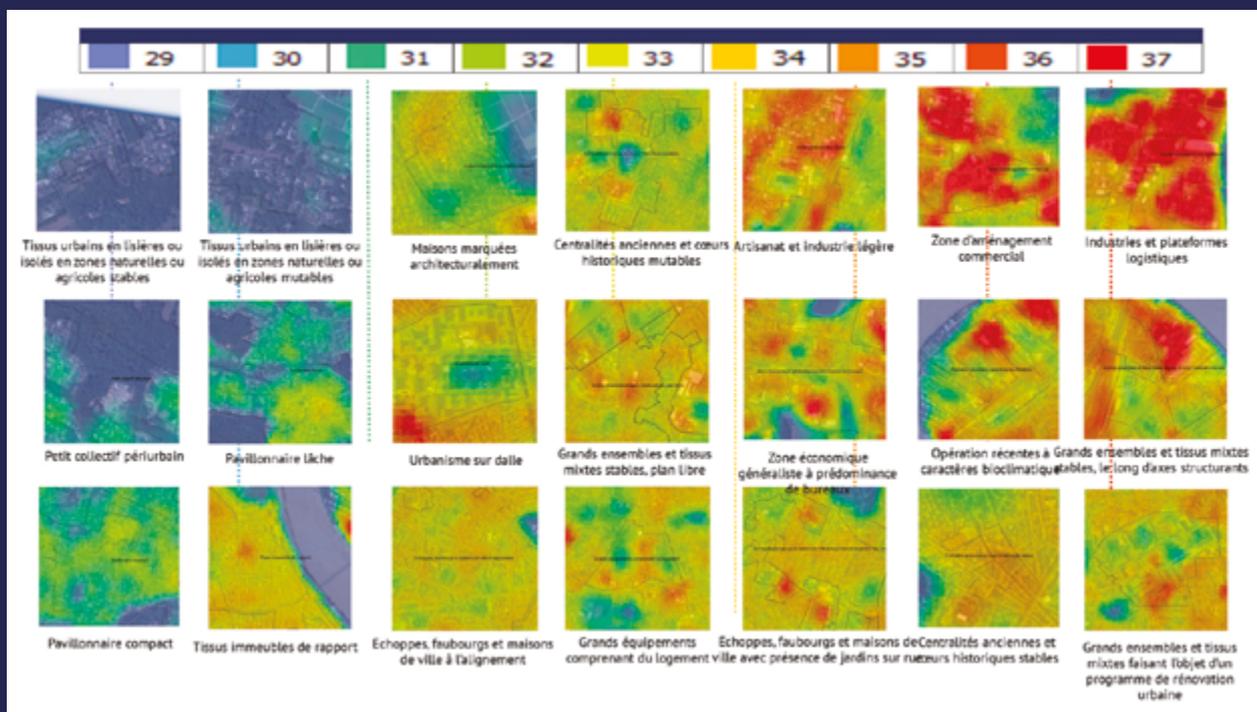


Niveaux de risque des tissus urbains de Bordeaux Métropole (Bas, source A'Urba)

Dans le projet VISION, nous avons choisi de travailler à partir de la carte satellite, facilement utilisable car la température de surface est une valeur intégrative de l'ensemble des paramètres de l'espace urbain. La carte satellite permet d'avoir un pixel de l'ordre de 30m, d'obtenir des images de jour comme de nuit, de suivre l'évolution des températures relatives dans le temps, et de zoomer sur des zones spécifiques. Elle est par ailleurs intégrable au SIG de la collectivité. Cependant, il est rapidement apparu que ces approches cartographiques ne permettaient pas de répondre totalement à la question soulevée dans le cadre du projet VISION : **Où est-il pertinent et faisable de déployer des solutions de rafraîchissement en ville ?**

En effet, l'information qu'elle renseigne sur la chaleur de surface sans prendre en compte l'occupation du sol par les populations. [A titre d'exemple sur le territoire bordelais il ressort de la thermographie d'été que les ICU sur le territoire sont – entre autres – les centre commerciaux car leurs toitures et leurs parkings présentent un faible albedo : mais les centres commerciaux sont-ils des lieux où les usagers souffrent plus qu'ailleurs de la chaleur ? Non].

L'A'urba s'est posé la même question, et ses travaux vont plus loin. L'agence d'urbanisme bordelaise a croisé la population résidente et le nombre d'emploi avec les températures de surface. Elle a travaillé à partir du PLU pour faire des préconisations par type de sous-ensemble. Le rendu créé permet de connaître le risque chaleur associé à chacun des sous-ensembles du PLU de Bordeaux métropole. Cependant, la maille produite est trop grande pour répondre à la question posée dans le cadre de VISION (ce travail a été conduit dans le projet, mais a été jugé trop macro pour répondre au questionnement, cf Figure ci-dessous). Cette approche ne permet pas de descendre au niveau d'une place ou d'une rue, mais seulement au niveau de la maille du PLU dans laquelle cette place ou cette rue s'inscrivent. Qui plus est, cette approche n'est répliquable que si le PLU du territoire cible est suffisamment détaillé. Dans le cas contraire, l'outil développé n'est pas pertinent.



Recoupement des couches du PLU par rapport à la carte des ICU – réalisation dans le cadre du projet VISION

Un outil répondant spécifiquement à la demande a donc été développé. Cet outil cartographique recoupe la démarche de l'A'Urba en croisant les températures de surface avec des données INSEE issues de la base de données FiLoSoFi. Cette base de données publique répertorie sur tout le territoire français des données sociétales ainsi que des indicateurs de niveau de vie. Utilisée dans le projet elle a permis de croiser la température de surface (source : thermographie satellite, mailles de 30m de coté) avec la densité de population résidant sur le territoire (données FiloSoFi, mailles de 200m de coté)

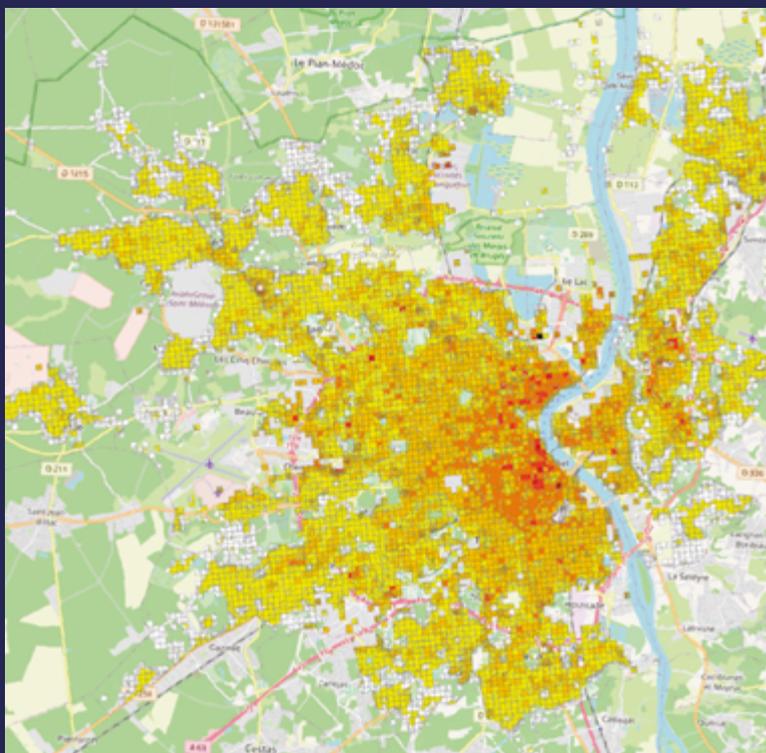
**Ces données ont été croisées avec les températures de surface de manière à redécouper le carroyage initial en un carroyage plus fin. Chaque nouveau polygone créé possède :**

- Une température de surface homogène
- Une densité moyenne de population homogène

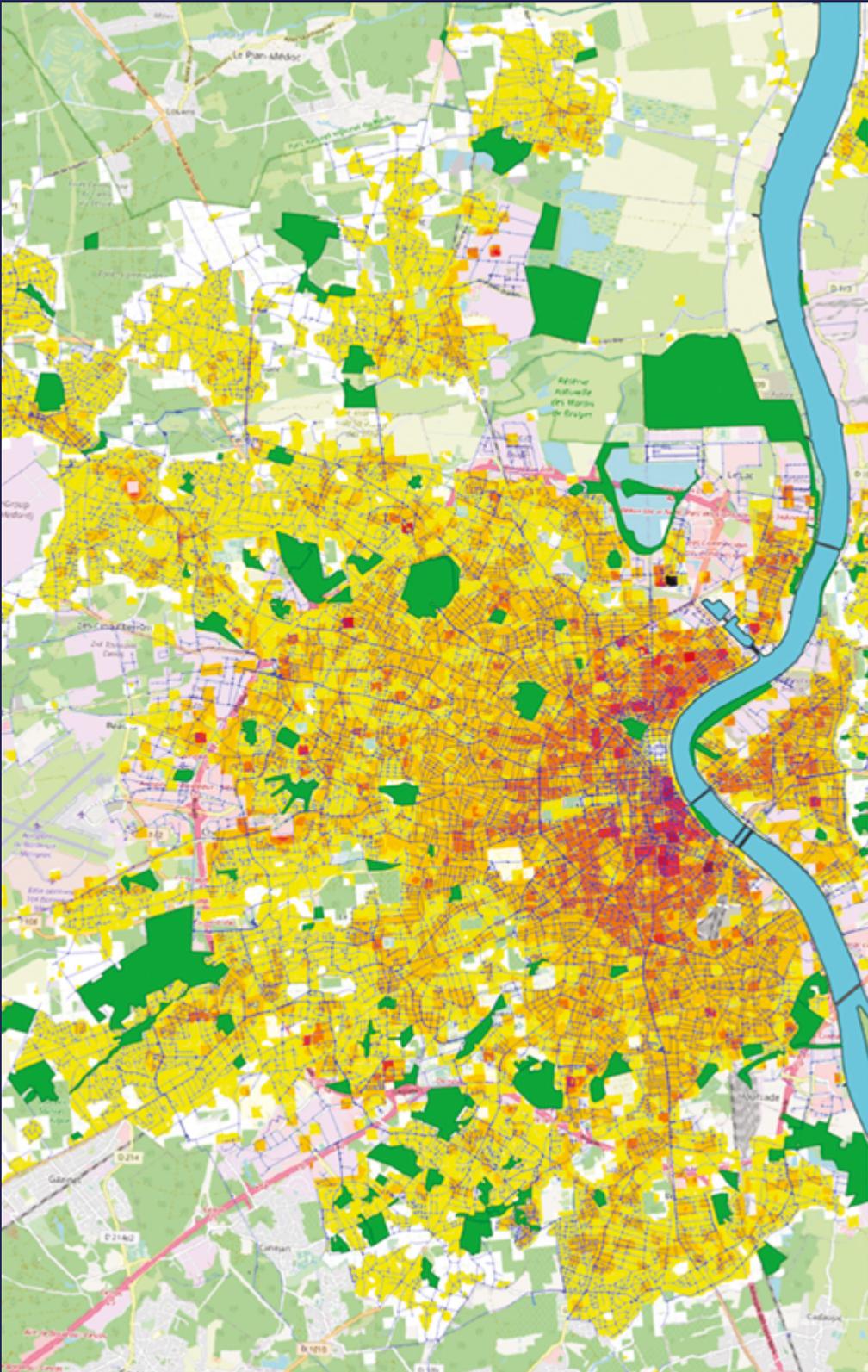
Les données sont standardisées, puis un indice de pertinence pour déployer un îlot de fraîcheur en ville (Indice IFU) est ensuite calculé comme suit :

$$\text{Indice IFU} = 0.5 \times T^{\circ}\text{C de surface (\%)} + 0.5 \times \text{Densité (\%)}$$

L'indice est borné entre 0 et 100. Plus il est élevé, plus le polygone est pertinent pour déployer une solution IFU. La valeur de l'indice calculée est ensuite projetée sur le territoire, sous SIG.

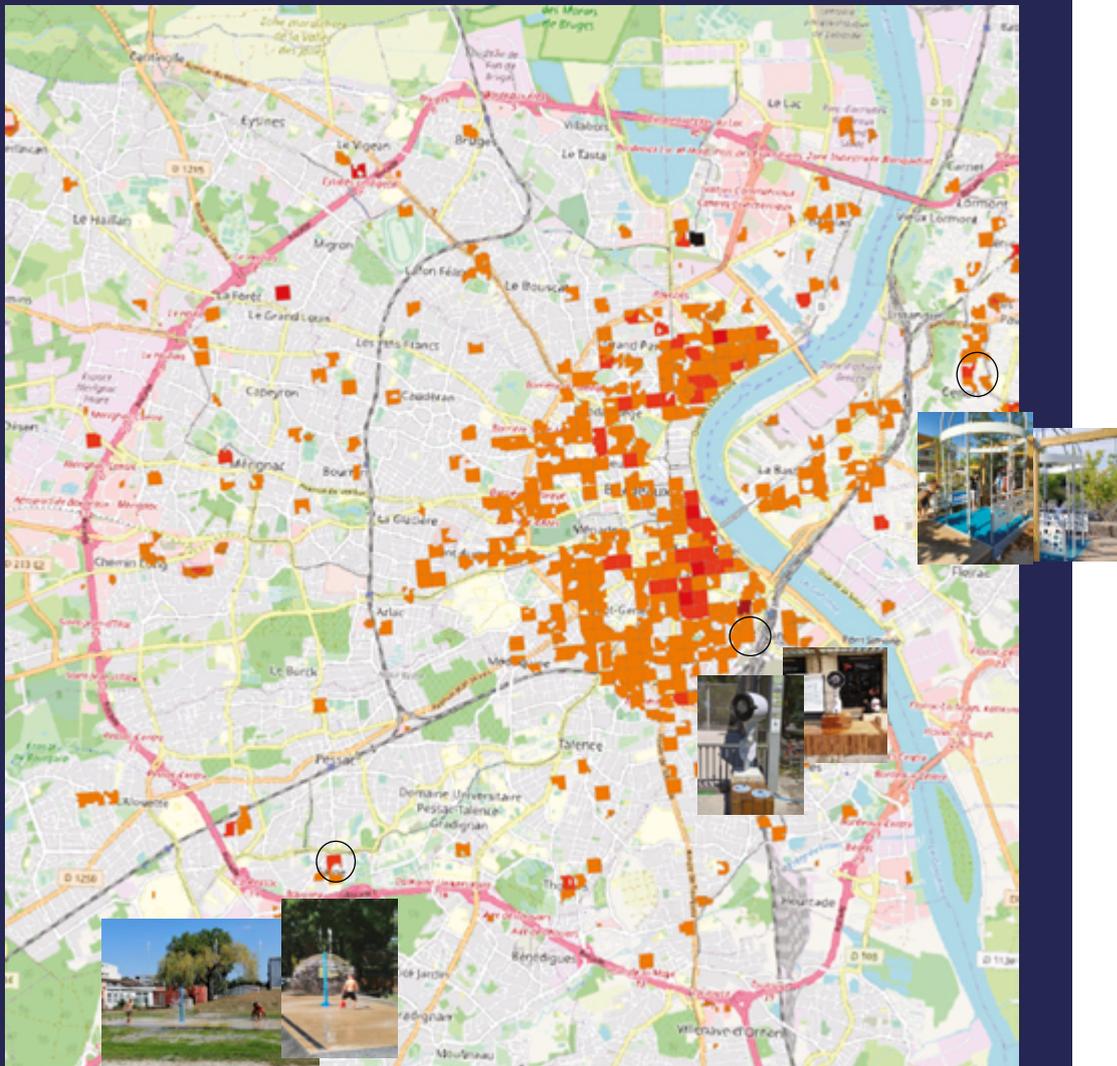


*Projection de l'indice IFU sur le territoire de Bordeaux métropole. Le gradient de chaleur des couleurs correspond au gradient de pertinence pour déployer un IFU*



*Projection du réseau d'adduction d'eau potable et des espaces verts sur la cartographie IFU*

Les polygones présentant des valeurs supérieures à la médiane sont conservés et indiquent les espaces les plus pertinents pour déployer un IFU.



Projection de l'indice IFU sur le territoire de Bordeaux métropole. Seuls les polygones présentant une valeur supérieure à la médiane sont conservés



Cette méthodologie permet, en couplant des données de thermographie et des données sociétales INSEE, de cibler avec précision les espaces publics pertinents pour déployer un îlot de fraîcheur urbain (IFU).

# 6 Evaluation du pouvoir rafraichissant de solutions existantes





# Les besoins en solutions de rafraîchissement : une réalité et un marché en devenir (Benchmark VISION)

La demande en solutions de rafraîchissement est une réalité, tant du point de vue des usagers que des acteurs du territoire (ex. manifestation Paris Plage, qui existe depuis 2002, REX socio VISION). L'offre est cependant encore relativement restreinte. Elle se divise principalement en trois axes :

- Les jeux d'eau
- La brumisation
- Le végétal

Parallèlement à ces solutions « classiques », des solutions émergentes voient le jour. Elles ne sont cependant pas toujours en adéquation avec les réalités de terrain. Leur déploiement est séduisant sur le papier mais il peut être limité en conditions réelles, pour trois raisons principales :

- Leur coût
- La surface nécessaire à leur installation
- Leur complexité technique

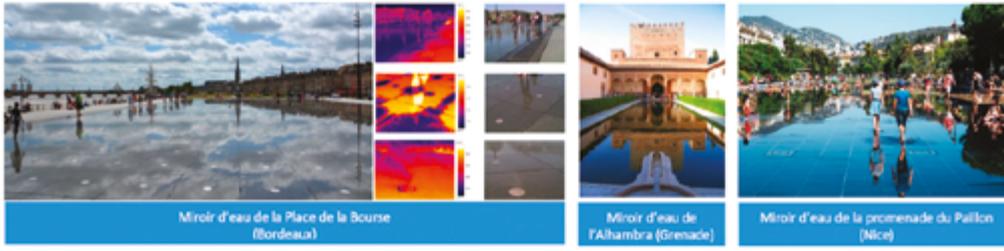
En outre, bien que novatrices, ces solutions ont parfois un pouvoir rafraîchissant faible face aux coûts d'investissement et d'exploitation qu'elles engagent.

Le benchmark VISION (cf Annexes) présente un listing des solutions aujourd'hui disponibles sur le marché et propose une évaluation de leur pertinence.

Parmi ces solutions on citera par exemple :

- Les miroirs d'eau (Bordeaux, Nantes, etc.)
- Les parklets (ex « La vague », à Montreal)
- Les arbres de pluie (ex. Paris 10<sup>e</sup>)
- Les murs d'eau (ex. Aix en Provence)

## LES MIROIRS D'EAU



Miroir d'eau de la Place de la Bourse (Bordeaux)

Miroir d'eau de l'Alhambra (Grenade)

Miroir d'eau de la promenade du Paillon (Nice)

Un exemple, fort de son succès et porté par Michel CORAJOU est l'aménagement de la place de la Bourse à Bordeaux. Autrefois lieu de stockage de conteneurs puis lieu de stationnement, il a été totalement transformé pour y intégrer un miroir d'eau en 2006.

Aujourd'hui, c'est un point de rencontre pour les Bordelais, un espace convivial et de détente, mais surtout un lieu de fraîcheur extrêmement prisé dès le printemps, et ce avec seulement 2 cm d'eau et de nombreuses séquences de brumisation. En période estivale, le miroir d'eau devient victime de son succès car les utilisateurs se sont appropriés l'équipement en venant littéralement se « baigner » et s'y installer pour se rafraîchir.

## LE MIROIR D'EAU DE BORDEAUX EN CHIFFRES

Eau utilisée : eau potable en circuit fermé

Surface : 3450 m<sup>2</sup>

Caractéristiques :  
Réservoir d'eau potable en sous-sol : 700 m<sup>3</sup>

Effet brouillard : 5 injecteurs pulsent l'eau dans les 960 injecteurs en surface.

Consommation en eau :  
2 000 à 3 000 m<sup>3</sup>/an  
Soit une perte d'eau journalière de 1.5% de la capacité du réservoir.



## L'ARBRE DE PLUIE à Paris :

Alors que les températures quotidiennes parisiennes dépassent les 30°C, l'arbre de pluie, véritable dispositif de rafraîchissement urbain pour lutter contre les îlots de chaleur, est une installation technique sonore et de jeux d'eau qui se greffe sur des arbres existants pour inventer un « arbre augmenté » qui fait tomber la pluie lorsqu'il détecte un cri.

### Principe

Les fines gouttes de pluies se dispersent à travers les feuilles et créent des reflets pour les yeux et les oreilles. La brume ainsi produite permet d'abaisser la température dans des environnements citadins et minéraux comme le Square Schwartzberg.

L'objectif de cette expérimentation de quatre jours est de pouvoir identifier les quantités d'eau nécessaires et de pouvoir rendre le dispositif autonome. Aujourd'hui issue de la fontaine du parc, l'eau devrait, à long terme, être de l'eau de pluie récupérée, assainie et rendue potable. Cependant aucune information complémentaire nous permet de connaître les systèmes prévus pour la filtration et le stockage de ces eaux pluviales.



Arbre de pluie, Square Schwartzberg à Paris, 10e



Exemple de fiches tirées du benchmark VISION : Haut, miroirs d'eau. Bas, arbre de pluie



Exemple de solution de rafraîchissement au design innovant : « la vague », parklet installé en 2017 à Montreal

Ce travail met en exergue les critères permettant de proposer les solutions les plus adaptées en fonction de différents contextes (solutions durables ou temporaires, disponibilité de surface, possibilité d'investissement, fréquentation...) **avec les considérations suivantes :**

- Le pouvoir rafraîchissant : nécessité d'évaluer le ressenti de fraîcheur au niveau des usagers, et donc de savoir si la solution permet d'améliorer la qualité de vie au sein de l'ICU.
- La consommation en eau : quantifier au mieux le volume d'eau (potable ou non) nécessaire au projet, définir le niveau de consommation acceptable.
- La consommation d'énergie : le besoin électrique doit être pris en compte et limité voire évité car il induit des contraintes et des coûts supplémentaires.
- La facilité de mise en œuvre : ne pas négliger les travaux nécessaires à la mise en place de la solution dans l'espace public.
- L'intégration dans le paysage urbain : ne pas dénaturer la qualité architecturale de la ville ou du quartier.
- La facilité d'entretien : évaluer les opérations d'entretien et le cout d'exploitation nécessaire au bon fonctionnement quotidien de la solution.
- Le respect de l'environnement : évaluer l'impact environnemental (consommation en eau, éco matériaux, bilan carbone...).

En complément de ce benchmark, des mesures de terrain ont été réalisées pour estimer le pouvoir rafraichissant de solutions de fraîcheur en ville basées sur l'eau. Le couvert végétal, élément indissociable de la fraîcheur en ville et tributaire de la ressource en eau a été inclus dans cette étude.

**Les solutions testées sont les suivantes :**

Végétal	Eau
Espaces urbains boisés Arbres d'alignement	Fontaines ornementales Brumisateurs-ventilateurs Kiosque brumisant Aires de jeux d'eau Rafraichissement de la chaussée (eau, peinture blanche)



# L'arbre en ville

## PARCS URBAINS

L'été 2019, le différentiel de température et d'hygrométrie a été suivi sur un gradient de végétalisation allant d'un parking bitumé jusqu'à un bosquet urbain, en passant par une pelouse et une orée de bois.

Dates mesures : 22 août 2019

Site : parc du haut carré, à Talence (33).

Température de l'air : 33°C au moment de la mesure (source Météo-France).

Matériel : Température et humidité relative, thermomètre sonde KIMO. Température ressentie (Wet Bulb Globe Temperature, cf. chapitre Brumisateurs-ventilateurs), thermomètre à boule noire.



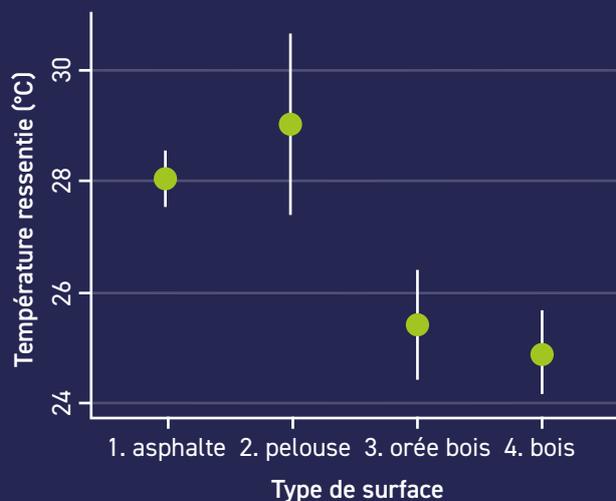
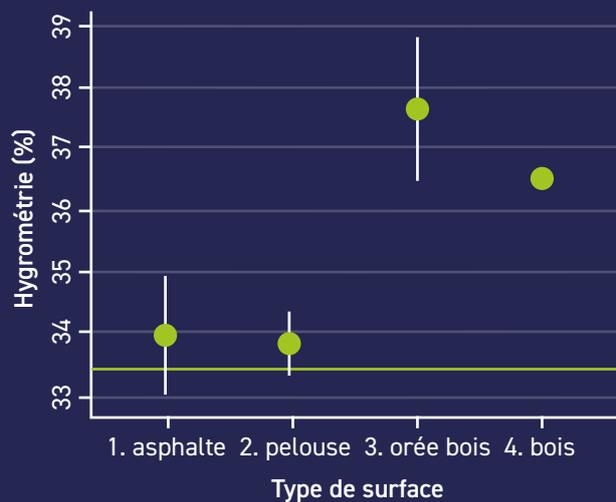
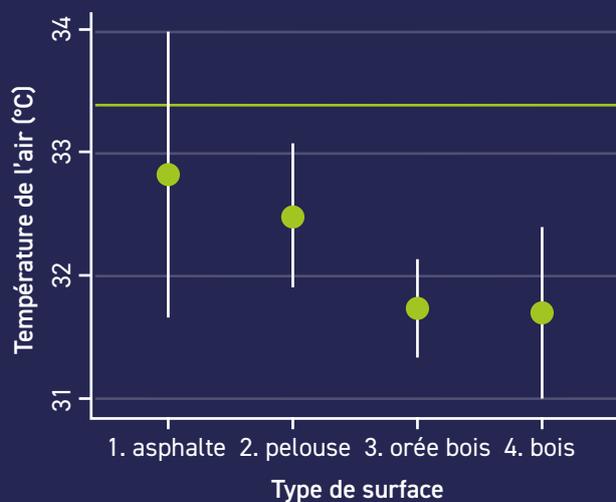
Gradient de mesure, parc du haut carré (Talence, 33)



Vues de la zone d'étude ( de haut en bas 1 : zone asphaltée, 2 : pelouse, 3 : orée du bois, 4 : centre du bois)

### Le long du gradient :

- La température de l'air mesurée ne diminue pas en passant du parking bitumé (32.8°C) à la pelouse (32.7°C).
- A l'inverse, elle chute d'1°C, à 31.8°C au niveau du bosquet (dès l'orée du bois). Ce delta d'1°C de température de l'air s'accompagne d'une légère augmentation de l'humidité relative de l'ordre de 3%.
- La température ressentie a quant à elle diminué de 2°C dans le sous-bois (25.5°C contre 28°C en moyenne dans les aires non couvertes).



Température de l'air (°C), humidité relative (%) et température ressentie (°C) :

Au soleil : zone asphaltée et pelouse ;

A l'ombre : orée du bois et cœur du bois

(n=3, 22.08.19, parc du haut carré, Talence)

Lignes vertes = température de l'air et l'humidité relative enregistrées par la station météorologique la plus proche (Lycée V. Louis, Talence)



## VISION

La température ressentie dans un bosquet urbain est **2°C** inférieure à celle ressentie dans un espace découvert. La température de l'air est **1°C** inférieure dans l'espace boisé, et l'humidité y augmente de **4%**.

## ARBRES D'ALIGNEMENT DANS L'ESPACE URBAIN

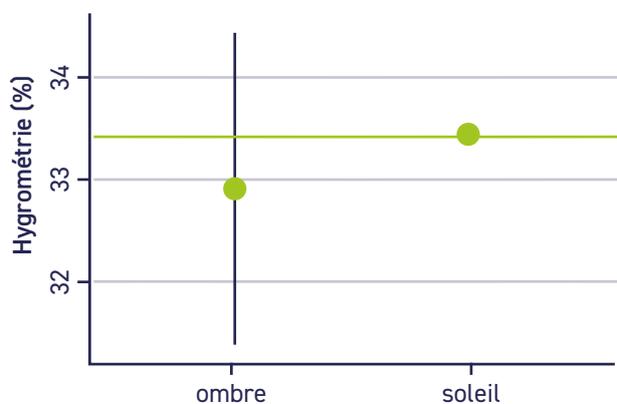
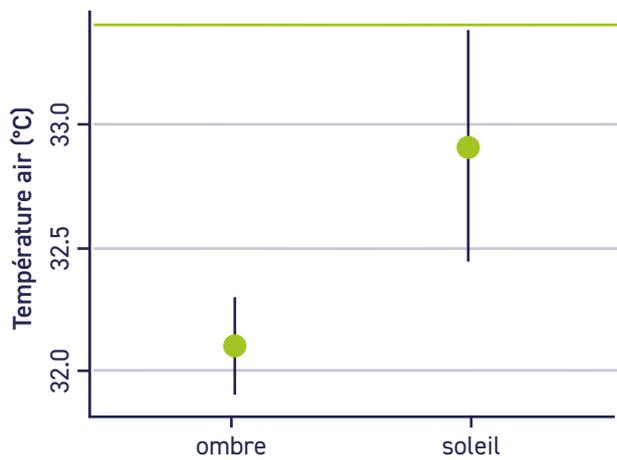
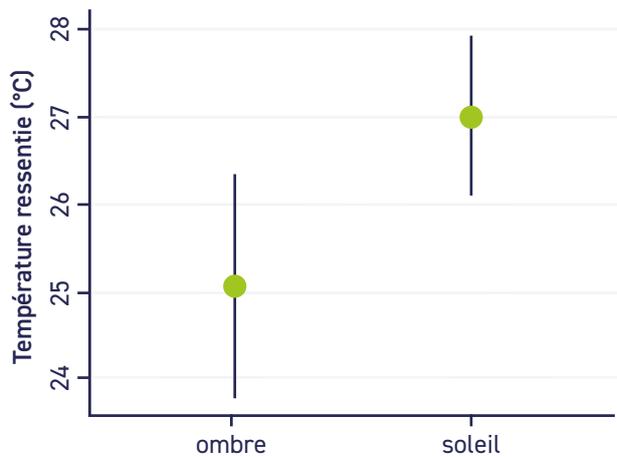
Le gain fraîcheur fourni par les arbres d'alignement en ville a été suivi lors de deux campagnes en 2019, et en 2020.

**2019** : Mesures réalisées sous canopée d'arbres unitaires matures le 22/08 (place Alcalá de Henares, Talence).

Un arbre mature définit un arbre qui n'est pas arrosé. En effet, sur le territoire de Bordeaux métropole les arbres sont arrosés pendant les 3 premières années consécutives à leur plantation, puis ils sont ensuite considérés comme autonomes pour satisfaire à leurs besoins en eau grâce au développement de leur système racinaire.



Vues du site d'étude (Place Alcalá de Henares, Talence)



Température de l'air (°C), humidité relative (%) et température ressentie (°C) : au soleil sur zone asphaltée et à l'ombre d'un arbre isolé (n=3, 22.08.19).

Les lignes vertes renseignent la température de l'air et l'humidité relative enregistrées par la station météorologique la plus proche (Lycée V. Louis)

A l'image de ce qui a été observé dans le sous-bois, et malgré la surface d'ombrage restreinte, le différentiel de température de l'air est, entre les zones "sous" et "en dehors" de l'ombre fournie par le houppier, de l'ordre d'1°C. L'humidité relative, en revanche, ne varie pas dans cette série de mesures. Le delta de température ressentie est de l'ordre de 2°C comme dans le bois.

## VISION

Sur la base des premières mesures de 2019, il apparaît qu'un **arbre mature d'alignement en ville** fournit le même gain de fraîcheur qu'un **sous-bois** (delta de température de l'air de 1°C et delta de température ressentie 2°C), sans impacter l'humidité de l'air. **La surface rafraichie, cantonnée à l'espace sous le houppier, est en revanche très réduite.**

**2020** : Le site retenu pour la campagne 2020 est une place du centre-ville de Bordeaux, en contrebas du cours du chapeau-rouge : la place Jean Jaurès. Cette place est plantée de 19 micocouliers répartis en maille, à environ 5m d'intervalle.



Cette expérimentation a été perturbée par la crise COVID puisque des sondes capacitives, qui devaient permettre de mesurer en continu l'humidité dans le sol, ont été reçues après la fin de la période estivale. L'humidité du sol n'a donc pas pu être mesurée. Les mesures de températures et d'humidité dans l'air ont été réalisées dans les temps.

**Expérimentation** : Estimer le pouvoir rafraichissant de ces arbres d'alignement lors d'une journée chaude

**Date** : 06/08/20, 14-16h,

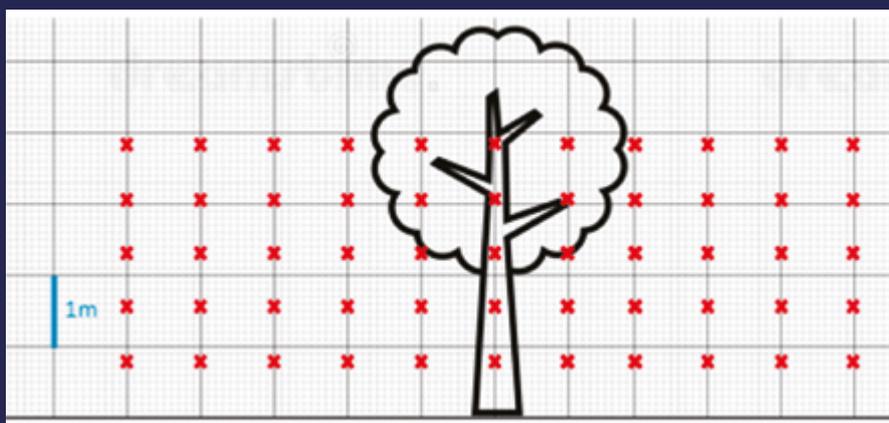
T°C ext. 34°C. Hygrométrie de 20%.

Des mesures de température et d'humidité relative (sonde Kimo) ont été réalisées autour de deux arbres en respectant une grille prédéfinie pour ensuite modéliser l'enveloppe de fraîcheur générée par un arbre (logiciel R, package AKIMA).

Une mesure des températures de surface par caméra thermique a également été réalisée

Les deux arbres (micocouliers) retenus pour cette étude sont de même âge, de même taille et présentent le même port de houppier.

**Témoin négatif** : lampadaire à proximité.



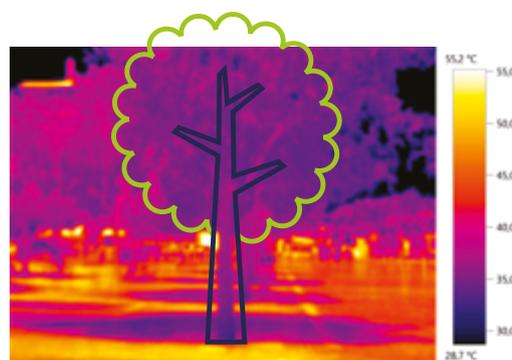
Grille de mesure utilisée par l'opérateur pour modéliser l'enveloppe fraîcheur de l'arbre

### Résultats

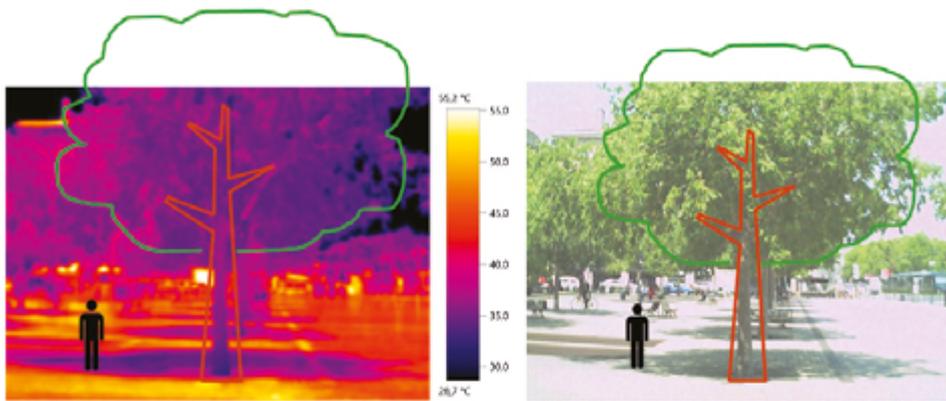
La température au sol dans la zone non protégée par le houppier est dans la gamme 45-55°C, tandis qu'à l'ombre du houppier elle oscille autour de 35°C. En moyenne, le gain de fraîcheur au sol apporté par le houppier des micocouliers testés est d'environ 15°C.

Le 06/08/20, en situation découverte, la température de l'air à hauteur d'enfant (1m) est en moyenne de 38.5°C. Elle diminue d'environ d'1°C par mètre (37.5°C à 2m de hauteur, 36.5°C à 3m). L'humidité relative est assez homogène dans la zone de test (32% ± 4%). Sous les micocouliers testés, à hauteur d'homme et d'enfant, sur un rayon de 2m autour du tronc la température de l'air est d'environ 34/35°C, soit un gain de 3 à 4°C de fraîcheur comparé à l'espace découvert. Ce différentiel de 3°C se retrouve dans l'ensemble du houppier.

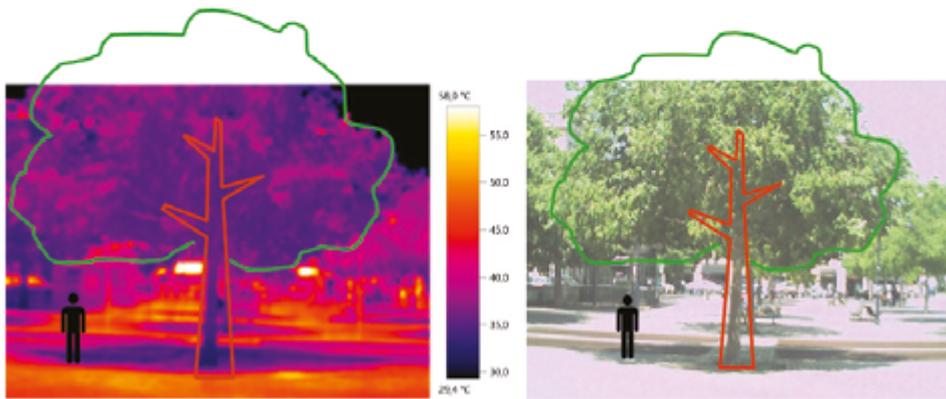
L'humidité relative au sein de l'enveloppe de fraîcheur augmente d'environ 5% (de 20 à 25%). L'humidité relative mesurée autour du lampadaire est plus importante que celle mesurée autour des arbres car il est plus proche de la Garonne (une route sépare les arbres du lampadaire).



Températures de surface autour d'un arbre de la place J. Jaurès, le 06/08/20



Température de surface autour de l'arbre N°1, le 06/08/20



Température de surface autour de l'arbre N°2, le 06/08/20



## VISION

Les données recueillies lors de la campagne 2020 sur le pouvoir rafraichissant des arbres d'alignement confirment les données de 2019 : **Un arbre d'alignement en ville rafraichit jusqu'à 3 voire 4°C la température de l'air à l'ombre du houppier (et dans celui-ci).** L'humidité relative augmente (+5%) également à l'ombre du houppier\*.

\* Le gain d'humidité relative plus important en 2020 (+5%) qu'en 2019 (nul) à l'ombre du houppier est à mettre en relation avec la taille et le volume des arbres testés (les arbres de la place Jean Jaurès ont un houppier plus imposant que ceux de la place Alcalá de Henares).

**A noter que ces conclusions sont globalement extrapolables aux arbres d'alignement de type feuillus, même si les chiffres peuvent quelque peu varier selon l'essence de l'arbre (capacité d'évapotranspiration différente selon les essences)**

## MESURES COMPLÉMENTAIRES PAR CAPTEURS-ENREGISTREURS EN CONTINU

Des capteurs-enregistreurs de température et d'hygrométrie en continu ont été déployés dans le houppier des deux micocouliers, ainsi que sur le mat témoin (p. 57)

Ces capteurs avaient pour but de confirmer les mesures de terrain prises par l'opératrice à l'aide de la sonde KIMO.

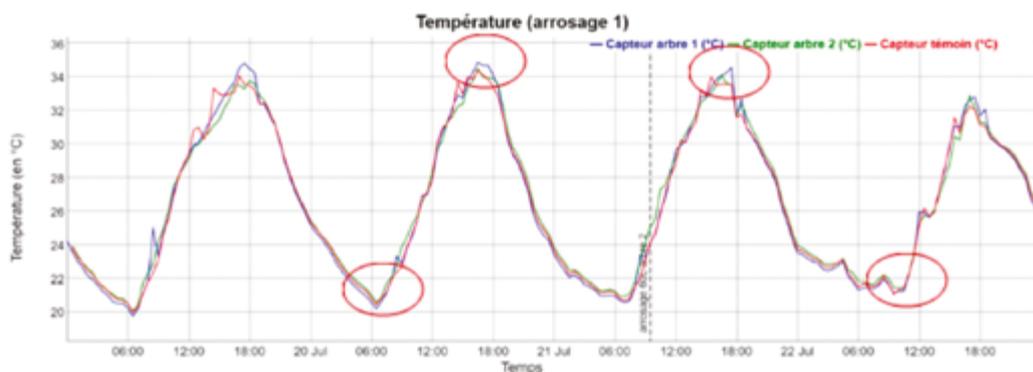
Ils avaient également pour objectif de tester l'hypothèse selon laquelle un arrosage d'arbres unitaires en ville augmente la capacité d'évapotranspiration de l'arbre arrosé, et participe ainsi au rafraîchissement de l'atmosphère de manière localisée.

Le 21/07 et le 31/07 2020, l'un des deux micocouliers équipés d'enregistreurs Sensing Labs SenlabH TinyTag a été arrosé le matin (60 L), l'autre non. Deux enregistreurs ont été déployés au cœur du houppier des deux arbres tests et le troisième sur lampadaire témoin, à proximité (cet enregistreur est localisé en hauteur afin qu'il ne soit pas atteignable par les passants. Il est doté d'un abri météo, a contrario des enregistreurs installés dans les houppiers).

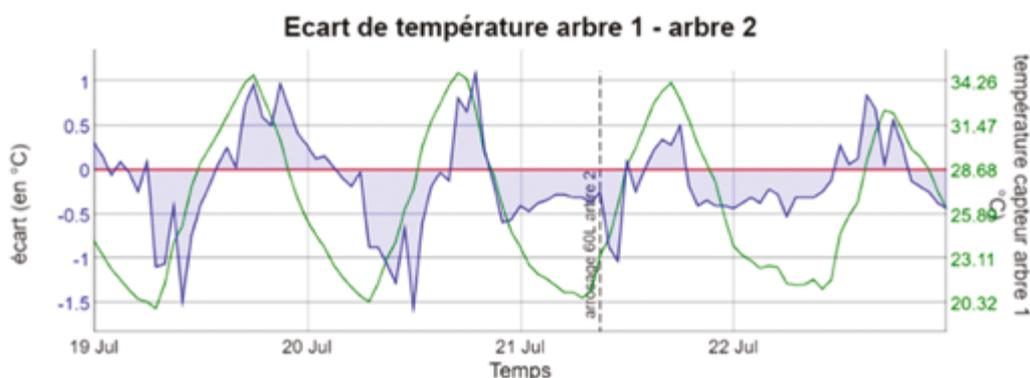
Comme expliqué ci-dessus, les mesures d'humidité dans le sol n'ont pas pu être réalisées.



Illustration du dispositif



Températures de l'air mesurées en continu par les capteurs-enregistreurs localisés à mi-hauteur : en bleu arbre non arrosé, en vert arbre arrosé (21/07) et en rouge le mat témoin



Focus sur le delta de température entre les deux arbres. Valeurs négatives : la température de l'air est plus importante dans le houppier de l'arbre arrosé, valeurs positives : la température est plus importante dans le houppier de l'arbre non arrosé

**Les mesures fournies par les enregistreurs en continu de température localisés au cœur des houppiers des deux arbres test n'ont pas permis de détecter une variation dans le pattern journalier des températures entre l'arbre arrosé et l'arbre non arrosé.**

**Nous émettons plusieurs hypothèses pour expliquer ces résultats :**

- Les arbres testés puisaient directement leur besoin en eau dans les eaux souterraines non profondes dans ce secteur. L'hypothèse d'un bénéfice de l'arrosage sur la température de l'air via le phénomène d'évapotranspiration n'a donc pas pu être testé, les arbres n'ayant jamais manqué d'eau.
- Le capteur utilisé pour cette étude (enregistreur en continu de température et d'hygrométrie) n'était pas le plus adapté pour mesurer l'évapotranspiration des arbres. Un capteur de type « pépipiaf », développé par l'INRAE de Clermont Ferrand permettrait de répondre plus précisément à cette question (en complément d'une sonde capacitive).
- Les légères variations de températures de l'air dans les houppiers des deux arbres testés, mesurées à l'aide de nos capteurs (non protégés), résultent très probablement d'un artefact d'exposition : le capteur disposé dans l'arbre non irrigué était légèrement plus exposé au soleil du matin, et le capteur déployé dans l'arbre irrigué plus exposé au soleil de l'après-midi.

La mesure de l'évapotranspiration et de son pouvoir rafraichissant associé sont des questions complexes, qui doivent être adressées dans des études spécifiques. Les aménageurs ne doivent pas cependant pas perdre de vue que le pouvoir rafraichissant de l'arbre réside avant tout dans l'ombrage apporté, celui-ci pouvant être très réduit dans le cas d'arbres d'alignement. **Les densités de plantations et les surfaces de houppier sont des facteurs primordiaux à prendre en compte pour rafraichir l'espace urbain.**



# Conclusion sur le pouvoir rafraichissant des arbres en ville

---

Les bienfaits du végétal en milieu urbain sont nombreux et de mieux en mieux documentés. Dans le cadre de nos mesures, la fraîcheur apportée par la végétation a été mesurée sur chaque site.

- **L'air ambiant** est plus frais de quelques degrés (2/3°C) sous l'ombrage apporté par les houppiers.
- **Les matériaux ombragés** proposent des écarts de température spectaculaires (jusqu'à 20°C d'écart de température de surface pour certains matériaux sombres). C'est donc un bénéfice réel et de grande ampleur, à proportion du couvert végétal.
- **L'évapotranspiration** est un mécanisme naturel qui permet de refroidir l'air ambiant. Il est admis qu'un litre d'eau qui s'évapore peut refroidir 1 000m<sup>3</sup> d'air de 2°C, et certains arbres peuvent évaporer jusqu'à 450 litres par jour. Dans le cadre de notre protocole expérimental, c'est la seule donnée que nous avons eu du mal à collecter. Elle nécessiterait un échantillon plus vaste, des mesures plus fines. Certains travaux scientifiques en ont déjà fait la démonstration (Bernard et al., 2020).
- **La solution de rafraichissement urbain par le végétal est la plus simple à mettre en œuvre et la plus économique** : une fois l'arbre planté, et passé les 3 premières années pour lesquelles il pourra avoir besoin de compléments d'eau, il devient autonome et nécessite peu d'entretien. On considère qu'un arbre mature représente l'équivalent de 5 climatiseurs en termes de pouvoir de rafraichissement (même étude que précédente).
- **La nature en ville est donc une solution incontournable, low tech et low cost, pour adapter les milieux urbains au changement climatique.**



## Les fontaines ornementales

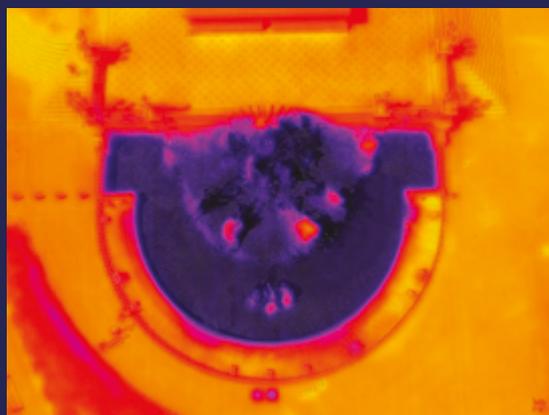
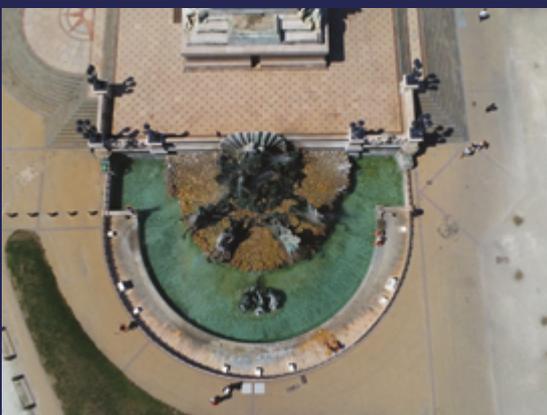
---



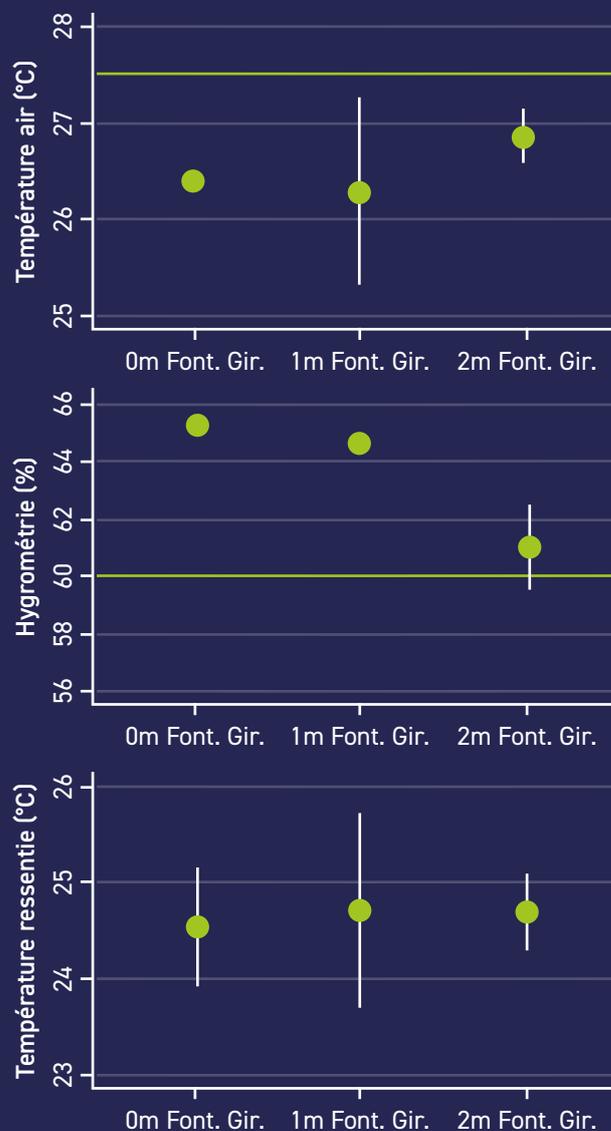
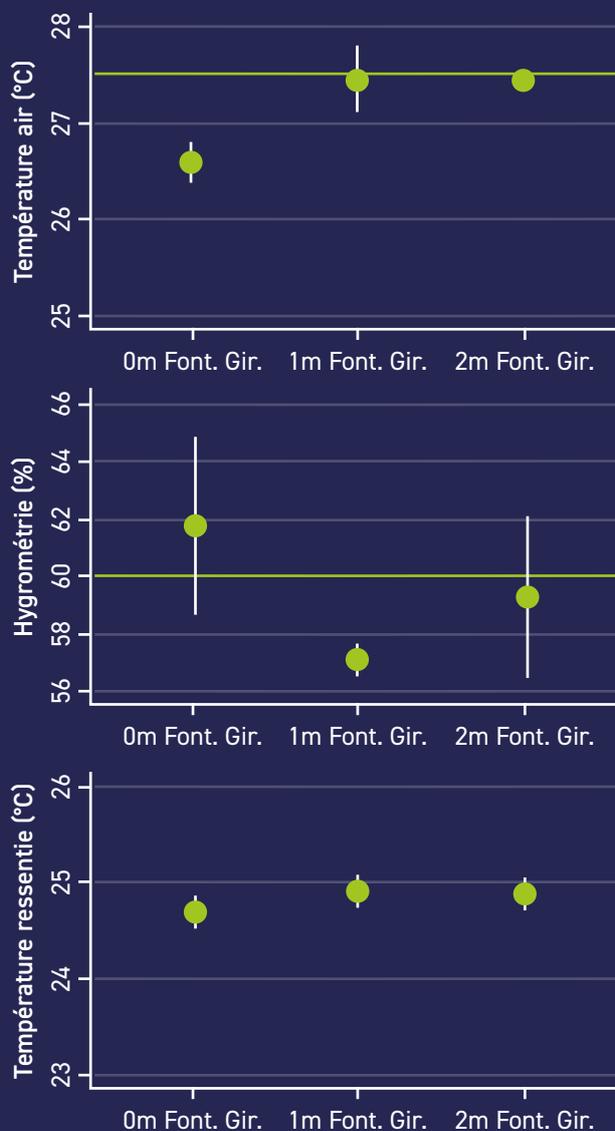
*La fontaine des trois grâces (Bordeaux)*

Le pouvoir rafraichissant de deux fontaines ornementales emblématiques de Bordeaux a été évalué : la fontaine des Girondins, place des Quinconces et la fontaine des trois grâces, place de la Bourse.

La température de l'air, l'humidité relative, la température ressentie ont été mesurées à proximité immédiate puis à distance de ces équipements afin de mesurer leur pouvoir de rafraichissement.



*Vue de la fontaine des Girondins prise par caméra thermique montée sur drone (source. Projet VISION)*



Température de l'air (°C), humidité relative (%) et température ressentie (°C) autour de la fontaine des girondins (Gauche) et de la fontaine des trois grâces (Droite), à Bordeaux (n=4, 27.08.19). Les lignes vertes renseignent la température de l'air et l'humidité relative enregistrées par la station météorologique la plus proche (Lycée V. Louis).

De manière générale, les fontaines ornementales présentent une (très) légère capacité à rafraîchir l'air ambiant (< 1°C), pour l'usage, et seulement s'il se trouve à moins d'un mètre de l'eau (principalement grâce aux gouttelettes projetées par les jets d'eau). Ce type de fontaines ne représente pas un dispositif de rafraîchissement efficace. Cette conclusion est illustrée par les mesures réalisées en caméra thermique (page précédente) : seule la zone en eau – non utilisée par le public sauf baignades exceptionnelles (interdites) – offre une source de fraîcheur. **Mais à proximité directe de la fontaine, les températures au sol sont équivalentes à celles de la place alentour.**



## VISION

Les fontaines ornementales ne participent pas de manière directe au rafraîchissement de la ville. Elles offrent cependant un accès visuel et auditif à l'eau qui procure une sensation indirecte de fraîcheur



# Le brumisate ventilateur

A l'été 2019, deux brumisateurs-ventilateurs ont été installés à Bordeaux, sur deux sites très fréquentés par la population locale (et de passage) : le parvis de la gare Saint Jean et les quais de la Garonne.

## CHOIX DES SITES



**Le premier brumisateur-ventilateur a été mis en place sur le parvis de la gare Saint Jean du 08.08.19 au 17.09.19 et le second sur les quais de Bordeaux, au niveau du quai des sports, du 18.07.19 au 17.09.19.**

Le site de la gare, très minéral et fortement fréquenté ((jusqu'à > 100 000 personnes par jour avant COVID), a été sélectionné à l'aide de l'outil cartographique développé dans le projet VISION (cf chapitre 3). Il y apparaît comme un espace pertinent pour déployer une solution de rafraîchissement sur un espace ouvert au public.

L'emplacement du quai des sports a été choisi en concertation avec la ville de Bordeaux : bien que n'apparaissant pas dans la carte VISION, il fait partie de la classe Zones naturelles de loisir et d'équipement dans le PLU. Ce type de zone est très fréquentée en été, par des usagers qui viennent y rechercher de la fraîcheur, ou à défaut un espace vert à proximité du centre-ville. L'adéquation entre la solution proposée et le besoin associé à ces aires de loisir en été ont conduit à y tester le second brumisateur-ventilateur. Le site choisi ici, le quai des sports, accueille entre le 14/07 et le 15/08 la manifestation du même nom.

## CADRE RÉGLEMENTAIRE

La réglementation en vigueur sur l'utilisation d'eau à des fins de rafraîchissement de l'espace urbain concerne avant tout la brumisation, pour éviter la propagation d'agents pathogènes (légionelles, virus, etc.) par inhalation. Les textes encadrant cette question sont :

- **Décret du 27 avril 2017** relatif à la prévention des risques liés aux systèmes collectifs de brumisation d'eau
- **Arrêté du 7 août 2017** relatif aux règles techniques et procédurales visant à la sécurité sanitaire des systèmes collectifs de brumisation d'eau, pris en application des dispositions de l'article R. 1335-20 du code de la santé publique
- Articles L.1335-3, L.1335-4, L.1335-5 et L.1337-10 du code de la santé publique
- Le ministère de la santé et des solidarités a publié en 2018 un guide pratique intitulé **Les systèmes collectifs de brumisation d'eau « Prévention de la légionellose et bonnes pratiques à mettre en œuvre »**

Face à l'épidémie de COVID-19, ces textes ont été renforcés en 2020 par un avis du haut conseil de la santé publique (HCSP) « **Je procède à la remise en route d'un système collectif de brumisation d'eau, dans un contexte de circulation du SARS CoV 2** ».

Ces réglementations engendrent des contraintes au niveau du matériel en lui-même afin d'assurer une circulation quasi permanente de l'eau et des suivis analytiques et d'entretien à prendre en considération.

Le détail des textes réglementaires est fourni en annexe.

## DESCRIPTION DU DISPOSITIF

Le brumisateur-ventilateur utilisé se présente sous la forme d'un mat brumisant, monté sur un socle béton spécifiquement pour l'expérimentation (élément temporaire dans l'espace public, mais inamovible sur la durée d'utilisation), surmonté d'une tête de brumisation, elle-même équipée d'un système de désinfection UV.

Le système est alimenté par de l'eau potable du réseau. La plage horaire de brumisation (12h/22h) est définie à l'aide d'un programmeur\*. Le brumisateur-ventilateur propulse de l'air humide vers l'usager (au contraire de systèmes qui le diffusent sous forme de brume) sans le diriger vers un point précis mais avec un mouvement rotatif pendulaire. Les particules d'eau pulsées ont un diamètre de l'ordre du micromètre. Le système est conçu pour qu'il n'y ait pas de déperdition d'eau par goutte à goutte. La consommation du dispositif s'élève à 10L/h, soit une consommation journalière de 100L pour un pas de temps d'activité de 10h (données constructeur).

\*À la suite d'incivilités à répétition sur le brumisateur-ventilateur installé au quai des sports, le programmeur de ce dispositif a dû être débranché au milieu de l'expérimentation. Par la suite, il était activé chaque matin manuellement par un agent des espaces verts de Bordeaux métropole.

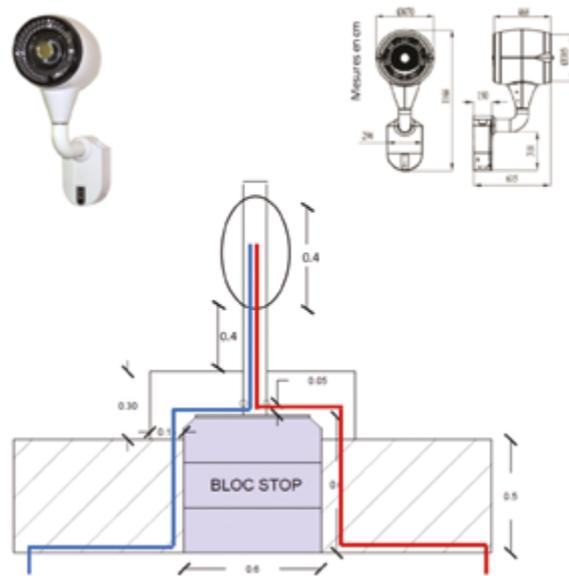
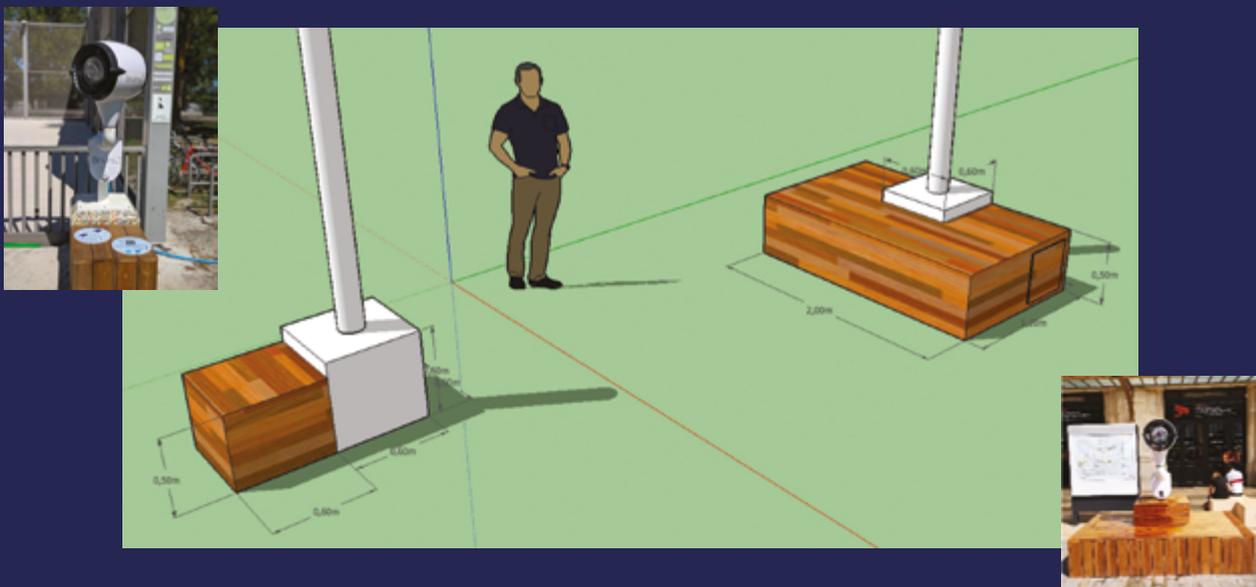


Schéma du dispositif. En gris le socle béton, en hachuré les coffres de protection en bois, en bleu l'alimentation en eau, en rouge l'alimentation en électricité (mesures en mètres).



Plan des socles de l'installation. Haut-gauche : installation quai des sports, Bas-droite : installation parvis de la gare (source. ACPD)

## INVESTISSEMENT INITIAL (CAPEX) ET COUTS D'EXPLOITATION DU DISPOSITIF (OPEX)

Les brumisateur-ventilateurs installés à l'été 2019 s'appuient sur une base existante (tête de brumisation vendue par la société BRUMIZ), mais ont nécessité des ajustements notamment pour les adapter sous forme de mats brumisant connectés au réseau d'eau potable (les têtes de brumisation utilisées ayant pour vocation première d'être fixée sur un mur). Le détail des CAPEX et OPEX relatifs à la mise en service d'un brumisateur-ventilateur est présenté. Ils prennent en compte cette phase de R&D et les couts associés.

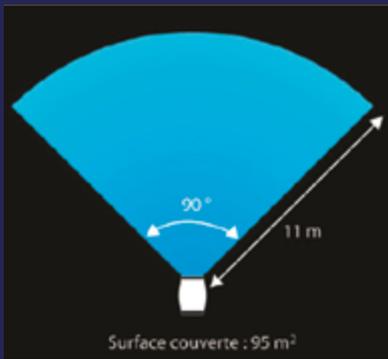
### CAPEX et OPEX (Bordeaux, 2 mois, été 2019)

	€ HT	
CAPEX	Tête de brumisation	2800
	Mat de brumisation (+ R&D associée)	2000
	Structure bois (sur mesure)	1500
	Plots bétons	700
	<b>Total (achat + livraison + montage)</b>	<b>7000</b>
OPEX	Maintenance hebdomadaire (2 mois)	350
	Main d'œuvre pour installation et désinstallation	800
	Analyses d'eau du réseau	150
	Consommation eau (2 mois à 100l/J)	20
	Consommation électricité (2 mois à 3,7 kWh/J)	30
<b>Total</b>	<b>750</b>	
<b>Capex + Opex, 2019</b>		<b>1350</b>

## EVALUATION DE L'IMPACT DU DISPOSITIF

**Le rayon d'action du brumisateur-ventilateur testé est estimé à 11m, pour une aire d'action d'environ 100 m<sup>2</sup> selon les données techniques du constructeur.**

Les mesures effectuées estiment à 5m le rayon d'action réel dans un espace public extérieur, pour une aire d'action de 20 m<sup>2</sup>. Au sein de cette zone, le sous-ensemble rafraîchit en permanence (le tube d'air) une surface de 2.5 m<sup>2</sup>.



Aire d'action du brumisateur-ventilateur estimée, d'après la documentation technique du constructeur

Campagnes de mesures : température de l'air (°C), humidité relative (%) et température ressentie (°c)

**Date :**

22/08 (entre 13h à 16h) - journée à fort ensoleillement, T°C de l'air 30°C, hygrométrie 33%

**Sites :**

quai des sports et parvis de la gare Saint Jean de Bordeaux

**Matériel :**

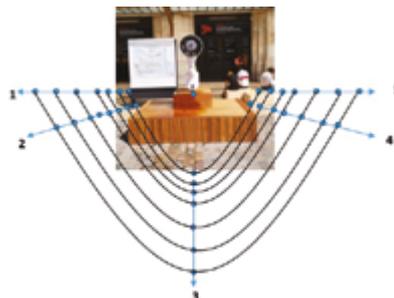
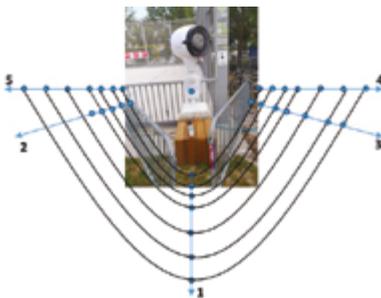


**1- Thermomètre à boule noire pour la mesure de température ressentie (Wet Bulb Globe Temperature, WBGT).** L'indice WBGT (Wet Bulb Globe Température) a été créé spécialement pour réduire le risque de traumatismes liés au stress thermique afin de déterminer les niveaux d'exposition à des températures élevées. Il tient compte non seulement de l'ensoleillement mais également du refroidissement éolien et de la couverture nuageuse. Il prend en compte trois mesures :

- La température du thermomètre mouillé (indicateur d'humidité)
- La température de globe permettant de mesurer le rayonnement solaire (La boule noire permet de fonctionner comme un corps noir et mesure le rayonnement solaire)
- La température de l'air

**2- Thermomètre à sonde KIMO :** mesure instantanément la température et l'humidité relative

**Détails des points de mesure :**

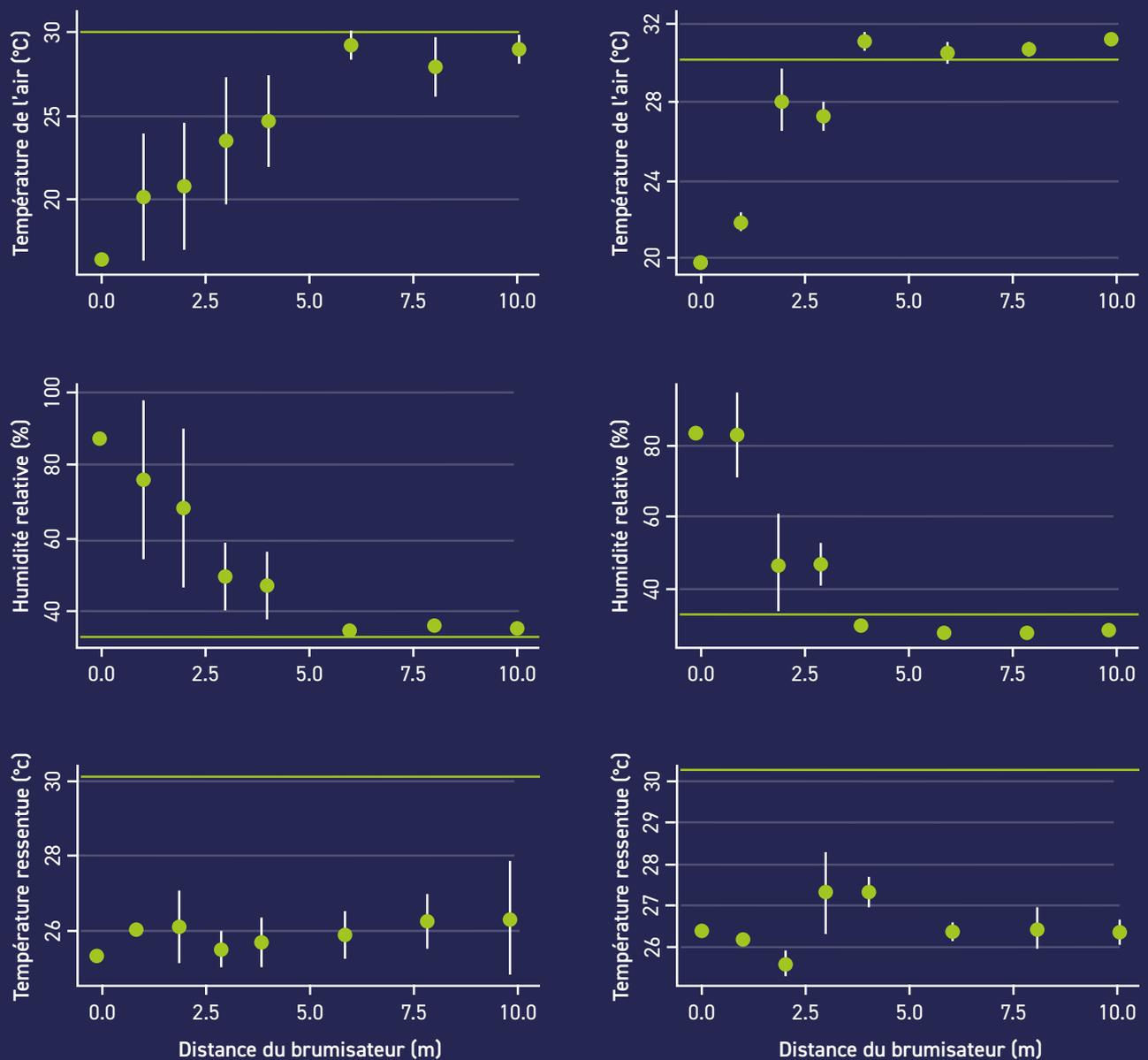


Détail des points de mesure autour de chacun des dispositifs (G. Quai des sports, D. Gare saint Jean). Les points sont espacés respectivement de 1,2,3,4,6,8 et 10m.

Les deux axes les plus externes correspondent à une zone ne se trouvant pas sous aire d'influence du ventilateur (rotation de la tête à 120°) tandis que les 3 autres sont soumis à l'influence du dispositif.

La température de l'air et l'hygrométrie sont mesurées à hauteur d'homme, tandis que le thermomètre à boule noire, nécessitant un support plat, est déposé au sol.

La température de surface a été mesurée de manière unitaire, au sol à proximité directe du dispositif, à l'aide d'une caméra thermique. Elle est respectivement de 33 et 41°C au quai des sports et à la gare.

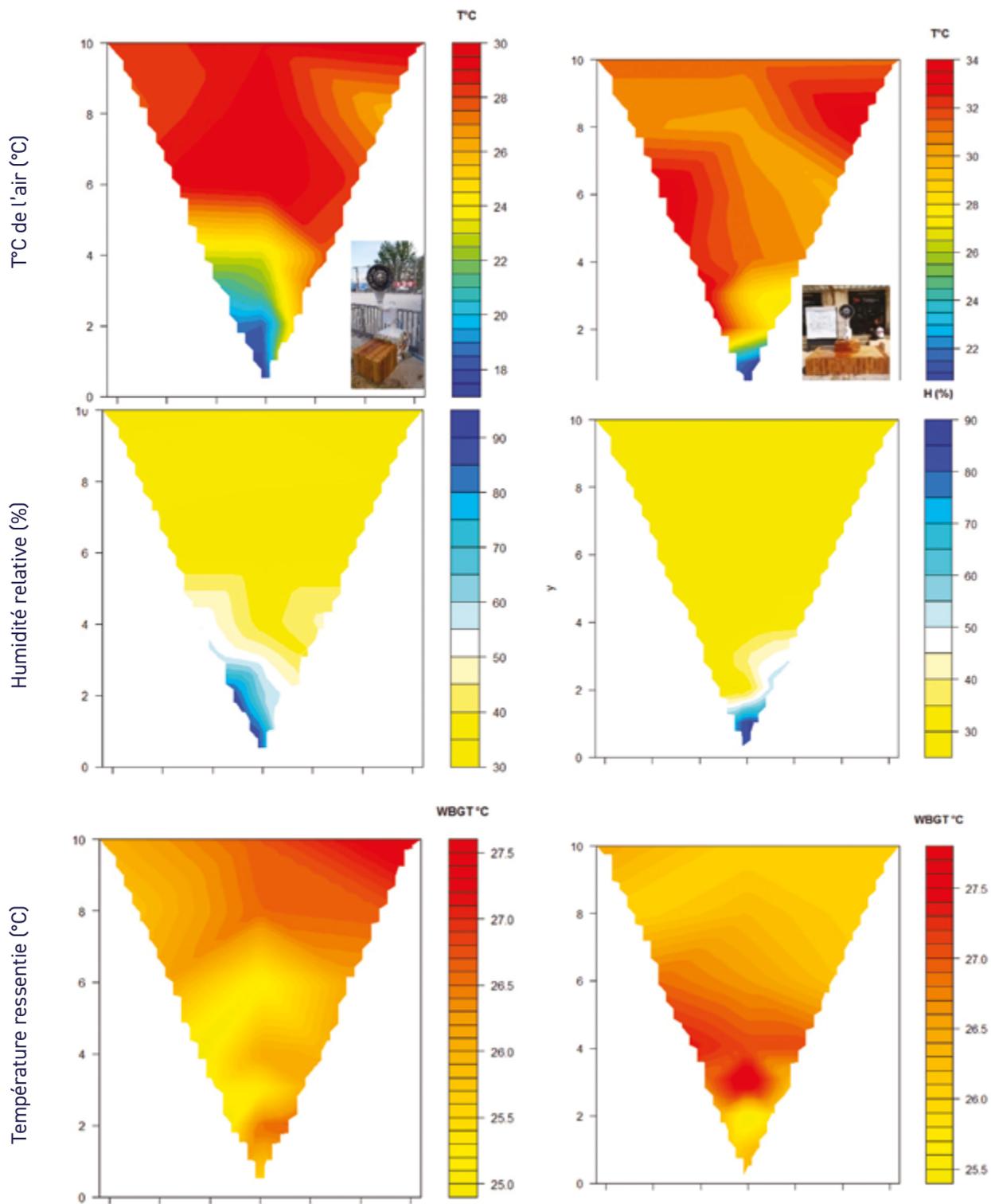


Température de l'air (°C), humidité relative (%) et température ressentie (°C) sur un rayon de 10 m autour du brumisateur-ventilateur (n=3, 22.08.19).

Gauche : brumisateur-ventilateur du quai des sports

Droite : brumisateur-ventilateur de la gare Saint Jean (mesures entre 13h et 16h).

Les lignes vertes renseignent la température de l'air et l'humidité relative enregistrées par la station météorologique la plus proche (Lycée V. Louis).



10 m autour du brumisateur-ventilateur (n=3, 22.08.19).

Gauche : brumisateur-ventilateur du quai des sports, Droite : brumisateur-ventilateur de la gare Saint Jean (mesures entre 13h et 16h). Représentation graphique via le package Akima du logiciel R.

## Détail des résultats : température de l'air, humidité relative et température ressentie

### Température de l'air (°C) :

Au quai des sports, pour une température extérieure renseignée à 30°C par la station météo de référence et une température de la surface du sol (enherbée) de 33°C lors de la prise de mesure :

- la température de l'air mesurée à proximité directe du brumisateur-ventilateur était 16°C inférieure à la température de l'air ambiant.
- A 1m elle était 10°C plus fraîche, puis ce différentiel chute à 8.5°C à 2m, 6°C à 3m, et 5°C à 6m.
- A partir de 8 m, l'impact du brumisateur-ventilateur sur la température de l'air n'était plus mesurable.

A la Gare, pour une température de l'air renseignée à 30.3°C par la station météo de référence :

- la température de l'air mesurée à proximité directe du brumisateur-ventilateur était de 19.8°C
- A 1m elle est de 22°C, puis monte à 28°C à 2m et à 3m.
- A partir de 4m le brumisateur-ventilateur n'a plus d'influence sur ce paramètre.
- Un pattern similaire est observé sur le parvis de la gare St Jean.

### Humidité relative au quai des sports :

Station météo référence	Entre 4 et 10m	Entre 2 et 4 m	< 2m
33%	33%	68%	80-90%



**Température de l'air :** En moyenne, le rayon d'action efficace du brumisateur est de l'ordre de 3/5 mètres, pour un gain de température s'échelonnant entre 8 et 10°C à une distance d'1m du dispositif par comparaison à l'air ambiant. Au-delà de 3/5m l'effet sur la température de l'air est faible, voire nul.



**Humidité relative :** L'impact du brumisateur sur l'humidité relative ne dépasse pas un rayon d'action de 3/4m. Comme pour la température de l'air, l'effet sur humidité relative à proximité directe du brumisateur (< 1 m) est très marqué mais s'estompe rapidement.

*Pour rappel, la température ressentie est mesurée au niveau du sol, en raison de contraintes techniques. Pour les deux sites du quai des sports et de la gare Saint Jean, cette température oscille entre 26 et 27°C, sans variation notable due à la présence du brumisateur-ventilateur.*

## Analyse thermographique

En parallèle des mesures manuelles, une campagne d'analyse thermographique a été mise en œuvre par le bureau d'étude E6 à l'été 2019. Pour rappel, la thermographie infrarouge est un procédé par lequel il est possible de mesurer et de convertir en image les températures de toute surface qui compose notre environnement, en captant leurs rayonnements émis dans le spectre de l'infrarouge. Dans le projet VISION cet outil permet de monitorer la température au sol, sous aire d'influence des dispositifs.



### Matériel :

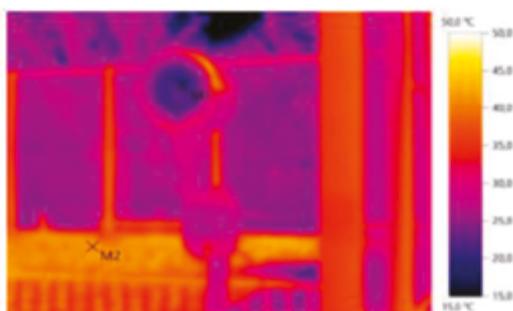
Mesures à hauteur à l'aide d'une caméra IR Testo 881, à résolution infrarouge 160 x 120pixel et plage de mesure [-20 ; +350 °C].

Prises de vue aériennes réalisées avec un drone IR Parrot Anafi Thermal (résolution : Visible 4k, Caméra Thermique FLIR Lepton 3.5 ; plage de mesure [-10 ; +140°C].

Fichier :  
IV\_00188.BMT

Date :  
12/07/2019

Heure :  
12:22:38



### Paramètres d'image :

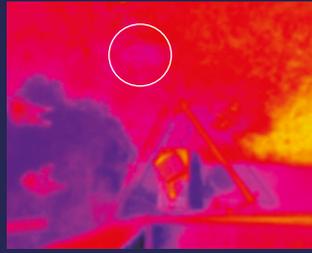
Émissivité 0,95  
Temp. réfl. [°C]: 20,0

### Repères d'image :

Objets de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]	Remarques
Point de mesure 1	21,3	0,95	20,0	-
Point de mesure 2	41,2	0,95	20,0	-

Vue à la caméra thermique infrarouge du brumisateur-ventilateur sur le quai des Sports

Au cœur même du dispositif, la température de surface mesurée est 20°C plus faible que celle des matériaux environnant les plus chauds (le sable dans le cas du terrain de sport).



Gauche : Vue aérienne du brumisateur-ventilateur du quai des sports,  
Droite : vue du dessus en drone infrarouge du dispositif. Cercle blanc :  
le panache de gouttelettes



## VISION

**Humidité relative :** L'impact du brumisateur sur l'humidité relative ne dépasse pas un rayon d'action de 3/4m. Comme pour la température de l'air, l'effet sur HR à proximité directe du brumisateur (< 1 m) est très marqué mais s'estompe rapidement.

## QUID D'UN DÉPLOIEMENT DE BRUMISATEURS-VENTILATEURS À GRANDE ÉCHELLE ?

La consommation en eau du brumisateur-ventilateur est de l'ordre de 10l/heure, soit 0.1m<sup>3</sup> d'eau à la journée pour un fonctionnement sur une plage horaire de 10h journalières. Cette consommation d'eau potable s'inscrit dans la consommation globale de l'ordre de 180 000 m<sup>3</sup> par jour sur l'ensemble de la métropole en période de canicule.

**Considérons 2 scénarii de déploiement de brumisateur-ventilateurs à l'échelle de la métropole :**

### Scénario 1

10 brumisateur-ventilateurs sont déployés autour d'une (petite) place identifiée comme îlot de chaleur (ou à proximité d'un îlot de chaleur) de manière à la convertir en un lieu de rafraîchissement.

Consommation eau	Dépense eau 3 mois (3€/m <sup>3</sup> )	Dépense électricité 3 mois	Volume total consommé par jour brumisateurs/volumes produits EP métropole
1m <sup>3</sup> /jour	270 €	500 €	0.000005 %

### Scénario 2

Pour 100 brumisateur-ventilateurs déployés (on maille ici l'ensemble du territoire, en positionnant par exemple des brumisateur-ventilateurs auprès des arrêts de bus, à proximité des passages piétons, en périphérie des écoles, centres aérés, EPAHD, etc.).

Consommation eau	Dépense eau 3 mois (3€/m <sup>3</sup> )	Dépense électricité 3 mois	Volume total consommé par jour brumisateurs/volumes produits EP métropole
10m <sup>3</sup> /jour	2700 €	5000 €	0.00005 %

**Ces scénarii sont des projections théoriques à mettre face aux coûts sanitaires et sociaux des canicules sur le territoire.**



# Conclusion sur le brumisateur-ventilateur

---

Le déploiement d'un brumisateur-ventilateur dans l'espace public, seul sans autre source de rafraîchissement (ex. îlots végétalisation), est une solution incomplète. En effet, le pouvoir rafraîchissant des brumisateur-ventilateurs testés, bien que réel à portée directe de l'appareil, reste limité dès que l'on s'en éloigne et centré uniquement sur le rafraîchissement de l'air ambiant.

De plus, comparé à des espaces verts, vers lequel l'utilisateur se déplace pour se rafraîchir, ou vers des dispositifs reconnus tels les miroirs d'eau, le brumisateur-ventilateur reste un dispositif confidentiel, que l'on utilisera uniquement si l'on séjourne ou passe à proximité. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'il est aujourd'hui généralement cantonné dans les cafés et manifestations culturelles.

Ce type de dispositif peut également véhiculer une image paradoxale de gaspillage d'eau. Il peut apparaître déplacé aux usagers de voir de l'eau se volatiliser en continu lors d'épisodes de fortes chaleurs pendant lesquelles on les informe en parallèle sur les pénuries d'eau et les bons gestes à adopter au quotidien pour protéger la ressource. Certes le brumisateur-ventilateur consomme peu d'eau au regard de nos activités quotidiennes, et le message pédagogique associé va en ce sens, mais son fonctionnement n'en n'incarne pas moins l'opposé de ce vers quoi l'on doit tendre dans un contexte de changement global : la protection de la ressource.

Enfin, les brumisateur-ventilateurs unitaires nécessitent une arrivée électrique pour fonctionner. Cette contrainte limite fortement la capacité de déploiement de ce type de dispositif.

**La brumisation est une option intéressante de rafraîchissement, mais elle doit être mieux pensée sur l'espace public. Nous préconisons de la coupler avec un espace vert, pour en faciliter l'acceptation sociétale tout en maximisant son efficacité. L'îlot frais va faire office de « bulle » rafraîchie par la brumisation et permettra d'offrir de l'ombre aux utilisateurs et aux matériaux.**

**Il est également indispensable de développer des systèmes de brumisation ne requérant pas d'arrivée électrique pour fonctionner, ce qui permettra de déployer plus facilement ce type de solution.**

**Enfin, une brumisation en continu doit être proscrite. Il est préférable de munir les systèmes de brumisation de boutons poussoir pour favoriser un rafraîchissement à la demande, ou bien de programmeurs permettant de brumiser par intermittence, tout en s'adaptant aux conditions météo.**



# Les jeux d'eau

Entre août 2018 et juin 2019, trois jeux d'eau ont été mis en place sur la ville de Pessac où des épisodes de street-pooling (ouverture illicite des bouches à incendie pour arroser et rafraîchir les habitants) ont été répertoriés lors des étés précédents.

## CHOIX DES SITES



*Illustration des trois sites retenus pour implantation de jeux d'eau : Haut Livrac (G.), Chataigneraie (milieu) et Saige (D.)*

Devant la multiplication des épisodes de street-pooling dans la métropole bordelaise depuis quelques années, le 20 juin 2019, notamment dans la ville de Pessac, la ville a décidé de mettre en place trois aires de rafraîchissement dotées de jeux d'eau. Ces trois dispositifs, localisés dans les quartiers de Saige, Chataigneraie et Haut Livrac ont été adossés au projet VISION. Les trois sites mêlent habitations et grands ensembles. Ils concentrent un bâti dense, associé à des zones à minéralité forte, et hébergent une population souvent peu mobile.

**Les trois emplacements sont situés à proximité directe de zones ayant été précédemment le théâtre d'épisodes de street-pooling. Ils ont été définis en concertation avec la mairie de Pessac, puis ont été équipés respectivement en août 2018 (Saige), novembre 2018 (Haut Livrac) et juin 2019 (Chataigneraie).**

## CADRE RÉGLEMENTAIRE

L'eau utilisée pour alimenter des jeux d'eau provient du réseau d'eau potable et ne subit pas de traitement supplémentaire. Cette eau est très souvent, après usage, directement évacuées au réseau d'assainissement pluvial et ne fait pas l'objet d'un retraitement par recirculation (ce qui pourrait être pertinent en fonction des projets et des volumes d'eau en jeu mais nécessiteraient des aménagements spécifiques de traitement)

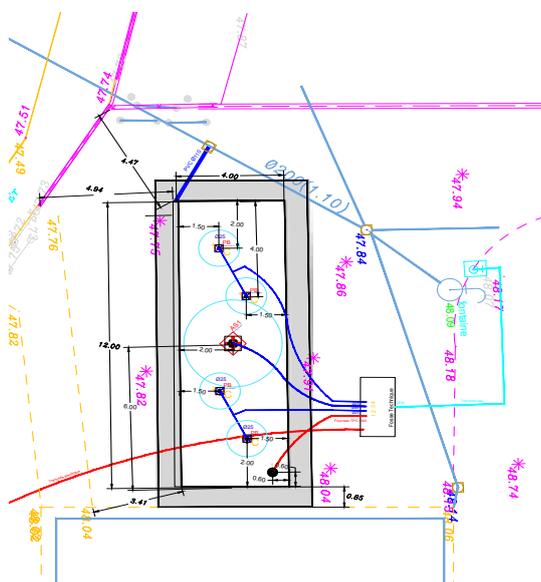
**La réglementation applicable au projet est essentiellement relative à la réalisation de travaux d'ouvrage AEP enterré et notamment :**

- Le CCTG applicable aux marchés publics de travaux dont les fascicules en vigueur applicables aux différents types de travaux en particulier le fascicule 71 « Fourniture et pose de conduite d'adduction et de distribution d'eau)
- Le guide d'application de la Réglementation relative aux travaux à proximité de réseaux
- La norme N FP 98-332 fixant les règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinages entre les réseaux et les végétaux
- Le détail des règles adoptées est présenté en annexes.

## DESCRIPTION DU DISPOSITIF

**Chacun des trois sites est doté de la même solution : une dalle béton de 48 m<sup>2</sup> dotée de 4 jets d'eau sortant directement du sol et d'un jet d'eau parapluie/aqua-dôme central.** Le fonctionnement est à la demande, l'utilisateur doit presser un bouton poussoir sur une borne d'activation pour se rafraîchir. La solution - implantée de manière pérenne - fonctionne d'Avril à Septembre, de 10h à 20h. Le reste de l'année elle est mise en hivernage.

Les eaux usées sont dirigées vers le réseau d'eaux pluviales via la mise en place d'un caniveau longitudinal. Les modules sont commercialisés par la société VORTEX (l'un des leaders mondiaux en termes de mobilier urbain destiné au rafraîchissement).



*Plan de masse du site d'implantation Haut-Livrac.  
En rouge l'arrivée électrique, en bleu foncé les arrivées d'eau.*

*Les 4 petits cercles en bleu clair correspondent à l'implantation des 4 jets d'eau, le grand cercle en bleu clair indique l'implantation du parapluie/aqua-dôme.*

Le parapluie/aqua-dôme (déclenché par borne d'activation)  
données constructeur :



- **Distributeur** : VORTEX (appellation aqua-dôme : VOR 7530, borne d'activation : VOR 0611)
- **H/l/L (cm)** : Aqua-dôme 183/36/36 (Borne 99/36/36)
- $0.3 < \text{Pression} < 0.7$  Bars
- $36 < \text{Débit} < 68$  L/min
- **Zone d'arrosage** :  $10.5 \text{ m}^2$  (diamètre d'action 366 cm)
- **Durée de l'activation** : la durée de l'activation peut être paramétrée au niveau de la temporisation des électrovannes. A noter que ce projet et en concertation avec la mairie de Pessac, elle a été fixée à 1 min, dans une optique d'économie d'eau, l'activateur tactile étant par ailleurs d'usage aisé et placé directement au niveau de l'aire.
- Acier inoxydable, résistant au vandalisme et aux UV
- Pied du mat protégé

Les jets d'eau uniques (déclenchés par la borne d'activation)  
données constructeur :



- **Distributeur** : VORTEX (appellation : VOR 7512)
- **H/l/L (cm)** : 0/15/15
- $0.34 < \text{Pression} < 0.69$  Bars
- $7.57 < \text{Débit} < 11.36$  L/min
- **Zone d'arrosage** :  $1.8 \text{ m}^2$  (diamètre d'action 152 cm)
- **Durée de l'activation** : la borne d'activation est unique et active identiquement l'aqua dôme et les jets d'eau

La consommation électrique vient des LEDs de la borne d'activation et aux phases d'ouverture et de fermeture des jeux d'eau. Elle est variable selon l'usage. Les batteries en place avaient une durée de vie moyenne de 1 mois (tension nominale : 12V, Capacité de 100 Ah)

## INVESTISSEMENT INITIAL (CAPEX) ET COÛTS D'EXPLOITATION DU DISPOSITIF (OPEX)

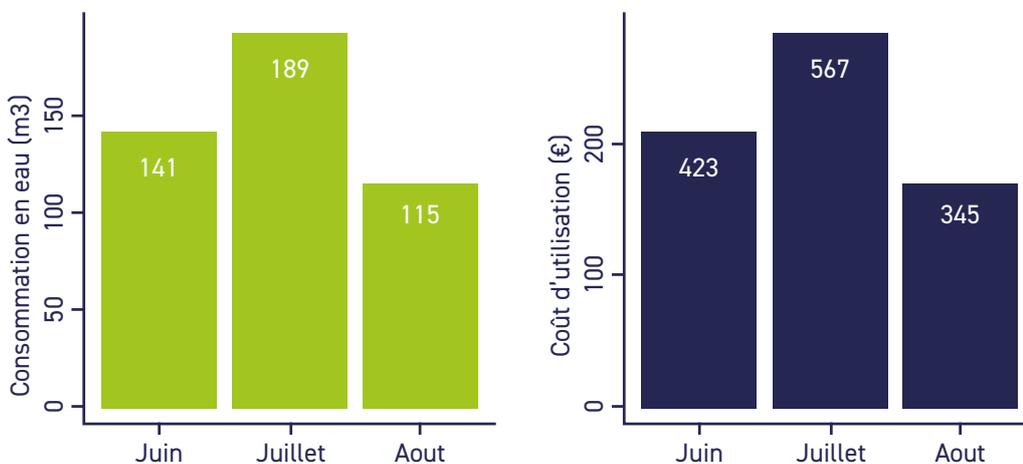
CAPEX	Haut Livrac	26 800
	Saige	28 000
	Chataigneraie (hors création d'un nouveau branchement AEP)	24 500
	<b>Coût moyen</b>	<b>26 430</b>
OPEX	Maintenance annuelle pour hivernage et remise en service (pour 1 aire)	300
	Consommation en eau : 450 m <sup>3</sup> par saison par aire*	1 350
	Coûts liés à la consommation en électricité : 1 batterie par mois et par aire*	250
	<b>Total</b>	<b>1 900</b>
<b>Capex+ Opex pour 1 aire, 2019</b>		<b>28 330</b>

\*données issues ici de l'aire de Saige

## EVALUATION DE L'IMPACT DU DISPOSITIF

### Fréquence d'utilisation et volumes consommés

Les jeux d'eau ont été équipés sur l'aire de Saige d'un compteur d'eau permettant d'analyser les consommations. Sur les 3 mois d'été de l'expérimentation, la consommation à Saige a été de près de 450 m<sup>3</sup> d'eau (soit une consommation moyenne de 5m<sup>3</sup>/Jour) pour un coût de 1335 €.

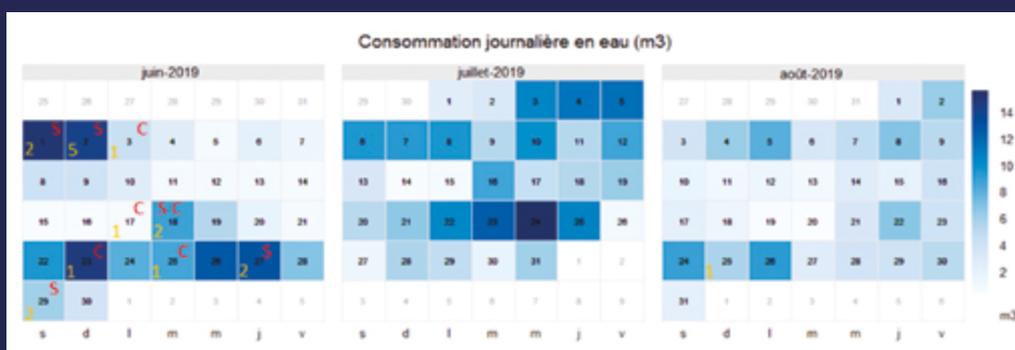


Consommation mensuelle en eau (m<sup>3</sup>) et coûts associés (€) sur l'aire de Saige

La consommation sur les aires de jeux varie entre **0 et 14 m<sup>3</sup> par jour** pour une durée d'utilisation oscillant entre 0 et 160 (2h40) min par jour.

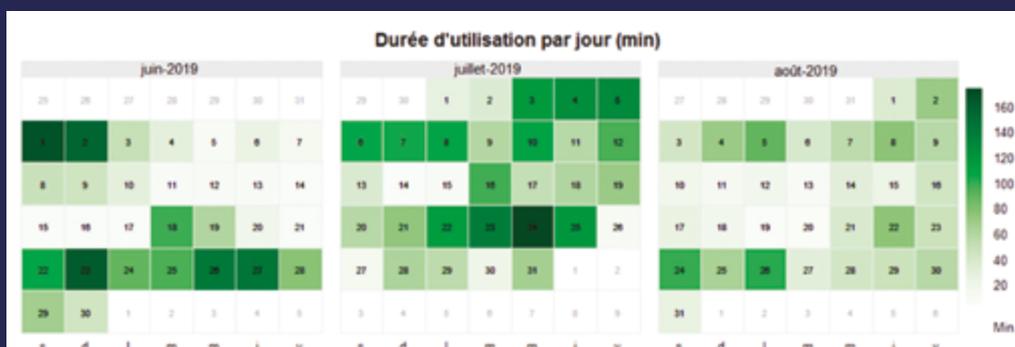
En juin, les épisodes de forte consommation journalière (> 12m<sup>3</sup>/J) sont corrélés aux épisodes de street-pooling sur d'autres secteurs de la métropole. Ce pattern reflète l'arrivée des premières fortes chaleurs, Juin 2019 ayant très rapidement été le siège de températures élevées.

En juillet au contraire, malgré une consommation d'eau sur les aires de jeux plus importantes qu'en Juin (189 vs 141 m<sup>3</sup>), les épisodes de street-pooling disparaissent (idem en août). Ceux-ci sembleraient donc être une réponse à l'arrivée des premières vagues de chaleur, puis la pratique s'estompe pour disparaître au cours de l'été (pattern de l'été 2019).



Consommation journalière en eau (m<sup>3</sup>) entre Juin et Aout 2019 sur l'aire de Saige.

En Jaune le nombre d'épisodes de street pooling répertoriés, par date, pour l'ensemble de la métropole bordelaise. En rouge, les épisodes de street pooling répertoriés à Pessac (S : Saige, C : Chaigneraie, HL : Haut Livrac).



Durée d'utilisation estimée (min) sur la base de la consommation journalière (m<sup>3</sup>) et du débit moyen (m<sup>3</sup>/min) des jeux d'eau sur l'aire de SAIGE, entre Juin et Aout 2019

Le lien entre les données de consommations en eau au niveau des jeux d'eaux et la météorologie a été analysé en superposant les consommations d'eau et les températures journalières du territoire, ainsi que le volume de précipitations.

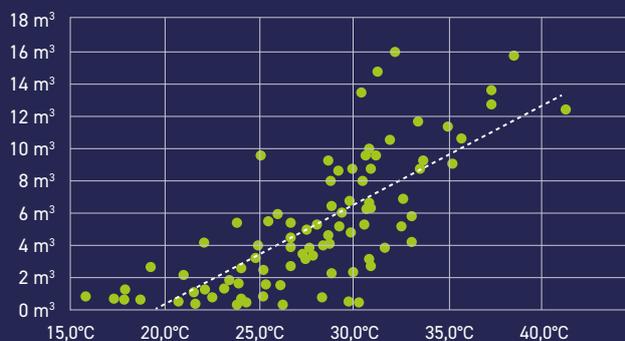
**De manière globale, on constate que les périodes de forte consommation concordent avec les périodes chaudes (températures élevées). A l'inverse, lors d'épisodes pluvieux, il y a très peu ou pas de tirage sur les installations.**

Ces observations sont confirmées par les corrélations établies entre consommation d'eau et température/pluviométrie, qui renseignent sur une augmentation moyenne d'eau consommée d'environ 3m<sup>3</sup> par jour sur un pas d'élévation des températures de 5°C. Côté précipitation, la grande majorité des consommations (78%) a lieu quand il n'y a aucune précipitation, et dès que la pluviométrie dépasse les 5mm, elles chutent à moins de 4m<sup>3</sup>/jour.

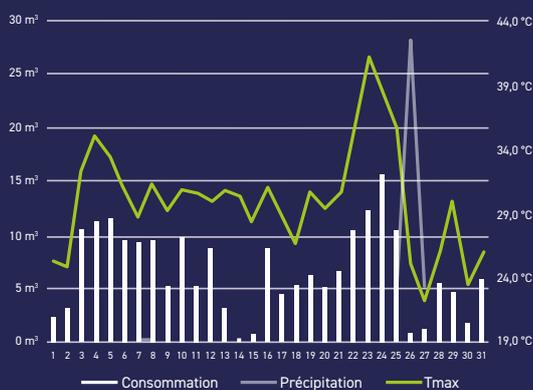
Consommation, température, précipitation, Juin 2019



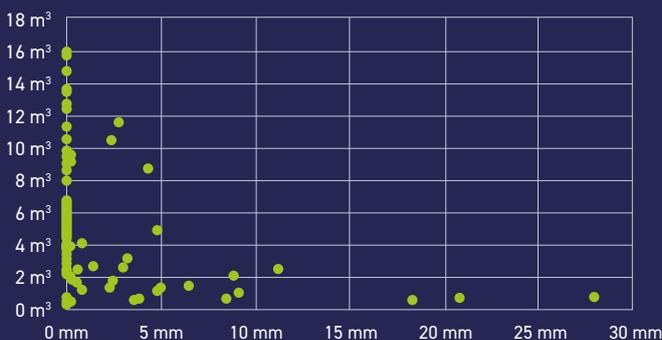
Corrélation consommation et température



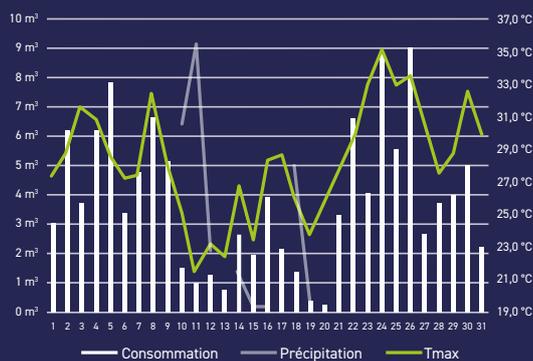
Consommation, température, précipitation, Juillet 2019



Corrélation consommation et précipitation

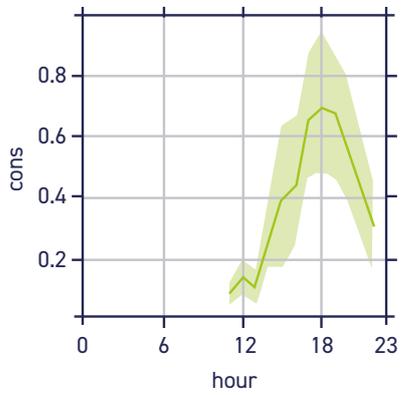


Consommation, température, précipitation, Aout 2019

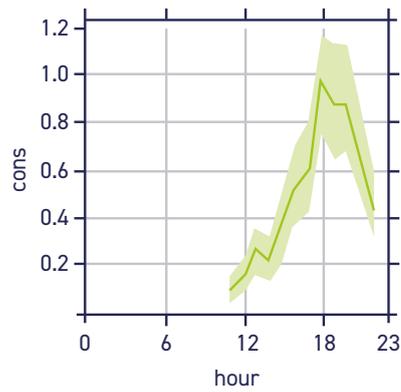
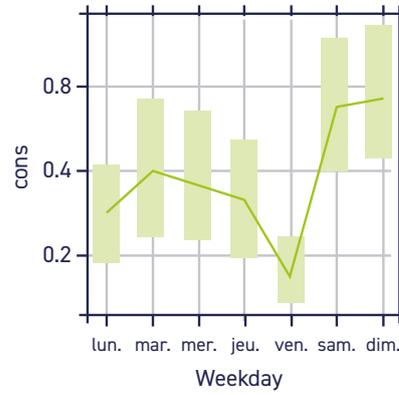


Corrélation entre consommation et température, en haut, puis consommations et précipitations, en bas, sur la période du 1<sup>er</sup> juin 2019 au 31 aout 2019

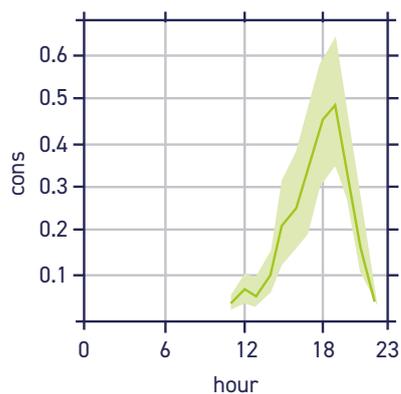
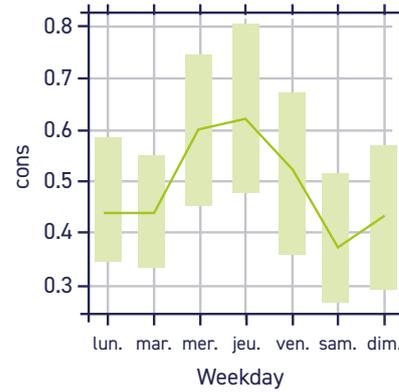
La consommation sur les aires de jeux est maximale entre 17 et 20h, avec un pic observé en fin de journée, dans la tranche 18-19h. Le pattern hebdomadaire de consommation renseigne sur des pics le week-end en Juin (année scolaire pas totalement terminée) alors que la consommation est plus importante en semaine (vacances scolaires) en Juillet/aout.



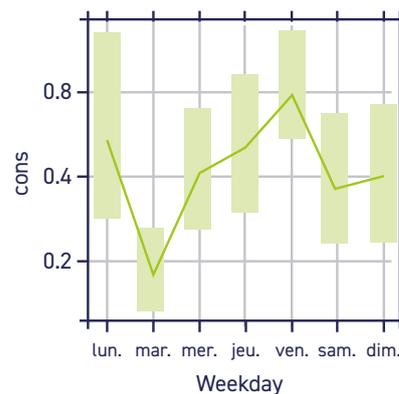
Juin



Juillet



Aout



Gauche : Pattern de consommation horaire ( $m^3/h$ ) sur une journée type ;  
Droite : Pattern de consommation horaire ( $m^3/h$ ) sur une semaine type.

## Campagnes de mesure : Aire d'action, température et humidité relative

### AIRE D'ACTION

La surface au sol des aires de jeux implantées à Pessac est de 48m<sup>2</sup>. Sur l'ensemble de cette aire, la surface soumise à l'action directe des jeux d'eau est de 18 m<sup>2</sup> (38% du total). Toutefois, par effet de ruissellement et d'éclaboussures, la quasi-totalité de la dalle de béton, voir les surfaces en aval, se retrouvent également rafraichies par la présence de l'eau.

### TEMPÉRATURE DE L'AIR ET HUMIDITÉ RELATIVE

#### Campagne de mesures :

29/08/19

#### Conditions :

journée à fort ensoleillement, T°C de l'air 29°C, hygrométrie 40%

#### Matériel :

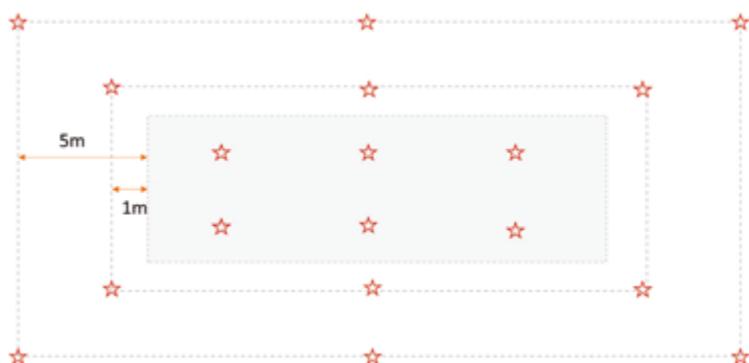
sonde KIMO

Cette campagne s'est doublée d'une analyse thermographique des températures au sol (protocoles détaillés dans la section 1. Brumisateurs).

*Nota bene.* Le thermomètre à boule noire n'étant pas disponible (maintenance) le 29.08.19, la température ressentie (indice WBGT) n'a pas pu être mesurée lors de cette campagne.

#### Protocole :

mesures au sein de l'aire de jeux, puis à 1m et à 5m. Six répétitions (n=6).



Plan de mesure sur les aires de jeux d'eau (en rouge les points de mesure, en gris l'aire de jeux)

*Nota bene.* La mesure n'a pas pu être réalisée sur l'aire de jeux d'eau de la Chataigneraie car celle-ci était momentanément arrêtée pour raisons techniques le jour de la mesure.

## Détail des résultats : température de l'air, humidité relative et température ressentie

### TEMPÉRATURE DE L'AIR

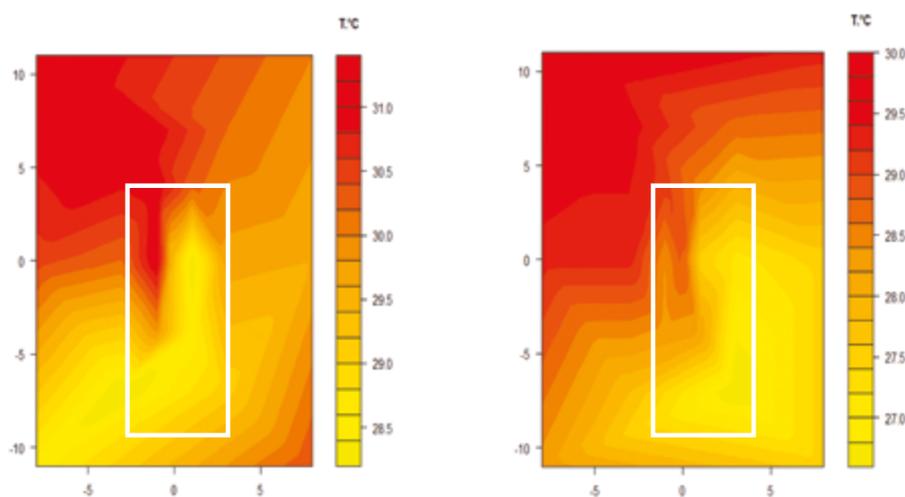
#### A Saige :

des écarts maximums de 2 degrés ont été mesurés entre le cœur du dispositif et son pourtour extérieur (5m), toutefois ces valeurs peuvent chuter à moins de 1°C selon les directions rencontrées (influence possible des facteurs environnants tels que le vent, les matériaux, l'ombre, etc).

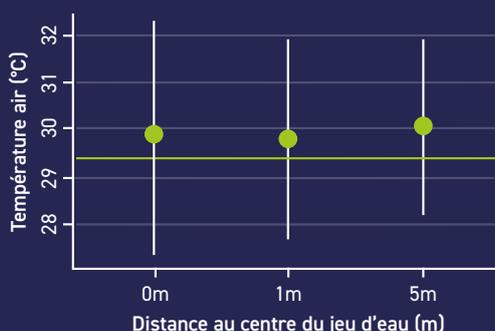
#### A haut Livrac,

les écarts sont à peine discernables. De manière générale, la fiabilité de la mesure (écartype important) implique de rester prudent sur la quantification des bénéfices du dispositif. Cette absence de pattern clair est à mettre en partie sur le compte du protocole de mesure, effectué en série (au vu du matériel de mesure disponible), et sans doute peu adapté à la temporalité (arrêts et démarrages à la demande). Comme pour les fontaines, le bénéfice de ces équipements nécessite que l'utilisateur soit à l'immédiate proximité, voir à l'intérieur, usage pour lequel sont conçus les présents équipements.

**D'un point de vue utilisateur, le bénéfice est ressenti chez les usagers interrogés de manière très nette pour ceux qui vont au cœur du dispositif, jusqu'à en être complètement trempés (but recherché du street-pooling).**



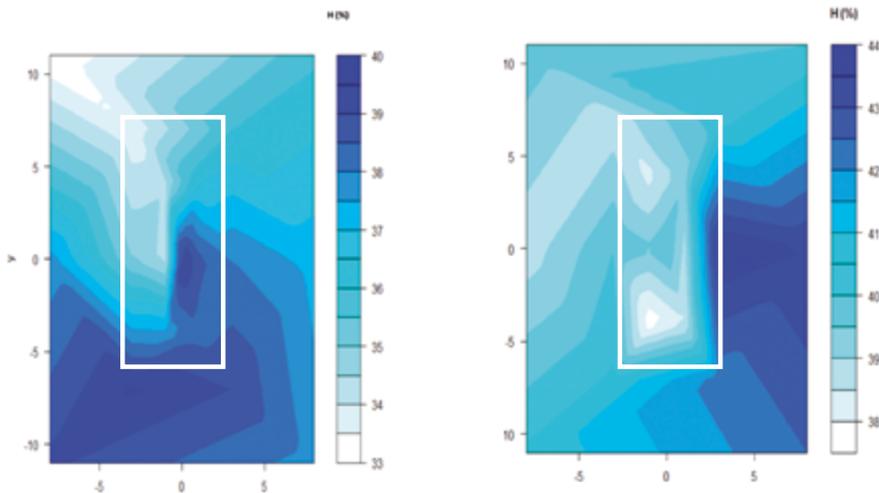
Répartition des températures de l'air à l'intérieur (cadre blanc) et à l'extérieur des aires de jeux d'eau de Saige (G) et Haut Livrac (D). (Modélisation à titre informatif)



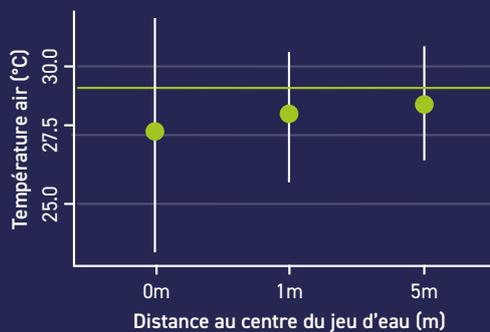
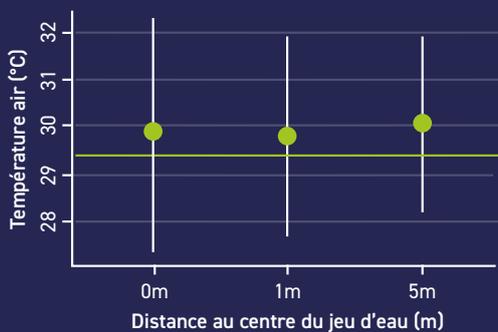
Température de l'air (°C) mesurée à 0m, 1m, 5m des aires de jeux d'eau Saige (à gauche) et Haut Livrac (à droite) (29.08.19). Lignes vertes = température de l'air enregistrées par la station météorologique la plus proche (Lycée V. Louis)

## HUMIDITÉ RELATIVE

L'humidité relative mesurée à 0, 1 et 5m du centre des aires de jeux d'eau ne présente pas de différence significative avec l'humidité relative de l'air mesurée par la station météo de référence.



Répartition de l'humidité relative (%) à l'intérieur (cadre blanc) et à l'extérieur des aires de jeux d'eau de Saige (G) et Haut Livrac (D). (Modélisation à titre informatif)



Humidité relative (%) mesurée à 0m, 1m, 5m des aires de jeux d'eau Saige et Haut Livrac (29.08.19).  
Lignes vertes = humidité relative enregistrées par la station météorologique la plus proche (Lycée V.Louis)



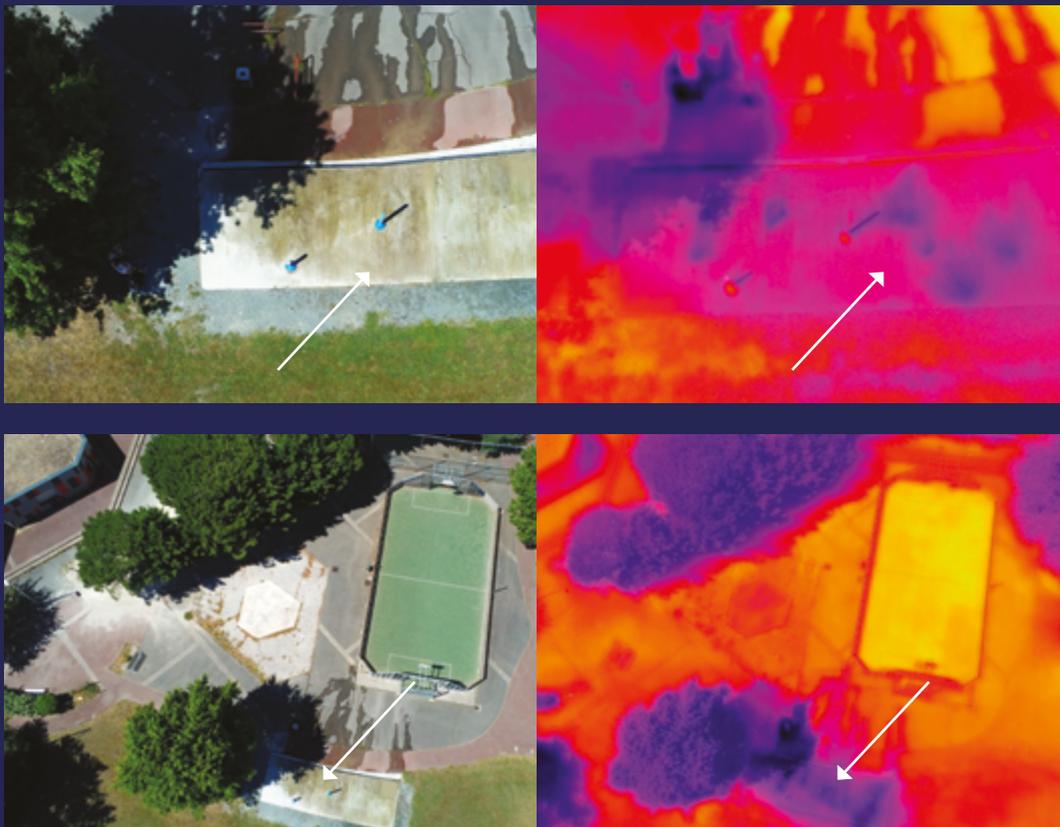
**Température de l'air et Humidité relative :** La température de l'air et l'humidité relative de l'air ne sont pas ou peu affectées par les jeux d'eau à Saige et Haut Livrac.

## Campagnes de mesure : Analyse thermographique

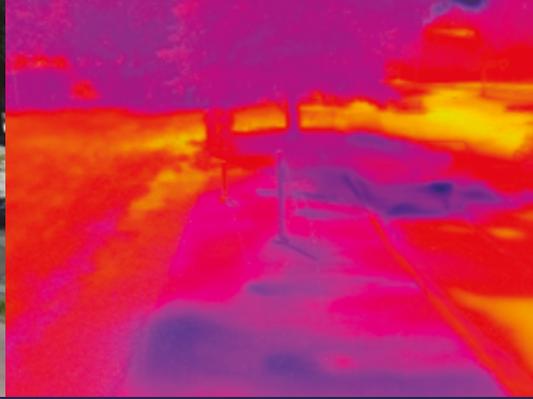
**En complément de l'analyse des températures et de l'humidité relative, une campagne d'analyse thermographique au sol et par drone a été menée en Juillet 2019 pour documenter les écarts de température au sol sous l'aire d'influence des installations.**

Sur le site de Saige, la surface de rafraîchissement au sol est équivalente à celle de la dalle en béton, augmentée de la surface d'écoulement en aval du dispositif. A l'aide d'une vue thermographique longitudinale, on constate que les températures de surface sont du même ordre de grandeur que celles offertes par l'ombre de l'arbre à proximité du dispositif (couleurs plus froides).

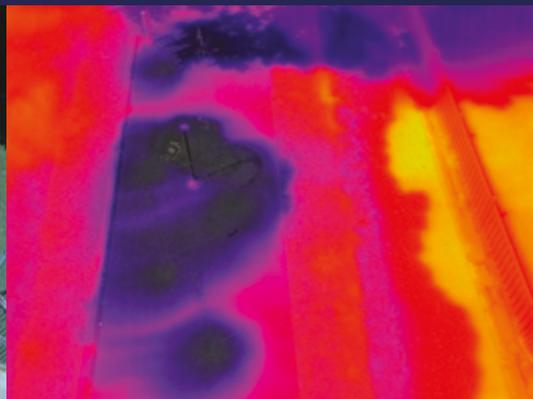
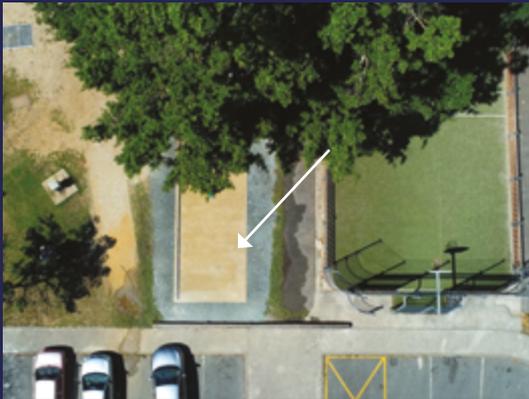
**La combinaison des deux dispositifs** : ombre apportée par les arbres, et eau apportée par le système, génèrent les points les plus frais du site. Les mêmes conclusions s'appliquent au site de la Chataigneraie. Le site de Haut-Livrac n'a été documenté que par analyse thermographique au sol.



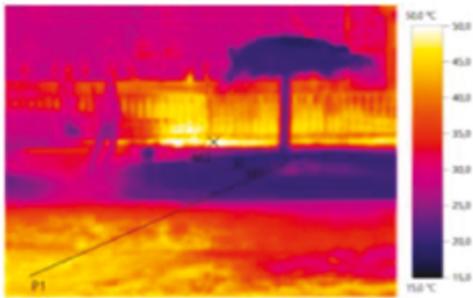
*Vues aériennes visibles et thermiques du dispositif de rafraîchissement de Saige (flèches blanches) pendant son fonctionnement*



*Vue longitudinale du dispositif de Saige pendant son fonctionnement*



*Vues aériennes visibles et thermiques du dispositif de La Chataigneraie (flèche blanche) pendant son fonctionnement*



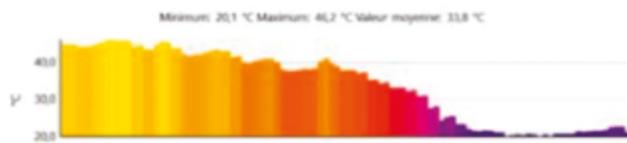
Paramètres d'image :

Émissivité 0,95  
Temp. réfl. [°C]: 20,0

Repères d'image :

Objets de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]	Remarques
Point de mesure 1	19,9	0,95	20,0	-
Point de mesure 2	52,1	0,95	20,0	-

Ligne de profil :

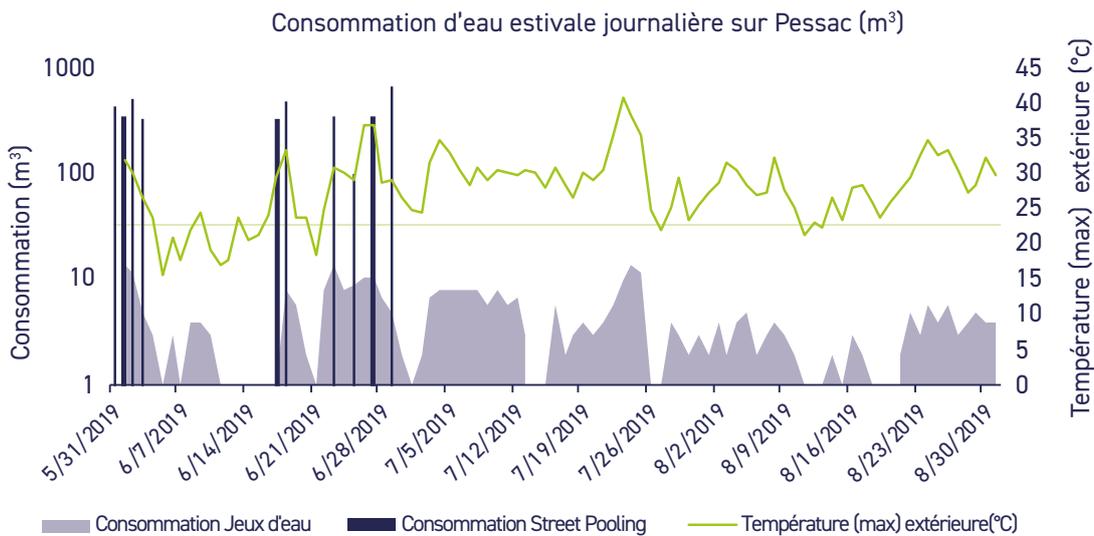


Profil de température au niveau d'un jet d'eau (Saige)



# Quels bénéfices des jeux d'eau face aux phénomènes de street-pooling

La métropole bordelaise, à l'image d'autres territoires, est sujette au phénomène de street pooling depuis quelques années. En 2019 le street-pooling (SP) s'est principalement manifesté dans la ville de Pessac (4 000 m<sup>3</sup> sur les 5 000m<sup>3</sup> d'eau perdue par SP à l'échelle de la métropole cette année-là), au mois de Juin (15 évènements répartis sur 10 jours), et majoritairement lors de journées très chaudes (températures maximales supérieures à 30°C). **Cette perte d'eau par SP équivaut au volume consommé par 10 aires de jeux d'eau de la taille de ceux réalisés à Pessac pendant tout un été (3 mois).**



Lors de pics de SP, la consommation en eau peut atteindre plus de 500m<sup>3</sup>/Jour, ce qui représente jusqu'à 0.3% de la production journalière en eau potable (EP) pour l'ensemble de la métropole.

A titre de comparaison, une aire de jeux d'eau de la taille de celles installées à Pessac consomme en moyenne 5m<sup>3</sup>/jour. La consommation de 10 aires de jeux représenterait alors journalièrement 0.03% de la production journalière d'EP.

**Pour 50 jeux d'eau répartis dans la métropole, la demande en EP (2 500 m<sup>3</sup>/jour) représenterait alors en moyenne 1.5% de la production journalière.**

## VISION

La consommation d'eau potable occasionnée par le street pooling sur Bordeaux métropole en 2019 (5000 m<sup>3</sup>) correspond aux besoins en eau pour alimenter **10 aires de jeux d'eau** de la taille de celles déployées à Pessac pendant tout un été (3 mois).

En 2020, le SP a représenté une perte globale de 1000 m<sup>3</sup> sur la métropole bordelaise, dont 400 m<sup>3</sup> sur Pessac (deux épisodes survenus fin Mai). Ces volumes sont très largement inférieurs à ceux de 2019 (90% plus faibles sur le seul territoire de Pessac). Cette diminution du phénomène en 2020 peut avoir 4 explications complémentaires :

- Le phénomène de SP se « banalise », les 'utilisateurs' ouvrent puis referment les hydrants sans en informer délégataire
- Le phénomène « COVID » a pu influencer les comportements (sorties des jeunes moins fréquentes, plus encadrées, regroupements collectifs moins fréquents, etc.)
- Les jeux d'eau de Pessac ont joué leur rôle en offrant une solution alternative au SP, tout en permettant au plus grand nombre de se rafraîchir.



## Conclusion sur les dispositifs de jeux d'eau en ville

Les jeux d'eau urbains représentent comme une vraie plus-value pour lutter contre la chaleur en ville dans un contexte global de changements globaux, notamment pour proposer une alternative aux phénomènes de street pooling avec des économies d'eau à la clef, tout en minimisant les risques aux personnes.

Les mesures de terrain (volumes consommés et patterns d'utilisation) renseignent sur une réelle utilisation de ces solutions par les populations vivant alentour. Qui plus est, les trois dispositifs ont été déployés en 2019 dans des quartiers où la population est peu mobile, et n'a pas forcément accès à d'autres solutions de rafraîchissement ; les jeux d'eau constituent alors une véritable offre de service à la population.

Certaines pistes sont à creuser pour en optimiser l'efficacité :

Ces jeux sont destinés aux très jeunes enfants, or le public du street-pooling est plutôt un public d'adolescents et de jeunes adultes

- Certains utilisateurs se plaignent de leur design ; la dalle béton au sol est notamment pointée du doigt, et peut s'avérer un frein à leur utilisation
- La dichotomie entre le rafraîchissement offert aux jeunes enfants et l'absence d'ombrage direct à proximité pour les accompagnants peut freiner l'utilisation des dispositifs
- Le volume d'eau potable consommé quotidiennement est conséquent (autour de 5000 L/J sur une moyenne estivale), ce qui peut représenter un frein environnemental pour l'acceptation sociétale malgré la sobriété en termes de consommations d'eau que représente cette solution par rapport au street pooling.



# Le rafraîchissement de la chaussée



*La pratique traditionnelle de l'Uchimizu – aspersion rituelle d'eau dans les jardins et l'espace public au Japon – a essaimé dans le reste du monde. On peut citer en exemple l'expérimentation dans le quartier de la Part Dieu, à Lyon, documentée entre autres par le rapport EVA (Eau, végétation, albédo, ADEME Musy et al., 2016).*

**Dans le projet VISION, deux formes de rafraîchissement de la chaussée ont été testées durant l'été 2020 :**

- Un rafraîchissement par aspersion d'eau, à l'image de la pratique de l'Uchimizu (cf ci-dessus).
- Un rafraîchissement par recouvrement d'une peinture blanche réfléchissante « coolroof® », ayant pour but d'augmenter l'albédo (pouvoir réfléchissant d'une surface) et par conséquent de limiter l'accumulation de chaleur (A l'image de ce qui a été réalisé grandeur nature en 2016 à Los Angeles par exemple).

## CHOIX DES SITES

Le test a été mené sur une place de parking découverte en périphérie de la place François Mitterrand, à Cenon (33). La place de parking avait été peinte en blanc début août 2020.

**Trois jours de mesures :** 19, 20 et 21 août en début d'après-midi (entre 13h30-16h).

Les conditions météorologiques étaient identiques durant les trois jours de test : fort ensoleillement, absence de voile nuageux, température de l'air dans la gamme 32-34°C le 19 août, et 34-35°C les 20 et 21 août.



Place François Mitterrand, à Cenon (33). En arrière-plan, les places de parking de la zone de test

## DESCRIPTION DU DISPOSITIF



**Trois places de parking ont été mobilisées pour ce test :**

- La première a été recouverte de trois couches de peinture coolroof® au début d'août 2020.
- La seconde a été aspergée d'eau (60 L), au jet juste avant de démarrer les mesures, lors des trois jours de test.
- La troisième faisait office de témoin (bitume).

*Caractéristiques techniques de la peinture coolroof®:  
Emissivité : 0,9, Réflectance solaire 0,9*

## INVESTISSEMENT

Le cout de la peinture coolroof® utilisée s'élève à 10 euros/m<sup>2</sup> hors pose.

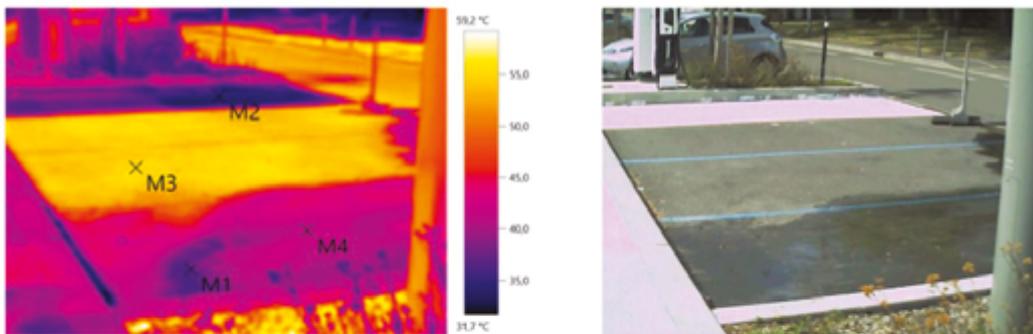
Le cout d'arrosage d'une place de parking s'élève à 0.015 euros/m<sup>2</sup> (à raison d'une aspersion de 5 litres par m<sup>2</sup>, à 3 € le m<sup>3</sup>).

Nécessité de renouvellement de la couche de peinture tous les 5/7 ans.

## EVALUATION DE L'IMPACT DU DISPOSITIF

Campagnes de mesure :  
Analyse thermographique

Les températures de surface des places de parking ont été mesurées à l'aide d'une caméra thermique.



Paramètres d'image :

Émissivité 0,95  
Temp. réfl. [°C]: 20,0

Repères d'image :

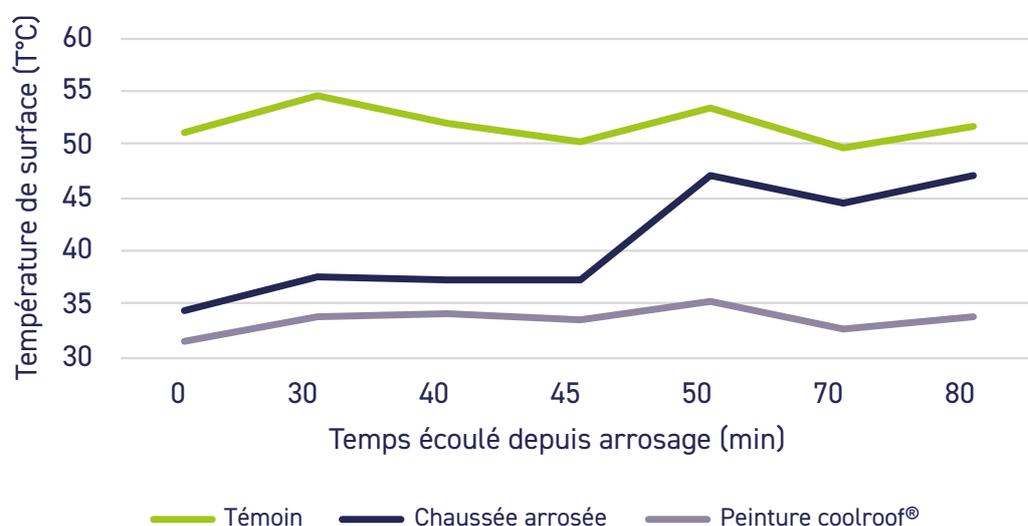
Objets de mesure	Temp. [°C]	Émiss.	Temp. réfl. [°C]	Remarques
Point de mesure 1	36,9	0,95	20,0	-
Point de mesure 2	34,8	0,95	20,0	-
Point de mesure 3	55,0	0,95	20,0	-
Point de mesure 4	41,7	0,95	20,0	-

A droite : au premier plan la place de parking arrosée, suivie de deux places témoin et d'une place recouverte de peinture coolroof® blanche. A gauche : vue par caméra thermique)

Le recouvrement de la place de parking de la zone test à Cenon par une peinture blanche de type coolroof® a permis de réduire la température de surface dans une gamme de 15 à 20°C.

Sur une journée type, pendant les 90 minutes d'étude, la température de la place bitumée a oscillé entre 50 et 55°C tandis que la température de la place repeinte était dans la gamme 30-35°C.

**L'arrosage de la chaussée a permis de rafraîchir la température du bitume jusqu'à 15°C mais avec un effet limité dans le temps. Au-delà de 45 minutes, après évaporation de l'eau, les températures remontent pour atteindre progressivement la température du bitume non arrosé (un delta de 5°C reste cependant notable au bout de 90 minutes).**



*Températures de surface des places de parking testées lors d'une journée type (août 2020). Le témoin (bitume seul) et la place de parking peinte ne sont pas arrosés.*

Campagnes de mesure :  
Température de l'air et humidité relative

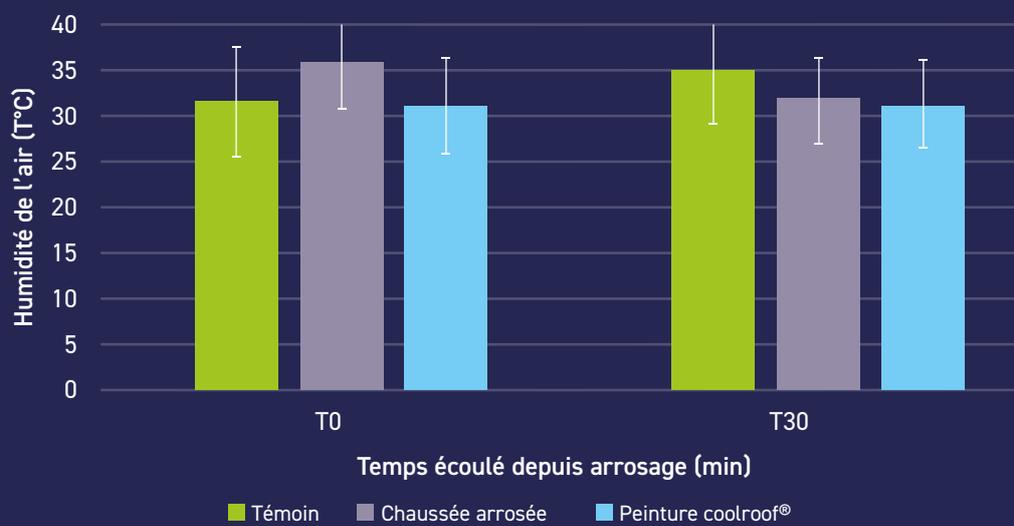
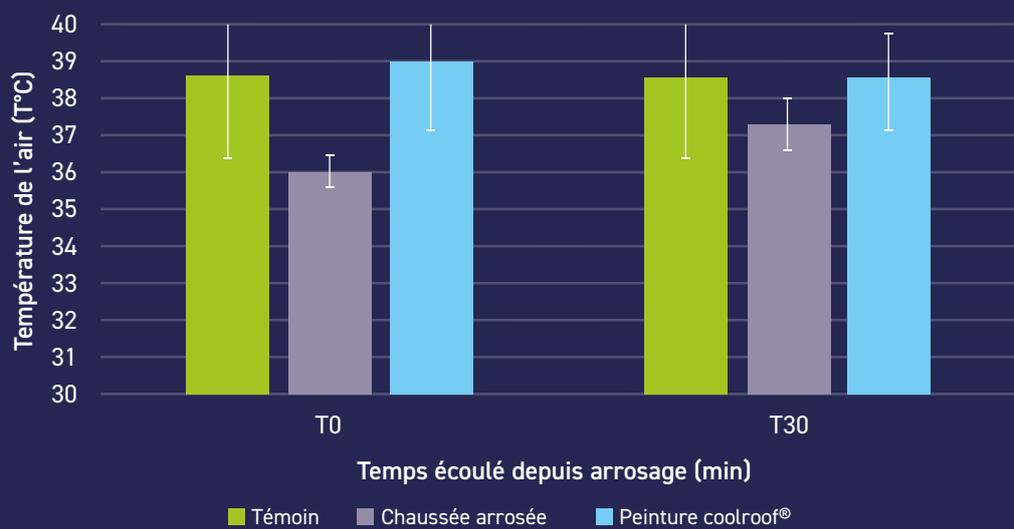
**Matériel :**

thermomètre sonde KIMO,

**Mesures :**

au moment de l'arrosage et 30 min après.

L'humidification de la chaussée rafraîchit l'air à T0 (-2°C), mais cet effet disparaît au bout de 30 minutes. L'humidité relative de l'air, bien que légèrement plus élevée à T0, n'apparaît pas impactée par l'arrosage de la chaussée et la couverture de peinture blanche.



Températures de l'air (haut) et humidité relative (bas) au niveau des places de parking testées lors d'une journée type (aout 2020)



## Conclusion sur le rafraichissement de la chaussée

Repeindre une chaussée à l'aide d'une peinture blanche réfléchissante permet de baisser de manière notable la température au sol (jusqu'à 20°C). Une aspersion de la chaussée offre également un rafraichissement du sol notable (jusqu'à 15°C), mais ce phénomène ne dure pas dans le temps (45 min pour la température d'air, plus de 90mn pour celles de surface dans notre expérimentation).

Le rafraichissement du sol s'accompagne d'un léger rafraichissement de l'air à hauteur d'homme (2°C) au moment de l'arrosage, mais cette sensation se dissipe rapidement (plus de différence au bout de 30 min à Cenon). L'humidité relative de l'air, mesurée à hauteur d'homme, n'est pas impactée ni par l'arrosage de la chaussée, ni par la couverture de peinture blanche.

Ces données recourent les mesures réalisées à Paris, rue du Louvres, en 2013. Par temps très chaud, le trottoir et la chaussée ont été arrosés grâce au passage de laveuses et de lanciers. La température de surface du sol a ainsi pu être réduite [...] d'une quinzaine de degrés au soleil [...], tandis que la température ressentie par le piéton a pu être réduite [...] jusqu'à 2,8°C [...]. Dans l'expérimentation EVA (Eau, végétation, albédo - ADEME - Musy et al., 2017), menée à Lyon de 2012 à 2014, plusieurs programmes d'arrosage de la chaussée ont été testés. Des mesures réalisées par caméra thermique y ont estimé un écart de température de surface d'environ 12°C entre des zones humidifiées et des zones sèches, dans une rue ensoleillée.

A l'échelle d'un espace ouvert en ville (ex. parking, place), ou bien pour la création d'un îlot de fraîcheur, peindre le sol à l'aide d'une peinture réfléchissante blanche est une solution pertinente, qui amène un vrai gain de fraîcheur au sol, et sans nécessité d'entretien ultérieur. Les pays du Sud l'ont bien compris puisque leur architecture intègre la couleur blanche depuis plusieurs siècles.

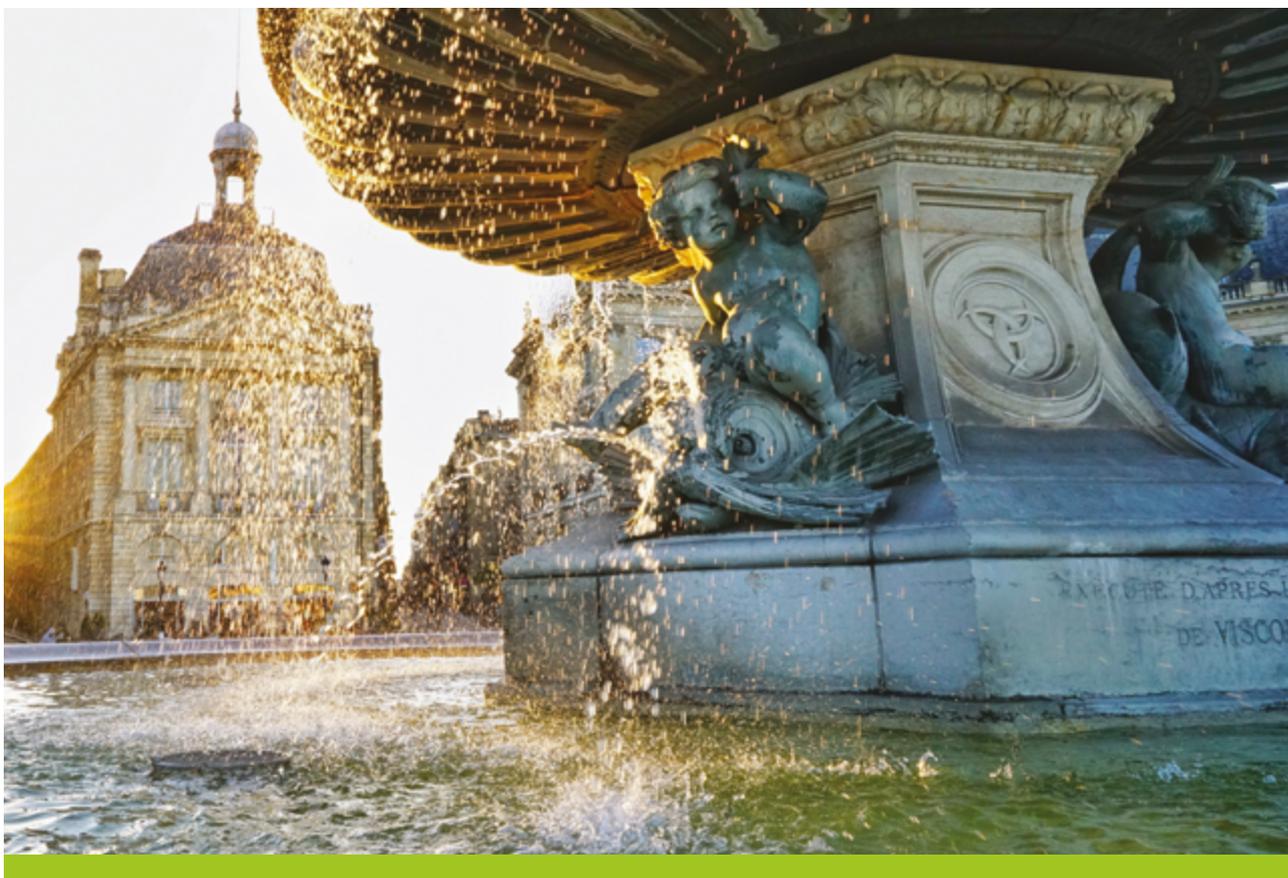
L'aspersion de la chaussée présente également un pouvoir rafraichissant du sol, et même de l'air à hauteur d'homme, mais son effet est limité dans le temps. La consommation en eau est à prendre en compte, ce procédé semble inapproprié si la seule ressource à disposition est le réseau d'AEP.

# 7 Solutions de rafraichissement non testées dans le projet

Pour rappel, le projet VISION a permis de renseigner sur le pouvoir rafraichissant de 7 solutions :

- Les arbres en ville
- Les fontaines ornementales
- La brumisation
- Les jeux d'eau
- L'arrosage de la chaussée
- Le recouvrement de la chaussée par une peinture blanche réfléchissante coolroof®
- L'îlot de fraîcheur urbain (solution mixte associant végétal et brumisation, cf chap. 9)

Il existe cependant d'autres alternatives (cf Benchmark VISION en annexe). Certaines d'entre elles, non étudiées dans le projet du fait de contraintes techniques réglementaires ou bien encore conjoncturelles, ont fait l'objet d'échanges avec les acteurs et usagers du territoire de Bordeaux Métropole.





# L'utilisation de l'eau pluviale

L'utilisation de l'eau pluviale pour rafraîchir l'espace urbain revient de manière récurrente dans les discussions, tant avec les acteurs qu'avec les usagers de la ville (cf. enquêtes VISION). De nombreuses initiatives existent pour mieux valoriser cette ressource dans l'espace urbain. Elle reste cependant difficile à mobiliser du fait des infrastructures de stockage et d'acheminement, qu'elle implique.

## INITIATIVES EXISTANTES

*Les éléments rapportés ci-dessous sont, pour partie, tirés de l'ouvrage 'Intérêt de l'utilisation de l'eau de pluie dans la maîtrise du ruissellement urbain (CEREMA, 2018)'.*

Depuis 1898 [...] la loi sur le régime des eaux reconnaît aux propriétaires le droit d'user et de disposer des eaux pluviales (EP) qui tombent sur leurs fonds [...] Ce droit perdure encore aujourd'hui dans le code civil mais cette pratique a disparu petit à petit au profit des réseaux d'AEP. Pourtant, depuis le début des années 2000, les EP réapparaissent comme une ressource alternative à l'AEP pour des usages spécifiques. Les citoyens sont de plus en plus nombreux à récupérer la pluie des toitures pour l'arrosage de leur jardin, l'alimentation des toilettes, ou le nettoyage des véhicules par exemple. Souvent attachée au bâtiment et à la parcelle, l'eau de pluie est également plébiscitée dans les réflexions à des échelles plus larges. Ce regain d'intérêt pour les EP est le fruit de plusieurs facteurs concomitants :

- L'émergence d'une prise de conscience globale des enjeux environnementaux
- L'apparition de nouvelles potentialités en termes d'écoconstruction et d'éco-aménagement
- La structuration progressive d'un secteur d'activité spécifique
- Une reconnaissance institutionnelle par des collectivités pionnières

**Plusieurs documents encadrent et/ou guident la collecte, le stockage et la réutilisation des EP :**

- L'arrêté du 21.08.08 et du 17.12.08, relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments
- L'arrêté du 17.12.08 relatif au contrôle des installations privatives de distribution d'eau potable, des ouvrages de prélèvement, puits et forages et des ouvrages de récupération des eaux de pluie
- La norme AFNOR NF P16-005 concernant les systèmes de récupération de l'eau de pluie
- Le guide technique publié par l'ASTEE de Décembre 2015.

A l'échelle du particulier, le stockage s'effectue dans une cuve en surface ou enterrée, connectée ou non à un réseau de distribution dans la maison.

A l'échelle de la ville, le principe est le même, au travers du développement d'un parc de cuves de stockage (cette approche peut être complétée par le recours aux techniques alternatives, noues, fossés, bassins, puits d'infiltration, chaussées à structure réservoir, etc.).

### **Mais ce stockage est-il une vraie alternative ?**

Le Grand Dijon a organisé entre 2007 et 2010 l'achat groupé de 1200 conteneurs d'1m<sup>3</sup> pour en faire bénéficier ses habitants, ce qui a permis un stockage de 1200 m<sup>3</sup> disséminés dans le tissu urbain existant.

La quantité d'eau nécessaire pour arroser un espace vert en France est en moyenne 3-5 l/m<sup>2</sup>/j, à raison de 150 jours d'arrosage annuels, soient 90-150 l/m<sup>2</sup>/mois. La surface pouvant être arrosée pendant un mois par les conteneurs disséminés chez les particuliers dijonnais est estimée à environ 0.8-1.3 Ha (l'équivalent de 1 à 2 terrains de football) avant que les conteneurs ne soient rechargés par les prochaines pluies.

Si on compare avec les besoins nécessaires à la surface de l'ensemble des espaces verts de la ville qui s'élèvent à plus de 800 Ha, on imagine facilement qu'il n'est pas possible de stocker les volumes nécessaires à l'arrosage même si seule une partie de cet espace est arrosée (source : Dijon métropole).

**La collecte et le stockage de L'EP sont cependant à promouvoir dans le cadre du développement de projets immobiliers, de manière à réduire le développement de la demande en eau sur le territoire occupé par le projet, notamment en termes d'arrosage.**

**Il s'agit de travailler par micro-bassins-versants. La mutualisation, dans une cuve de stockage, de l'EP collectée par plusieurs toitures est une option.**

Dans le projet HQE Sequana, à Issy les Moulineaux, les EP sont récupérées par la toiture d'une des tours et celles des bâtiments adjacents, pour une surface totale de 2000m<sup>2</sup>. Les EP sont ensuite stockées dans une cuve béton enterrée de 120 m<sup>3</sup>. En considérant une pluviométrie mensuelle moyenne au printemps de 40 ± 5 mm à Issy les Moulineaux, le volume récolté par le système en un mois est de 80 m<sup>3</sup>, la cuve étant alors remplie en 6 semaines. La cuve pleine permet l'arrosage de 1000 m<sup>2</sup> pendant un mois (à raison de 120 l/m<sup>2</sup>/mois ou 4l/j/m<sup>2</sup>), avant d'attendre d'être rechargée à nouveau par les prochaines pluies.

Le stockage enterré d'EP issues de toitures et/ou de zones de cheminement peut également avoir lieu sous forme de stockage en structures alvéolaires (ex. Ouvrage de stockage du cimetière de Clamart, square des impressionnistes à Asnières sur Seine, etc.).

La mutualisation de la collecte et du stockage des EP peut se baser sur des ouvrages existants. Dans la ZAC de Rungis, une cuve/ovoïde enterrée de 250 m<sup>3</sup> permet de récolter les trop-pleins des 4 cuves préexistantes dans l'immobilier alentour (total 180 m<sup>3</sup>). L'eau ainsi récoltée est destinée à l'arrosage du jardin public. La cuve pleine permet l'arrosage de 2000 m<sup>2</sup> pendant un mois.

**Les données fournies donnent une première estimation de la capacité qu'offre le stockage d'eau de pluie pour arroser les espaces verts – vecteurs de fraîcheur – dans un tissu urbain.**

**Malgré les avancées techniques en termes de stockage des EP, cette alternative à l'arrosage classique (AEP) n'est pas toujours plébiscitée par les collectivités du fait de la complexité d'installation et des coûts.**

Dans les Hauts de Seine par exemple, les cuves de récupération des EP ne représentent que 3% de l'ensemble des ouvrages destinés à gérer ces EP (60% de ces ouvrages consistant en des bassins enterrés, APUR 2018).

A Bordeaux métropole, plusieurs études ont été menées pour l'optimisation de la ressource en eau pour l'arrosage de ses espaces verts (stockage des EP, réutilisation des eaux d'exhaure, etc.). Finalement il a été décidé de continuer à puiser dans le réseau d'AEP, en limitant le volume d'eau utilisé : arrosage uniquement durant les trois premières années d'implantation du couvert arboré pour en faciliter l'enracinement, puis l'arbre n'est plus irrigué. Cette approche a permis à la métropole de réduire par quatre en dix ans sa consommation d'eau à destination de l'arrosage (aux alentours de 250 000 m<sup>3</sup> annuels à ce jour).

La problématique de la place dans l'espace urbain freine aujourd'hui les opérations de stockage des EP à destination de l'arrosage. Sauf exception, il apparaît difficile d'implanter à grande échelle des cuves au cœur des villes et métropoles, dans l'existant. Ces solutions alternatives trouvent essentiellement leur sens dans les opérations de renouvellement urbain.

## L'EXEMPLE DE L'AVALOIR FILTRANT

**Sur cette thématique de l'eau pluviale, le projet VISION avait pour objectif de tester** la pertinence d'avaloirs filtrants développés par la société ITEPUR-HYDRASS. Ces avaloirs sont munis d'un filtre permettant de retenir une partie des hydrocarbures et éléments traces transitant depuis la rue vers les milieux aquatiques via le réseau d'évacuation des eaux pluviales. Ils peuvent être utilisés soit pour réduire les flux de polluants vers les milieux (réinfiltration des EP), soit couplés à un bassin de stockage des eaux pluviales. Celui-ci peut alors conserver un volume d'eau, filtrée, pouvant être réutilisé lors de vagues de chaleur pour l'arrosage des espaces verts.

**L'avaloir filtrant n'a cependant pas pu être testé. Pour réutiliser ces eaux, il est nécessaire de prévoir un stockage puis un pompage. Or les contraintes techniques ont été trop importantes : couts trop élevés, surfaces non disponibles, lourdeur technique liée à la création du stockage en ville etc.**



# Les pavés évaporatifs

**Le système des pavés évaporatifs a été importé, à l'instar de nombreuses solutions de rafraîchissement de l'espace urbain, du Japon.**

En France, une expérimentation a été menée par VEOLIA sur la ZAC de Montaudran à Toulouse. Le site d'expérimentation, de 130 m<sup>2</sup>, a été mis en route en 2018.

Le site est alimenté par trois avaloirs filtrant l'eau de pluie. L'eau est ensuite stockée puis pompée et injectée directement dans un réseau de tuyaux d'alimentation goutte-à-goutte. En cas de pénurie d'eau de pluie une arrivée d'eau potable est disponible. L'eau humecte une sous-couche de mortier qui redistribue cette eau par capillarité aux pavés poreux qui le recouvrent.

Les données publiées sur le sujet indiquent qu'en période de forte chaleur, l'eau en s'évaporant depuis les pavés, abaisse les températures de 15 à 20 °C au niveau du sol et de 2 à 3 °C pour la température ressentie au-dessus de la zone rafraîchie. La technologie des pavés évaporatifs a également été mise en place en 2018/2019 à Nice, sur une surface de 250 m<sup>2</sup>, au niveau d'arrêt(s) de tramway, dans le cadre de la

création des espaces publics du pôle d'échanges multimodal (PEM) de la plaine du Var. Le système Niçois est relié au réseau de distribution des eaux brutes de la ville.

Ces dispositifs représentent une solution complémentaire mais ils nécessitent de lourds travaux d'installation et ne peuvent être réalisés que dans le cadre d'une opération de rénovation urbaine.

A Bordeaux, la cour de l'Ecole Sousa Mendes devait être équipée de pavés évaporatifs en 2020 (travaux nécessaires évalués à 200 000€). **En accord avec Bordeaux métropole, il était prévu d'intégrer ce site aux suivis réalisés durant l'été 2020. La situation sanitaire COVID ayant retardé les travaux d'installation, cette mesure n'a pas pu être effectuée.**



# Les abribus végétalisés

La végétalisation des abribus est une option qui permet de créer de petits îlots de biodiversité dans l'espace urbain tout en participant au rafraîchissement de celui-ci. Plusieurs initiatives ont déjà été portées sur ce sujet (ex. végétalisation de 50 abribus à Paris en 2015, végétalisation du toit des bus eux-mêmes à Madrid en 2017), sans pour autant être pérennes dans le temps. En 2019 cependant, la ville d'Utrecht (Pays Bas) a végétalisé 316 abribus, avec la volonté de conserver le dispositif sur le long terme.

**L'enquête sociologique ayant montré que l'attente des transports publics correspond à une situation où les gens se plaignent de la chaleur, nous avons souhaité nous associer avec le délégataire ayant la propriété des abribus sur le territoire de Bordeaux Métropole pour mesurer le pouvoir rafraîchissant d'un démonstrateur.** La situation conjoncturelle (renouvellement de la consultation publique pour ce contrat) n'a cependant pas permis de mener à bien cette expérimentation.



*Un abribus végétalisé à Utrecht, aux Pays Bas*

# 8 L'îlot de fraîcheur urbain : bénéfices croisés du végétal et de la brumisation





# La place du végétal et de la brumisation pour se rafraichir

Plusieurs enseignements sont ressortis des campagnes de mesure et des enquêtes sociologiques du projet en 2019 et 2020, dans la perspective de construire une solution de rafraichissement à la fois innovante, réaliste, adaptée au terrain, à la demande des usagers, et à celle des acteurs du territoire.

- La brumisation est la solution basée sur l'eau la moins consommatrice en eau
- Son pouvoir rafraichissant et son acceptation par le grand public, sont améliorés si elle est associée au végétal (notion de récréation d'une oasis de fraîcheur)
- Les accès à l'eau et à l'électricité dans l'espace public étant limités, les solutions de demain devront s'affranchir au maximum de ces contraintes
- Les propositions doivent s'inscrire dans une démarche globale de ville du futur moins minérale et plus résiliente
- La pédagogie et l'accompagnement des acteurs et usagers du territoire autour d'une utilisation raisonnée de la ressource en eau sont un élément fondamental dans l'acceptation de nouvelles solutions de rafraichissement.

Dans ce contexte, certaines villes, à l'image du Mans ou de Pau offrent à leurs habitants des oasis de fraîcheur basés sur des couverts arborés doublés de brumisateurs.



Une solution de low tech couplant végétal et brumisation apparaît comme une approche pertinente pour rafraichir les usagers de la ville au vu de son pouvoir rafraichissant, des enjeux environnementaux (consommation raisonnée en eau), techniques (facilité d'installation), et économiques (solutions pouvant être mises en œuvre à un cout maîtrisé pour la collectivité). Cette approche a été retenue dans le projet pour développer un IFU (ilot de fraîcheur urbain).



# L'îlot de fraîcheur urbain (IFU)



## LE CHOIX DU SITE

L'îlot de fraîcheur (IFU) a été installé durant l'été 2020 sur la place François Mitterrand, dans la ville de Cenon (33), sur la métropole bordelaise. Le site, une large place découverte entourée d'immeubles d'habitation collective est référencé comme îlot de chaleur (ICU, cf chapitre 5). Tous les mercredis, elle héberge le marché de Cenon, très fréquenté par la population locale.

La place a été rénovée en 2018. A cette occasion, des terre-plein végétalisés (strates herbacées et arbustives) d'une quinzaine de mètres carrés chacun ont été mis en place. L'IFU du projet s'est appuyé sur cette trame végétale existante.

**Concrètement, il a été installé au milieu de 3 des îlots végétalisés. Sa surface est de 100 m<sup>2</sup>.**



*Gauche. Vue d'ensemble de la place après son réaménagement. Droite. Les 3 îlots végétalisés localisés à l'ouest de la place, au centre desquels l'IFU est installé durant l'été 2020*



Vues d'ensemble du dispositif en aout 2020

## DESCRIPTION DU DISPOSITIF

L'îlot de fraîcheur déployé à Cenon durant l'été 2020 (mi-juillet/mi-septembre) était composé de 11 modules venus s'appuyer sur les trois îlots végétalisés existants. Une fontaine publique à boire déjà en place a complété l'ensemble et a servi d'accès au réseau d'AEP pour alimenter le dispositif. Celui-ci est accessible aux personnes à mobilité réduite (accès PMR).



Plan général de l'îlot de fraîcheur (IFU) expérimental déployé à Cenon à l'été 2020

Au centre, un kiosque brumisant élaboré par la société Water Connect. Ce kiosque a pour particularité de ne nécessiter aucune source d'électricité pour fonctionner : il brumise grâce à la pression du réseau (amplitude de fonctionnement : 1.5-3 bars sur le réseau). La brumisation est produite en actionnant un bouton poussoir avec le pied pendant un créneau horaire programmé.

Le kiosque central s'incorpore entre deux corridors végétalisés. Chaque corridor est constitué d'une allée en lames de résine minérale recyclées et recyclables (imitation chêne, visserie non-apparente) doublée de chaque côté d'une jauge de 735 litres (210 x 70 x 50 cm) contenant les arbres en pot et remplie d'un paillis en copeaux de bois de châtaignier.

**Il y a ainsi 12 jauges présentes sur site, 8 habillées d'une seule rangée d'arbre, les 4 derniers par une double rangée. Les essences retenues, mixées dans les jauges ont été choisies avec les services espaces verts de Bordeaux Métropole, pour leur capacité à :**

- Résister aux épisodes de forte chaleur dans un milieu minéralisé
- Résister à un apport d'eau important pour les arbres proches des brumisateurs
- Apporter un ombrage conséquent dans le cadre de la mission

**Les 48 arbres sont composés de :**

- 12 Quercus cerris (chênes chevelus)
- 12 Acer monspessulanum (érables de Montpellier)
- 12 Acer campestre (érables champêtres)
- 12 Alnus glutinosa (aulnes glutineux)

Les individus sélectionnés (prêtés par Bordeaux métropole) ont 5 ans d'âge en moyenne, font entre 3.5 et 5m de haut, et étaient stockés en extérieur, en pots semi-enterrés, avant transplantation. Ils ont un feuillage bien fourni au moment de leur mise en place début Juillet 2020.

Les arbres sont alimentés par un système par goutte à goutte piloté par un programmeur d'arrosage, à raison de 24 litres/arbre/jour<sup>1</sup> et asservi à la pluviométrie.

L'une des deux allées est dotée d'une rampe de brumisation située à 2.3 m de haut et brumisant de haut en bas (16 séquences de 5 minutes par jour avec une estimation d'une vingtaine de litres d'eau par jour pour l'ensemble de la brumisation)<sup>2</sup>.

Une troisième allée connecte l'ensemble du dispositif à une fontaine à boire préexistante (source d'EP sans en altérer sa fonction première).

Cette allée est constituée de deux types de modules : un module supportant un voile d'ombrage monté à 2.3 m sur un cadre de poteaux de pins autoclavés et un module sous forme de pergolas recouverte par une plante grimpante (jasmin étoilé) prenant racine dans une jauge prévue à cet effet (jauge de 180x40x40 soit 288L), avec une consommation de 4L par jour par plante, sur un total de 12 plantes grimpantes (soit 48L par jour).

**Un aperçu vidéo du dispositif est accessible via ce [lien](#).**

---

<sup>1</sup> Les arbres transplantés n'ont pas subi de stress hydrique. Ils n'ont ni jauni, ni perdu leur feuillage pendant l'été.

<sup>2</sup> Cette rampe a fonctionné en Juillet mais à la suite d'actes de malveillance elle a été dégradée, et n'a pas pu être réactivée en Aout.

---

## EVALUATION DE L'IMPACT DU DISPOSITIF

La température ressentie (°C) et les températures de surface ont été monitorées manuellement par une opératrice durant l'été 2020.

### Protocole :

10 campagnes de mesure entre le 15/07 et le 11/08 avec un thermomètre à boule noire

5 campagnes de mesure entre le 07/08 et le 11/08 avec une caméra infrarouge

Pour chacune des campagnes, la température mesurée sur la dalle nue de la place F. Mitterrand est retranchée à la température mesurée sur chacun des points. Le différentiel ainsi mesuré représente le gain de fraîcheur occasionné.

### Points de mesure :

Dalle nue de la place F. Mitterrand (témoin négatif)

Module : Allées arborées

Module : Allée non arborée (allée nue connectant le kiosque et les pergolas)

Pergolas de jasmin

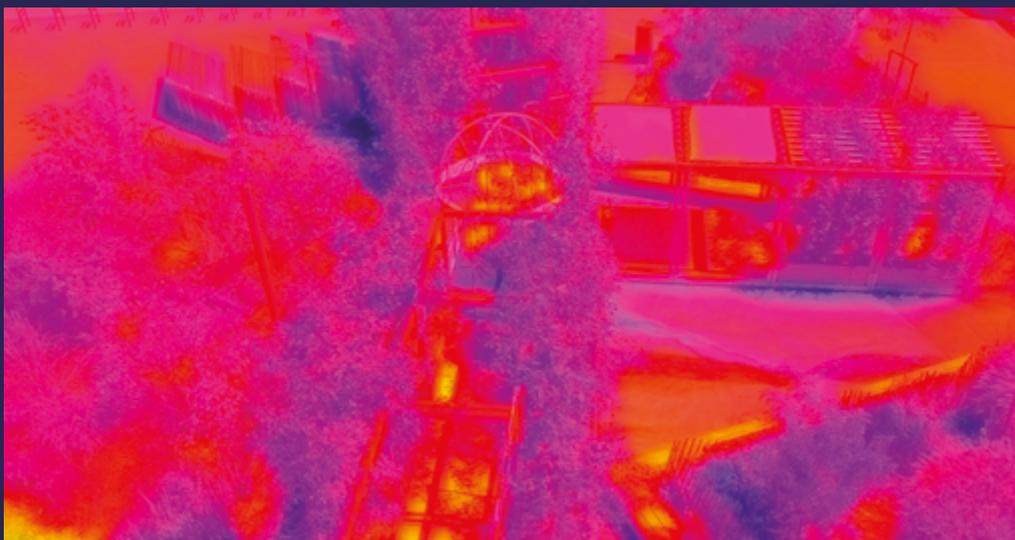
Voiles d'ombrages

Kiosque brumisant (immédiatement après utilisation)

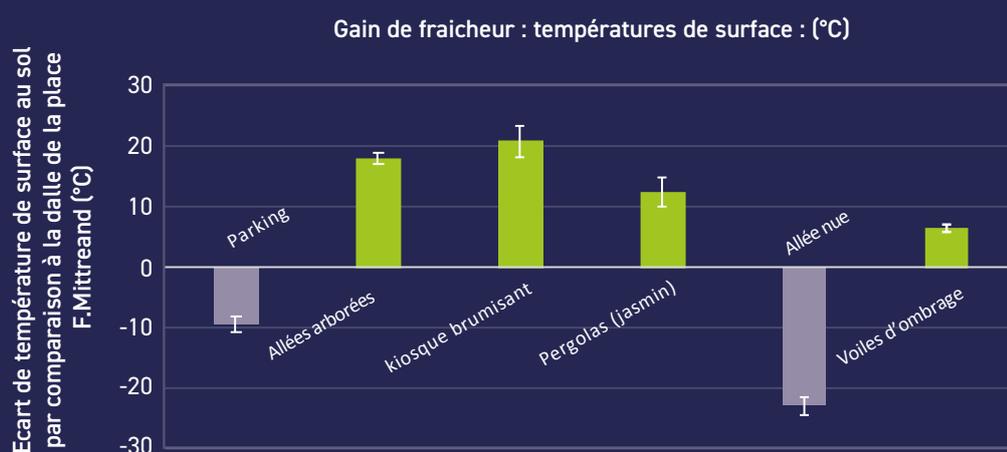
Place de parking adjacente au dispositif (cf section « rafraîchissement de la chaussée »)



Illustration des points de mesure (en rouge les points de mesure monitorés par l'opératrice, en vert les capteurs fixes)



Exemple de mesure prise par caméra thermique montée sur drone pour le projet VISION (bas : allées arborées, milieu : kiosque brumisant, droite, voiles d'ombrage). Extrait de la vidéo réalisée par le partenaire ACPP sur le dispositif

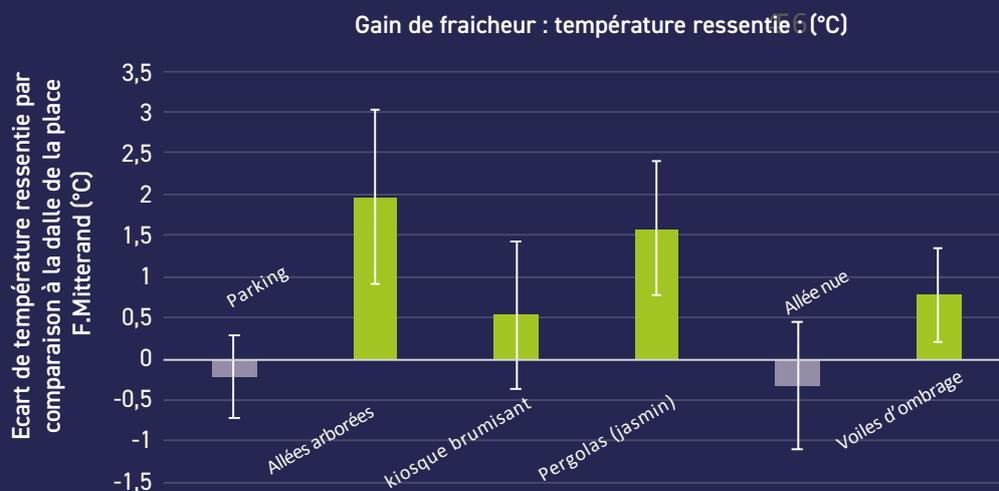


Différentiel de température de surface (°C) entre la dalle nue de la place F. Mitterrand et les différents points de mesure du dispositif (n=10). En gris les gains de fraîcheur, en vert les zones de plus forte chaleur

**L'îlot de fraîcheur (IFU) déployé sur la place de Cenon a permis de réduire les températures de surface au sol de l'ordre dans une gamme 5-20°C.**

L'ombrage généré par les arbres des allées arborées et la pellicule d'eau déposée après actionnement du kiosque brumisant ont fait chuter la température au sol d'environ 20°C. Les pergolas de jasmin et les voiles d'ombrage ont respectivement fait chuter cette température de 12 et 6 °C.

A l'inverse, la température au sol sur le parking adjacent à la place et sur les allées découvertes du dispositif était plus élevée que sur la place elle-même (jusqu'à > 20°C pour les allées découvertes). Les lames en résine minérale utilisées au sol ne sont pas le matériau le plus adapté à un IFU.



*Différentiel de température ressentie (°C) entre la dalle nue de la place F. Mitterrand et les différents points de mesure du dispositif (n=10). En gris les gains de fraîcheur, en vert les zones de plus forte chaleur ressentie*

**Les pergolas de jasmin et les allées arborées sont les espaces où le gain de fraîcheur ressenti est le plus fort (1.5 à 2°C), ce qui confirme le pouvoir du végétal pour rafraîchir un espace.**

Les voiles d'ombrages sont moins performants, avec un gain de fraîcheur de l'ordre de 0.5°C. Le kiosque brumisant ne fait chuter la température ressentie que de 0.5°C immédiatement après utilisation. Cependant, son intérêt réside dans la fraîcheur procurée par la brumisation elle-même sur la peau plutôt que dans un rafraîchissement global de l'atmosphère.

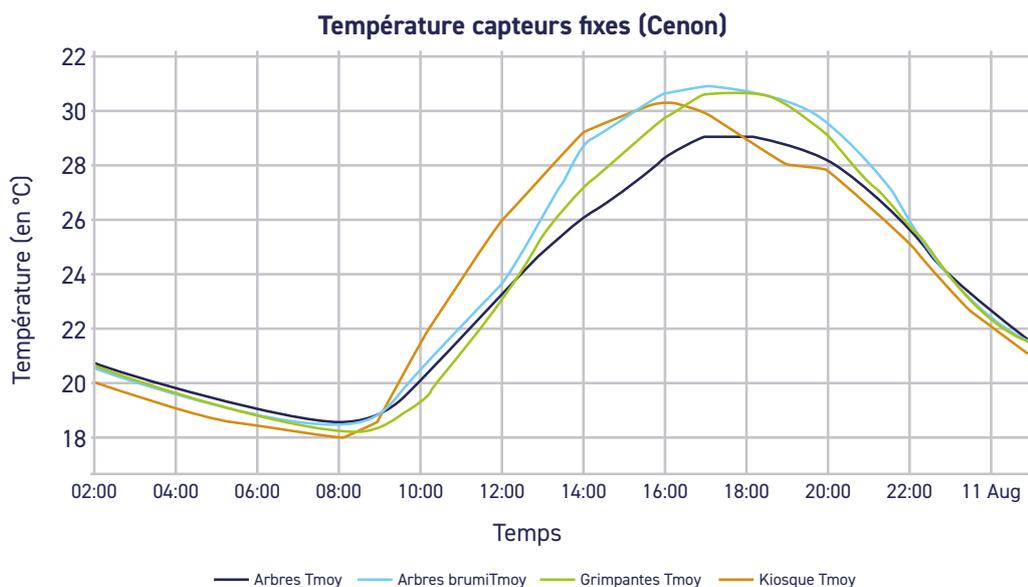
A l'inverse, la température ressentie sur le parking adjacent au dispositif et sur l'allée découverte est supérieure à celle ressentie sur la place F. Mitterrand (+0.5°C)



Les mesures prises sur l'IFU de Cenon confirment la pertinence d'associer végétal et brumisation. **Les températures au sol ont été fortement réduites (jusqu'à - 20°C)** par rapport à un espace minéral nu, et procurent une sensation de fraîcheur marquée (**gain de 2°C de température ambiante sous le végétal** associé à un **rafraîchissement par contact** avec le kiosque brumisant). Les matériaux (nature et couleur) utilisés pour construire ce type de dispositif doivent être pensés de manière à augmenter au maximum leur albedo.

## MESURES EN CONTINU PAR CAPTEURS/ENREGISTREURS

Quatre capteurs-enregistreurs TinyTag ont été disposés pour une mesure en continu durant tout l'été en quatre endroits de l'îlot de fraîcheur : 2 dans les allées arborées (une allée à deux rangées d'arbres sans brumisation, une allée à une rangée d'arbres dotée d'une rampe de brumisation), 1 au niveau du kiosque brumisant, 1 sous une pergola de jasmin.



*Courbes des températures mesurées sur une journée estivale type*

**Le capteur fixé sur le kiosque (légèrement au-dessus du volume brumisé) renseigne sur les variations de la température de l'air extérieur.**

En matinée, jusqu'à 14h, ce capteur indique que l'ensemble des trois solutions testées (1 rangée d'arbres brumisés, 2 rangées d'arbres et une pergola de jasmin) sont efficaces pour faire diminuer la température de l'air dans une gamme [1-2°C]. En après-midi, et jusqu'en soirée quand les températures se réhomogénéisent, seule la solution « 2 rangées d'arbres » permet de maintenir globalement une température de l'air inférieure à celle de l'espace extérieur, toujours dans la gamme [1-2°C]. Le pouvoir rafraichissant procuré par le couvert végétal est confirmé. Au contraire, les températures de l'air dans les solutions « pergolas » et « 1 rangée d'arbres » sont supérieures à celle de l'air extérieur en fin de journée (à partir de 16h). Là encore, très probablement, l'orientation et l'exposition des capteurs (non protégés) sont en cause. En effet, il a été démontré avec les mesures effectuées à l'aide de la sonde Kimo que les deux options « pergolas » et « 1 rangée d'arbres » sont bien génératrices de fraîcheur. Et même si elles n'étaient pas génératrices de fraîcheur, elles ne peuvent en revanche pas être une source de chaleur.



Les capteurs-enregistreurs installés dans l'IFU ont permis de confirmer le pouvoir rafraîchissant des allées végétalisées à double rangée d'arbre [gamme 1-2°C]. En revanche, ils n'ont pas permis de renseigner ce pouvoir rafraîchissant dans l'allée végétalisée (1 rangée d'arbres) et brumisée, ainsi que sous la pergola de Jasmin en raison d'une mauvaise installation.

**Nota bene.** Les capteurs-enregistreurs sont des outils qui permettent de mesurer très précisément les fluctuations de température de l'air extérieur en un lieu donné. Il est cependant primordial, en amont d'opérations visant à évaluer le pouvoir rafraîchissant d'items pérennes ou temporaires en ville, de penser leur disposition de manière à limiter les artefacts pouvant biaiser les conclusions, tel que décrit précédemment dans notre étude.

**Paramètres à prendre en compte :**

- Protection adéquate des capteurs par un abris météo pour que ceux-ci ne soient pas soumis directement au rayonnement solaire
- Disposition sur des supports similaires pour tous les points d'étude (certains supports « chauffent » plus que d'autres, ce qui peut biaiser la mesure)

**Il est à noter que ce type de mesure est difficile à réaliser en milieu urbain. En effet, le pouvoir rafraîchissant des dispositifs doit être mesuré à hauteur d'homme. Or, laisser un capteur de mesure en continu à hauteur d'homme risque de l'exposer à du vandalisme, ou au vol. Ce paramètre contraint fortement l'utilisation de ce type de capteurs en ville et impose un placement pas toujours optimal dans les sites que l'on souhaite renseigner.**

# 9 Comparatif des solutions testées





## Ce qu'il faut retenir

---

L'ensemble des données récoltées permet de poser un premier cadre pour comparer des options de rafraîchissement entre elles. Les points à retenir sont :

- Les aires de jeux d'eau sont très efficaces pour se rafraîchir mais elles consomment des volumes d'eau significatifs par comparaison aux autres solutions. En outre elles requièrent une alimentation électrique pour fonctionner.
- Les brumisateurs-ventilateurs consomment beaucoup moins d'eau que les aires de jeux d'eau mais ils sont tributaires d'une alimentation électrique. Certains systèmes, tel le kiosque brumisant testé pour l'IFU de Cenon n'ont cependant pas besoin d'électricité pour fonctionner, la seule pression du réseau leur suffit. Ces systèmes sont à privilégier.
- Le végétal offre un gain de fraîcheur par ombrage qui permet de rafraîchir l'air sous les frondaisons de l'ordre de 2°C. La sensation de fraîcheur est cependant plus diffuse que celle offerte par les jeux d'eau et la brumisation. Le végétal vient adoucir un espace, tandis que les dispositifs de rafraîchissement offrent une source localisée de fraîcheur. Les deux approches sont complémentaires.
- Les solutions de rafraîchissement de la chaussée et/ou des matériaux, telles que l'arrosage ou le recouvrement par une peinture blanche, apportent une plus-value à l'échelle de la cité en augmentant l'albedo, mais ne procurent pas (ou peu) de franche sensation de rafraîchissement à hauteur d'homme. Ces solutions viendront en complément de dispositifs de rafraîchissement, pour en améliorer le potentiel.
- Les toiles d'ombrages offrent une solution de rafraîchissement (ex. rues étroites dans les pays du sud de l'Europe).
- Les fontaines ornementales sont des ouvrages d'art d'ornement de la ville, mais elles n'apportent pas (ou très peu) de fraîcheur de manière directe aux usagers (elles apportent cependant un accès visuel et auditif à l'eau qui procure une sensation indirecte de fraîcheur).

**TABLEAU DE SYNTHÈSE DES PARAMÈTRES  
ESTIMÉS DANS LE PROJET VISION**

Options testées	Rafraîchissement par contact (o/n)	Sensation de fraîcheur immédiate <sup>1</sup>	Température air (°C) <sup>2</sup>	Température sol (°C) <sup>2</sup>	Conso. Eau (m <sup>3</sup> /mois) <sup>2</sup>	Conso. Elec. (kWh/mois) <sup>2</sup>
Aire de jeux d'eau	O	+++	pas d'impact	- 15/20°C	150	350
Brumisateurs ventilateurs	O	++	- 8/12°C	pas d'impact	3	110
Bois urbain mature	N	++	- 1/3°C	non mesuré	0	0
Arbre unitaire jeune (< 3 ans)	N	+	- 1/3°C	- 15/20°C	< 1	0
Arbre unitaire mature (> 3 ans)	N	+	- 1/3°C	- 15/20°C	0	0
Peinture coolroof	N	-	pas d'impact	- 20°C	0	0
Arrosage de la chaussée	N	-	pas d'impact	- 10°C	variable	0
Kiosque brumisant	O	+++	- 2/8°C	- 15/20°C	7	0
Allées végétalisées/ brumisées	O	+++	- 1/3°C	- 20°C	2.5	0
Toiles d'ombrage	N	+	+ 1°C	- 5/10°C	0	0
Fontaines ornementales	N	-	pas d'impact	pas d'impact	variable	variable

*1. Estimation à dire d'expert VISION. 2. Données projet VISION*



# Evaluation de scénarios fictifs

Imaginons à titre illustratif un cas fictif pour visualiser les points forts et les points faibles de ces solutions en conditions réelles :

« une collectivité souhaite déployer une solution de rafraîchissement sur un espace minéral de son territoire (ex. place du marché). La surface mise à disposition est de 100m<sup>2</sup>, un accès à l'eau potable et à l'électricité sont disponibles. »

Les options discutées sont :

- une aire de jeux d'eau (à l'image de celles testées dans le projet VISION)
- une aire brumisée ventilée (4 brumisateurs aux 4 extrémités)
- création d'un bosquet urbain: désimperméabilisation du sol associée à la plantation d'un bosquet de 5/6 arbres matures + strate herbacée.
- recouvrement du sol par une peinture blanche
- un ilot de fraîcheur urbain (6 modules : 1 brumisant, 4 modules végétalisés, 1 module à voile d'ombrage)

Les bénéfices sont estimés à dire d'expert (notation entre 0 et 100 sur la base du tableau précédent).

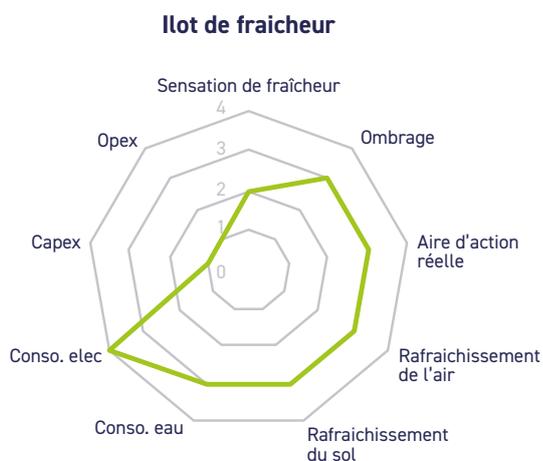
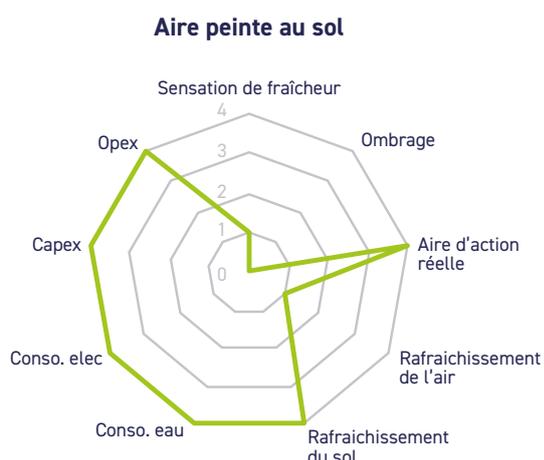
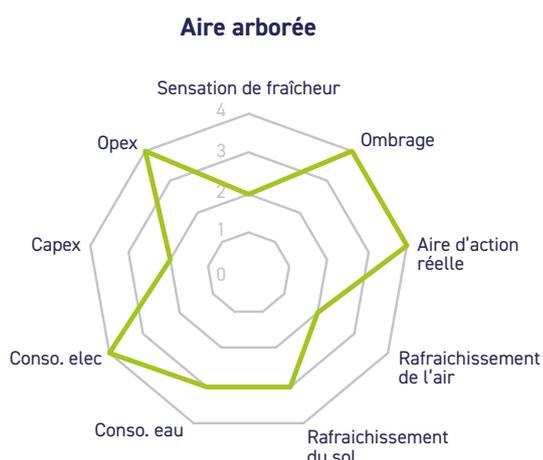
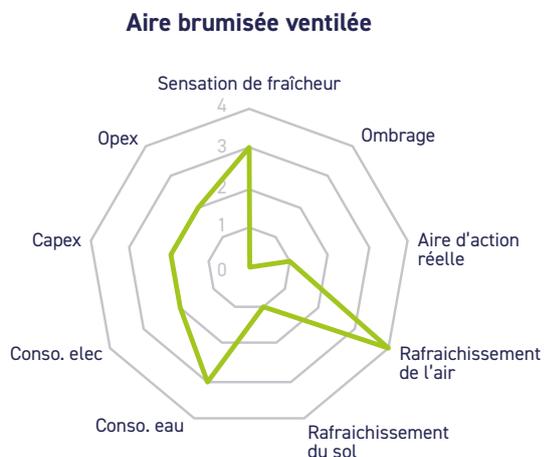
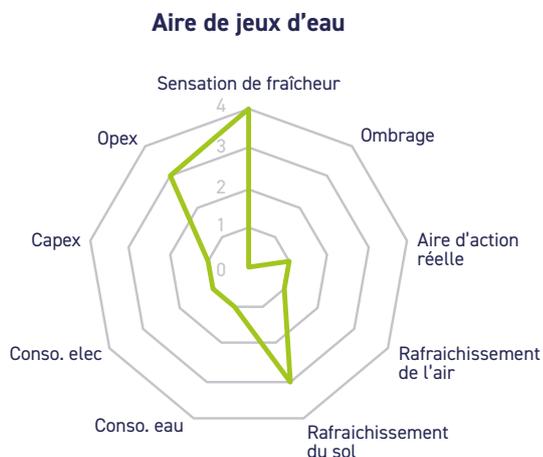
Les couts sont calculés sur la base du REX VISION (CAPEX calculés pour une surface rafraichie de 100m<sup>2</sup>, OPEX englobant installation et maintenance sur deux mois).

## DÉTAIL DE 5 OPTIONS ET DES COUTS/BÉNÉFICES ASSOCIÉS POUR RAFRAICHIR UN ESPACE DE 100M<sup>2</sup>

		Aire de jeux d'eau	Aire brumisée-ventilée	Aire arborée	Aire peinte au sol	Ilot de fraîcheur
Bénéfices	Sensation de fraîcheur immédiate (%) <sup>1</sup>	100	70	60	10	60
	Ombrage apporté (m <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>	0	0	100	0	80
	Aire d'action réelle (m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	20	10	100	100	80
	Rafraichissement T°C air <sup>2</sup>	0	8	2	0	3
	Rafraichissement T°C sol <sup>2</sup>	15	0	15	20	15
Couts	Conso. Eau (m <sup>3</sup> /mois) <sup>2</sup>	150	3	4	0	2.5
	Conso. Elec. (kWh/mois) <sup>2</sup>	350	110	0	0	0
	Capex <sup>2</sup>	50 000	25 000	5-10 000	100	55 000
	Opex <sup>2</sup>	2 000	5 000	50	0	10 000

CAPEX calculés pour une zone rafraichie de 100m<sup>2</sup>,  
OPEX englobant installation et maintenance sur deux mois

Les valeurs du tableau sont converties en notes (de 1 à 4). La note donnée s'appuie sur le percentile auquel appartient la valeur pour le paramètre ciblé. **Une note basse renseigne sur un point faible de l'option, une note haute sur un point fort. L'ensemble des notes obtenues est traduit sous la forme de diagrammes radars.**



Diagrammes radar traduisant les points forts et les points faibles des 5 options envisagées pour rafraîchir un espace urbain minéral de 100m<sup>2</sup>

**TABLEAU RÉCAPITULATIF DES POINTS FORTS ET DES POINTS FAIBLES DES 5 OPTIONS ENVISAGÉES POUR RAFRAÎCHIR UN ESPACE URBAIN MINÉRAL DE 100M<sup>2</sup>**

	Points forts	Points faibles
Aire de jeux d'eau	Sensation de fraîcheur immédiate par contact, rafraîchissement du sol	Cout de déploiement, consommation en eau et électricité, absence d'ombrage, faible aire d'action réelle pour des aires de petite taille
Aire brumisée-ventilée	Sensation de fraîcheur par contact et par rafraîchissement de l'air à proximité directe	Pas d'ombrage, nécessite une arrivée électrique, aire d'action réelle limitée à la proximité de la tête de brumisation
Aire arborée	Ombrage et rafraîchissement de la totalité du site, sans besoin en énergie. Désimperméabilisation	Cout de déploiement, ne procure pas de sensation de fraîcheur par contact
Aire peinte au sol	Faible cout de mise en place pour une diminution marquée de la température au sol sur la surface peinte	Rafraîchissement minime à hauteur d'homme, aucun ombrage
Ilot de fraîcheur	Solution la plus complète, offrant à la fois ombrage et rafraîchissement par contact, sur l'ensemble de la zone	Coûts d'investissement et de maintenance

*A noter que l'aire de jeux d'eau et l'aire arborée sont des solutions pérennes et fixes, tandis que la brumisation et l'ilot de fraîcheur sont modulables et temporaires. Ces solutions sont à adapter en fonction de l'usage du site.*



**Un ilot de fraîcheur (IFU) alliant brumisation et végétalisation apparaît comme l'option la plus efficace pour créer une bulle de fraîcheur en ville sur un espace restreint.**

**Les coûts d'installation et de maintenance ne doivent cependant pas être négligés.**

**Quand un dispositif pérenne peut-être aménagé, la création d'un bosquet urbain par désimperméabilisation du sol et plantation d'arbres en pleine terre est l'option verte et durable. Il est intéressant de coupler la plantation avec de la brumisation pour permettre le rafraîchissement par contact.**



# Analyses du cycle de vie des solutions testées

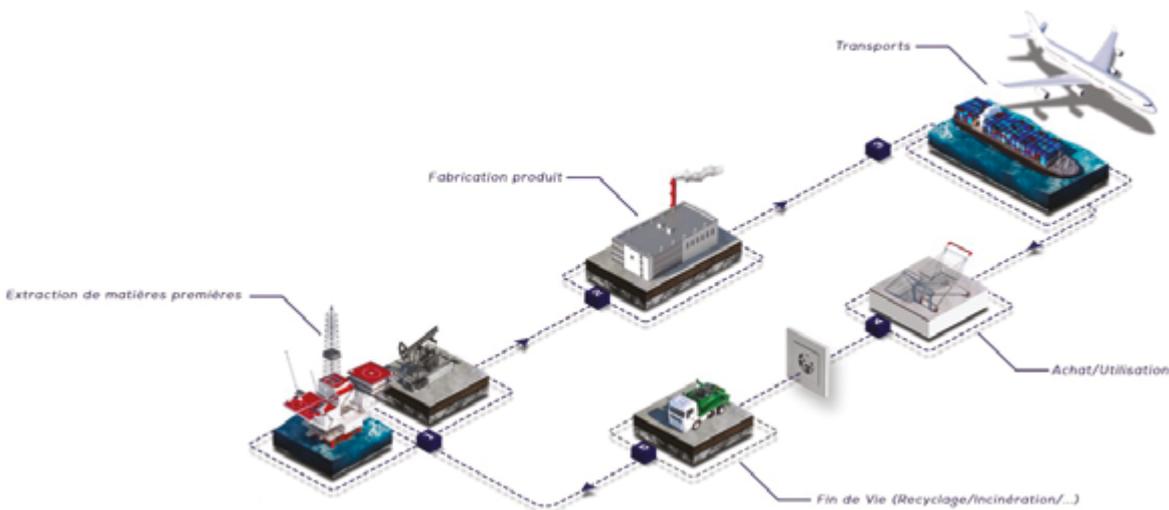
**Une analyse de cycle de vie a été réalisée pour trois types de dispositifs : brumisateurs/ventilateurs, jeux d'eau et îlot de fraîcheur urbain (IFU).**

L'analyse du cycle de vie (ACV) recense et quantifie, tout au long de la vie des produits, les flux physiques de matière et d'énergie associés aux activités humaines. Elle en évalue les impacts potentiels puis interprète les résultats obtenus en fonction de ses objectifs initiaux.

A noter que l'ACV des arbres n'a pas été réalisée car ce sont des éléments naturels pour lesquels la notion d'ACV s'applique assez mal. Les principaux "impacts" environnementaux de l'arbre sont liés à la phase de plantation (mise en œuvre de la fosse lors de l'aménagement de la voirie et logistique des plants) et ponctuellement lors de la taille. Mais ils évitent aussi des matériaux supplémentaires de voirie.

L'impact est donc assez faible car ces éléments sont assez marginaux à l'échelle du bilan carbone d'un aménagement de voirie. Certaines essences d'arbres peuvent émettre des COV pendant une période de leur croissance mais ce cas est assez marginal et, globalement, les arbres ont davantage d'impacts environnementaux bénéfiques (que l'ACV ne quantifie pas forcément totalement).

**En première approche, on peut considérer que les arbres en milieu urbain n'ont pas d'impact négatif sur l'environnement.**



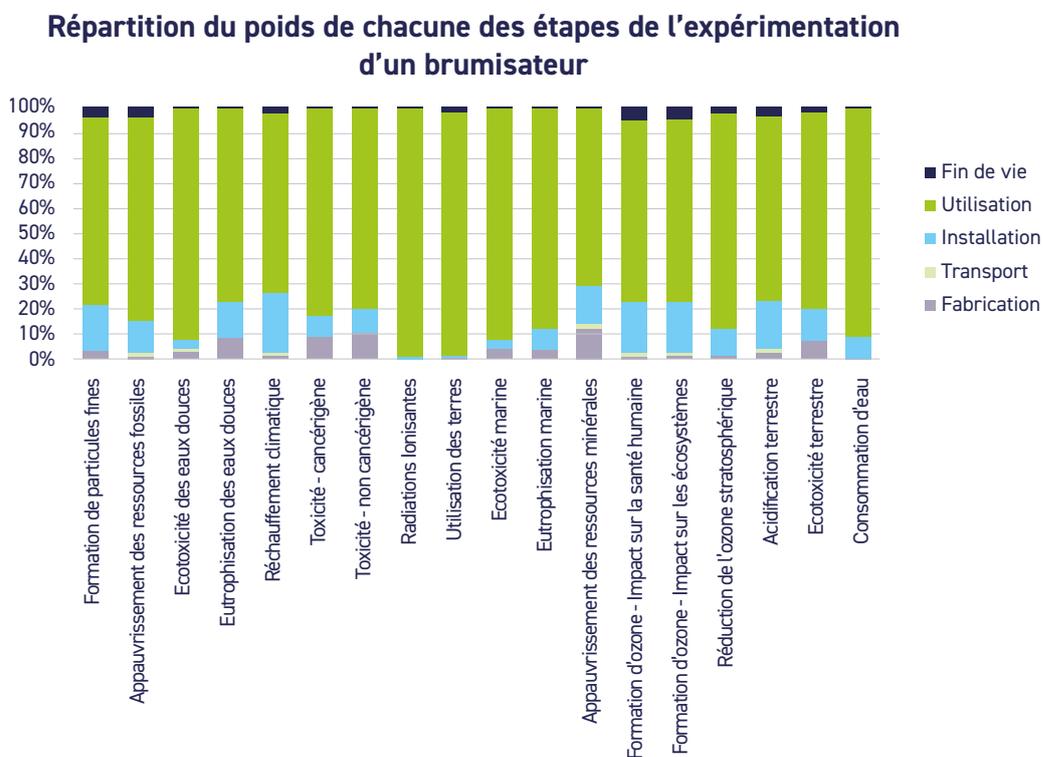
*Principe général d'une analyse du cycle de vie (source ADEME)*

**Les étapes prises en compte lors d'une ACV sont les suivantes :**

- La fabrication des éléments : calculé sur la durée de vie totale de la solution, et pris en compte au prorata de la durée d'expérimentation
- Le transport des équipements depuis leurs lieux de production jusqu'au lieu d'expérimentation, puis de leur lieu d'expérimentation jusqu'à leurs lieux de stockage
- L'installation : cette étape prend en compte l'ensemble des éléments nécessaires à la mise en place (réalisation de dalle ou socle béton, utilisation de vis, utilisation d'outils, etc.)
- L'utilisation : cette étape intègre l'ensemble des consommations d'énergie et d'eau durant les 2 mois d'expérimentation, les besoins en maintenance et l'utilisation des consommables (batterie par exemple)
- Fin de vie. Ceci correspond aux impacts associés au traitement en fin de vie des équipements (calculés sur la durée de vie totale de la solution, et prises en compte au prorata de la durée d'expérimentation).

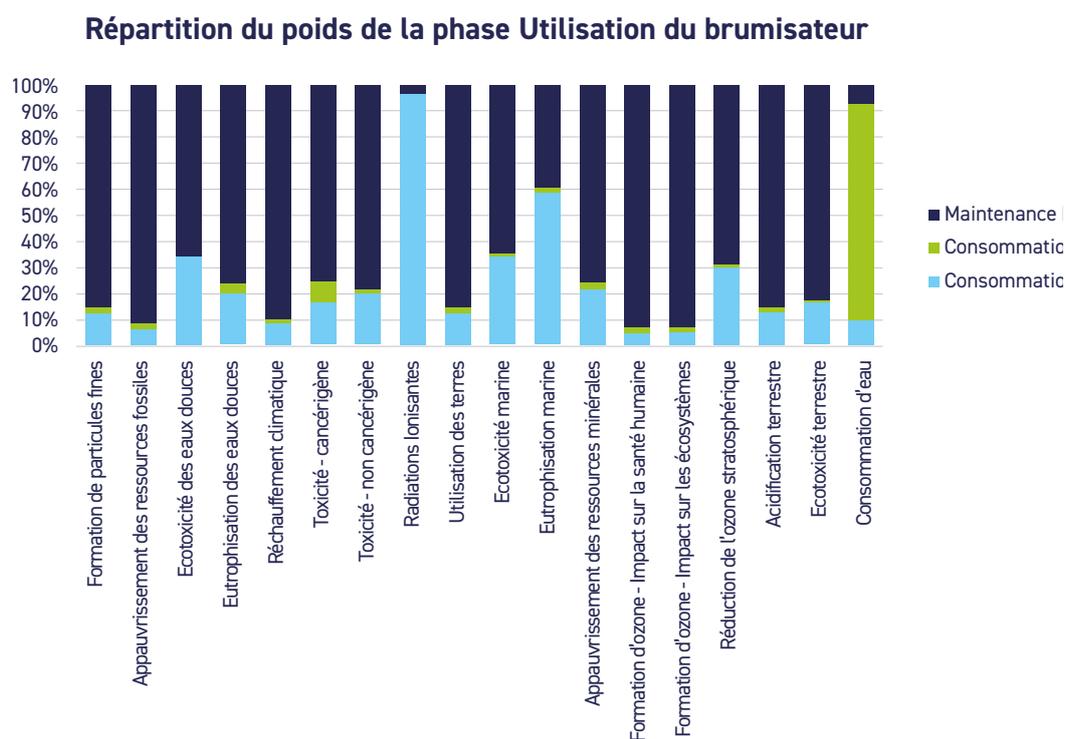
## ACV BRUMISATEUR VENTILATEUR

Le graphique suivant représente la répartition de l'ensemble des impacts générés par l'expérimentation d'un brumisateurs ventilateur. L'installation de la gare Saint Jean a été étudiée.



L'utilisation du brumisateur ventilateur durant 2 mois est l'étape la plus impactante sur l'ensemble des indicateurs, excepté pour l'occupation des terres (land Use Potential). Pour ce dernier, c'est la phase d'installation de l'équipement qui est la plus impactante, notamment via la fabrication du coffre de protection en bois, la sylviculture étant consommatrice d'espaces.

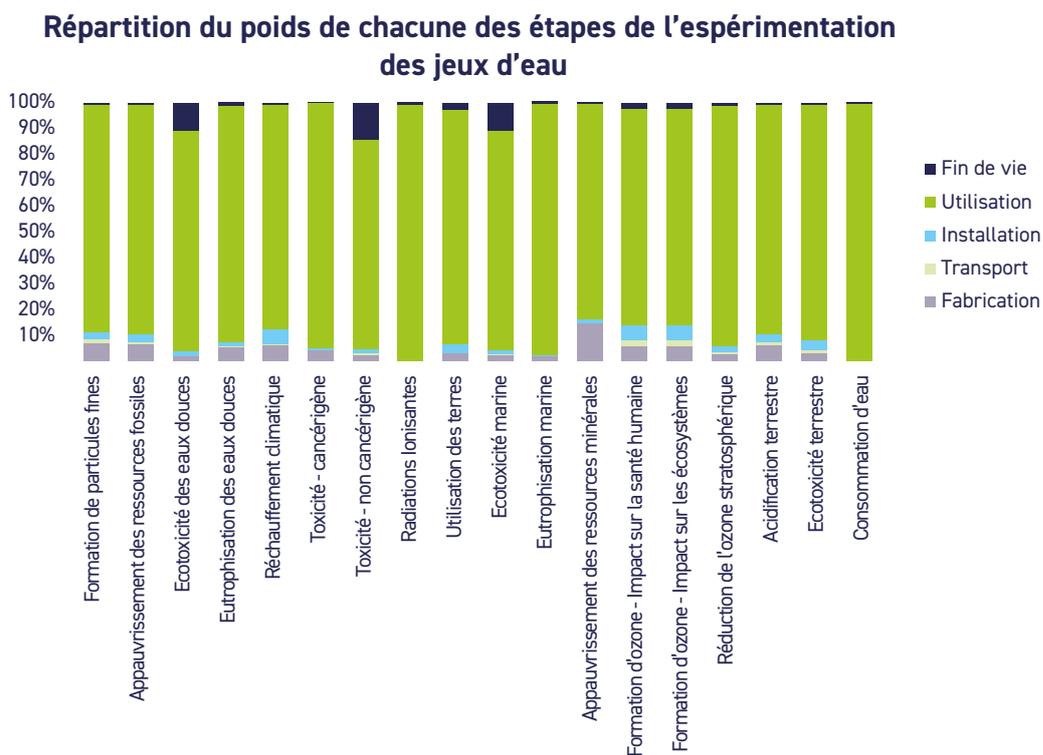
**Le graphique suivant détaille les impacts de la phase Utilisation (en orange ci-dessus) :**



Les allers retours hebdomadaires du technicien venant s'assurer du bon fonctionnement du dispositif sont à l'origine de la majorité des impacts excepté la consommation d'eau (pour laquelle la consommation d'eau nécessaire à la brumisation impacte le plus) et l'émission de radiations ionisantes (pour laquelle la consommation d'électricité française majoritairement issue du nucléaire impacte le plus).

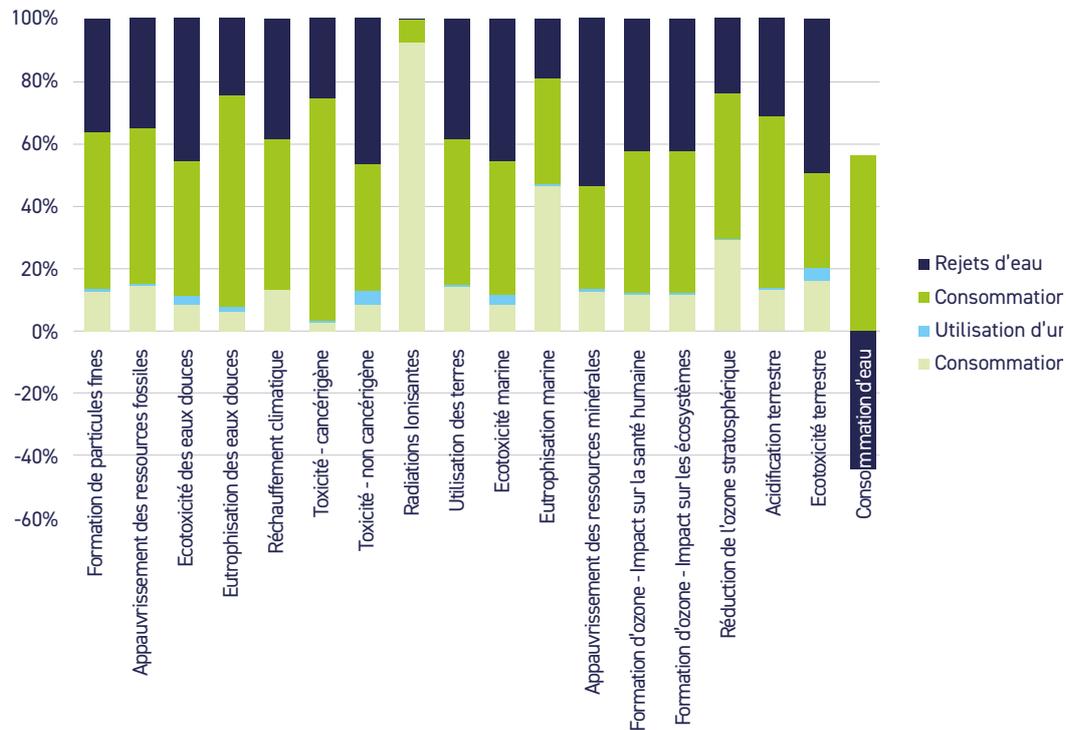
## ACV JEUX D'EAU

Le graphique suivant représente la répartition des postes contributeurs de l'installation, pour chacun des impacts environnementaux. L'installation de Saige a été étudiée.



Pour la totalité des indicateurs environnementaux (ou catégories d'impact), la phase d'utilisation des jeux d'eau est encore le principal contributeur à l'empreinte environnementale du dispositif (entre 80% et 100% de l'impact suivant l'indicateur choisi). Le graphique suivant présente la répartition des impacts de la phase d'utilisation (en orange dans le graphique précédent) :

## Répartition des impacts associés à la phase d'utilisation des jeux d'eau



**Pour la quasi-totalité des catégories d'impacts, l'eau (consommation d'eau potable et rejet d'eau usée) est le principal contributeur à l'empreinte environnementale des jeux d'eau.**

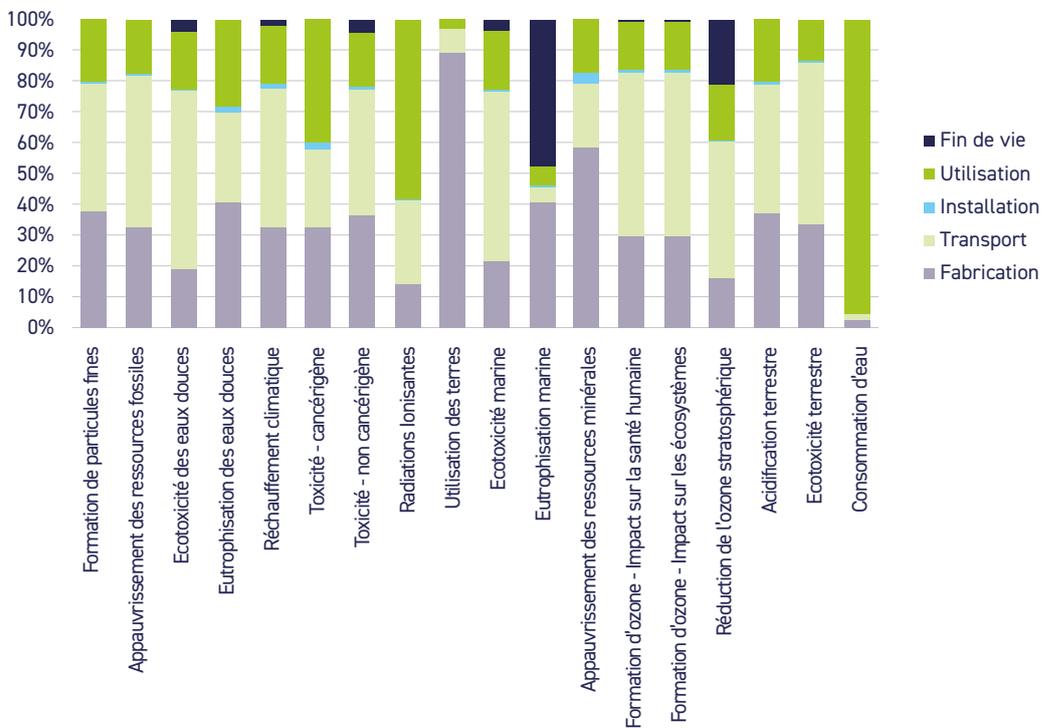
Pour les indicateurs « Radiations ionisantes » et « Eutrophisation marine », la majorité de l'impact est associée à la consommation d'électricité issue du mix moyen français, majoritairement du nucléaire.

Enfin, on observe une valeur négative pour l'indicateur « Consommation d'eau ». En effet, l'eau rejetée dans le système d'assainissement de la ville puis traitée va, in fine, rejoindre le milieu naturel. On a un impact positif de l'étape car l'eau n'est pas consommée mais réinjectée dans le milieu. On constate cependant des pertes entre la quantité consommée et la quantité d'eau rejetée.

## ACV DE L'ILOT DE FRAICHEUR URBAIN (IFU)

Le graphique suivant représente la répartition des postes contributeurs de l'installation, pour chacun des impacts environnementaux.

Répartition du poids de chacune des étapes de l'expérimentation de l'IFU

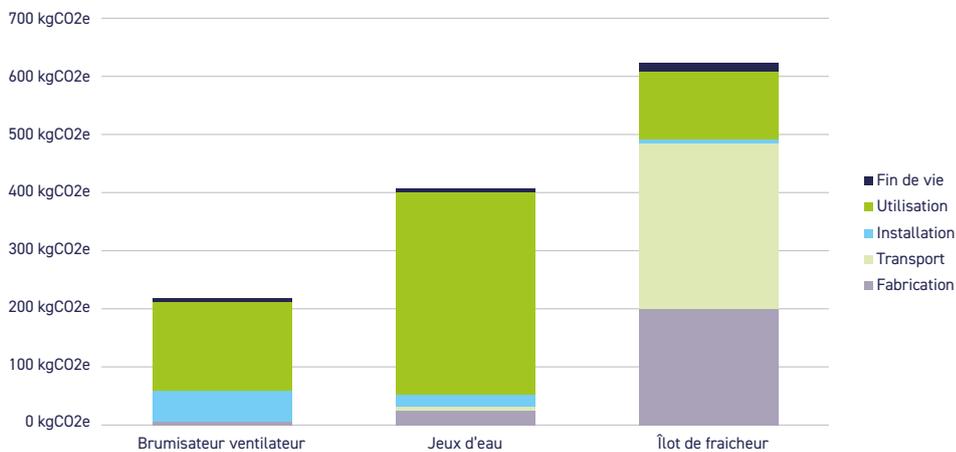


Pour cette installation, la répartition des impacts est différente. La phase de fabrication des nombreux modules (et notamment les socles en acier qui les composent) pèse autant que la phase d'utilisation (notamment les allers retour hebdomadaires des techniciens en charge de la surveillance et de la maintenance du site) et autant que la phase de transport, qui comprend l'acheminement des modules jusqu'au site de Cenon puis le transport des modules en fin d'expérimentation jusqu'à leurs lieux de stockage (Saint Jean d'Illac et Mérignac).

## COMPARAISON DES DISPOSITIFS

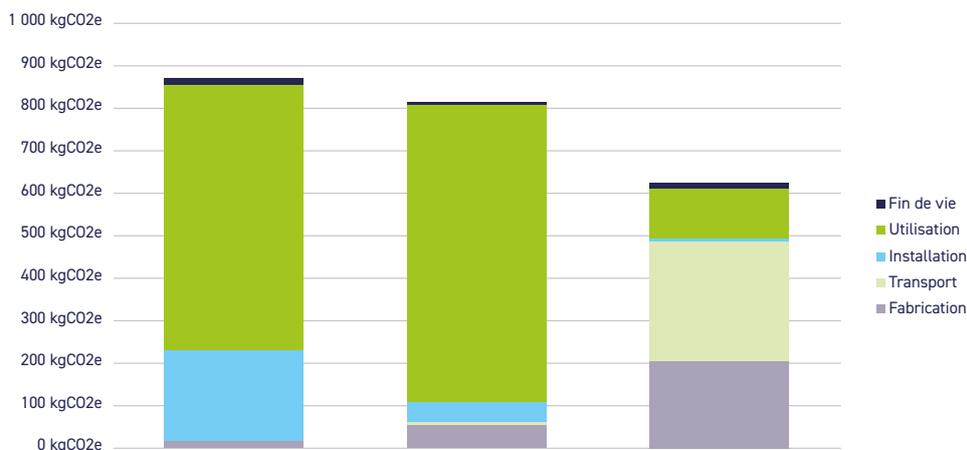
Pour la quasi-totalité des indicateurs, l'impact de l'îlot de fraîcheur est supérieur à celui des jeux d'eau qui est supérieur à celui du brumisateur ventilateur. Le graphique suivant représente pour chacune des trois solutions la répartition des émissions de gaz à effet de serre par étape du cycle de vie selon la méthode ACV (l'impact gaz à effet de serre étant un des indicateurs de l'ACV).

Comparaison des trois solutions, émissions de gaz à effet de serre



Cependant, les trois dispositifs proposés n'ont pas le même pouvoir rafraichissant. Si on compare le rafraichissement urbain d'une aire de 100 m<sup>2</sup> avec chacun des dispositif présentés, un îlot de fraîcheur suffit alors que deux jeux d'eau sont nécessaires ou quatre brumisateurs. Le graphique suivant représente la répartition de l'impact carbone des trois solutions pour rafraichir une aire de 100 m<sup>2</sup> :

### Comparaison des trois solutions pour rafraichir une aire de 100 m<sup>2</sup>, émissions de gaz à effet de serre



### Récapitulatif des postes plus ou moins impactant des différents dispositifs

	Points forts	Points faibles
<b>Aire brumisée-ventilée</b>	<p>Volume et poids de l'installation faibles permettant de limiter l'impact du transport</p> <p>Mise en œuvre d'une majorité de matériaux recyclables</p>	<p>Faible coopération du fabricant pour la collecte de données</p> <p>Utilisation de quantités importantes de béton n'ayant pas été réutilisées par la suite</p> <p>Maintenance hebdomadaire</p> <p>Consommation d'électricité nécessaire</p>
<b>Aire de jeux d'eau</b>	<p>Volume et poids de l'installation faibles permettant de limiter l'impact du transport</p> <p>Faible quantité de matières utilisées et longue durée de vie des équipements</p> <p>Installation permanente qui permet de limiter les étapes de transport</p>	<p>Consommations et rejets d'eau de la solution importants</p> <p>Nécessite l'utilisation d'une batterie</p>
<b>Îlot de fraîcheur</b>	<p>Faibles consommations d'eau durant la phase d'utilisation. Consommations énergétiques nulles</p> <p>Utilisation de matériaux biosourcés ou recyclables</p> <p>Permet de rafraichir une aire importante</p>	<p>Îlots volumineux et lourds (150 kg d'acier par îlot) qui augmente l'impact des étapes de transport</p> <p>Solution non permanente donc nécessitant de transporter les équipements entre le lieu d'expérimentation et le lieu de stockage</p> <p>Maintenance hebdomadaire</p>

# 10 Retour des usagers



**L'acceptabilité sociale de l'usage de l'eau en ville pour rafraîchir les espaces publics et l'appropriation des solutions de rafraîchissements déployées dans le projet VISION ont été analysées grâce à plusieurs outils sociologiques tout au long du projet.**

Chaque solution technique déployée : les jeux d'eaux, les brumisateurs et l'îlot de fraîcheur, a fait l'objet de micros-trottoirs ainsi que d'un relevé d'observations. La méthode originelle consistait à réaliser un micro-trottoir amont, avant déploiement de la solution et un, après installation, ce dernier étant doublé d'une phase d'observation. Cette méthodologie a été appliquée plus rigoureusement pour l'îlot de fraîcheur de Cenon, au regard des difficultés rencontrées lors de l'été 2019.

Pour les jeux d'eau sur les quartiers d'habitat social de Pessac, les difficultés de synchronisation entre la partie enquête et l'installation technique des solutions, les aléas météorologiques et les difficultés à capter les moments où la vie de quartier était la plus animée ont rendu ardue la possibilité de rencontrer suffisamment de personnes autour des solutions de rafraîchissement. De plus, les personnes étaient particulièrement peu disposées à répondre au questionnaire sur ces 3 quartiers populaires.

Les brumisateurs ont été installés tard dans l'été, rendant difficile un déploiement d'enquêteur. trice.s en nombre et en fréquence suffisant pour réaliser des micro trottoirs d'évaluation. Nous avons alors privilégié davantage les observations. Cet exercice, plus souple, a permis d'analyser l'appropriation de plusieurs individus en même temps avec moins d'enquêteurs, grâce aux grilles d'observations.

Le tableau récapitulatif ci-dessous détaille la vision globale des méthodologies déployées pour chaque dispositif et le nombre de personnes atteintes pour chacun d'eux.

**TABLEAU RÉCAPITULATIF :**

2019		Micros-trottoirs avant installation solution	Micro-trottoirs d'évaluation	Observations
Jeux d'eau	Sites de Pessac	Saïge : 20 réponses Chataigneraie : 6 Haut-Livrac : 7	Non : très peu de personnes présentes sur le site voire personne	Observations menées en présence d'un petit nombre d'utilisateurs
Brumisateurs	Gare Saint Jean	32 réponses (printemps) 45 réponses (été)	Non : difficultés de déploiement de moyens humains. L'observation a été privilégiée	3h en fin d'après midi
	Quai des sports	Non : efforts concentrés sur la gare Saint Jean		3h en fin d'après-midi
2020				
Îlot de fraîcheur	Cenon	36 réponses	30 réponses	55 personnes observées (mercredi, jour de marché entre 11h et 13h)



# Les solutions perçues par les usagers : les arbres d'abord !

La solution la plus plébiscitée pour faire face aux désagréments causés par les fortes chaleurs est de loin la végétalisation de l'espace urbain. La recherche sémantique des réponses ouvertes des participants indique en effet que plus de la moitié d'entre eux ont cité les mots "arbres" ou "végétalisation". Cette tendance se retrouve aussi dans les réponses aux micro-trottoirs amont, où de nombreux répondant.e.s disent préférer la végétalisation à l'utilisation de la ressource en eau. Cette volonté de végétalisation semble faire consensus et coïncide avec le fort intérêt des participant.e.s pour les questions environnementales



« Je pense vraiment qu'il faut qu'il y ait davantage de végétation, pas juste des arbres à un endroit, mais recréer un petit bois ou je ne sais pas quoi, un parc, ça c'est bien, ça permet d'y aller, d'être à un endroit vraiment frais, ça c'est appréciable. Dans les rues je pense qu'il faut laisser la végétation, arrêter de vouloir lutter absolument contre la moindre plante qui sort des trottoirs. En Italie, il y'a des rues qui sont végétalisées, ça veut dire de l'herbe sur les murs, on la laisse pousser, on met éventuellement des arches aussi qui permettent aussi à la végétation de s'installer, on n'est plus sur du tout bitume qui recrache sa chaleur toute la soirée. »

Damien, 37 ans

« Je trouve ça intéressant de parler de quelles sont les solutions idéales contre la chaleur en ville, moi je suis convaincue que la végétalisation de la ville pourra y faire beaucoup. »

Marine, 25 ans

Les fontaines à boire sont aussi un des équipements les plus évoqués à privilégier pour offrir une solution de confort et de rafraîchissement sur Bordeaux Métropole.

Dans le cas présent, les répondant.e.s au questionnaire sont loin être satisfait.e.s de l'offre actuelle (seulement 40%), que ce soit de leur nombre ou de leur répartition sur le territoire .

La principale cause d'insatisfaction des usagers est le manque d'identification de l'offre sur le territoire. Cette insatisfaction et l'impossibilité de localiser les fontaines explique leur sous-utilisation : 50% des répondant.e.s avoue ne jamais en avoir utilisé.

**Plus globalement, près d'une personne interrogée sur deux lors des différents micro-trottoirs confie ne pas identifier de solution de rafraîchissement sur le territoire bordelais. Pourtant ils sont une nette majorité à être favorable à ce que ce type d'équipement se multiplie en ville (60%).**

**Une acceptabilité sociale en contradiction pour les solutions de mobilisant l'eau**



## Une acceptabilité sociale des solutions mobilisant l'eau potable tout en contradictions

**De fortes contradictions apparaissent quand les usagers se prononcent sur la pertinence des solutions de fraîcheur mobilisant l'eau potable.** Plus les usagers peuvent avoir du recul par rapport à la question de la chaleur en ville (ils répondent depuis chez eux, ils ne font pas chaud lorsque donnent leur opinion), plus ils sont critiques par rapport à ces solutions. Ils l'associent alors l'offre à un gaspillage de la ressource en eau potable. Les plus conscientisés du point de vue environnemental sont aussi les moins convaincus.



*« Quelque chose qui est mauvais c'est l'usage de l'eau sur les terrasses des cafés, pour moi c'est du gaspillage, ce n'est pas quelque chose de bien. En revanche le miroir de l'eau je trouve que c'est fantastique parce que l'eau se recycle et ça rafraîchit tout le monde. »*

Christian, 51 ans



« A Agen, ils avaient mis en place des brumisateurs et j'avais trouvé ça complètement incohérent parce que du coup l'été, au moment où il fait le plus chaud, c'est aussi le moment où il y a les plus grands problèmes de gestion de l'eau. L'eau est un énorme problème là-bas, et en plus, on est dans une région assez touristique, ce qui fait qu'il y a un conflit d'intérêt entre les agriculteurs, le tourisme, donc si en plus on utilise l'eau pour rafraichir les gens, on est dans le gaspillage. »

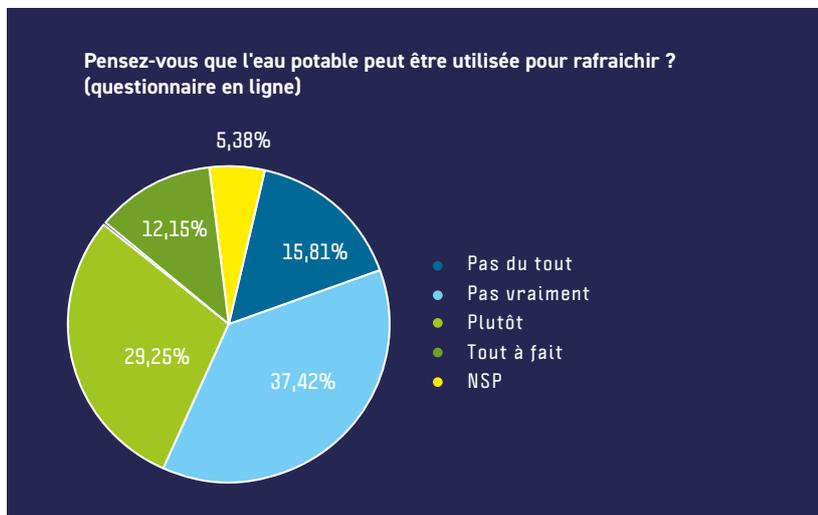
Marine, 25 ans

Ainsi, les répondant.e.s au questionnaire en ligne, en répondant depuis chez eux, ou, du moins, derrière un écran, sont dans une position réflexive. Ils ont pu prendre soin de leur réponse et se distancier de l'expérience de la chaleur. Cela explique le fait de s'être positionné de manière majoritairement critique face à la mobilisation de l'eau potable pour des solutions de rafraîchissement au regard des enjeux environnementaux. Ils sont près de 53% à penser que l'utilisation de la ressource en eau n'est pas une solution pour le rafraîchissement des espaces urbains.

A l'inverse, les personnes interrogées par micros-trottoirs au printemps 2019, en se projetant plus facilement dans une situation de forte chaleur sur le quartier avec l'arrivée des beaux jours, ont été beaucoup plus enthousiastes à la mobilisation de l'eau potable dans des solutions de rafraîchissement sur leur quartier. Près de 77% des personnes interrogés en 2019 par micro-trottoirs y sont très favorables.

**Tous les types de répondant.e.s se retrouvent en revanche sur la nette préférence à utiliser de l'eau de pluie (près d'un répondant sur deux) plutôt que de l'eau potable pour alimenter les solutions de rafraîchissement, ou bien un fonctionnement en circuit fermé.**

**Enfin, certaines personnes ont évoqué dans les entretiens des dispositifs hybrides comme les îlots de fraîcheur, mixant végétalisation et brumisation comme des solutions astucieuses.**



“

« J'ai vu un truc à Toulouse qui avait l'air d'être vachement bien. C'était sur une place où on ne pouvait pas planter des arbres, c'était un peu difficile mais ils avaient mis à la place des immenses pots sur lesquels partaient comme une pergola, quatre bornes qui se rejoignaient au milieu et les plantes poussaient dessus. Et c'était super sophistiqué avec un arrosage électrique qui se déclenchait. J'ai trouvé ça vachement bien, ça paraît souple, peut être couteux, mais ça permet à créer des îlots de fraîcheur. Alors on ne peut pas le mettre partout c'est évident, mais dans des endroits stratégiques comme la place de la Victoire par exemple car quand il fait chaud elle est juste horrible. »

Anne, 55 ans



## Appropriation des jeux d'eau : un dispositif qui a souffert d'un manque d'accompagnement social



Les 3 jeux d'eau installés à Pessac à l'initiative de la ville et du délégataire SUEZ Eau France devaient être mis en place rapidement durant l'été 2019 pour se substituer aux pratiques de street pooling observées l'été précédent. Ces épisodes réguliers de street pooling dans les quartiers de Haut-Livrac, La Chataigneraie et Pessac Saige avaient à l'époque soulevé de nombreux problèmes, tant sociaux, techniques que sécuritaires.

Cette première initiative d'implantation de jeux d'eau a eu à l'origine une dimension politique, celle d'apaiser les quartiers d'habitat HLM et les pratiques illégales de street pooling. Les éléments de discours recueillis sur les sites montrent le caractère conflictuel que revêt le partage des espaces publics entre tous les types d'usagers, notamment avec les jeunes du quartier.

Ils sont souvent livrés à eux même l'été, sans avoir ni de petit d'été, ni de véritables moments d'évasions estivales qui les amèneraient à sortir du quartier. En l'arpentant quotidiennement, jusqu'à tard dans la nuit, ils se sur approprient les places et les espaces extérieurs, jusqu'à les dégrader (rôle de défouloir social de l'espace publique) tout en souffrant dans le même temps de leur chaleurs caniculaire dûe à leur forte minéralité.

« Les jeunes sont gênants dans le quartier, comme ils n'y habitent pas ils détruisent tout (voir la piscine à côte du city stade). Cette solution, ça va nous apporter encore plus de bruit et de nuisances et moi qui habite juste derrière je ne pourrai même plus sortir dans mon jardin. En plus, de toute manière elle ne va pas durer longtemps, elle va être dégradée dès qu'elle sera mise en marche. »

Femme de 35-45 ans

« C'est vrai que le problème des bouches à incendie c'était gênant sur le quartier, mais je peux les comprendre, il fait vraiment très chaud ici en été. J'espère que cela va permettre de les occuper et de limiter les dégâts cette année ».

Salariée du Centre Social, 45-59 ans

Sur la base des éléments de discours récoltés en été 2019, la pertinence de cette initiative semble contrastée. Toutes les personnes interrogées semblent d'accord sur l'intérêt de solutions de rafraîchissement sur les quartiers, alignant leur opinion avec le reste des personnes interrogées par micro-trottoir ailleurs sur la métropole (questions communes).

Les mesures de terrain (volumes consommés et patterns d'utilisation) révèlent une réelle utilisation de ces solutions par les populations vivant alentour. Qui plus est, les trois sites déployés en 2019 l'ont été dans des quartiers où la population, à petits moyens voire précaires n'est pas la plus mobile, et n'a pas forcément accès à d'autres solutions de rafraîchissement (aller à la plage, dans des parcs métropolitains, se réfugier dans des maisons secondaires); les jeux d'eau constituent en première lecture une véritable offre alternative à ces populations des quartiers populaires.

« La solution est bien, je l'utiliserai pour me rafraichir. »

Jeune mineur



Cependant, plusieurs défauts ont été soulevés concernant la pleine appropriation des dispositifs et afin que les jeux d'eau puissent constituer une véritable alternative permettant d'éviter les intentions de street-pooling.

Lors des quelques phases d'observations, les collaborateurs du projet ont pu observer quelques points noirs, notamment en interrogeant de manière libres les utilisateur.trice.s des jeux d'eau :

Plusieurs ont fait la remarque que la puissance des jets d'eau est d'une trop faible intensité pour se rafraîchir et être suffisamment ludique pour un public élargi. Bien qu'ils puissent parfaitement convenir à certains utilisateurs, notamment les très jeunes, ils ne sont a priori pas bien adaptés aux besoins des adolescents et des jeunes adultes. **Les jeux d'eau ratent ainsi leur cible première, celle des publics justement mis en cause dans les épisodes de street-pooling.**

“

*« Je n'ai jamais utilisé ce jeu. C'est nul parce que c'est petit et la pression des jets est faible (comme un robinet, pas plus). Mais les enfants aiment et c'est bien pour eux. [...] Apparemment ils ont installé ça pour qu'on arrête d'ouvrir les bouches mais on n'arrêtera pas d'ouvrir les bouches pour se rafraîchir, c'est 1000 fois mieux que cette petite installation ».*

Jeune majeur de 18-19 ans

“

*« L'équipement a été installé car les jeunes disaient qu'ils ouvraient les bouches à incendie afin de permettre aux enfants et aux personnes âgées de se rafraîchir. Ce dispositif permet de répondre à la demande mais il a été conçu pour les enfants, et non pas pour les jeunes. »*

Bibliothécaire, 45-59 ans



**Les zones autour des jeux d'eau sont peu attractives et mal aménagées pour leur pleine appropriation comme espace de rencontre et de rafraichissement. Elles sont en grande partie de la journée en plein soleil, sans aucune aménité autour, ne serait-ce que des bancs, et de l'ombre pour se reposer, et se rafraichir.**

*« C'est une bonne chose, cela pourrait permettre aux enfants de s'amuser, mais la localisation est bizarre. Il n'y a rien à faire là-bas pour les enfants, le dispositif est surtout utilisé par les jeunes. Il y a un autre parc un peu plus loin (arrêt de bus Cazalet), et là il y a des jeux d'enfants, des tables de ping-pong, des bancs pour se poser... Ici il n'y a rien. Donc si je viens, les enfants se rafraîchissent et moi je les regarde et je meurs de chaud ! ».*

Mère de 2 jeunes enfants de 3 et 7 ans

*« Le revêtement est dangereux. Et puis il n'y a pas de barrière autour, ce n'est pas protégé, ni hygiénique, les chiens peuvent aller dessus voire y faire leur besoin. »*

Homme à la retraite

**La nature du sol utilisé, une dalle béton, est peu sécurisante pour les enfants. Ils peuvent tomber et se blesser.**

*« Le revêtement est dangereux pour les enfants, ça peut blesser les enfants. Nous voulons des jets comme au centre-ville de Pessac. La surface de jeu est trop petite aussi. »*

Femme, 45-59 ans

**Les jeux d'eau ont comme atout majeur de rafraîchir les plus jeunes utilisateurs. Ils apparaissent comme une solution convenable en ville mais limitée. En effet, ils ne peuvent se suffire à eux-mêmes. Leur emplacement, leur aménagement, leur durabilité (consommations en eau) méritent d'être approfondis.**

De plus, s'ils s'avèrent installés dans des quartiers prioritaires à dominance HLM, un accompagnement social, avec les acteurs sociaux du quartier, semble indispensable pour préparer l'arrivée et l'installation ainsi que la bonne appropriation des jeux et qu'ils participent, in fine, pleinement à limiter les phénomènes de street pooling.

Les jeux d'eau, sur des quartiers d'habitat social pourrait faire l'objet de concertation élargie, non pas uniquement avec les jeunes, mais avec tou.te.s les habitant.e.s, pour améliorer leur appropriation par tous et devenir des lieux de convivialité et de mixité générationnelle. Les aménités pouvant se greffer pourraient être réfléchis ensemble : bancs, végétalisation, système d'ombrage. Les jeux d'eau s'adapteraient aux opportunités et aux contraintes propres à chaque quartier. Les modes de gestion (entretien et propreté du lieu, sécurité, horaires de fonctionnement) pourraient être discutés et les solutions émergeraient d'un consensus, les rendant alors plus solides et efficaces à moyens termes.

**Les jeux d'eau constituent des opportunités à destination de populations n'ayant souvent qu'un faible accès à des aménagements de confort<sup>1</sup> et/ou ludiques, dont le rafraîchissement fait partie. Pleinement investis, et non pas seulement « déposés » à l'endroit le plus techniquement judicieux et sans communication, ils peuvent intégrer une offre de véritables nouveaux services urbains de rafraîchissement, et rendre les espaces publics concernés plus qualitatifs, tout particulièrement dans des quartiers politiques de la ville, à l'urbanisme et aux parcs de logements « fatigués ». Seule condition, qu'ils ne soient pas installés à l'état brut mais aménagés, et qu'ils soient doublés d'un dispositif de concertation et de médiation.**



## **Les brumisateurs : controverse environnementale dans les esprits ; approbation unanime dans les usages**

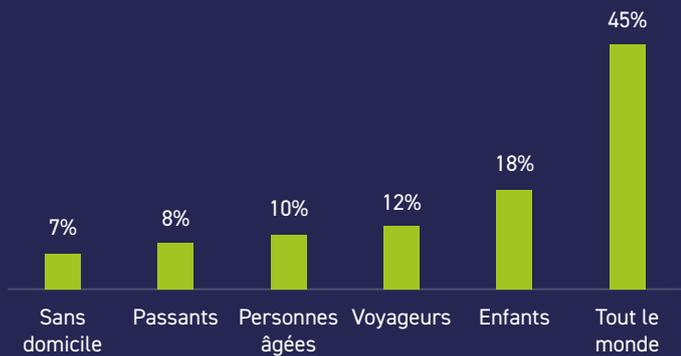
Comme il l'a été montré précédemment, l'utilisation de l'eau comme solution de rafraîchissement divise. D'abord parce que l'eau est une ressource rare, précieuse car en quantité limitée, mais aussi probablement parce que cette solution peut paraître comme ayant un faible impact pour lutter à long terme contre la forte augmentation des épisodes de chaleur à l'avenir.

---

*Du point de vue de « droit à la ville » (H. Lefebvre, 1968),*

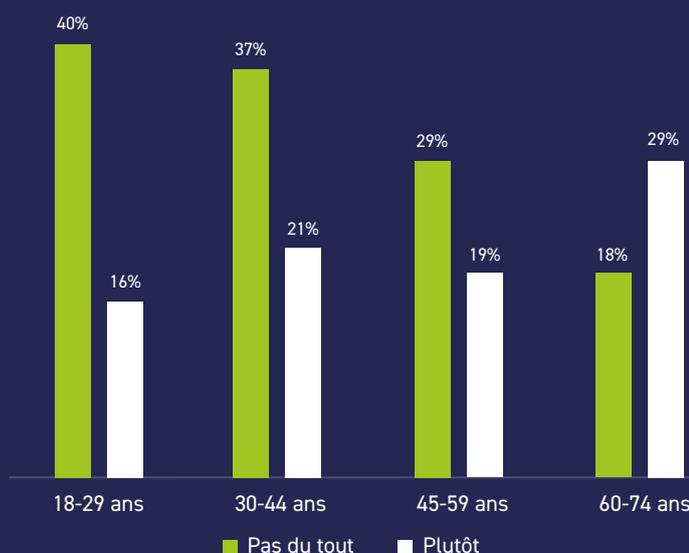
Une divergence d'opinion apparait entre les répondants au questionnaire en ligne et les personnes interrogées sur le terrain au sujet de l'installation de brumisateurs dans l'espace urbain. Les répondants au questionnaire en ligne se sont majoritairement positionnés contre. Néanmoins, il faut rester prudent quant à ce résultat, car la question soulignait fortement l'utilisation d'eau potable pour cette solution, et donc pouvait biaiser le jugement des répondants.

Pour les répondants au micro-trottoir en revanche, c'est tout l'inverse. La mise en place d'un brumisateur à la gare saint jean est plutôt une bonne chose (47%), et même pour certains, une très bonne chose (29%). Une nette majorité d'entre eux a confié qu'ils l'utiliseraient à sa mise en place (60%). Selon près d'un répondant sur deux, le brumisateur est une solution qui peut satisfaire les besoins de rafraîchissement de tous les profils sociaux.



Utilisateurs potentiels du brumisateur (questionnaire en ligne)

L'acceptabilité de l'utilisation de brumisateurs pour rafraîchir la ville diffère aussi selon l'âge des répondants, **les populations les plus jeunes étant plus réfractaires que les populations les plus âgées à ce type de solution**. Ils sont aussi les plus à même de mieux supporter physiquement les fortes chaleurs, contrairement aux séniors.



Niveau d'acceptation du brumisateur en fonction de l'âge (questionnaire en ligne)



**Afin de mesurer plus spécifiquement l'appropriation des deux brumisateurs mis en place, trois phases d'observation de leurs usages ont été réalisées, deux au niveau du quai des sports, et une au niveau de la gare saint Jean.**

Lors des phases d'observation, il a pu être noté une sous-utilisation du brumisateur installé au quai des sports. Son emplacement un peu en retrait n'a probablement pas favorisé sa visibilité et donc son utilisation. Les brumisateurs semblent surtout attirer les usagers lors d'un passage spontané à leur proximité, ou parce qu'ils sont contraints à une halte imprévue à proximité (situation d'attente, brumisateur sur une zone de passage fréquentée et/ou obligatoire). Le brumisateur du quai des sports présentait ainsi peu d'occasion de ce type, et peu de personnes sont ainsi passées ou restées à proximité.

Les observations à la Gare Saint Jean appuient cette analyse. Une majorité d'utilisateurs s'arrête sur le brumisateur s'ils se trouvent dans l'axe du trajet initialement prévu. Pour être potentiellement utilisé, le brumisateur doit se trouver sur le chemin d'un usager, sur l'axe de son passage. Peu d'utilisateurs sont venus intentionnellement, en faisant un détour pour utiliser expressément le brumisateur.

**Les utilisations étaient, le plus souvent, de courtes durées. Le brumisateur apparaît comme un équipement nouveau, il attire la curiosité des passants. Il répond à un besoin bref de rafraîchissement immédiat avant de poursuivre son trajet ou sa course initialement prévue.**

Le contexte spécifique d'un quartier de gare participe d'ailleurs à augmenter ce principe de fonctionnement. Les passages y sont intenses, brefs, sur les trajets conditionnés par des horaires, et les haltes sont des attentes contraintes plus que des moments de détente choisies. L'emplacement sur un parvis au soleil, sans possibilité de se mettre à l'ombre n'encourage pas à rester près du brumisateur longtemps. Seul, sans aménagement et agrément supplémentaire autour, il n'invite pas à un moment salutaire de pause dans la rue. Son potentiel à apporter davantage de confort dans un espace public soumis à une forte chaleur semble alors limité, du moins, là encore, comme les jeux d'eau, pas pleinement exploité.

Dans l'analyse de la pratique du brumisateuse à une échelle plus individuelle, les usagers se rapprochent généralement à environ un mètre, et se collent à la tête du brumisateuse lorsqu'ils souhaitent avoir plus de fraîcheur. Les enfants sont portés par leur parents, car le brumisateuse, trop haut, n'est pas adapté. On peut supposer également qu'il n'est pas adapté aux personnes en fauteuils roulants.

Concernant les profils d'individus, aucun n'est apparu comme principal utilisateur. C'est au contraire une grande diversité sociale qui marque l'usage des brumisateuses. Ils s'adressent à tous, que les individus soient seuls, à deux, en groupe, en famille ou encore entre ami. Aucune catégorie socio professionnelle ne semble plus utilisatrice qu'une autre. Néanmoins, les passants avec enfants étaient toutefois plus enclins à les utiliser. Il convient aussi de noter que le brumisateuse a fortement été utilisé par les publics marginaux (SDF etc.), très présents à la Gare Saint Jean. La vocation sociale des brumisateuses dans l'accès à une eau de confort en ville pour tous, quand il fait chaud, est une problématique à aborder de manière plus approfondie dans les initiatives d'installations de solutions de rafraichissement futures.

Les utilisateurs paraissaient en majorité satisfaits du brumisateuse, ou, a minima, intrigués. Peu ou pas d'utilisateurs ont montré un mécontentement explicite de leur utilisation. Par ailleurs, aucun passant n'a semblé vouloir éviter la zone de rafraichissement du brumisateuse en la contournant sciemment.

L'utilisation régulière observée, par une diversité de profils confirme le brumisateuse comme une solution de rafraichissement satisfaisante pour répondre aux besoins des usagers. Cependant, ses utilisations brèves, et motivées plus par la curiosité que par l'objet en lui-même, montrent des pistes d'améliorations pour en faire un véritable morceau d'espace public rafraichit couvrant pleinement les besoins usagers.

**Un emplacement dans une zone plus vaste et aménagée de repos, une sorte de « salle d'attente estivale et en plein air » pour le cas des implantations en quartier de gare, ombragée, et avec une signalétique dédiée, pourrait contribuer à augmenter la fréquentation des brumisateuses car ils seraient rendus plus confortables.**

En inscrivant les brumisateuses dans un aménagement un peu plus vaste autour, ils pourraient créer des « espaces de rafraichissement de poches » créant de la mixité sociale, et participer à développer une ville plus inclusive (car s'adressant potentiellement aux publics à la rue et aux PMR si réadapté). Ils apportent de la convivialité et du repos dans des places rendues inhospitalières en pleine canicule.

Les brumisateuses pourraient intervenir alors comme de vrais services aux usagers lors des fortes chaleur et éviter l'écueil de l'image d'un objet ludique gadget voire gaspillant la ressource. Les aménagements supplémentaires pourraient apporter de l'ombre, des bancs, une signalétique, des jets à différentes hauteur pour les enfants, les PMR...

**MODALITÉS D'USAGE DES DEUX  
BRUMISATEURS TESTÉS (OBSERVATIONS)**

Quai des sports		Gare Saint Jean
Le 02/08/2019	Le 22/08/2019	Le 22/08/2019
<p><b>Disposition brumisateur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- partiellement caché par une tente de l'évènement.</li> <li>- Disposé dans un renforcement entre deux « stands ».</li> <li>- Pas directement dans un passage</li> <li>- Entouré par des grilles, et il est donc impossible de s'asseoir sur le socle</li> <li>- Placé dos à la barrière du terrain de Beach volley, face à la surface d'herbe habituellement utilisée par les riverains</li> </ul>	<p><b>Disposition brumisateur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Brumisateur totalement visible, rien ne se situe autour</li> <li>- Les grilles ont été retirées, le socle est donc accessible</li> <li>- Toujours dans la même disposition</li> </ul>	<p><b>Disposition brumisateur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Brumisateur placé sur le devant de la Gare Saint Jean, sur son côté gauche, face aux restaurants et bar</li> <li>- Le socle est entièrement disponible (5 places assises environ)</li> <li>- Tourné vers le parvis, et non le bâtiment de la gare</li> <li>- Assis sur la base, il est impossible de ressentir l'effet du brumisateur, qui passe au-dessus</li> <li>- Le brumisateur est au soleil</li> </ul>
<p><b>Observation usages résumé : 1h30, ~15 personnes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beaucoup d'utilisateurs observés sont des bénévoles de l'évènement</li> <li>- Les utilisateurs sont des familles qui accompagnent leurs enfants sur les activités à côté du brumisateur</li> <li>- Difficile de savoir si les gens restent pour le brumisateur et son effet, ou parce qu'ils attendent simplement leurs enfants</li> <li>- Les enfants sont obligés d'être portés ou de monter sur les barrières pour sentir l'humidité</li> <li>- Les gens se rapprochent près du brumisateur et beaucoup s'approchent au plus près leur visage</li> <li>- Une vingtaine de riverains ignorant totalement la présence du brumisateur</li> </ul>	<p><b>Observation usages : &gt;30 min, 0 personne</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucun utilisateur n'a pu être observé durant cette session (uniquement deux passages à proximité)</li> <li>- D'après la personne en charge de l'allumage du brumisateur, il y a des moments de vide, où personne n'utilise le brumisateur, et des moments de passage où il est plus fortement utilisé</li> </ul>	<p><b>Observation usages : 1h, ~30 personnes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beaucoup d'utilisateurs</li> <li>- La plupart des gens passent devant et s'arrêtent par curiosité</li> <li>- Beaucoup semblent intrigués par le brumisateur</li> <li>- La plupart des utilisateurs viennent pour tester l'effet</li> <li>- Les parents portent leurs enfants, souvent par amusement</li> <li>- Présence d'utilisateurs marginaux, assis sur le socle notamment</li> </ul>
<p><b>Observation usages détails :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En majorité des personnes seules utilisant le brumisateur (n=10)</li> <li>- Restent pour la plupart quelques secondes (n=10)</li> <li>- Restent debout, face au brumisateur (n=15)</li> <li>- Les utilisateurs s'approchent près du brumisateur (moins de deux mètres) (n=15)</li> <li>- Aucune activité spécifique</li> <li>- Les utilisateurs semblent pour la moitié satisfait/content, et pour l'autre moitié neutre</li> <li>- Pas de genre spécifique</li> <li>- Pas d'âge spécifique noté</li> <li>- Les enfants sont portés par les parents</li> </ul>	<p><b>Observation usages détails :</b></p>	<p><b>Observation usages détails :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Majoritairement des groupes de personnes (5 personnes seules)</li> <li>- Beaucoup y restent moins de 10 secondes (n=17)</li> <li>- Peu l'utilisent plus de 1 minute (n=3)</li> <li>- Peu l'utilisent après être passé dessous involontairement (n=3)</li> <li>- Aucune personne ne l'utilise plus de 5 minutes</li> <li>- La plupart se rapproche du brumisateur (n=23)</li> <li>- Beaucoup semblent venir par intérêt/curiosité (n=16)</li> <li>- Beaucoup s'amuse avec le brumisateur (rire, enfants portés par amusement, etc) (n=8)</li> <li>- Peu discutent devant (n=2)</li> <li>- La plupart semblent satisfaits (n=20)</li> <li>- Autant de femmes que d'hommes</li> <li>- Majoritairement des familles (adultes et enfants) (n=15)</li> <li>- Quelques étudiants (n= 5)</li> </ul>



# L'îlot de fraîcheur : succès d'un nouvel équipement de rafraîchissement, de proximité, et de convivialité

Riche des enseignements des résultats d'évaluation des deux solutions de rafraîchissement, jeux d'eau en zone d'habitat HLM et brumisateurs dans des espaces de brassages et de passages, mais aussi conscients des difficultés méthodologiques rencontrées en été 2019, l'été 2020 a pu être consacré à l'évaluation de l'îlot de fraîcheur avec un protocole méthodologique plus rigoureux.

La place François Mitterrand est « l'une des deux grandes places publiques du quartier politique de la ville Palmer. C'est là que se tient le marché du mercredi, là que parents et élèves se retrouvent à la sortie des écoles, là encore que stationnent les riverains. »<sup>1</sup>

Il se situe ainsi sur le quartier Palmer, quartier de la ville historique de la commune de Cenon. Près de la moitié des ménages sur le quartier vit sous le seuil de pauvreté au seuil de 60% (46%), et vivent en moyenne avec moins de 1000€ par mois (850€)<sup>2</sup>.

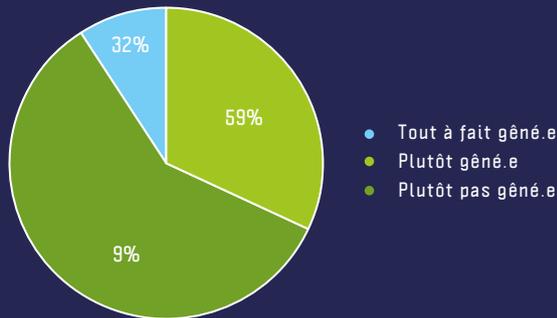
Pour évaluer les besoins des usagers de la place et des habitants du quartier, un court questionnaire sur les ressentis de la chaleur sur la place a été diffusé, en ligne, et relayé sur le site de la mairie de Cenon, en amont de l'installation et courant tout l'été 2020. Il a également été distribué sous format papier dans quelques commerces volontaires environnant la place. Malgré ces efforts, seulement 36 personnes ont répondu, majoritairement des femmes, des actifs, des 30-44 ans et habitant à moins de 500m de la place pour la moitié d'entre eux (55%). Il fut difficile d'atteindre les habitants du quartier, tout comme ce fut le cas pour les micro-trottoirs réalisés sur les quartiers HLM de la ville de Pessac en 2019.

---

<sup>1</sup> [participation.bordeaux-metropole.fr](http://participation.bordeaux-metropole.fr)

<sup>2</sup> Source : FiloSoFi INSEE 2016

Une très large majorité (91%) des répondant.e.s gêné.e.s vis-à-vis de la chaleur sur la Place de mai à septembre

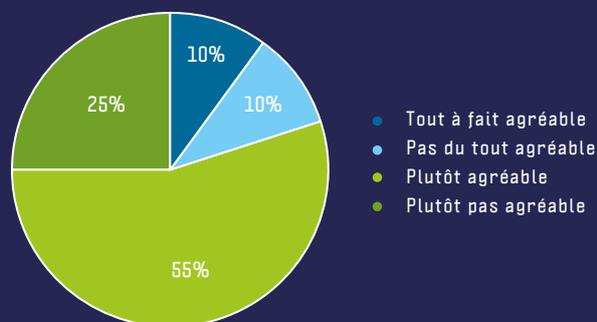


Les canaux mobilisés n'ont probablement pas été suffisants : les sites institutionnels ne sont que peu consultés par les catégories sociales populaires, les QR Code n'ont pas su trouver leur cible et la fréquentation du quartier, faible en été sauf les jours de marché n'a pas joué favorablement. Enfin, les commerçants se sont montrés suspicieux et peu réceptifs voire peu coopératifs, le sujet n'étant pas en lien direct avec leur quotidien et leur clientèle (qui vit hors du quartier).

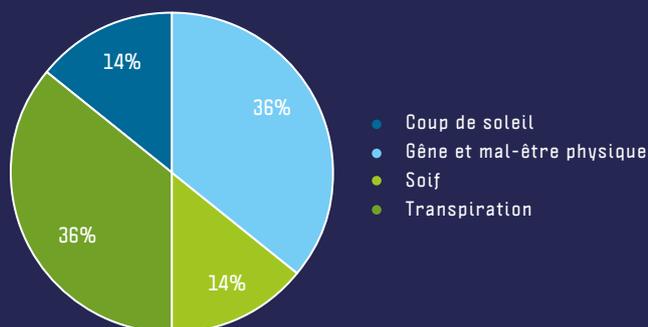
Pour évaluer l'appropriation de l'îlot de fraîcheur, 30 personnes ont été interrogées par micro-trottoirs et des observations ont été menées les mercredi matin de journées chaudes, jour de marché et de forte affluence sur la place. 55 personnes ont ainsi été suivies et observées.

**Au regard des réponses collectées, il est possible de faire le premier constat qu'elles sont très homogènes pour souligner que la chaleur sur la place François Mitterrand est très gênante en été et que les usagers ont un besoin en rafraîchissement. La pertinence de l'îlot de fraîcheur à cet endroit est donc indiscutable.**

Une forte gêne vis-à-vis de la chaleur qui n'altère pas la perception globale de la place comme un lieu agréable



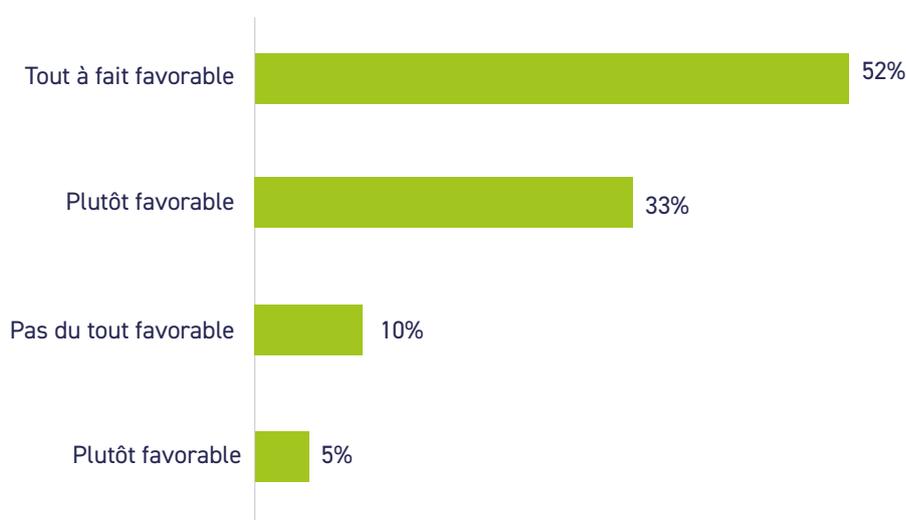
Transpiration et mal-être physique sont ressentis lors d'une fréquentation de la place par forte chaleur



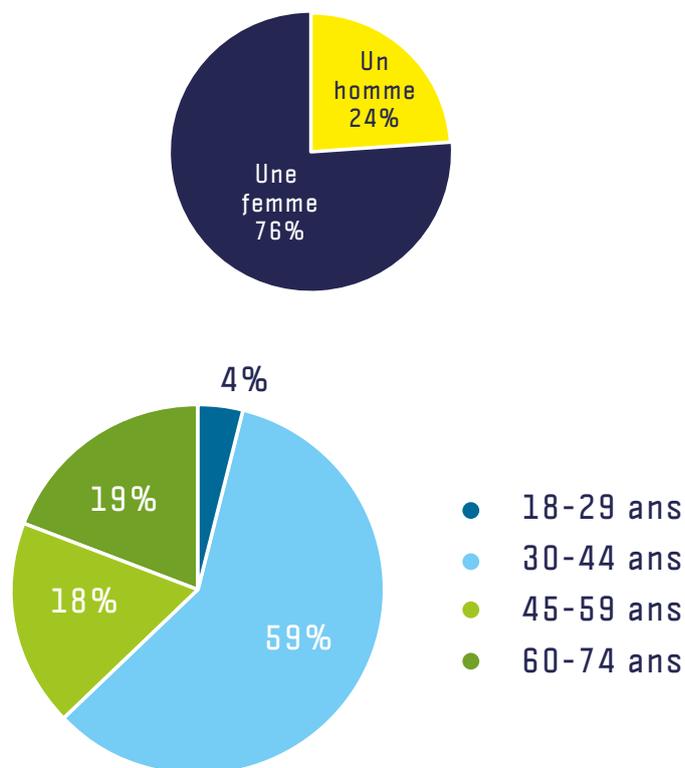
L'îlot de fraîcheur fut reçu avec beaucoup d'enthousiasme par les usagers immédiatement et spontanément. Pour les habitants et usagers, c'est un vecteur d'embellissement de la place, qui gagne en confort. L'îlot de fraîcheur invite à y séjourner plus longtemps, avec des enfants, et non plus seulement ne faire que de la traverser ou venir exclusivement y faire son marché.

Certaines réticences ont néanmoins été exprimées. Elles tiennent essentiellement des craintes sanitaires liées au Covid-19 ou encore sur sa gourmandise supposée en consommation d'eau. Enfin, il lui est reproché d'être un équipement « pansement », venu combler les défauts de la rénovation récente de la place : une forte minéralité, un manque d'ombre et d'arbres, qui auraient dû être pris en compte en amont dans son projet de réaménagement.

### Un accueil très favorable à l'installation de l'îlot de fraîcheur (85%)



## Micro-trottoir aux utilisateur.trice.s :



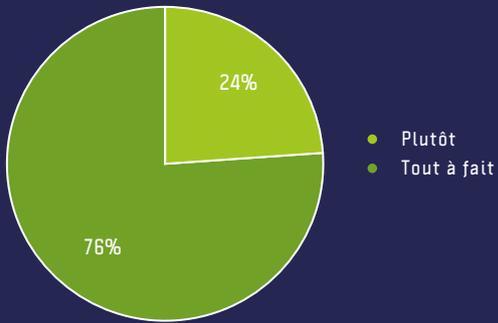
Des usagers bavards, et enthousiastes, commentant facilement l'îlot de fraîcheur au-delà des questions posées.

Échantillon Observations	
<p><b>Utilisateur.trice.s observé.e.s</b></p> <p>Une place où on ne flâne pas, peu fréquentée en aout et en dehors du marché du mercredi</p>	<p>28 femmes avec enfant</p> <p>10 adultes sans enfants</p> <p>6 personnes âgées</p> <p>6 enfants sans accompagnant</p> <p>4 couples avec enfants</p> <p>1 personne âgée avec enfant</p>

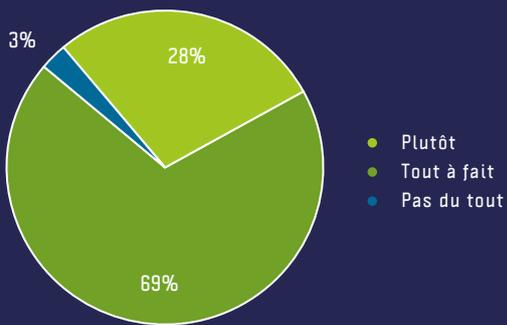
« La place n'est pas accueillante, trop chaude sans arbre et je ne vais donc pas venir pour profiter ponctuellement de cet aménagement qui ne règle pas le problème initial de la conception de la place dévolue au marché mais pas aux habitants »

Concernant son pouvoir de rafraîchissement à proprement parler, l'îlot de fraîcheur remplit toutes ses obligations. Il réussit son pari de faire baisser les gênes liées à la chaleur et les usagers y ont projeté un usage régulier. Le kiosque brumisant et l'ombre apportées par les arbres sont les deux sous-équipements les plus appréciés.

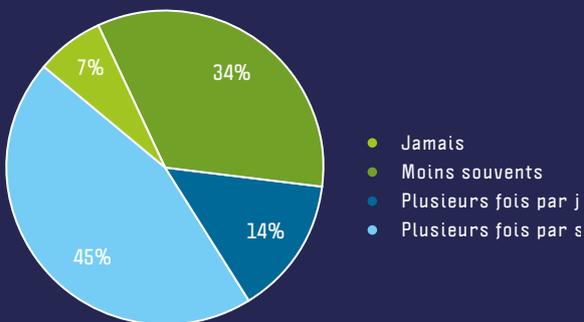
La totalité des utilisateur.trice.s pleinement satisfait après son utilisation



La quasi totalité des utilisateur.trice.s se sentent rafraichis après utilisation

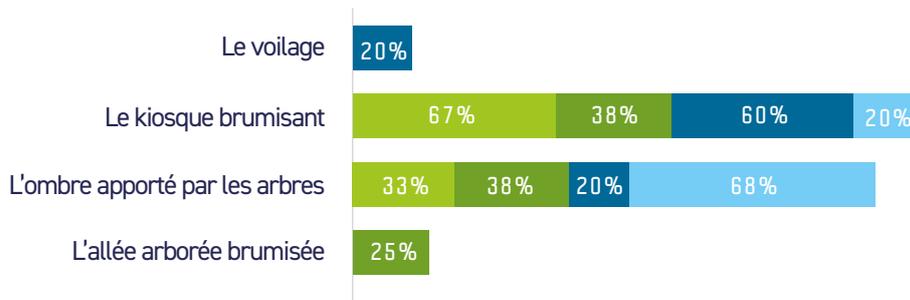


Près de la moitié des utilisateur.trice.s se projettent de l'utiliser plusieurs fois par semaine



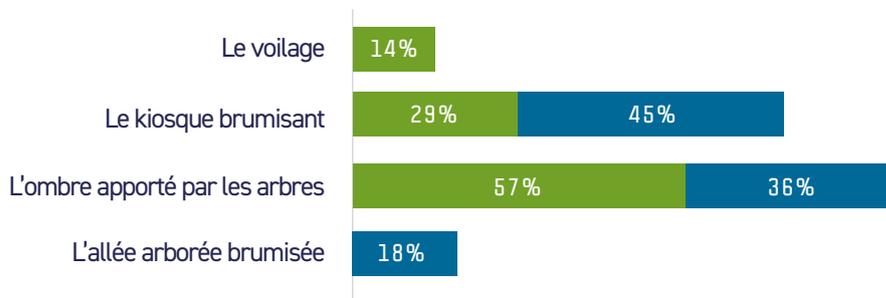
## Une préférence générale pour le kiosque et l'ombre des arbres, et pour ce dernier encore plus de la part des séniors

● 18-28ans ● 30-44ans ● 45-59ans ● 60-74ans



## Une préférence générale pour l'ombre des arbres et le kiosque, et pour ce dernier, encore plus de la part des femmes

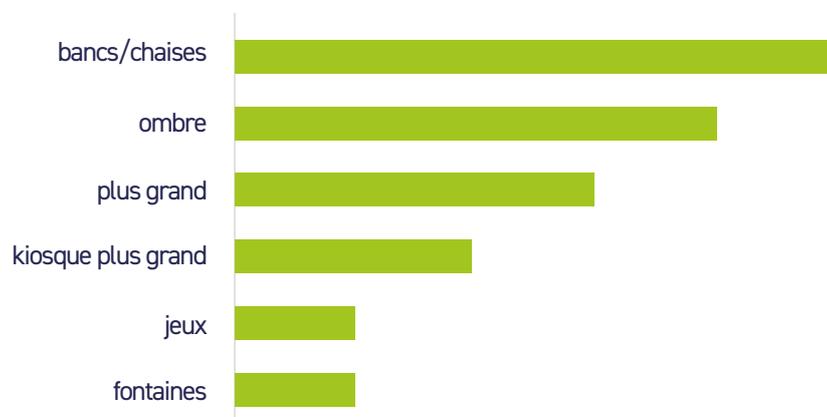
● Un homme ● Une femme



En parallèle, les usagers ont mentionné deux critiques qui sont autant de pistes d'amélioration dans sa conception mais aussi dans la gestion quotidienne de ce type d'équipement afin qu'il soit davantage approprié sur les quartiers où il est installé.

La première d'entre elles tient du manque de confort et de propreté du lieu. Les améliorations les plus suggérées par les personnes interrogées par micro-trottoirs sont prioritairement des bancs et des chaises, davantage d'ombre et de l'agrandir encore. Cette dernière suggestion souligne l'excellente appropriation de l'équipement.

## Améliorations suggérées : plus confortable et (encore) plus grand



Les observations régulières de l'appropriation de l'îlot de fraîcheur nous ont permis de constater que ce type d'équipement fonctionne au rythme des espaces où ils sont installés. Ils n'en influencent pas les rythmes de fréquentation, ils n'en bouleversent pas les usages. Ils apportent avant tout un confort de proximité dans les occasions d'utilisations premières des espaces publics où ils sont installés. Ils représentent une « greffe urbaine », fortement dépendante du contexte socio-urbain qui l'entoure. Il est difficilement comparable aux fonctions d'un jardin public traditionnel ou d'un équipement de plus grande ampleur tel que le miroir d'eau des quais de Bordeaux, où l'on peut venir de plus loin pour l'utiliser, le fréquenter.

### L'îlot de fraîcheur de Cenon suit ainsi les trois principaux rythmes de la place :

- Les jours de marché
- Pour des squats nocturnes par les jeunes du quartier
- Comme lieu de rendez-vous entre familles pour les goûters de fin d'après-midi
- L'îlot de fraîcheur a aussi été fréquenté par tous les types de riverains mais davantage par :
  - Les habitant.e.s du quartier
  - Les femmes
  - Les personnes âgées
  - Les usagers du marché

Il a été surinvesti par les femmes : adolescentes les jours de marché, mères de familles, mères allaitantes, femmes âgées, femmes voilées qui utilisent volontiers le kiosque.

Il prend soin d'une population qui, dans ces quartiers populaires, peine à trouver des lieux dans l'espace public qui leurs sont adaptés. Souvent suréquipés d'espaces sportifs à destination des jeunes hommes (city stade, paniers de baskets...), financés grâce à des dispositifs politiques de la ville qui cherchent avant tout à sécuriser et apaiser les espaces publics, les femmes n'ont d'autres choix, le plus souvent, que de se rabattre sur des aires de jeux pensées uniquement pour leurs enfants, inconfortables, faites pour surveiller plutôt que de s'y réunir entre femmes adultes.



La photo ci-dessus montre une femme en train d'allaiter son bébé dans l'îlot de fraîcheur, à l'abri des regards. C'est un endroit perçu comme sûr et confortable. Il est à noter que c'est une pratique maternelle très rare à observer encore aujourd'hui dans les espaces urbains des métropoles françaises, car les espaces publics ne l'y autorisent pas, contrairement à d'autres pays.

**Ainsi, apporter de la fraîcheur en ville, c'est aussi participer à rendre les espaces publics plus inclusifs, c'est-à-dire, qui n'excluent personne par leur utilisation et leur fonctionnement, et qui réunissent toutes les sensibilités, et favorisent la mixité sociale et générationnelle. Et surtout, cet espace autorise, invite les profils minoritaires à profiter davantage de l'espace public où il s'implante : les femmes, jeunes, mères, enfants en bas-âges, etc.**

De plus, si l'îlot de fraîcheur fut réfléchi et conçu initialement comme un espace à traverser, comme un espace de déambulation, les observations ont démontré une appropriation sociale strictement à l'opposé. Les utilisateurs de l'îlot en ont fait, au contraire, un lieu de repos et d'apaisement, idéal après s'être mêlé à la foule bruyante et oppressante du marché. Les utilisateur/trice.s utilisent l'îlot de fraîcheur pour marquer une halte à l'ombre des arbres pendant plusieurs minutes. C'est aussi devenu un lieu d'attente, de RDV, et un endroit pour bavarder entre voisins. Il permet aussi de faire patienter les enfants ou de leur proposer de se dépenser un peu, de jouer en sécurité au sein de cet espace protégé par les arbres et la pergola.

Ce phénomène de détournement des usages premiers imaginés par une équipe de conception n'est pas sans faire penser à celui du miroir d'eau de Bordeaux, passant d'un espace conçu comme un lieu de contemplation (un tableau urbain reflétant la place de la Bourse) à un espace de joyeuse déambulation, où enfants, habitant.e.s et touristes se promènent pour jouer avec les jets, transformant un miroir en pataugeoire populaire à succès.

L'îlot de fraîcheur a été détourné de sa vocation première de déambulation pour devenir un espace où l'on marque un temps de pause, où l'on peut discuter un peu, consulter son smartphone, s'arrêter avant de repartir chez soi après le marché... Mais, pour remplir complètement cette fonction, des manques sont apparus, en creux. Tout d'abord, comme évoqué plus haut, faute de vraies assises, les personnes ont été contraintes de s'asseoir sur le rebord étroit des bacs de plantes, ou directement dans la terre paillée. Les nombreux débris retrouvés régulièrement dispersés dans les plantes dénotent quant à eux du manque de corbeilles.

Dans le questionnaire en ligne sur le site internet de la ville de Cenon, une habitante synthétise l'appropriation globale de l'îlot de fraîcheur par la population du quartier. Il « permet de faire une halte fraîcheur pour les promeneurs, les sportifs, sans dépenser trop d'eau. Dommage qu'il soit trop petit et pas assez ombragée. Il manque également des bancs à l'ombre. Difficile de s'installer confortablement pour profiter de la zone ».

Dernière observation, l'îlot de fraîcheur a été également très apprécié des habitants comme un espace de contemplation. Les habitant.e.s interrogés ont souligné de très nombreuses fois l'esthétique voire la beauté de l'équipement. Ils ont exprimé leur plaisir à le contempler y compris de l'extérieur, leur plaisir à l'admirer comme un objet artistique végétal.

**L'îlot de fraîcheur est un équipement qui permet de rafraîchir les espaces et les individus mais il participe également à embellir des espaces publics banals, ici, une grande place minérale entourée de barres d'immeubles.**

L'équipement de fraîcheur a subi des dégradations, à la fois intentionnelles (matériel casé...) et conséquences d'usages inappropriés (passage dans l'îlot en VTT). Cette sur-appropriation de l'équipement par les plus jeunes, lorsque celui-ci était moins fréquenté, en après-midi et soirée et laissé sans surveillance montre toute la vigilance à apporter à prévenir les conflits d'usages autour de ces équipements publics. Les intégrer dans des dispositifs de gestion urbaine de proximité locale pourrait garantir le bon état de l'îlot de fraîcheur tout le long de son installation estivale.

*« Je suis un peu contrariée par l'utilisation un peu abusive des certaines personnes et surtout des enfants sans garde, qui s'imposent avec toutes sortes de vélos, trottinettes, jouets, objets etc. C'est un comportement irrespectueux, cela génère également des nuisances et des saletés. Une surveillance occasionnelle et une mise à l'ordre sera adaptée et même recommandée. »*

**En conclusion, apporter de la fraîcheur en ville en installant un îlot de fraîcheur, c'est créer un « espace public de poche » dans l'espace public même, avec tous ses enjeux propres de gestion (propreté, dégradation, conflit d'usage etc..). En se projetant déjà pour les étés à venir dans un espace plus généreux, voire pérenne, avec une meilleure gestion, les habitant.e.s ont exprimé toute leur satisfaction de l'apparition de ces nouveaux équipements dans leurs espaces publics du quotidien le temps d'un été.**



## Conclusion sur la perception des usagers

**Le principal enseignement de l'évaluation des différents dispositifs de fraîcheur que sont les jeux d'eau, les brumisateurs et l'îlot de fraîcheur est qu'ils ne représentent pas une problématique concernée par des enjeux d'acceptabilité sociale. Ils ne sont pas l'objet de levées de bouclier, de conflits avec les institutions et ne sont que très peu dégradés, y compris dans des quartiers très populaires.**

L'engouement autour des équipements montre qu'ils suscitent à minima de la curiosité, bienveillance, jusqu'à un franc succès populaire. Leur conception doit être réfléchie de manière contextualisée pour être support d'amélioration : bancs, ombrage, accès aux poussettes et fauteuils roulants. Les aménagements annexes comptent tout autant et participeront à révéler leur plein potentiel à répondre au défi de rendre la ville plus inclusive.

Si les plus sceptiques soulignent surtout les risques de gaspillage de la ressource en eau potable pour une fonction urbaine plus ludique qu'essentielle, des campagnes de communication et d'informations pédagogiques sur leurs performances environnementales pourraient prévenir ce type de critiques, à l'image de celles initiée sur les brumisateurs du quartier Saint-Jean/Quais de Paludates.

Pour prévenir des risques de propreté et de salissures, une meilleure offre en corbeilles de rue, accompagnée de nudges ludiques guidant les gestes et comportements des usagers pourrait prévenir ce type de déviances.

Enfin, concernant les dégradations plus importantes, voire la casse des éléments, notamment dans des quartiers de la politique de la ville, la mise en œuvre d'installations plus participatives, avec les habitant.e.s du quartier et avec les jeunes pourraient renforcer leur implication, comprendre tout son intérêt voire créer un sentiment d'attachement à l'équipement.

Dans une démarche d'insertion sociale et professionnelle, les jeunes pourraient, par exemple, participer à l'installation physique des équipements (comme à Pessac). Ils pourraient également être impliqués dans son entretien et jouer un rôle de médiateur plutôt que de simple consommateur.

# 11 Conclusion générale



Le projet VISION est consacré à l'étude de propositions de rafraichissement pour soulager les habitants et usagers d'un territoire urbain subissant la chaleur dans l'espace public. Etant porté par un gestionnaire de l'eau (l'Eau de Bordeaux Métropole), les enjeux du projet sont plus particulièrement vus sous l'angle de la gestion de l'eau pour rafraichir, dans un contexte de changement climatique, et une ressource en eau diminuée.

VISION est un projet d'innovation et d'expérimentation dont l'ambition est d'apporter des solutions concrètes aux collectivités : efficacité, performance, acceptabilité, conditions d'implantation en ville, coûts, reproductibilité... Il a donc permis d'évaluer différentes solutions de rafraichissement, dans le but d'en tirer les bonnes pratiques et de construire des retours d'expérience.

**Les principaux enseignements à retenir sont les suivants :**

- L'identification des points les plus chauds de la ville à partir de données de thermographie ne suffit pas pour définir une stratégie de déploiement d'ilots de fraîcheur : la typologie sociale des quartiers est également un facteur important à prendre en compte pour adapter les solutions aux usages.
- Il ne suffit pas de concevoir et d'installer techniquement un dispositif dans l'espace urbain. Il est nécessaire de l'adapter aux usages qu'en feront les gens. Il faut prendre en compte la résistance aux dégradations, les risques liés à la sécurité, mais aussi les espaces de confort comme les assises et l'ombre par exemple.
- La réglementation sur les usages de l'eau, très contraignante et protectrice de la santé laisse peu de place aux solutions de recyclage de l'eau : pour la brumisation, il est obligatoire d'utiliser de l'eau potable et il est interdit d'utiliser de l'eau recyclée, même traitée.
- Les systèmes de recyclage d'eau en circuit fermé (miroir d'eau par exemple) nécessitent des traitements et du pompage impactant fortement le bilan environnemental.
- Pour utiliser l'eau pluviale, surtout disponible en dehors des périodes de sécheresse, il faut prévoir de la stocker, ce qui est compliqué à prévoir dans l'espace urbain. Des travaux coûteux sont nécessaires, l'usage doit être au plus proche du site de stockage pour limiter ces coûts. Le stockage/recyclage est réaliste lors d'un projet de renouvellement urbain, ou dans des secteurs peu denses où le sous-sol est facilement accessible.

**Ces éléments représentent des freins réels au niveau technique et économique pour réutiliser l'eau pluviale en ville dans un objectif de rafraîchissement.**

- Finalement le système basé sur l'eau le plus efficace et le moins consommateur est la brumisation.
- L'évaluation des systèmes de rafraîchissement n'est pas simple, beaucoup de paramètres sont à prendre en compte. Les résultats des mesures physiques sont parfois difficiles à interpréter en termes d'impact local et au niveau de la zone d'influence rafraîchie. Des évaluations empiriques peuvent être suffisantes ainsi que le suivi de satisfaction des usagers.
- L'évaluation réalisée auprès des utilisateurs des équipements montre de réels bénéfices apportés. Particulièrement dans les quartiers où la population manque de solution pour se rafraîchir et a recours au street-pooling, les systèmes de rafraîchissement sont les bienvenus et appréciés pour peu qu'ils soient installés en concertation et en tenant compte des attentes des futurs utilisateurs.
- Le végétal en ville présente un vrai pouvoir rafraîchissant, en offrant des « oasis de fraîcheur » au cœur de la minéralité urbaine, que ce soit sous la forme de bosquets et bois urbains ou bien encore via l'ombre apporté par les arbres d'alignement. Les enquêtes sociologiques menées dans le cadre du projet confirment ce besoin de végétal pour se rafraîchir quand arrivent les vagues de chaleur.

Ces enseignements, obtenus grâce aux expérimentations réalisées en 1<sup>ère</sup> année de projet, nous ont amené à proposer en 2020 un dispositif de rafraîchissement temporaire facilement installable dans l'espace public, peu consommateur en eau et fonctionnant sans électricité. Ce dispositif est constitué de différents modules combinant les effets bénéfiques de l'eau (brumisation et fontaine), du végétal (évapotranspiration et ombre) et de voilage (générateur d'ombre).

Cet « îlot de fraîcheur » (IFU) installé à Cenon (33) était un dispositif expérimental. Il répond à un besoin des usagers ainsi qu'aux critères environnementaux attendus dans le cadre de l'adaptation aux changements climatiques (peu consommateur en fluides, écoconçu et avec un bilan carbone maîtrisé).

**L'IFU est adapté et adaptable :**

- à notre milieu urbain car il est facile à installer, grâce aux différents modules,
- à l'espace disponible sur un site quand il n'est pas possible de réaliser des travaux permettant d'intégrer définitivement dans la ville des aménagements adéquates comme des jeux d'eau ou/et un parc ou jardin.

Un îlot de fraîcheur de ce type n'aura pas d'effet rafraichissant en dehors de sa zone d'influence directe et n'a pas vocation à en faire un site d'attraction plus large. Cependant s'il est conçu en lien avec les usages, adapté au rythme des espaces où il est installé (zone d'attente pour les transports, zone de repos à côté d'un commerce de bouche ou d'un marché...), il apportera satisfaction et confort. Au-delà de l'effet rafraichissant, c'est un aménagement inclusif jouant un rôle social certain reconnu comme embellissant l'espace.

Cette solution ressemble finalement à celles existantes dans les pays orientaux et les pays où la chaleur est omniprésente : de petites oasis de verdure paisibles avec une fontaine et/ou de la brumisation apportant fraîcheur, calme et repos aux personnes à proximité immédiate. Rien de très nouveau finalement techniquement mais cet îlot de fraîcheur est facilement intégrable dans nos environnements urbains déjà construits et devant dorénavant s'adapter aux épisodes de chaleur. La nouveauté réside principalement dans le fait que nos pays, peu habitués aux canicules, doivent maintenant les anticiper, s'adapter pour devenir résilients.

Il est clair que le changement climatique et la densification urbaine nécessitent de repenser la ville en intégrant l'ensemble des facteurs ayant un impact sur les îlots de chaleur. Les documents d'urbanisme et de programmation intègrent de plus en plus des objectifs pour une meilleure résilience. Il manque pourtant encore une vision transversale qui permette d'aligner les enjeux et l'organisation des services de la ville dans cette perspective. En attendant, les îlots de fraîcheurs modulables peuvent être implantés de façon temporaire sur des secteurs à enjeux pour apporter fraîcheur aux habitants et aux usagers, ceci avec un moindre impact environnemental.

**Au-delà de ce type d'équipements, l'eau accessible à tous dans la ville est, et sera, de plus en plus plébiscitée dans les années à venir. Il est à prévoir par exemple la réouverture de rivières, des accès facilités à des sites aquatiques naturels ou pas (étangs, bassins d'écroulement, zones humides, bords de rivière, piscines).**

**Si ces thématiques ne sont pas nouvelles pour de nombreux territoires notamment dans les pays chauds, pour nos latitudes tempérées, ce sont des problématiques émergentes à intégrer dans la conception des espaces urbains. Les retours d'expérience des territoires qui pratiquent ces solutions de longues dates constituent des sources d'inspiration importantes, que l'on peut dorénavant coupler avec les innovations technologiques de notre époque. Les solutions de demain restent cependant encore à inventer dans ce domaine du rafraichissement urbain.**

**En termes de perspectives sur le territoire, Bordeaux, comme d'autres métropoles, s'est engagé dans une politique pour déminéraliser, végétaliser (augmenter le patrimoine arboré de 20% en 10ans) dont l'un des objectifs est d'abaisser la température de la ville.**

# 12

## Bibliographie



**Adapter les tissus urbains de la métropole bordelaise au réchauffement climatique** – A'Urba, 2019

**Adapter l'Île-de-France à la chaleur urbaine : Identifier les zones à effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) et établir leur degré de vulnérabilité afin de mieux anticiper** – IAU, 2017

**Approches physiques des ambiances urbaines, Caractérisation et conception** – Musy M. 2008, <http://www.enviroboite.net/approches-physiques-des-ambiances-urbaines-caracterisation-et-conception>

**Rafrâichissement des villes : solutions existantes et pistes de recherche. Adaptation au changement climatique et projet urbain.** Bernard J et al. 2020. hal-02953445

**Ambiances architecturales et urbaines. De l'environnement urbain à la ville sensible** - Hégron G & Torgue H. Ecologies urbaines : Etat des savoirs et perspectives, Economica – Anthropos 2010. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00995472/document>

**Bordeaux : La mairie de Pessac débordée par le phénomène de «street-pooling»** - 20 minutes, 2019

**Caractérisation des îlots de chaleur urbains par zonage climatique et mesures mobiles : Cas de Nancy** – Leconte, 2015

**Contexte spatial des ambiances urbaines et usage des lieux** -Plombini A, Ambiances. 2013 <http://journals.openedition.org/ambiances/261>

**Essai sur le don. Forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques** – Mauss M (1925), Introduction de Florence Weber, Quadrige/Presses universitaires de France, 2007

**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 – ADEME, 2017

**Gérer autrement les eaux pluviales : une approche par bassins versants** – APUR, 2018

**Je procède à la remise en route d'un système collectif de brumisation d'eau, dans un contexte de circulation du SARS CoV 2** – Haut conseil de la santé publique, 2020

**L'eau dans la ville : bien-être, risques et opportunités** - GRAIE, Grand Lyon. Eau et Santé 4<sup>ème</sup> conférence, 2013 [https://www.graie.org/graille/grailedoc/doc\\_telech/actesynteses/sante4\\_2013\\_actes\\_eauville.pdf](https://www.graie.org/graille/grailedoc/doc_telech/actesynteses/sante4_2013_actes_eauville.pdf)

**Le climat et la ville : la nécessité d'une recherche croisant les disciplines** - Colombert et al. 2012. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement <https://journals-openedition-org.ezproxy.u-bordeaux-montaigne.fr/vertigo/11811#quotation>

**Le traitement des espaces urbains dans les villes au climat chaud et sec pour diminuer leurs problèmes climatiques. Étude de cas : la ville du Caire** - El Hozayen, A. 2013. Sciences agricoles. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00907165/document>

**L'intérêt de l'utilisation de l'eau de pluie dans la maîtrise du ruissellement urbain Les enseignements d'un panorama international - Seconde édition** – CEREMA, 2018

**Les représentations sociales de la densité dans l'habitat : vers une faubourisation métropolitaine : «Fabrication, appropriation, territorialisation»** Vivière, M. 2015

**Les systèmes collectifs de brumisation d'eau « Prévention de la légionellose et bonnes pratiques à mettre en œuvre »** - Ministère de la santé et des solidarités, 2018

**L'intérêt de l'utilisation de l'eau de pluie dans la maîtrise du ruissellement urbain** – CEREMA, 2018

**Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains** – Institut National de Santé Publique du Québec – Juillet, 2009

**Outdoor Thermal Comfort in the Hot Arid Climate** - Aljawabra F & Nikolopoulou M. 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada, 2009 file:///C:/Users/XWA592/Downloads/Outdoor\_thermal\_comfort\_in\_the\_hot\_arid.pdf

**Rafraîchissement des villes : De quelles connaissances avons-nous besoin ?** - Actes de la Journée Scientifique et Technique – ADEME, 2017

**Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole** – APUR, 2018

**Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces** - Nikolopoulou M. & Steemers K. Energy and Buildings, 2003 file:///C:/Users/XWA592/Downloads/Thermal\_comfort\_and\_psychological\_adapta.pdf

**Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces: analysis across different European countries** - Nikolopoulou M & Lykoudis S. Proceedings PLEA: Environmentally Friendly Cities. James. 1998 <https://core.ac.uk/download/pdf/10634430.pdf>

**Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter** - Baker N et al. Solar Energy 2001 file:///C:/Users/XWA592/Downloads/Thermal\_comfort\_in\_outdoor\_urban\_spaces.pdf

**Use of Outdoor Spaces and Microclimate in a Mediterranean Urban Area** - Lykoudis S & Nikolopoulou M. Building and Environment 2007 file:///C:/Users/XWA592/Downloads/Use\_of\_outdoor\_spaces\_and\_microclimate\_i.pdf

**Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments** – Renewable and sustainable energy reviews, 2013