



HAL
open science

La gestion des îlots de chaleur dans les centres urbains : le cas de Bordeaux Métropole

Sabine Sofiane

► **To cite this version:**

Sabine Sofiane. La gestion des îlots de chaleur dans les centres urbains : le cas de Bordeaux Métropole. Architecture, aménagement de l'espace. 2021. dumas-04112425

HAL Id: dumas-04112425

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04112425v1>

Submitted on 31 May 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sabine Sofiane

La gestion des îlots de chaleur dans les centres urbains :

Le cas de Bordeaux Métropole



Sous la direction de Aline BARLET -

PFE Mention recherche soutenu le 29 Juin 2021

Sabine Sofiane

La gestion des îlots de chaleur dans les centres urbains :

Le cas de Bordeaux Métropole

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Sous la direction de Aline BARLET -

PFE Mention recherche soutenu le 29 Juin 2021

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Remerciements | 9 |
| Introduction | 11 |
| Chapitre 1 : Les Îlots de Chaleur Urbains (ICU) | 15 |
| I. Le confort thermique | 16 |
| 1.1. Des paramètres variés qui influent sur la perception de la chaleur | 16 |
| 1.2. Quelques indices de mesure | 17 |
| 1.3. Des pratiques des espaces publics différents en fonction des températures extérieures | 20 |
| II. Les ICU : un phénomène physique mesuré | 25 |
| 2.1. Des causes architecturales et urbaines multiples | 25 |
| 2.2. Des conséquences environnementales et sanitaires désastreuses | 35 |
| 2.3. Certains outils d'aménagement pour limiter les effets des ICU | 37 |
| Chapitre 2 : Identification et analyse des ICU | 47 |
| I. Méthodologie LCZ (Local Climate Zone) | 48 |
| 1.1. Les Local Climate Zone (LCZ) | 48 |
| 1.2. Quantification des ICU sur le territoire francilien | 51 |
| II. Méthodologie croisée standardisée | 58 |
| 2.1. Analyse physique | 58 |
| 2.2. Analyse des ressentis et des perceptions | 61 |
| 2.3. Des entretiens qualitatifs pour comprendre l'impact de la chaleur sur la vie dans le territoire | 62 |

| | |
|---|------------|
| Chapitre 3 : Quatre ICU métropolitains bordelais | 64 |
| I. Des cas d'études représentatifs d'une diversité urbaine | 64 |
| 1.1. La gare Saint-Jean, Bordeaux | 65 |
| 1.2. La place Charles de Gaulle, Mérignac | 67 |
| 1.3. Le centre commercial Bègles Rives d'Arcins | 68 |
| 1.4. La place Saint-Projet, Bordeaux | 69 |
| II. Des îlots de chaleur métropolitains «mesurés» ? | 70 |
| 2.1. Identification des ICU par la méthodologie LCZ | 70 |
| 2.2. Identification des ICU par la méthodologie croisée | 80 |
| III. Des îlots de chaleur métropolitains «ressentis» ? | 94 |
| 2.1. Le ressenti des usagers | 94 |
| 2.2. Des stratégies de rafraîchissement indépendantes du site étudié | 99 |
| 2.3. Une gêne ressentie qui dépend plutôt de l'expérience, que du profil de l'utilisateur | 99 |
| Chapitre 4 : Des îlots de fraîcheur urbains bordelais ? | 103 |
| I. Des îlots de fraîcheur métropolitains à préserver | 104 |
| 1.1. L'échelle de l'agglomération bordelaise | 104 |
| 1.2. L'échelle communale | 105 |
| 1.3. Les espaces de nature de proximité | 106 |
| II. Mériadeck, un IFU à valoriser aux portes de l'ICU bordelais | 107 |
| 2.1. Un quartier totalement reconstruit dans les années 1950 | 107 |
| 2.2. Des typologies différentes selon les niveaux | 109 |
| 2.3. Méthodologie LCZ | 112 |
| 2.4. Méthodologie croisée | 116 |
| 2.5. Un ICU et un IFU ressentis ? | 122 |

| | |
|--|-----|
| Conclusion | 125 |
| Liste des sigles et des acronymes | 130 |
| Table des figures | 131 |
| Bibliographie | 137 |
| Annexes | 146 |
| Annexe 1 - Grille descriptive | 146 |
| Annexe 2 - Guide d'entretien micro-trottoirs | 147 |
| Annexe 3 - Guide d'entretiens semi-directifs | 152 |
| Annexe 4 - Analyse réponses micro-trottoirs place Charles de Gaulle, Mérignac | 154 |
| Annexe 5 - Analyse réponses micro-trottoirs gare Saint Jean, Bordeaux | 157 |
| Annexe 6 - Analyse réponses micro-trottoirs place Saint-Projet, Bordeaux | 160 |
| Annexe 7 - Analyse réponses micro-trottoirs centre commercial Rives d'Arcins, Bègles | 163 |
| Annexe 8 - Analyse réponses micro-trottoirs Mériadeck, Bordeaux | 166 |

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Tout d'abord, la rédaction de ce mémoire n'aurait pas été possible sans le concours de Mme Aline Barlet, ma directrice de mémoire. Je voudrais la remercier pour sa patience, sa disponibilité et ses judicieux conseils, tout au long de ces 5 semestres. Merci de m'avoir encadrée, orientée, aidée et conseillée.

Mes deux collègues Lia et Mathilde avec qui nous avons pu construire un premier mémoire présentant l'intégralité de la méthodologie et ensuite les expérimentations sur le terrain, que j'ai en grande partie repris dans ce mémoire.

Finalement, ce mémoire est le fruit d'une collaboration avec :

- les étudiants ingénieurs de l'ENSAM (Arts et métiers de Bordeaux) et leur représentant Mr Denis BRUNEAU.
- Le Lyre (pôle de recherche et développement de Suez) qui a proposé l'appel à projets
- Le Bureau d'études thermiques E-6, qui nous a fourni une grande partie de leurs travaux sur la thématique.

Enfin, je tiens à remercier Suzanne, ma correctrice toujours fidèle au poste, qui m'a été d'une grande aide sur la relecture et la mise en page.

Introduction

« L'actualité place l'environnement au cœur des discours et des inquiétudes, comme si le sujet naissait subitement d'une prise de conscience tardive, quand, en vérité, il appartient pleinement à la conscience collective depuis bien des générations » (Proglia, 2007).

En 1885, quand « ils prirent un fiacre découvert, gagnèrent les Champs-Élysées, puis l'avenue du Bois de Boulogne », c'était déjà « une nuit sans vent, une de ces nuits d'été où l'air de Paris surchauffé entre dans la poitrine comme une vapeur de four » (Guy de Maupassant, 1885)

Ce phénomène météorologique décrit par Guy de Maupassant, est actuellement connu sous le nom d'îlot de chaleur urbain (ICU). Ce phénomène a été mis en évidence par Luke Howard, un pharmacien britannique qui, dès le XIX^{ème} siècle, a montré une différence de températures nocturnes de 4°C entre le centre de Londres et sa campagne (Howard, 1818). L'îlot de chaleur urbain désigne donc les écarts de températures observés entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes.

Cette définition est actuellement très critiquée, notamment dans les termes utilisés. En effet, selon les différentes études sur les îlots de chaleur, certains sites ne sont pas considérés de la même manière. En fonction de leur localisation et indépendamment de leur nature, ils sont alternativement considérés comme des sites urbains ou ruraux, en fonction des études.

De plus, les îlots de chaleur urbains sont aujourd'hui principalement identifiés par la cartographie satellite thermique infrarouge, qui ne prend en compte que les surfaces horizontales (toitures et sols), alors que les températures des surfaces verticales, qui ont le plus grand impact

(par rayonnement) sur les usagers, ne sont pas considérées.

Enfin, c'est la question même des usagers qui n'est pas étudiée dans le cadre des îlots de chaleurs. En effet, les études se basent principalement sur des études thermiques objectives, même si certaines intègrent les vulnérabilités des usagers (sensibilité en lien avec l'âge, possibilité de se réfugier dans un îlot de fraîcheur à proximité, etc.). Cependant, aucun de ces travaux ne prend réellement la peine de les interroger et de récolter leur ressenti sur la question des îlots de chaleur.

L'ensemble de ces critiques nous amène à nous interroger sur :

Comment (re)définir les îlots de chaleur urbains à l'échelle urbaine et architecturale ?

Cette notion semble d'autant plus urgente à traiter que selon le Groupe intergouvernemental sur le climat (GIEC), onze des douze années les plus chaudes jamais observées dans le monde ont été enregistrées depuis 1995 (GIEC, 2017).

Face à cette forte augmentation de la température, les villes sont de plus en plus « étouffantes » et de moins en moins respirables. Se pose alors la question de la vie en ville. Sera-t-il possible dans quelques années de rester dans les centres villes ? Leurs formes sont-elles toujours adaptées aux pratiques actuelles ? Sont-elles réellement confortables en période estivale ?

En effet, la question de la chaleur en ville est fortement liée à celle du confort thermique, défini comme la sensation de bien-être ressentie dans une ambiance donnée, et relative à plusieurs critères, à la fois extérieurs et relatifs à chaque individu. Si cette notion est très étudiée dans les

1 - MAUPASSANT, G, Bel Ami, Hachette: Bibliolycée, 1910, p.216

espaces intérieurs, il semble nécessaire de s'y intéresser à l'échelle urbaine. En effet, l'un des enjeux de la ville contemporaine est la limitation des consommations énergétiques et l'amélioration du cadre de vie de ses habitants.

Les habitants de la ville de Bordeaux ont montré une prise de conscience de ces enjeux, avec l'élection de Pierre Hurmic, (EELV) à la mairie en 2020. En effet, l'une des volontés fortes de cette nouvelle majorité est de « *diminuer l'empreinte carbone et d'adapter la ville au changement climatique et de déclarer Bordeaux en état d'urgence climatique* ». Pour le maire, « *le premier budget municipal déclinera très vite d'une politique de résilience. On ne peut pas se contenter d'une politique des petits pas* » .

Dès sa prise de fonction, le nouveau maire de la capitale girondine a voulu « frapper fort » :

« *A Bordeaux, la mairie écologiste lance son plan de végétalisation* » (Le Monde, 2020)

« *Bordeaux : Pierre Hurmic veut «casser du bitume quitte à supprimer des places de stationnement pour planter des arbres»* » (20minutes, 2020)

« *Bordeaux : Pierre Hurmic dévoile son plan de reconquête végétale «Grandeur Nature»* » (France3 Régions, 2020).

Aujourd'hui, il semble difficile de végétaliser l'ensemble de la commune, d'autant plus que tous les lieux n'auront pas le même impact sur le rafraîchissement global. Comment identifier les lieux à traiter et donc à végétaliser en priorité ? Quelle(s) méthodologie(s) existe(nt) aujourd'hui pour identifier ces lieux ? Quels sont les avantages et les faiblesses de ces méthodologies ? Quelle est la place des îlots de fraîcheur urbains dans la stratégie de rafraîchissement ?

Afin de répondre à l'ensemble de ces questionnements, cette recherche s'est concentrée sur le territoire de la métropole bordelaise. Ce territoire très étendu et très hétérogène possède une multitude de sites à étudier du fait, notamment,

de leurs différentes typologies, fonctions, et de leurs différents usages.

L'apport de ce travail de recherche aura donc pour objectif de proposer une nouvelle définition des îlots de chaleur. Pour cela, il semble important de :

- s'intéresser à la notion du confort thermique extérieur, sa définition et ses indices de mesures ;
- travailler sur la méthodologie d'identification des îlots de chaleur urbains ;
- comprendre si les îlots de chaleur urbains sont systématiquement sources d'inconfort thermique perçu par les usagers de l'espace public ;
- améliorer la connaissance du phénomène d'îlot de chaleur urbain, et notamment ses causes à travers l'étude de quatre cas très divers au sein de la métropole bordelaise.
- comprendre comment l'îlot de fraîcheur urbain peut être un outil pour la gestion et l'atténuation des ICU.

Ce mémoire organisé en quatre chapitres traitera de l'ensemble de ces notions. Le concept de confort thermique, sa définition, ses indices de mesures et leurs limites, seront d'abord abordés. Ensuite, la notion d'îlot de chaleur urbain sera développée, à travers l'étude de ses causes, de ses conséquences sanitaires et environnementales et quelques outils d'aménagement qui permettent, aujourd'hui, de limiter les effets de l'ICU.

Ensuite, la question de la méthodologie sera traitée. Il s'agira d'abord de comprendre et d'analyser la méthodologie LCZ (Local Climate Zone) qui est actuellement utilisée par les collectivités pour l'identification des ICU. Puis nous proposerons une nouvelle méthodologie d'analyse croisée qui intègre, à l'analyse physique, les perceptions des usagers et des habitants, à travers la mise en

place de micro-trottoirs et d'entretiens qualitatifs, dans le but de comprendre leur perception du site en période de fortes chaleurs.

Dans le troisième chapitre, l'objectif est de tester les deux méthodologies présentées précédemment, sur quatre sites d'étude sélectionnés et identifiés comme des ICU sur la métropole bordelaise. Cette analyse permettra de proposer une nouvelle définition des îlots de chaleur urbains.

Enfin, la question des îlots de fraîcheur urbains sera abordée. D'abord par la définition du phénomène et comment cela se traduit à l'échelle de la métropole de Bordeaux, puis par l'analyse d'un quartier particulier aux portes du centre ancien : le quartier de Mériadeck.

Chapitre 1 :

Les îlots de chaleur urbains

« *Canicule 2020 : l'une des vagues de chaleur les plus sévères en France* » (France Inter, Septembre 2020)

Entre Juin et Septembre 2020, la France a connu quatre vagues de fortes chaleurs avec des pics à 40°C localement. Début, Août, plusieurs départements ont été placés en vigilance rouge ou orange canicule par Météo France. Si des épisodes ont été moins intenses que ceux de 2019, avec un record relevé à 46°C, et ont duré moins longtemps que la canicule historique de 2003, cette canicule devrait malgré tout atteindre le top 5 des plus sévères qu'aura connu la France.

Si ce genre d'événement climatique est toujours exceptionnel aujourd'hui (seules 9 canicules depuis le début des années 2000), il tend à se multiplier ces

dernières années et risque de devenir de plus en plus fréquent, avec un risque sanitaire de plus en plus important.

Afin de comprendre l'impact de ce genre d'événements climatiques et leur impact sur la population urbaine en particulier, il s'agira d'abord d'étudier et de comprendre le phénomène de confort thermique urbain extérieur qui permet de déterminer les espaces de bien-être, où l'utilisateur ressent une sensation de confort, les paramètres qui influent sur ce confort et l'impact de la chaleur sur les pratiques des espaces publics. Le cas des îlots de chaleur urbains (ICU) sera ensuite étudié comme, un exemple d'inconfort thermique, afin de comprendre et d'identifier les causes à l'origine du phénomène.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME DE LYON
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT DE RÉVÉLATION

I. Le confort thermique

Le confort thermique est associé à une « relation d'équilibre entre la température extérieure et la température centrale [du corps]. Lorsque cette relation est en équilibre, une sensation de confort, ni trop chaud, ni trop froid est ressentie. A l'inverse, lorsque les températures sont trop différentes, un inconfort pousse le corps à retrouver un équilibre grâce aux mécanismes de thermorégulation » (IAU IdF, 2010).

Le confort thermique peut donc être défini comme la sensation de bien-être dans un espace intérieur. Il est en lien avec la température, l'hygrométrie et les mouvements d'air. Il ne dépend donc pas exclusivement de la température, mais également des conditions telles que le niveau de respirabilité de l'air ou la qualité d'air intérieure (QAI).

Cette notion a donc été d'abord définie pour des espaces intérieurs. En effet, la prédiction du climat intérieur joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité énergétique des bâtiments (Corgnati et al., 2011) et la qualité de l'air intérieur a un impact sur la satisfaction globale des usagers. Ce n'est que récemment que les chercheurs ont commencé à s'intéresser à l'effet du confort thermique extérieur.

Taeghani et al. (2013) ont indiqué qu'il existe deux approches du confort thermique extérieur: le modèle en régime permanent et le modèle adaptatif. Ce dernier est basé sur la théorie du corps humain s'adaptant au climat extérieur et intérieur.

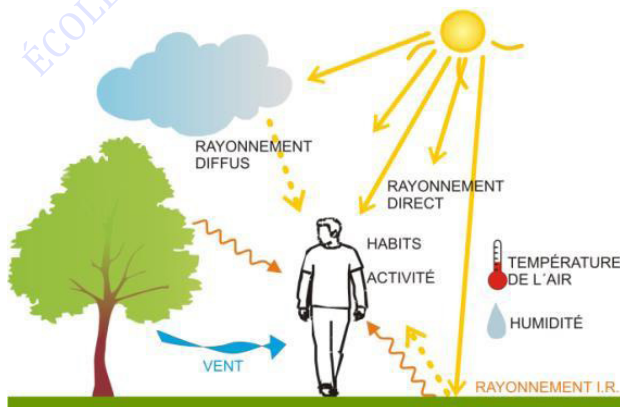


Figure 1 : Les paramètres du confort thermique extérieur (Perrineau, 2013)

1.1. Des paramètres variés qui influent sur la perception de la chaleur

Fabbri (2015) a défini le confort comme le résultat de l'interaction de nombreux paramètres physiques, physiologiques, psychologiques, sociaux et culturels. Le confort thermique dépend aussi de nombreux facteurs. Ceux-ci pourraient se classer en trois catégories (Aulicium et Szokolay, 2007) :

- les facteurs climatiques tels que l'effet de la température de l'air, de l'humidité relative, du rayonnement et de la vitesse de l'air ;
- les facteurs personnels qui appartiennent au métabolisme et aux vêtements ;
- les autres facteurs tels que la capacité d'acclimatation, l'âge, le genre, l'état de santé, la forme du corps, etc.

Selon Ali-Toudert et Mayer (2006), de nombreuses études ont montré que le confort thermique extérieur dépend fortement des flux de rayonnement (radiations directes et diffuses). De la même manière, l'ombrage joue un rôle important dans la stratégie d'atténuation de la chaleur en été, ainsi que l'orientation de la rue. La figure ci-dessous (cf. Figure 1) représente les paramètres qui ont un impact sur la mesure du confort thermique extérieur.

Finalement, un certain nombre de facteurs physiologiques sont pris en compte, de manière assez précise pour l'environnement et pour chaque individu. Toutefois aucune notion de culture et d'expérience personnelle n'apparaît. Le confort thermique est alors défini par des éléments mesurables et quantifiables et très peu de manière subjective.

1.2. Quelques indices de mesure

Plusieurs indices ont successivement été développés pour mesurer le confort thermique, à partir de données physiques, telles que la température ou l'humidité relative de l'air.

La température équivalente physiologique (PET) permet d'évaluer les conditions de confort thermique. Cet indice dépend de quatre paramètres météorologiques et deux paramètres thermo-physiologiques :

- la température de l'air,
- la température moyenne radiante,
- l'humidité relative (%),
- la force du vent (m/s),

- la résistance thermique de l'habillement ($Clo = 0.155K.m^2 .W^{-1}$)
- le niveau d'activité de l'homme (W).

Le métabolisme dépend également des attributs personnels tels que la taille, le poids, l'âge et le sexe (cf. Figure 2).

Afin de quantifier la perception des ambiances thermiques par des humains, des valeurs seuils du PET ont été développés, indiquant les différents niveaux de stress thermique sous la forme d'un index gradué (cf. Figure 3). Dans ce tableau, les valeurs seuils du PET pour différentes perceptions thermiques et des niveaux de stress thermiques sont calculées pour un taux métabolique de 80W (marche à pied), une résistance de transfert de chaleur d'habillement 0,9Clo (habillement d'été), une température moyenne radiante équivalente à la température de l'air ($T_{mrt} = T_a$), une vitesse de l'air de 0,1m/s et un taux d'humidité relative de 50% (Höppe, 1999).

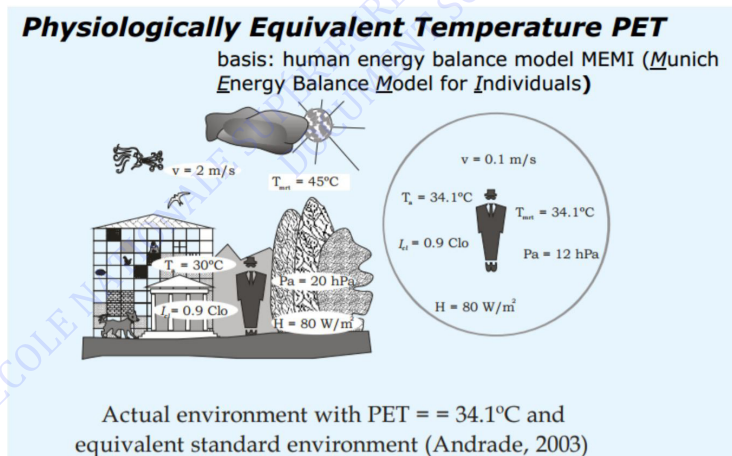


Figure 2 : Composantes servant à la détermination de l'indice PET (Matzarakis, 2007)

| PET (° C) | Sensation Thermique | Niveau du Stress Physiologique |
|-----------|---------------------|--------------------------------|
| < 4 | Très froid | Stress de froid extrême |
| 4 – 8 | Froid | Fort stress de froid |
| 8 – 13 | Frais | Stress de froid modéré |
| 13 – 18 | Légèrement frais | Stress de froid léger |
| 18 – 23 | Confortable | Pas de stress thermique |
| 23 – 29 | Légèrement chaud | Stress de chaleur léger |
| 29 – 35 | Chaud | Stress de chaleur modéré |
| 35 – 41 | Très Chaud | Stress de chaleur fort |
| > 41 | Extrêmement chaud | Stress de chaleur extrême |

Figure 3 : Seuils et degrés de sensation relatifs à l'indice PET (Höppe, 1999).

Cet indice permet de comparer les effets d'un environnement thermique extérieur par rapport à une expérience en intérieur (cf. Figure 4). Dans le cas d'une journée d'été chaude, et ensoleillée, le PET peut valoir 43°C. Cela signifie qu'un individu dans une pièce avec une température d'air de 30°C atteint le même état thermique que dans les mêmes conditions en extérieur.

| | T_{air} (°C) | T_{mrt} (°C) | U (m s ⁻¹) | P (hPa) | PET (°C) |
|------------------|----------------|----------------|--------------------------|-----------|------------|
| Pièce typique | 21 | 21 | 0,1 | 12 | 21 |
| Hiver, au soleil | -5 | 40 | 0,5 | 2 | 10 |
| Hiver, à l'ombre | -5 | -5 | 5,0 | 2 | -13 |
| Été, au soleil | 30 | 60 | 1,0 | 21 | 43 |
| Été, à l'ombre | 30 | 30 | 1,0 | 21 | 29 |

Figure 4 : Exemples de valeurs de l'indice PET

(Matzarakis and Mayer, 1996)

Le **PMV** et le **PPD** correspondent au vote moyen prédit et au pourcentage d'insatisfaits du confort thermique. Fanger (1972) a défini 3 conditions pour qu'une personne soit en situation de confort thermique :

- un bilan thermique équilibré
- une évaporation sudorale (transpiration) située dans les limites du confort
- une température moyenne de la peau située dans les limites du confort.

Les niveaux optimum des deux derniers paramètres dépendent du métabolisme de l'individu.

Le Predicted Mean Vote (PMV) (Gagge, 1986) permet de calculer le vote moyen de sensation thermique d'un groupe important de personnes (plus de 1000) en se référant à une échelle subjective comportant sept points de « très chaud » à « très froid » (cf. Figure 5).

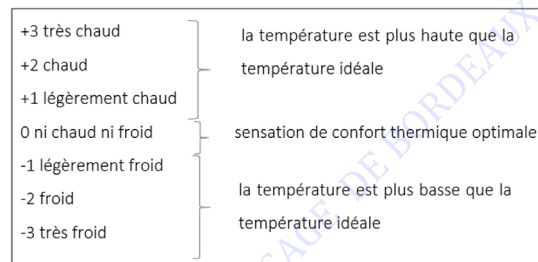


Figure 5 : Echelle de mesure et de satisfaction du PMV

(CEREMA, 2017)

Cet indice dépend du métabolisme, de l'isolement vestimentaire, de la vitesse de l'air et de la température ambiante.

$$\begin{aligned}
 \text{PMV}^* &= (0,303e^{-0,036M} - 0,028) * \\
 &\left[\begin{aligned}
 &(M - W) \\
 &- (h_r - h_c) (T_p - ET^*) \\
 &- 3,05 \cdot 10^3 (5733 - 6,99 (M - W) - p_a) \\
 &- 0,42 ((M - W) - 58,15) \\
 &- 0,0014 M (34 - T_a) \\
 &- 1,7 \cdot 10^{-5} M (5867 - p_a)
 \end{aligned} \right]
 \end{aligned}$$

Avec :

- M : métabolisme ($W \cdot m^{-2}$ ou met)
- W : travail ($W \cdot m^{-2}$)
- h_r : coefficient de transfert surfacique de chaleur par rayonnement ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
- h_c : Coefficient d'échange surfacique par convection ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
- T_p : température cutanée pour l'homme nu ou des vêtements pour l'homme vêtu ($^{\circ}C$)
- ET^* : température effective ($^{\circ}C$)
- P_a : Pression de l'air (Pa)
- T_a : température de l'air ($^{\circ}C$)

« A titre d'exemple, pour un travail léger avec un métabolisme de 95 w.m^{-2} , une humidité relative de 50%, une vitesse relative de l'air de $0,2 \text{ m.s}^{-1}$, la température optimale pour un sujet vêtu de 1 clo est d'environ 19°C et la sensation moyenne sera légèrement chaud » (Mairiaux et Malchaire 1990)

Le Predicted Percent of Dissatisfied (PPD), permet de prédire le pourcentage de personnes insatisfaites ayant trouvé qu'il faisait chaud ou froid (ayant voté -3, -2, +2 ou +3).

Graphiquement (cf. Figure 6), les personnes satisfaites se retrouvent au-dessus de la courbe et celles insatisfaites en-dessous.

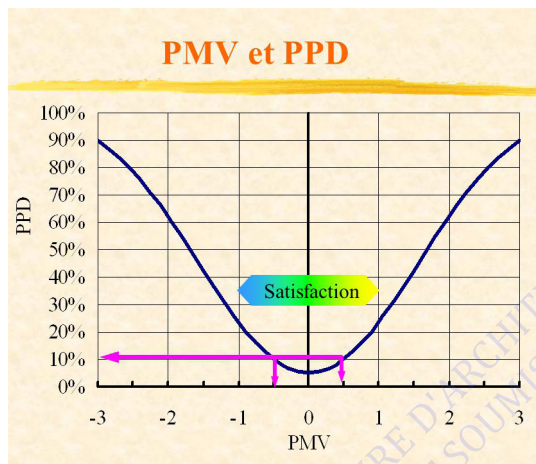


Figure 6 : Pourcentage prédit d'insatisfaits (PPD) en fonction du vote moyen prédit (PMV) d'après la norme ISO 7730 (CEREMA, 2017)

La norme française stipule qu'un lieu est considéré comme confortable, à condition que le PPD soit inférieur à 5%, c'est-à-dire que moins de 5% de la population soient insatisfaits.

L'UTCI (Universal Thermal Climate Index), a quant à lui, été développé spécifiquement pour l'évaluation du confort thermique extérieur. Il permet notamment de calculer le stress thermique ressenti par l'homme en combinant plusieurs paramètres comme la température, l'humidité ou la pression de la vapeur de l'eau, la vitesse du vent et la radiation thermique avec un modèle physiologique, un modèle d'habillement et une condition de référence.

$$UTCI = f(T_a; T_{mrt}; V_a(x=10); Rh)$$

Où T_a et Rh sont la température ($^\circ\text{C}$) et l'humidité relative de l'air (%), relevées directement sur terrain, T_{mrt} est la température moyenne radiante et $V_a(x=10)$ est la vitesse de l'air à une hauteur $x=10\text{m}$.

L'échelle de l'UTCI est divisée en plusieurs niveaux correspondants à différents intervalles de températures (cf. Figure 7).

- Les conditions idéales où il n'y a aucun stress thermique se situent entre 9 et 26°C ;
- Entre 26°C et 46°C et plus : on distingue quatre niveaux de stress de chaleur (modéré, élevé, très élevé et extrême) ;
- Entre 9°C et -40°C et moins : on distingue cinq niveaux de stress de froid (léger, modéré, fort, très fort et extrême).

Par exemple, un indice universel de climat thermique au-delà de 32°C indique un fort stress de chaleur; s'il est sous -27°C , il correspond un très fort stress de froid.

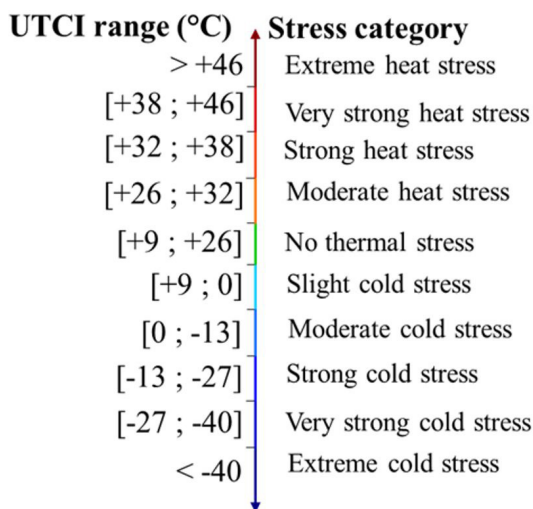


Figure 7 : Échelle de mesure de l'UTCI (Talhi, 2020)

Sur les trois indices présentés précédemment (PET, PMV & PPD et UTCI), seul l'UTCI a été créé pour l'analyse du confort thermique extérieur. Les deux autres ont d'abord été pensé pour le confort intérieur puis dans un second temps retravaillés afin de répondre au confort thermique extérieur. Cependant aucun de ces indices ne permet de quantifier parfaitement le confort thermique de l'espace extérieur.

Tout d'abord, en ce qui concerne l'indice PET, les travaux expérimentaux montrent que la valeur calculée n'est pas en accord avec le ressenti déclaré (Hirashima et al, 2016 ; Huang et al, 2015). « Une des limite de l'application de cet indices est que le calcul repose sur des modèles de bilan énergétique stationnaires dans lesquels ne figurent pas l'activité physique de l'utilisateur et les processus transitoires de l'adaptation du corps »¹.

Les indices PMV et PPD, quant-à-eux, permettent de déterminer si les espaces analysés peuvent être considérés comme thermiquement confortables, par le plus grand nombre de personnes (95%), d'un point de vue physiologique. Il s'agit d'un modèle qui s'applique à ces populations. Or, en

pratique, tous les individus ne correspondent pas nécessairement au modèle, il est donc nécessaire de compléter les valeurs proposées par une approche subjective et plus qualitative qui consiste en des entretiens avec la population et/ou des observations sur le terrain, qui permettent de confronter les données recueillies.

En ce qui concerne l'UTCI, il est aujourd'hui considéré comme un modèle universel et comme l'un des indices les plus complets pour le calcul du stress thermique dans les espaces extérieurs. Or lorsqu'il a été testé dans un contexte climatique et culturel particulier (Alger, Algérie), il s'est avéré que si l'évaluation du confort était fiable, son échelle d'évaluation du stress thermique était inadaptée à ce contexte et ne pouvait donc pas être qualifiée d'universelle (Talhi, 2020).

1.3. Des pratiques des espaces publics différentes en fonction des températures extérieures

Dans des situations d'inconfort thermique, le corps d'un individu va chercher à rétablir l'équilibre par différentes réactions demandant un certain effort : des réactions comportementales et des réactions physiologiques.

- La thermorégulation physiologique, comprend notamment frissons, transpiration, vasodilatation, vasoconstriction, etc.
- La thermorégulation comportementale comprend le changement de posture, d'activité, de vêtement, le déplacement et l'abritement.

L'adaptation du comportement de l'individu aux conditions d'ambiances tend donc à réduire l'inconfort, ce qui est aujourd'hui décrit par l'approche du « confort adaptatif ».

1 - POPOVIC M, « Potentiel des événements climatiques à l'échelle « pico » pour l'amélioration du confort thermique piétonnier », Ecole doctorale l'École Centrale de Nantes, [en ligne], URL : <https://www.theses.fr/2017ECDN0042.pdf>, p.61

1.3.1. L'adaptation physiologique, ou comment l'organisme peut s'adapter à la chaleur

Si chaque personne ne réagit pas de la même manière à la chaleur, les mécanismes physiologiques sont identiques pour tous. De manière générale et constante et indépendamment des conditions extérieures, la température centrale moyenne du corps humain avoisine les 37°C. Pour maintenir une température constante, le corps humain doit gagner ou perdre de la chaleur, afin de rester en équilibre. Il s'agit du phénomène d'acclimatation.

Le corps humain produit en permanence de la chaleur, cela s'appelle la thermogenèse (cf. Figure 8). En effet, pour fonctionner (activité cérébrale, cardiaque, respiration, etc.), les mécanismes consomment des calories et produisent de l'énergie et de la chaleur. La quantité de chaleur produite dépend ensuite du niveau d'activité du sujet. En effet, la chaleur produite est moindre lors du sommeil, que lors d'une activité sportive.

Pour pallier cette production de chaleur et afin de garder un équilibre, le corps humain doit pouvoir perdre de la chaleur : il s'agit de la thermolyse. Il existe quatre phénomènes physiques qui permettent de perdre de la chaleur : la conduction (perte négligeable), la convection (au contact de l'air plus frais), le rayonnement (à proximité d'une surface plus fraîche) et l'évaporation, qui peut se faire à travers deux processus métaboliques : la respiration et la sudation (si l'humidité relative de l'air n'est pas trop élevée).

Cependant, ces mécanismes de régulation restent limités. En effet, si les températures sont trop chaudes ou trop faibles, le corps ne peut pas s'adapter, il s'agit respectivement d'hyperthermie et d'hypothermie. Les valeurs d'adaptations dépendent de chaque individu (état de santé, âge, sexe, etc.). Pour un homme nu, à jeun et au repos, les seuils limites d'adaptation sont respectivement à 40°C et 15°C. Au-delà de ces seuils, ce n'est plus seulement une adaptation physiologique, mais bien une adaptation physique et psychologique qui vont être mises en place (habillement, protection, activité physique, etc.).

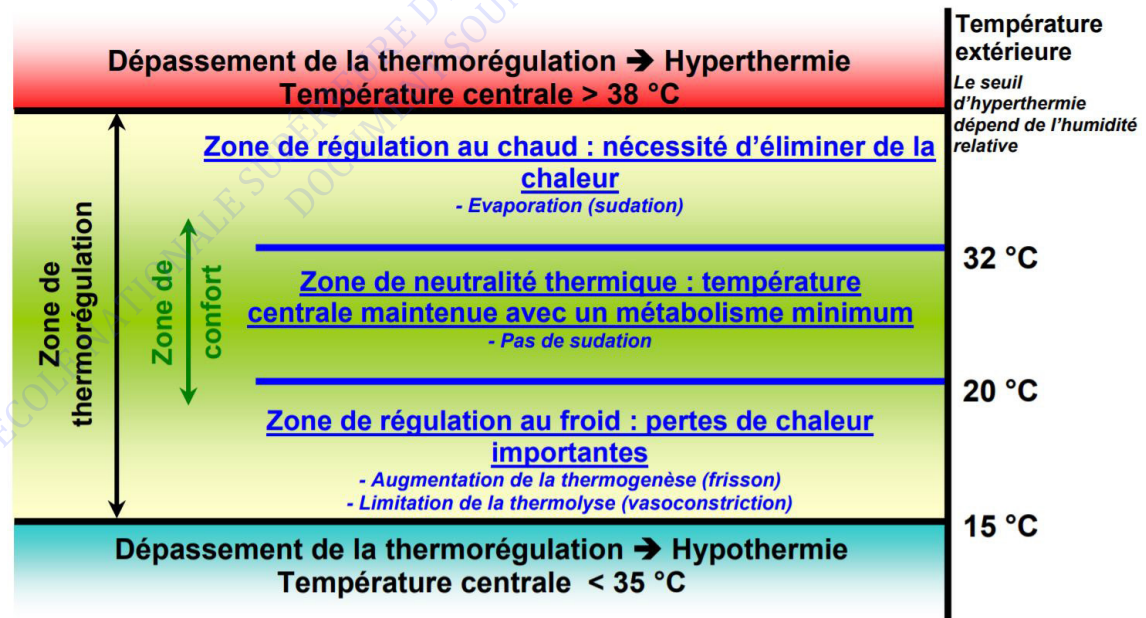


Figure 8 : Thermorégulation, seuils de risques et confort thermique (IAU IdF, 2010)

1.3.2. L'adaptation psychologique, modification de la perception des espaces extérieurs

Marialena Nikolopoulou, a beaucoup travaillé sur la question du confort dans les espaces publics de différents pays dans le monde. Son objectif est de comprendre quels comportements adoptent les usagers des espaces publics, au cours de l'année en fonction des pays, des cultures, et surtout de l'aménagement de l'espace. Elle s'intéresse aux éléments qui favorisent l'utilisation de certains espaces par rapport à d'autres.

Parmi ses principales conclusions, Nikolopoulou, (2003), démontre que la fréquence d'occupation des espaces publics durant la saison hivernale varie en fonction de la température globale (rayonnante et ambiante) avec une corrélation directe et forte. Cette relation entre les deux variables affirme que la qualité de l'environnement thermique est impérative pour l'usage et l'appropriation des espaces publics extérieurs (Musy, 2008).

Afin de comprendre en quoi la conception des espaces publics vis-à-vis de la chaleur influe sur le comportement des individus, elle utilise une méthode particulière. Tout d'abord elle calcule le PMV et le PPD de manière mathématique et statistique. Ensuite, elle compare les résultats obtenus avec des résultats acquis directement sur le terrain par le biais d'observations et de questionnaires micro-trottoir, afin de récupérer

directement l'avis des usagers des espaces publics. Les résultats de la comparaison qu'elle obtient sont parfois surprenants, car la perception des usagers diffère largement des données calculées.

L'exemple (cf. Figure 9) montre les résultats d'une étude effectuée dans le centre-ville de Cambridge. Après avoir calculé le PPD et le APD (Actual Percentage Dissatisfied – il s'agit du pourcentage de personnes insatisfaites après enquête de terrain), des différences très importantes sont à relever.

Elle s'est alors penchée sur le sujet et a démontré qu'une approche quantitative est insuffisante pour déterminer les conditions de confort à l'extérieur. Ainsi, elle a tenté de comprendre quels étaient les paramètres de l'adaptation psychologique qui agissent sur la perception de la chaleur (Nikolopoulou, Backer, Steemers, 2001).

Le terme « adaptation » peut être défini comme la diminution progressive de la réponse de l'organisme à une exposition répétée à un stimulus, impliquant toutes les actions qui le rendent plus à même de survivre dans un tel environnement. Il existe des phénomènes métaboliques d'adaptation à la chaleur, mais aussi des phénomènes comportementaux (changer l'habillement, chercher un abri, etc.).

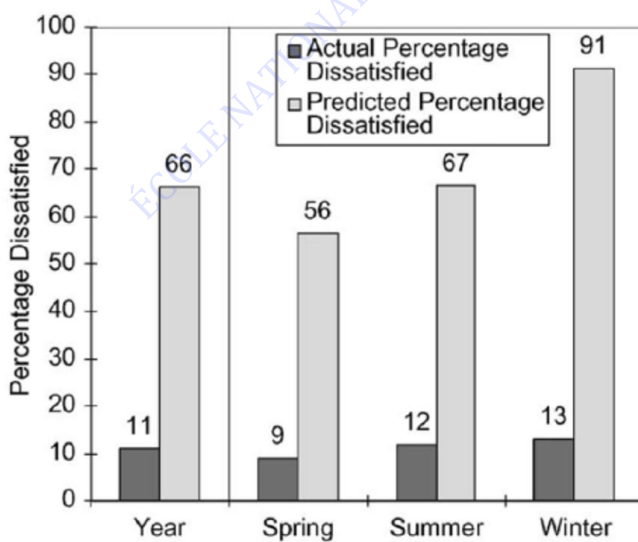


Figure 9 : Comparaison entre le pourcentage réel d'actuel d'insatisfaits et le pourcentage prédit d'insatisfaits, dans le cas d'une étude sur Cambridge, (Nikolopoulou, 2003)

Concernant les paramètres qui agissent sur l'adaptation psychologique, l'individu n'en a pas conscience, cependant cela peut influencer dans ses choix dans l'usage des espaces publics en période de fortes chaleurs (choix entre une place à l'ombre d'un arbre ou au soleil par exemple).

L'étude recense cinq paramètres psychologiques qui agissent sur le confort thermique, l'occupation et les usages dans l'espace :

Origine naturelle du changement (Naturalness)

Ce premier paramètre est le plus difficile à quantifier et à définir. C'est l'idée que les êtres humains peuvent tolérer de grands changements dans leur environnement physique, à condition qu'ils soient produits naturellement, et non le fruit d'une action humaine. L'exemple du changement climatique actuel montre que les températures ont tendance à augmenter. Cependant, le fait de considérer cela comme un événement naturel, et comme les usagers ne sont pas directement à l'origine de cette hausse de température sur l'espace étudié, ils seront conscients de ce réchauffement, mais ne trouveront pas, pour autant, l'espace moins ou plus confortable, parce que c'est quelque chose de «naturel».

Les attentes (expectation)

« *Les attentes sont celles que nous partageons avec la société. Elles correspondent à ce qui est bien vu, ou au contraire, à ce qui n'est pas acceptable et qui doit être rejeté.* »²

Dans les espaces extérieurs, cela se rapporte à la réponse fréquente donnée par les gens tout au long de l'année : « *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 rares cas où les conditions thermiques s'écartaient de ce que les gens avaient vécu les jours précédents, cela provoquait des différences dans le nombre de votes en termes de ressenti ou même de plaintes, car leurs attentes avaient été modifiées.

L'expérience

« *L'expérience d'une personne est l'ensemble des savoirs qu'elle a acquis par la pratique, et non seulement par un enseignement formel.* »³

- A court terme : Elle est liée à la mémoire et semble être responsable des changements dans les attentes de la population du jour au lendemain. La gêne sera d'autant plus intense si les différences de températures sur de courtes durées sont importantes.
- A long terme : Elle est liée aux schémas que les usagers ont construits dans leur esprit, en fonction de leur expérience propre, de leur vécu. Cela permet de déterminer des actions particulières. Il peut s'agir par exemple d'adaptations telles que les changements de vêtements, la consommation de boissons fraîches pour modifier la chaleur métabolique, le passage du soleil à l'ombre, etc.

Le temps d'exposition

Il s'agit de la durée pendant laquelle l'individu est exposé à la situation d'inconfort.

En effet, l'exposition à l'inconfort n'est pas perçue négativement si l'individu pense qu'elle sera de courte durée, par exemple traverser un parking surchauffé, en sortant d'une voiture climatisée avant d'atteindre un centre commercial climatisé en été, ne provoque pas d'insatisfaction significative par le sujet. Au contraire, si la personne sait qu'elle va rester pendant un temps long dans un endroit, qu'elle se représente comme surchauffé, la gêne sera beaucoup plus importante. (Nikilopoulou, 2003)

2 - BRUCHON-SCHWEITZER M, « Au-delà du modèle transactionnel. Vers un modèle intégratif en psychologie de la santé », Université Bordeaux 2, [en ligne], URL : http://www.pur-editions.fr/couvertures/1223045972_doc.pdf , p.4

3 - BRUCHON-SCHWEITZER M, « Au-delà du modèle transactionnel. Vers un modèle intégratif en psychologie de la santé », Université Bordeaux 2, [en ligne], URL : http://www.pur-editions.fr/couvertures/1223045972_doc.pdf , p.5

Le contrôle perçu

« Le contrôle perçu est l'estimation par le sujet de sa capacité à maîtriser une situation (puis-je y faire face ?) »⁴

En effet, il est maintenant largement admis que les personnes qui contrôlent fortement une source d'inconfort, tolèrent de grandes variations, sont moins ennuyées par celle-ci et réduisent considérablement les réactions émotionnelles négatives.

Par exemple, choisir de s'asseoir de manière à pouvoir profiter à la fois le soleil et l'ombre, ne provoquera pas de gêne vis-à-vis de la chaleur. En revanche, si le seul banc disponible est au soleil, la gêne sera fortement ressentie, même si les températures ne sont pas très élevées.

L'ensemble des notions que développe ici la chercheuse ne sont pas des notions spécifiques à l'aménagement. En effet, les attentes, l'expérience et le contrôle perçu sont des notions étudiées et définies en psychologie.

Ainsi, la notion de confort thermique ne dépend pas uniquement des données physiques de température, d'humidité et de vitesse du vent, même si celles-ci peuvent avoir un impact très important. La part de psychologique, de perception et d'expériences propres à chacun est très importante.

Chaque année, en été, les problématiques de « ville en surchauffe » (RTL, 2020), refont surface dans les médias. « L'Hexagone suffoque » (LesEchos, 2020) « villes en quête de fraîcheur » (Ouest France, 2020), « ville étouffante » (BFM 2020), « bulles de chaleur » (Le Parisien, 2020), de tant d'expressions pour exprimer qu'il devient de plus en plus difficile de vivre en ville en période estivale, dû aux fortes températures : cela est en partie dû au phénomène d'îlot de chaleur urbain.

4 - BRUCHON-SCHWEITZER M, « Au-delà du modèle transactionnel. Vers un modèle intégratif en psychologie de la santé », Université Bordeaux 2, [en ligne], URL : http://www.pur-editions.fr/couvertures/1223045972_doc.pdf , p.4

II. Les ICU : un phénomène physique mesuré

Le 24 juin 2020, le Parisien publiait l'article « *Pic de chaleur : pourquoi il a fait 12°C de plus à Paris qu'en banlieue cette nuit ?* » (Parisien, 2020) : c'est l'effet îlot de chaleur urbain (ICU). Bien qu'il s'agisse d'un sujet de plus en plus documenté et exploré ces dernières années, le phénomène est connu depuis très longtemps.

Dès la fin des années 1820, un pharmacien britannique s'intéressait à la question du climat dans la ville de Londres. Pendant neuf ans, il étudia le climat en effectuant des relevés de température. Par ces mesures, il réussit à démontrer qu'il y avait une différence de température diurne et nocturne d'environ 4°C entre la ville de Londres et sa périphérie, et ainsi définit la notion d'îlot de chaleur urbain.

L'îlot de Chaleur Urbain (ICU) se caractérise par une élévation localisée des températures de l'air en milieu urbain et par une diminution de l'amplitude thermique entre le jour et la nuit, selon la définition de l'ADEME (ADEME, 2012). Cela peut s'exprimer comme sur le diagramme ci-après (cf. Figure 10).

Les îlots de chaleur urbains ne sont ni une cause, ni une conséquence du changement climatique. Il serait plus juste de dire que les effets de l'un aggravent les impacts de l'autre et inversement. En effet, l'îlot de chaleur existe durant toutes les saisons de l'année, cependant, il ne se manifeste

pas de la même manière et n'a pas les mêmes conséquences en été et en hiver. En hiver, il permet d'avoir un climat plutôt doux, avec des rues qui sont réchauffées naturellement par l'énergie solaire, alors qu'en été, cela peut rapidement devenir insupportable et inconfortable.

2.1. Des causes architecturales et urbaines multiples

2.1.1. Les sources de chaleur à l'origine du phénomène

La chaleur ressentie en ville peut provenir de plusieurs sources, à la fois naturelles et anthropiques.

Le soleil : source naturelle de chaleur

Le soleil est la première source d'énergie et donc de chaleur de la Terre. Ses rayons traversent l'espace jusqu'à l'atmosphère terrestre. Une part de ce rayonnement (environ 30%) est réfléchi et le reste est absorbé et réchauffe l'air ambiant.

Pour respecter un équilibre apport/dépenses, l'atmosphère terrestre, qui reçoit l'énergie du soleil, émet à son tour de l'énergie et des rayonnements de type infrarouge. L'atmosphère rayonne ainsi vers l'espace (10% du rayonnement total) et vers la couche terrestre (cf. Figure 11).

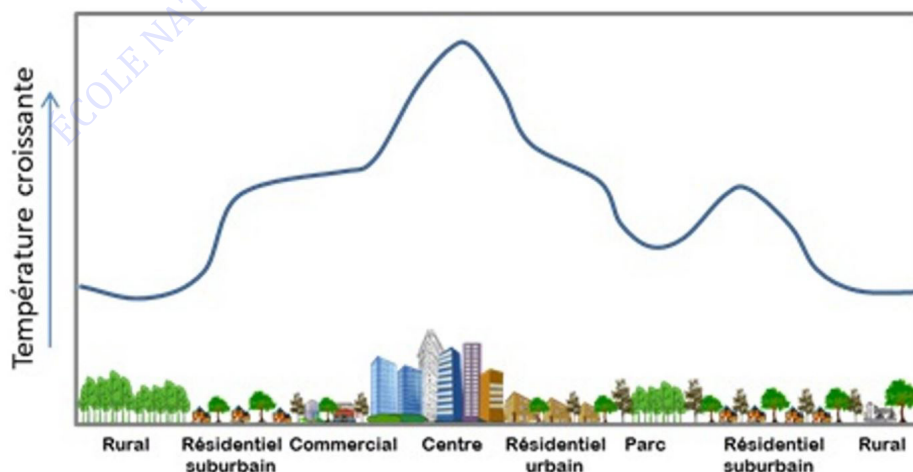


Figure 10 : Illustration du profil thermique caractéristique d'un îlot de chaleur urbain (Akbari et al., 1992).

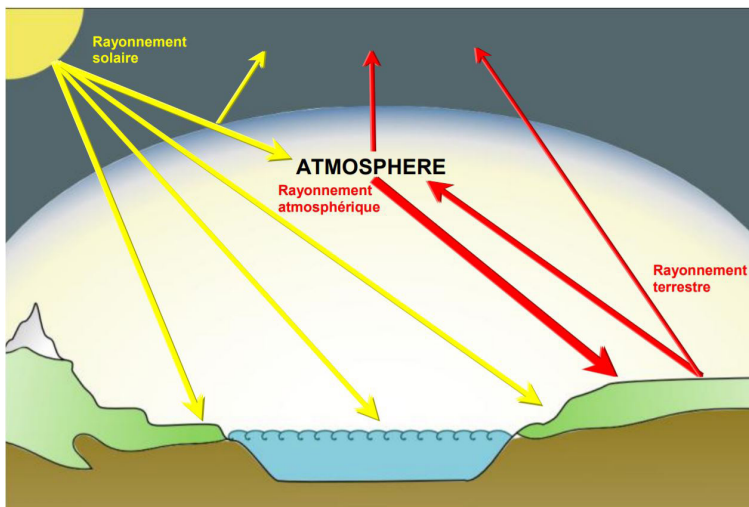


Figure 11 : Le chauffage de l'atmosphère par le rayonnement solaire (IAU, IdF, 2017)

L'ensemble de ces rayonnements permet de réchauffer l'atmosphère et la surface terrestre. En effet, par la création d'une couche qui emprisonne les rayonnements infrarouges, la température atmosphérique terrestre augmente et ainsi se régule en moyenne à 15°C.

Les sources anthropiques de chaleur

A la chaleur naturelle s'ajoute la chaleur produite par les activités humaines. Il peut s'agir des activités industrielles, des bâtiments mais aussi de la climatisation ou encore des transports. Ces activités agissent en augmentant les gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'excès de gaz à effet de serre ajouté à la chaleur naturelle des rayonnements solaires, lorsque la température est déjà importante, rend la vie en ville difficilement supportable en termes de température.

2.1.2. La ville héritée propice au développement des îlots de chaleur

Formes urbaines : une ville confortable en hiver, mais étouffante en été

Les villes se sont développées par la succession de différentes phases, différentes périodes, qui expliquent leurs organisations spatiales et leurs architectures diverses. Les villes héritées sont donc

aujourd'hui des villes très constituées, parfois très denses. Dans le cas de Bordeaux, par exemple, il ne reste quasiment plus rien de la ville romaine du II-IIIème siècle. La ville moyenâgeuse et le style plus classique caractérisent l'organisation spatiale de la ville-centre. Les rues plus étroites et tortueuses du Moyen-âge, dialoguent avec les grandes avenues très larges et plantées du XVIIIème siècle.

L'exemple de la ville de Bordeaux semble approprié pour illustrer l'impact des formes urbaines sur la formation des ICU, de par les différentes typologies d'espace qui la composent.

Pour comprendre le phénomène d'ICU et les éléments qui sont en cause dans sa formation, deux rues du centre-ville de Bordeaux avec des caractéristiques très différentes, ont été sélectionnées et seront analysées en fonction de différents critères morphologiques (facteur vue du ciel, orientation et largeur des rues, hauteurs des bâtiments, etc.) : la Rue Arnaud Miqueu (en orange) et le cours Alsace-et-Lorraine (en vert) (cf. Figure 12).



Figure 12 : Localisation des deux rues étudiées (Cours Alsace-et-Lorraine en vert et rue Arnaud Miquieu en orange)
(Auteure, Fond de plan Google Earth 2019)

En termes morphologiques, le cours Alsace-et-Lorraine est d'une largeur de 14m (cf. Figure 13). Il se découpe en différents espaces successifs : trottoir, voies de tram, voie routière à sens unique, stationnement, trottoir.

Les bâtiments qui bordent cette voie mesurent environ 20m de haut.

La rue André Miquieu est, au contraire, très étroite (4 m de largeur) (cf. Figure 14). Elle est exclusivement piétonne (non circulée, sauf services publics et livraisons), et est bordée par des bâtiments hauts (entre 10 et 14m selon les portions). Il s'agit d'une des nombreuses rues typiques du tissu moyenâgeux de Bordeaux.

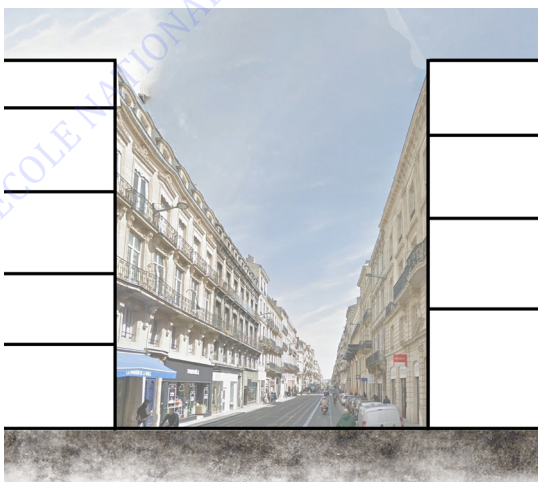


Figure 13 : Coupe du cours Alsace-et-Lorraine (largeur 14m – hauteur moyenne 20m) (auteure)

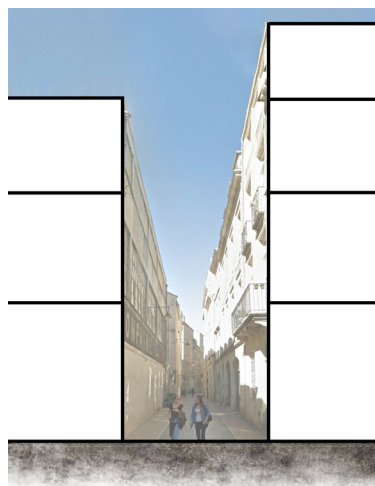


Figure 14 : Coupe de la rue André Miquieu (largeur 4,5m – hauteur moyenne 12m) (auteure)

Les températures ressenties et mesurées étant disparates dans ces deux rues, il s'agira ici de comprendre quels sont les éléments morphologiques qui ont un impact sur cette différence.

L'« aspect ratio » est un indicateur qui donne une information morphologique concernant la section du canyon urbain (Oke, 1981). Il se calcule de la façon suivante :

$$AR = \frac{H}{W}$$

Avec H la hauteur des bâtiments de part et d'autre de la rue, et W la largeur de la rue (cf. Figure 15). Dans le cas d'une rue où la hauteur des bâtiments et la largeur de la rue varient, des valeurs moyennes de H et W sont calculées.

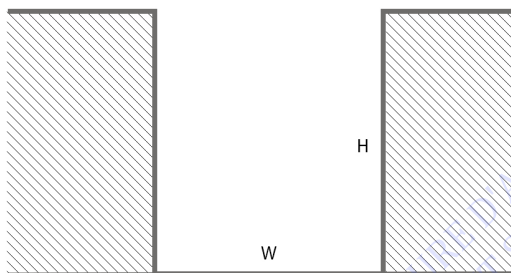


Figure 15 : Aspect ratio - H représente la hauteur du bâti et W la largeur de la route, le rapport H/W détermine l'Aspect Ratio (inspiré de Oke, 1981)

Ce paramètre permet d'avoir une première approche concernant les problématiques de chaleur.

Lorsque l'aspect ratio est élevé, la hauteur des bâtiments permet, grâce à leur ombre portée, de limiter les apports solaires au sol et donc de limiter par ce biais le réchauffement du sol.

L'aspect ratio du cours Alsace-et-Lorraine est de 1.5 et celui de la rue André Miquieu est de 3.5. Les rayonnements solaires pénètrent bien moins au niveau de la rue André Miquieu qu'au niveau du cours Alsace-et-Lorraine, ce qui explique que cette dernière ait une température plus élevée en été.

De plus, ce paramètre [l'aspect ratio] est lié avec le facteur de vue du Ciel (Sky View Factor) (cf. Figure 16).

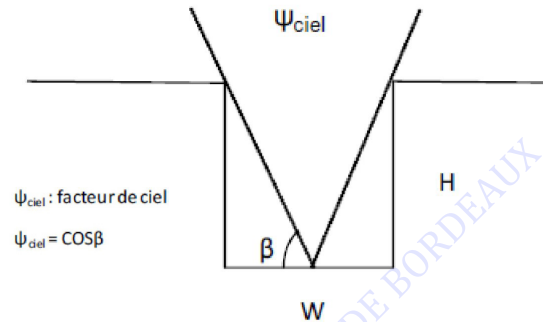


Figure 16 : Facteur de Vue du Ciel dans un canyon urbain. H représente la hauteur du bâti et W la largeur de la route, le rapport H/W détermine l'Aspect Ratio (Oke, 1981) ©Parmentier, 2010

Ce facteur permet d'évaluer la facilité avec laquelle se produit le refroidissement nocturne, par échanges radiatifs avec le ciel (cf. Figure 17). Ainsi, un espace ouvert possédant un facteur de vue du ciel proche de 1 (espace rural), présentera plus d'échanges directs avec la voûte céleste, ce qui lui permettra de se réchauffer plus vite le jour et de se refroidir plus vite la nuit; alors qu'un espace plus clos, dont le facteur de vue du ciel s'approche de 0 (espace urbain), aura moins d'échanges directs avec la voûte céleste, ce qui ne lui permettra pas de se refroidir aussi vite la nuit (Colombert 2008).

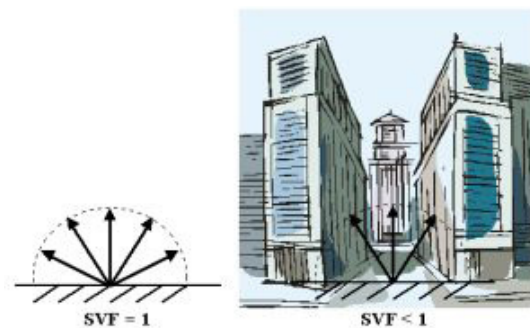


Figure 17 : Coupe schématique illustrant le facteur de vue du ciel (SVF) (Environmental Science, 2014)

Les figures 18 et 19 montrent que le cours Alsace-et-Lorraine a un facteur de vue du ciel plus élevé (plus de 70%) que la rue André Miqueu (moins de 40%). Cela peut sembler étonnant, car les bâtiments du cours Alsace-et-Lorraine sont plus hauts que ceux de la rue André Miqueu. Cependant, en considérant, la largeur des deux rues, le cours Alsace-et-Lorraine est la rue qui présente le rapport hauteur/largeur le plus faible et est donc celle où le facteur de vue du ciel est le plus important.

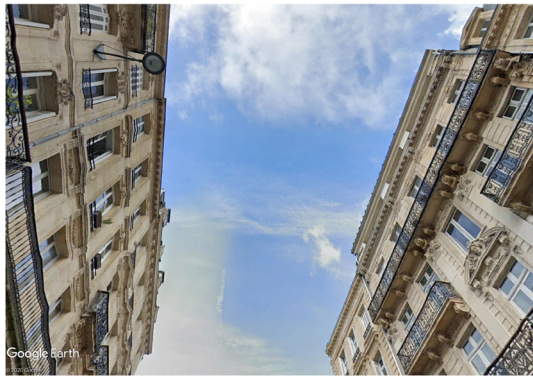


Figure 18 : Aspect ratio du cours Alsace-et-Lorraine - H représente la hauteur du bâti et W la largeur de la route, le rapport H/W détermine l'Aspect Ratio (Google Earth, 2018)



Figure 19 : Aspect ratio de la rue André Miqueu - H représente la hauteur du bâti et W la largeur de la route, le rapport H/W détermine l'Aspect Ratio (Google Earth, 2018)

Les canyons urbains théorisés par Oke sont des rues au facteur de vue du ciel très faible et dont le rapport entre la hauteur des bâtiments et la largeur de la rue (ou ratio d'aspect) est supérieur ou égal à 0,7 (Wang et Ho 2013).

Les ratios d'aspect du cours Alsace-et-Lorraine et de la rue André Miqueu sont respectivement de 1.5 et de 3.5, ces deux rues sont considérées selon Oke comme des canyons urbains.

Or, d'après Oke (1981), les rues Canyon, sont très inconfortables en période estivale. Ce phénomène s'explique par le fait que le canyon urbain emprisonne la chaleur pendant la journée, mais en fin de journée et lors de la nuit, la faible ouverture vers le ciel provoque l'emmagasinement de la chaleur réémise par les surfaces. Ce qui entraîne un faible refroidissement nocturne dans les milieux urbains denses. La géométrie urbaine affecte donc la quantité d'énergie reçue et émise par les infrastructures et est responsable de la perturbation des déplacements de masses d'air du fait de la présence de différents obstacles.

Cependant, les conclusions de Oke ne correspondent pas à nos observations. En effet, du fait de leur très faible aspect ratio, ces rues ne laissent pénétrer que peu de rayonnements solaires en journée et ne sont donc que très peu exposées à ces problèmes de surchauffe. De plus, le tourbillon d'air qui se crée permet de renouveler l'air existant et donc contribue à ce rafraîchissement.

A la morphologie des rues, il est donc important d'ajouter leur orientation, afin de comprendre si elles sont susceptibles ou non d'être fortement exposées aux rayonnements solaires et donc aux problématiques d'accumulation de la chaleur.

Le cours Alsace-et-Lorraine est orienté est-ouest, les façades sont donc orientées au nord et au sud tandis que la rue André Miquieu est orientée nord-sud, ses façades sont donc orientées vers l'est et l'ouest (cf. Figure 20).



Figure 20 : Schématisation de la course du soleil (Auteurs, Fond de plan Google Earth 2020)

A la fin de la journée, les façades situées au sud et au sud-ouest sont celles qui ont été exposées au soleil le plus longtemps (cf. Figures 21 et 22). Ce sont donc celles qui accumuleront le plus de chaleur pendant la journée. En début de soirée, puis la nuit, lorsque la ville est sensée se rafraîchir, ce sont ces façades qui retransmettront le maximum de chaleur.

De la même manière, des façades qui seraient orientées est ou ouest (avec des rues nord sud) sont exposées pendant une durée moins importante et emmagasinent donc moins de chaleur.

L'effet d'orientation des rues et des façades peut ainsi expliquer certains écarts de températures entre les espaces.

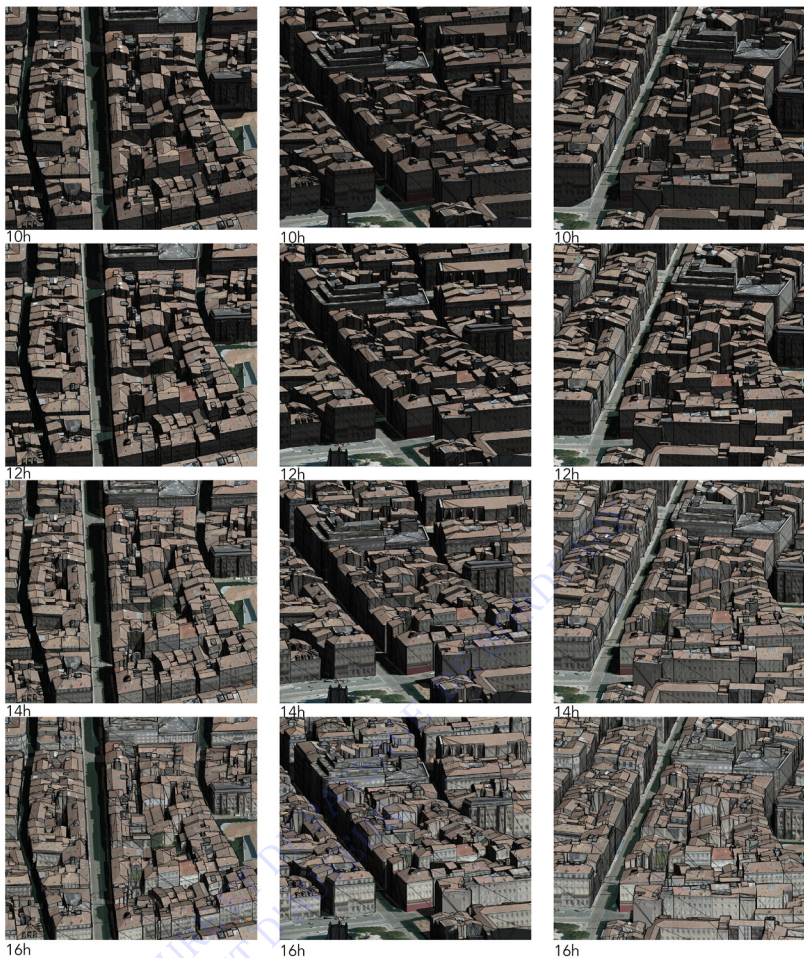


Figure 21 : Schématisation de la course du soleil cours Alsace-et-Lorraine - .Vue du dessus, vue façades exposées nord et vue façades exposées sud. (Auteure. Données Opendata Bordeaux Métropole, 2016.)

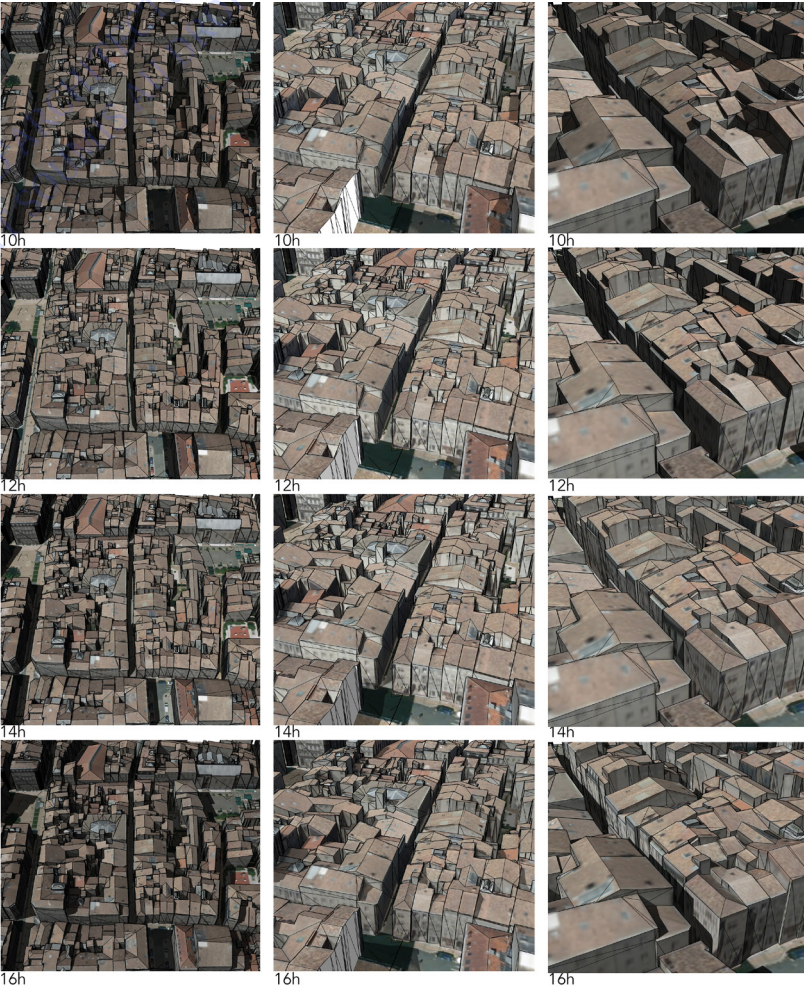


Figure 22 : Schématisation de la course du soleil rue André Miquieu - .Vue du dessus, vue façades exposées est et vue façades exposées ouest. (Auteure. Données : Opendata Bordeaux Métropole, 2016)

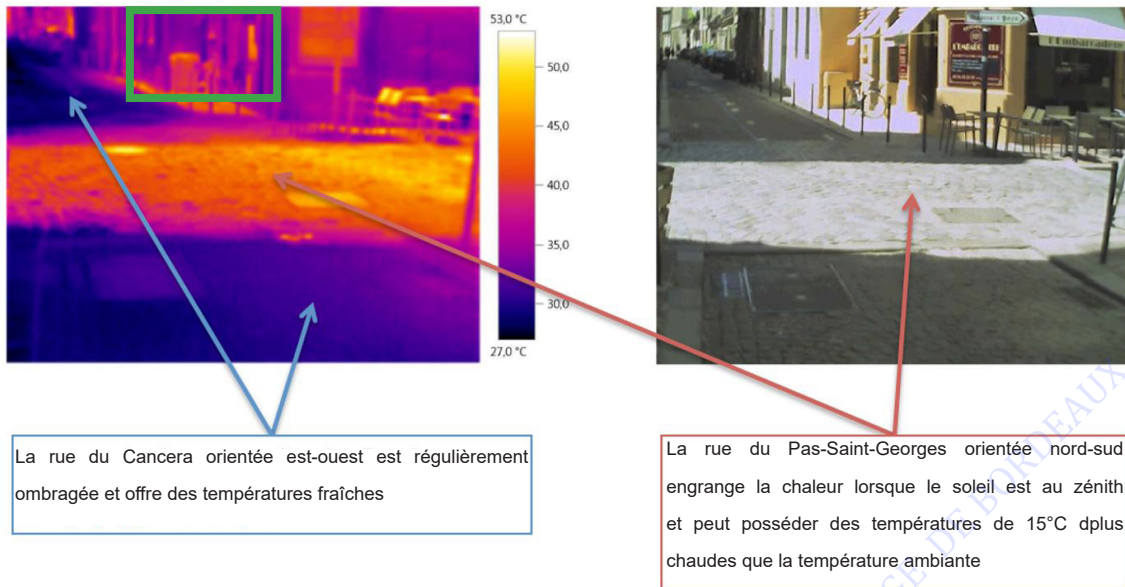


Figure 23 : Croisement de la rue du Cancera (est-ouest) et de la rue du Pas-Saint-Georges (nord-sud) dans le Bordeaux historique (E-CIC, 2013)

La Figure 23 montre par imagerie thermique, l'importance de cette question d'orientation. Il est possible de faire un parallèle entre la rue du Cancera et le cours Alsace-et-Lorraine et entre la rue du Pas Saint-Georges et la rue André Miqueu.

Le constat est que les rues est-ouest sont généralement plus fraîches que les rues nord-sud.

Cependant, cette image thermique montre l'impact du rayonnement solaire sur le sol. Il ne prend pas en compte les façades. Or, comme présenté précédemment, les façades orientées au sud (encadré vert) sont exposées plus longtemps aux rayonnements solaires et donc plus soumises au phénomène de surchauffe.

L'augmentation des températures ne sera donc pas due à une surchauffe du sol, mais bien à un rayonnement des façades. C'est le cas du cours Alsace-et-Lorraine.

Au contraire, dans les rues orientées nord-sud, le rayonnement solaire sera important sur le sol, mais les façades seront moins touchées. Dans le cas de la rue André Miqueu, comme présenté précédemment, la morphologie très étroite permet de limiter l'apport solaire au sol et en fait donc une rue fraîche en été.

Matériaux

Les matériaux composant les villes (toitures, façades, sols) ont un rôle déterminant dans le phénomène d'îlot de chaleur, de par leurs capacités physiques à absorber ou à restituer la chaleur.

Différentes grandeurs physiques définissent la capacité des matériaux à capter la chaleur et à la restituer :

- La capacité thermique [J/kg.K] est la quantité de chaleur que peut emmagasiner un matériau par rapport à son poids. Elle est définie par la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un Kelvin la température d'un kilogramme de matériau;
- la conductivité thermique [W/(m.K)] quantifie l'aptitude d'un corps à conduire la chaleur ;
- la diffusivité thermique [m²/s] caractérise la rapidité avec laquelle la chaleur est transférée à travers un matériau. Plus la valeur de diffusivité thermique est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau ;
- l'effusivité thermique [J/K/m²/s] caractérise la rapidité avec laquelle la chaleur est absorbée dans un matériau. Plus l'effusivité est élevée, plus le matériau absorbe d'énergie sans se réchauffer notablement.

Ces quatre grandeurs permettent de caractériser l'inertie thermique, c'est-à-dire la capacité d'un matériau à accumuler la chaleur et à la restituer dans le temps. Plus celui-ci est long, plus le matériau est considéré comme « latent ». Dans le phénomène de déphasage, un matériau absorbe un maximum de chaleur la journée, qu'il rejette pendant la nuit. L'albédo [sans unité], compris entre 0 et 1, correspond au rapport entre l'énergie solaire réfléchie et l'énergie solaire reçue par une surface. Il permet de quantifier la part de rayonnement absorbée et transformée en chaleur.

$$\text{Albédo} = \frac{\text{Énergie solaire réfléchie}}{\text{Énergie solaire reçue}}$$

La neige ou un miroir réfléchissant ont un albédo de 1. En effet, toute l'énergie reçue des rayonnements solaires est réfléchie. Au contraire, un matériau de couleur noire, aura un albédo de 0, toute l'énergie incidente sera absorbée. De manière générale, si l'albédo est inférieur à 0,03, la surface est perçue comme noire et s'il est supérieur à 0,8, la surface sera perçue comme blanche.

La transposition de cette propriété aux matériaux urbains démontre que plus un revêtement par exemple a un albédo faible (enrobé, bitume, etc.), plus il va absorber le rayonnement solaire et plus sa température de surface sera élevée.

Les villes concentrent des albédos qui peuvent être très variés (cf. Figure 24).

L'albédo n'est pas seulement lié au matériau lui-même, mais un même matériau peut avoir plusieurs albédos en fonction de son entretien. La pierre dans le cœur de Bordeaux en est un bon exemple. La figure 25 montre une différence de température entre deux immeubles bordelais en pierre.

A gauche la façade a été nettoyée et s'est donc éclaircie, sa température de surface est d'environ 34°C, proche de la température extérieure. La façade de droite, également en pierre mais assombrie par le temps et la pollution urbaine est quasiment 13°C plus élevée puisqu'elle dépasse les 47°C. Cette chaleur s'accumule ensuite dans la pierre et est restituée pour partie vers l'intérieur du bâtiment, entraînant un inconfort urbain apportant sa contribution à l'effet d'îlot de chaleur urbain.

ILLUSTRATION DES TAUX D'ALBÉDO EN MILIEU URBAIN

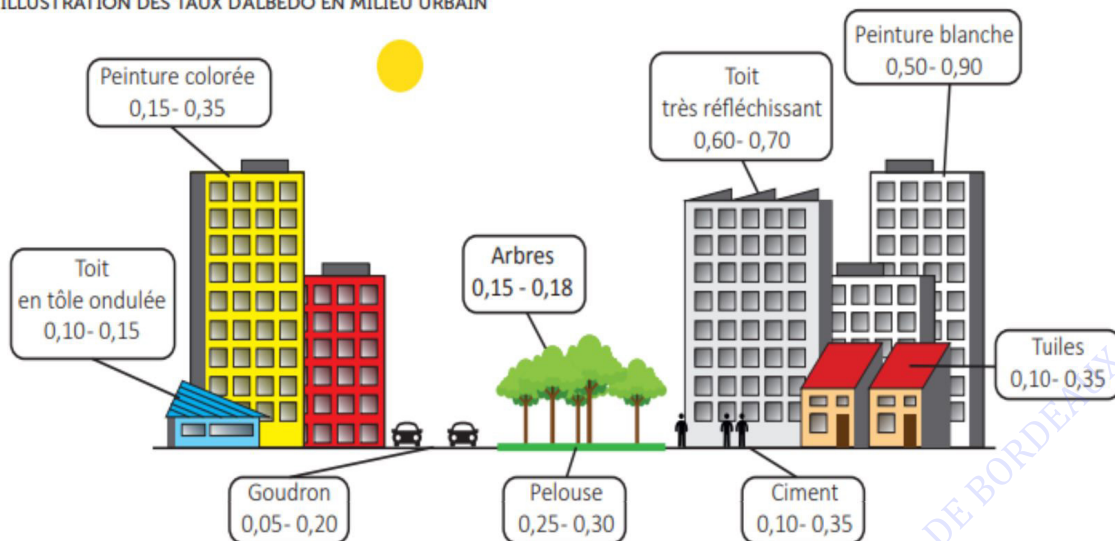


Figure 24 : Des albédos différents présents en milieu urbain (ADUL, 2017)

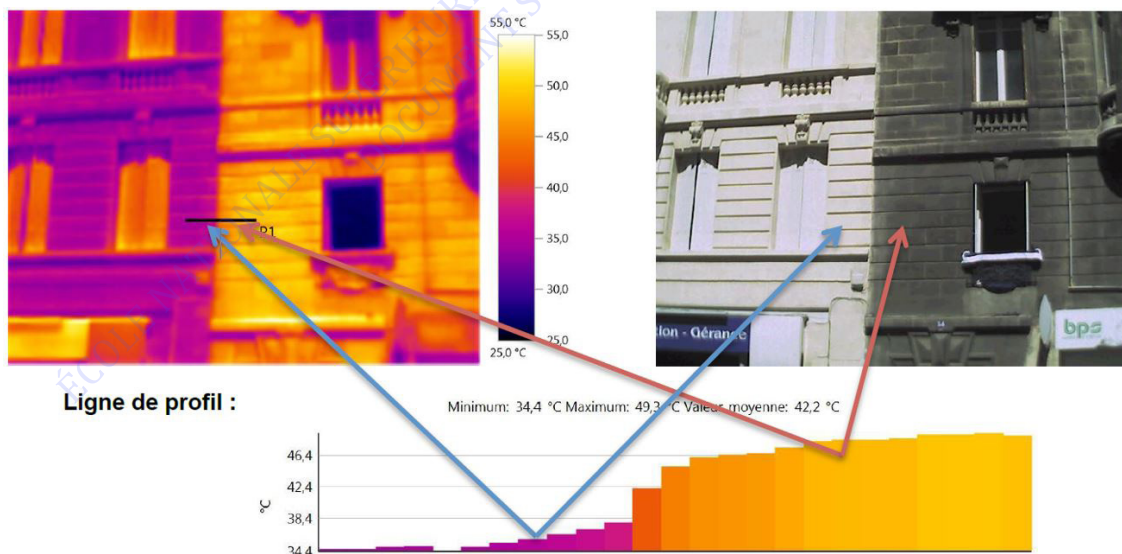


Figure 25 : Photographie thermique montrant la différence de température entre deux immeubles bordelais en pierre (E-CIC 2013)

2.2. Des conséquences environnementales et sanitaires désastreuses

2.2.1. Les conséquences environnementales

Les conséquences environnementales se jouent principalement à deux niveaux : la qualité de l'air et l'augmentation des demandes en énergie, via des comportements de consommation, conséquence plus indirecte.

La conséquence directe de la hausse des températures est l'accumulation de fines particules dues à la chaleur et aux polluants atmosphériques. La pollution n'est pas due au phénomène d'îlot de chaleur urbain, mais les mauvaises circulations de l'air ne permettent pas l'évacuation des polluants atmosphériques.

Plus indirectement, lors des périodes de fortes chaleurs, une hausse de la demande en ventilateurs et en climatiseurs a été constatée. En 2019 et 2020, lors des premières annonces de canicule début Juin, les vendeurs ont déclaré

« On est même à une progression quasiment de 300% [par rapport aux années précédentes] » (Challenges, 2020).

Enfin, les climatiseurs, afin de refroidir l'air intérieur, rejettent l'air chaud à l'extérieur. Sur l'espace public, des augmentations de température dans les rues adjacentes (cf. Figures 26 et 27) ou dans les cours intérieures sont identifiées. Pour donner un exemple, « le CNRS a estimé que l'air chaud rejeté par les climatiseurs causaient à Paris une hausse de température d'environ 0,25°C à 2°C. » (Le Figaro, 2018).

Enfin, la formation d'îlots de chaleur a un effet sur la consommation électrique : en été, les bâtiments climatisés ont une consommation énergétique importante. En effet, les climatiseurs sont des appareils très énergivores en électricité, celle-ci n'étant elle-même pas toujours produite de manière « verte ». Au contraire, en hiver, l'ICU permettrait de réduire les consommations d'énergie : le centre d'Athènes a une diminution de charge de chauffage de 30 à 50% par rapport à celle de la banlieue liée à l'effet d'ICU.



Figure 26 : Climatiseur d'un commerce, rejetant de l'air chaud dans l'atmosphère (APUR, 2012)

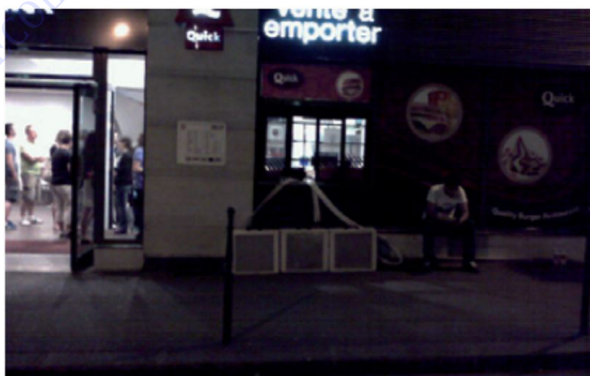
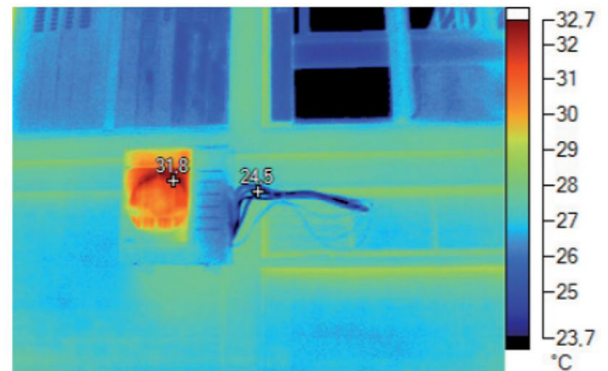
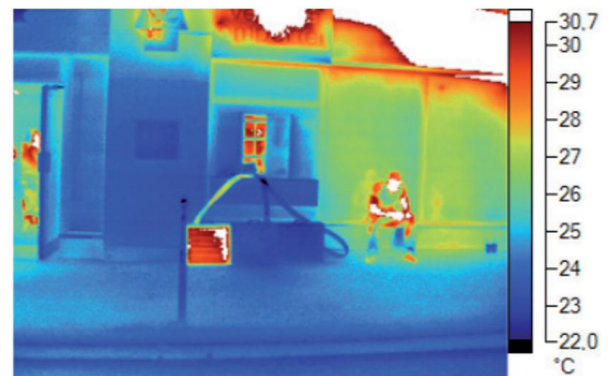


Figure 27 : Groupe de trois climatiseurs positionnés directement sur l'espace public. Seul le climatiseur de gauche fonctionne au moment du cliché. Son usage intervient alors que la porte du commerce est grande ouverte (APUR, 2012)



2.2.2. Les conséquences sanitaires

Le phénomène d'ICU, par son augmentation localisée et importante des températures a un effet négatif sur le confort thermique urbain et présente un risque pour la santé publique. Pour les habitants des villes, il a été noté notamment une augmentation des problèmes respiratoires et une surmortalité accrue lorsqu'ils sont combinés à un épisode caniculaire.

De manière générale, la chaleur peut poser des problèmes de santé aux personnes ne présentant pas de risques particuliers, si celles-ci sont exposées de manière intense et répétée. Cela peut concerner certaines pratiques sportives, comme la course à pied (CESTS, 2017).

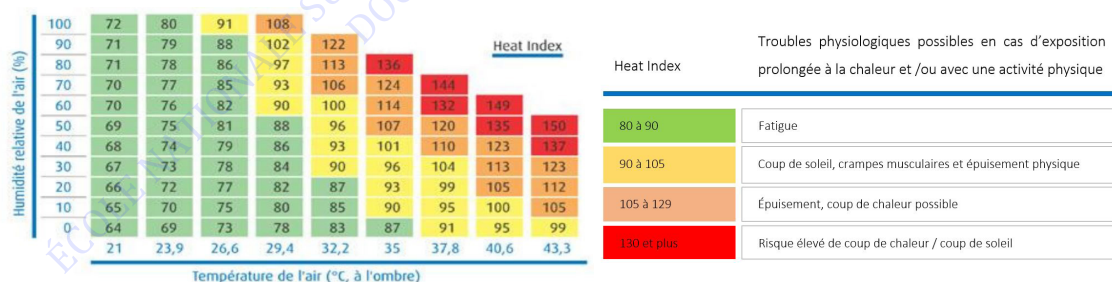
De plus, l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité – sécurité au travail) a publié un document expliquant le « heat index » (cf. Figure 28). Il s'agit d'un graphique qui, en combinant la température de l'air et l'humidité relative, permet d'évaluer le risque potentiel. Il détermine ainsi quatre niveaux d'atteintes du moins grave au plus grave, en détaillant les symptômes et les conséquences sur la santé à long terme.

Cela montre bien que les phénomènes de forte chaleur, même épisodiques peuvent avoir des conséquences parfois désastreuses. Dans ce diagramme, les températures indiquées sont prises à l'ombre avec un vent léger, il ne s'agit en aucun cas de températures en plein soleil.

Enfin, lors des épisodes de fortes chaleurs en ville, la chaleur a des difficultés à s'évacuer, notamment la nuit, du fait des circulations d'air très limitées. Or si l'air ne s'évacue pas, les polluants atmosphériques, liés au trafic routier notamment, ne peuvent pas non plus s'évacuer. Cela peut donc exacerber les phénomènes d'asthme ou d'allergies pour les personnes déjà sensibles.

De plus les appareils de refroidissement, tels que les climatiseurs, peuvent poser des problèmes sanitaires tels que la prolifération des bactéries, et les chocs de températures entre extérieur et intérieur.

Malheureusement, ces épisodes devraient se multiplier avec la hausse des températures liée au changement climatique. Une étude de Météo France estime en effet qu'aux alentours de 2050, une canicule comme 2003 se reproduira tous les 2 à 3 ans. Or, la canicule de 2003 a été la cause d'environ 15 000 décès en France (INED). Il apparaît donc indispensable de traiter ces îlots de chaleur, afin d'éviter ces bilans alarmants.



| Niveau | Effets de la chaleur | Symptômes et conséquences |
|----------|----------------------|--|
| Niveau 1 | Coup de soleil | Rougeur et douleur, œdème, vésicules, fièvre céphalées |
| Niveau 2 | Crampes de chaleur | Spasmes douloureux (jambes et abdomen), transpiration |
| Niveau 3 | Épuisement thermique | Forte transpiration, faiblesse, froideur et pâleur de la peau, pouls faible, température normale |
| Niveau 4 | Coup de chaleur | Température corporelle supérieure à 40,6°C, peau sèche et chaude, pouls rapide et fort, perte de conscience possible. Décès possible par défaillance de la thermorégulation. |

Figure 28 : Risques pour la santé d'une exposition à la chaleur : symptômes et niveaux de gravité (inrs.fr)

2.3. Certains outils d'aménagement pour limiter les effets des ICU

Selon le phénomène physique à l'origine de la formation de l'îlot de chaleur, il est possible d'agir en faisant des choix d'aménagements spécifiques.

Le schéma de la page suivante (cf. Figure 29) synthétise les liens logiques entre :

- les processus physiques à l'œuvre dans le phénomène d'ICU ;
- les phénomènes urbains associés ;
- les choix d'aménagement influençant ces phénomènes

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

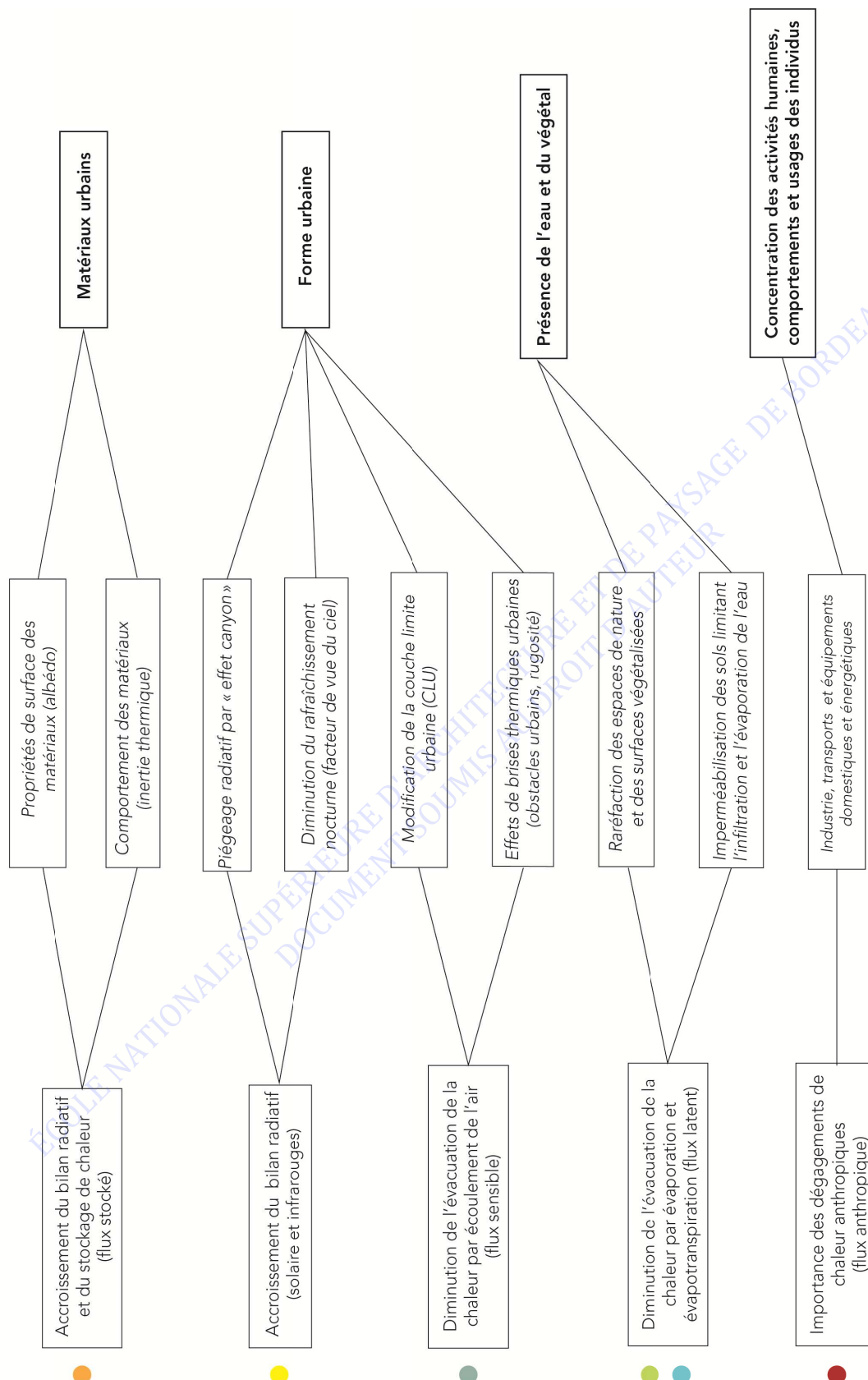


Figure 29 : Liens entre causes de l'ICU et les choix d'aménagements pour y répondre (A'URBA, 2019)

2.3.1. Le végétal et l'eau, deux éléments naturels qui permettent de diminuer les effets des îlots de chaleur urbains

Les nombreuses expérimentations et les nombreux rapports sur la lutte contre les îlots de chaleur (EPICEA, 2012, EVA, 2017) ont démontré que les éléments naturels tels que l'eau et la végétation sont les plus efficaces pour réduire les phénomènes de chaleur en ville.

L'eau, une ressource à mobiliser avec parcimonie, qui produit un rafraîchissement immédiat

La question du rafraîchissement évoque en premier lieu l'utilisation de l'eau. En effet, l'un des premiers réflexes à adopter en cas de fortes chaleurs est l'hydratation. Alors pourquoi ne pas utiliser l'eau pour rafraîchir les espaces publics ?

Le rafraîchissement ponctuel peut se faire par les dispositifs tels que des fontaines, des bassins, qui sont déjà présents mais en faible quantité à l'échelle d'une ville comme Bordeaux

Dans les architectures vernaculaires, notamment en Espagne ou au Maghreb, l'eau a toujours eu une place importante. Plus que son impact esthétique, elle permet un réel rafraîchissement, et est aussi support d'usages récréatifs.

D'autres éléments comme le miroir d'eau à Bordeaux par exemple, ont pour première vocation un effet esthétique, mais permettent finalement de rafraîchir. Pour rappel, cet aménagement permettait de refléter les façades de la célèbre place de la Bourse. Cependant, avec les fortes hausses de températures estivales sur Bordeaux, celui-ci a rapidement été détourné par les usagers pour servir de « pataugeoire en plein air » (cf. Figure 30) (Sud Ouest, 2016).

La brumisation (cf. Figure 31) est également une solution employable pour le rafraîchissement. Elle a l'avantage de mettre les individus au cœur même du processus d'évaporation et donc la sensation de fraîcheur est particulièrement prononcée. Néanmoins cette solution suppose un usage exclusif d'eau potable pour des raisons sanitaires, ce qui pose la question de l'usage d'une ressource précieuse et potentiellement limitée en période de stress hydrique.

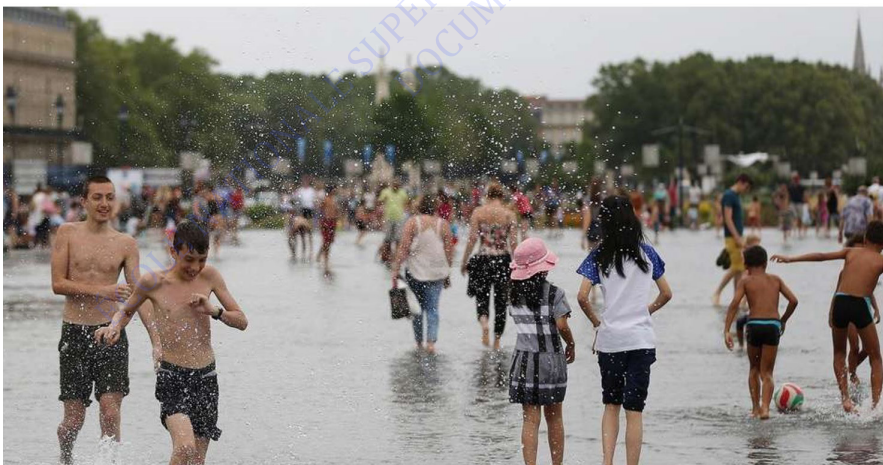


Figure 30 : L'été, des milliers de touristes passent par le Miroir, se mêlant aux Bordelais qui viennent s'y rafraîchir. (QUENTIN SALINIER)



Figure 31 : Brumisateurs à Paris Plage (Le Parisien, Juin 2017)²

L'arrosage des rues a aussi été une solution expérimentée pour le rafraîchissement urbain.

Les matériaux de sols, tels que les pavés et l'asphalte sont le plus souvent imperméables et sont donc problématiques au regard du climat. S'ils sont ensoleillés, ils chauffent en journée et restituent la chaleur la nuit.

Une solution possible pour éviter cette surchauffe est de les arroser lorsqu'ils sont en plein soleil (cf. Figure 32). La projection de l'eau sur une surface chaude entraîne une baisse très rapide de la température de l'air ambiant, étant donné que l'eau projetée est généralement fraîche.



Figure 32 : Début de l'expérience d'arrosage des rues (Juillet 2012) dans le quartier de La Buire, Lyon (Grand Lyon)

Les résultats démontrent un effet important sur le rafraîchissement de la surface « le bitume reste à la température de l'air au lieu d'être 5 à 8°C plus chaud lorsqu'il n'est pas arrosé » (Grand Lyon, 2015). L'arrosage permettrait donc de réduire en conséquence la température nocturne responsable du phénomène d'ICU et d'améliorer les indicateurs de confort durant la journée.

Toutefois, si l'arrosage direct permet de créer temporairement des lieux frais lors d'épisodes

particulièrement chauds, cette solution est très consommatrice d'eau ce qui ne la rend pas applicable à l'intégralité d'une ville en période de canicule. Il convient donc de choisir les lieux et les moments où cette mesure va être mise en oeuvre de façon exceptionnelle.

A plus long terme, cela peut passer par la « désimperméabilisation » et le retour de l'eau en ville, par exemple par la réouverture des canaux souterrains. En effet, l'eau dans les sols et autres surfaces de stockage permet de rafraîchir l'air. Cela pourrait représenter également une opportunité pour la restauration de la biodiversité et permettre une créativité nouvelle pour la conception paysagère et la gestion du cycle de l'eau (valorisation des eaux non potables et gestion des eaux pluviales).

La Végétation, clé de la réduction de la température en ville ?

La végétation agit en réduisant le rayonnement de manière directe et indirecte. Tout d'abord, par leur canopée, les arbres permettent de créer des endroits d'ombre, avec une réduction du rayonnement de plus de 80%.. Ensuite, ce même arbre, du fait de son faible albédo (entre 0,25 et 0,3), permet de réfléchir une partie du rayonnement solaire (cf. Figure 33).

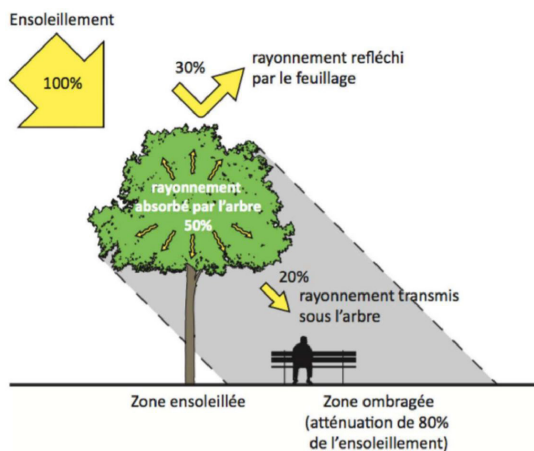


Figure 33 : Végétation et Rayonnement solaire (APUR, 2020)

Enfin, l'arbre agit par évapotranspiration. Il s'agit d'un processus par lequel l'eau de l'arbre va s'évaporer par ses feuilles. Cela permet d'humidifier et ainsi de rafraîchir l'air ambiant. Un grand arbre peut évapotranspirer des centaines de litres de vapeur d'eau par jour. À titre d'illustration, un grand chêne peut évapotranspirer 1 000 litres d'eau par jour (soit une tonne), un bouleau 7,5 litres, un hêtre 100 litres, un tilleul 200 litres (Molinier et Roger, 1974). Plus l'apport d'énergie solaire est important plus l'arbre va évapotranspirer et donc rafraîchir l'atmosphère (cf. Figure 34).

Trois critères sont importants pour décider des espèces à mettre en place dans l'espace urbain :

- La morphologie : C'est la taille du houppier et la densité de feuillage qui permettent à l'arbre de prodiguer des ombres amples. Ainsi sont intéressants les arbres à grand développement qui ont de fortes densités de feuillage.
- La consommation d'eau : Pour rester efficace en période de canicule, l'arbre doit pouvoir supporter des périodes de stress hydrique. Un arbre consommant peu d'eau est généralement robuste au stress hydrique, et donc résilient. Mais un arbre consommant peu

d'eau est aussi un arbre qui évaporera peu et donc ne rafraîchira pas vraiment l'air ambiant. « Rafraîchissant » et « résilient » apparaissent donc comme deux caractéristiques antinomiques dans le cas des arbres.

- Anticiper le climat futur : Outre le manque d'eau, le climat du futur est aussi un climat dans lequel d'autres risques apparaissent. Le risque accru de tempêtes, les variations rapides de température sont également des contraintes avec lesquelles il s'agira de composer.

En plus des arbres plantés, le rafraîchissement peut aussi passer par le bâtiment lui-même et notamment la végétalisation des façades.

La végétation sur les murs fait partie des solutions climatiques adaptées au bâti. À Paris on dénombre 30 ha de murs végétalisés, ce qui représente une part infime (0,3 %) des surfaces de murs des bâtiments (APUR, 2020). La majorité de cette végétation est constituée de lierres ou de vignes vierges, dont la croissance est supposée spontanée (cf. Figures 35 et 36). Les plantes profitent des défauts et des aspérités des sols pour s'enraciner, en général elles se satisfont de surfaces d'ancrage très réduites.

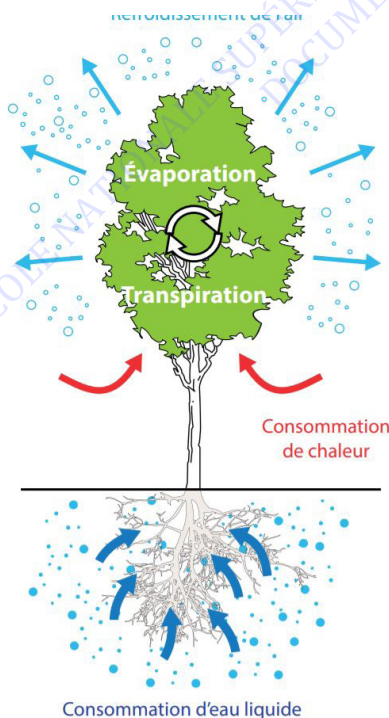


Figure 34 : Le principe d'évapotranspiration (APUR, 2020)

Figure 35 : Végétalisation probablement spontanée d'une façade d'HBM (APUR, 2020)

Figure 36 : Pied de vigne d'une cour HBM. Seule une bande de 40cm suffit pour l'enracinement d'une plante grimpante capable de coloniser toute une façade (APUR, 2020)

Lorsqu'une grimpante colonise spontanément la façade d'un bâtiment, les propriétaires ont à choisir entre garder ou couper la plante. L'effet de rafraîchissement est souvent revendiqué par les habitants comme motif pour conserver les plantes grimpantes même si leur entretien génère des coûts. Les aspects bénéfiques ressentis et revendiqués par les habitants sont que les plantes donnent à respirer un air « *plus sain, moins sec, et plus frais* » (APUR, 2020).

Ainsi, la végétalisation verticale permet d'assurer le rafraîchissement par évaporation dans des espaces urbains tels les cours, courettes et même les rues. Elle apporte également du rafraîchissement pour les logements, notamment ceux des étages élevés.

2.3.2. D'autres solutions d'aménagements urbains : un travail sur les matérialités à l'échelle urbaine et architecturale

La nature des revêtements de sols est déterminante dans l'expression du phénomène d'ICU. L'usage de revêtements minéraux (comme les granits) ou à base de liants (comme les asphaltes ou bitumes) participe de façon essentielle à la formation des ICU.

Poser la question de l'atténuation des ICU revient dans le même temps à poser les questions :

- De l'évolution des usages de l'espace public,
- De la désimperméabilisation dans un contexte où l'infiltration des eaux pluviales doit être favorisée pour soulager les réseaux existants.

Dans les débats actuels sur l'adaptation des villes, l'albédo est porté comme enjeu majeur de la conception. La clarté de matériaux est souvent invoquée comme un bienfait dans la lutte contre les ICU. Dans la pratique, la validité de cet a priori dépend surtout des attentes en matière d'usage.

Les matériaux clairs ont la capacité de réfléchir le rayonnement solaire, ce qui préserve du stockage de chaleur et donc améliore le confort nocturne. Néanmoins les désagréments des matériaux clairs se ressentent en journée : éblouissement, inconfort thermique (cf. Figure 37). Une trop grande clarté du sol rend l'espace public presque invivable en journée pour les piétons.

Un espace public qui aura pour vocation un usage diurne et nocturne, ce qui est généralement le cas, incitera le concepteur au compromis, à simplement éviter les teintes trop sombres ou trop claires. De plus, la sollicitation des modes de déplacements (piéton, voitures, vélo, etc.) a un impact colorimétrique sur les teintes des revêtements de sol.

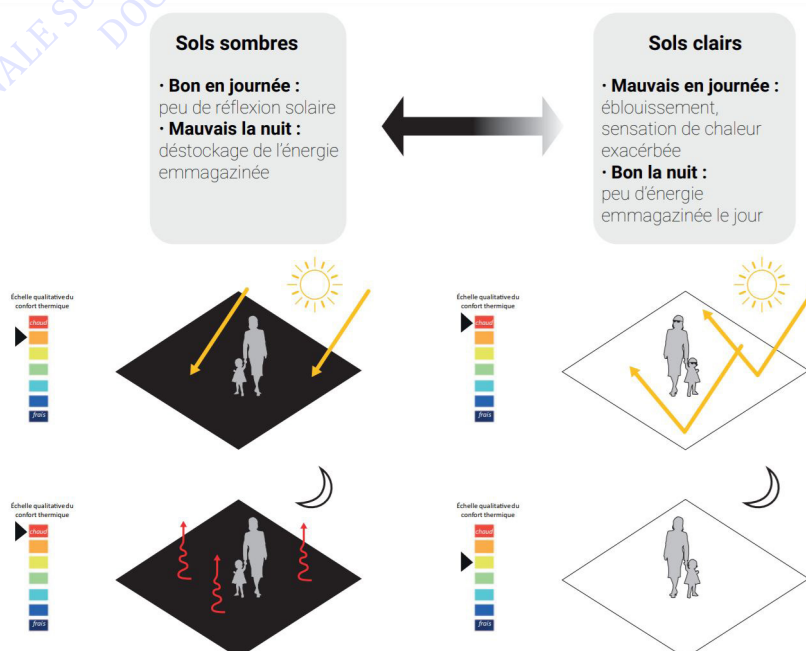


Figure 37 : Revêtements de sols, albédos et usages (APUR, 2020)

Les cool-roofs sont une initiative du service et du département de la construction de la ville de New York City en 2009. L'objectif était de rafraîchir les bâtiments en appliquant une peinture blanche sur les toitures sombres (cf. Figure 38).

En termes de résultats, jusqu'à 85 % de l'énergie du soleil est renvoyée vers le ciel, permettant de diminuer la température à l'intérieur des bâtiments et de réduire la consommation de climatisation. Cette technique du « cool roof » fait d'ailleurs partie des mesures recommandées par le C40 (Cities Climate Leadership Group) pour lutter contre le réchauffement climatique. Etant donné que les toits ne sont pas directement pratiqués par les usagers, cela ne pose pas le problème de l'inconfort.



Figure 38 : Cool roof New York City, (nyc.gov, 2009)

Le rafraîchissement des surfaces verticales (façades) est moins étudié.

Certaines initiatives existent, comme le ravalement des façades à Bordeaux dans le centre historique. L'objectif premier du projet n'est pas le rafraîchissement du centre-ville, mais bien la préservation et la mise en valeur la blondeur de ses façades. Outre la mise en valeur du patrimoine, les travaux de ravalement permettent de prévenir la dégradation du bâti et de participer à la mise

en valeur de l'espace public. De plus, le travail sur l'albédo (la pierre blanche a un albédo plus élevé que la pierre noircie par la pollution), permet de limiter l'effet îlot de chaleur et de rafraîchir l'espace public.

La végétalisation, présentée précédemment est une solution privilégiée pour le rafraîchissement des surfaces verticales, à la fois pour l'intérieur des bâtiments et pour l'espace public extérieur.

Le confort thermique intérieur des bâtiments, impact direct sur le réchauffement extérieur

Parallèlement aux notions de confort thermique des espaces extérieurs précédemment développées, le concepteur doit également s'interroger sur la question du confort des espaces intérieurs des bâtiments. La qualité de conception des bâtiments aura des répercussions sur le confort intérieur des locaux (en été et en hiver), sur les consommations d'énergie nécessaires au maintien des températures acceptables pour les occupants, mais aussi sur le confort thermique ressenti sur les espaces extérieurs jouxtant le bâtiment, notamment si le bâtiment occasionne des réflexions solaires et s'il rejette de la chaleur car climatisé.

Les bâtiments anciens (avant 1914) possèdent des caractéristiques intéressantes vis-à-vis du confort d'été. Il est utile dans les opérations de réhabilitation de les valoriser, et, a minima, de ne pas les compromettre.

De même, les nouveaux bâtiments doivent prendre en compte les notions de bioclimatisme (ventilation naturelle, protections solaires, limitation des façades vitrées au sud etc.), afin d'assurer le meilleur confort intérieur.

2.3.3. Îlot de fraîcheur urbain (IFU), éléments de rafraîchissement

S'il existe des zones urbaines plus chaudes que le reste de la ville ou que la périphérie désignées sous le terme d'îlot de chaleur urbain, il existe également, a contrario, des zones urbaines caractérisées par une température d'air ambiant plus fraîche, appelées îlots de fraîcheur urbains (IFU).

Plus généralement, on appelle îlot de fraîcheur urbain, « un périmètre urbain dont l'action rafraîchissante permet d'éviter ou de contrer directement ou indirectement les effets des îlots de chaleur urbains » (NatureQuébec, 2011).

L'agence parisienne du climat définit les IFU comme « des lieux d'accueil, de halte et/ou de repos ouverts au public et qui sont source de rafraîchissement comparés à leur environnement proche en période chaude ou caniculaire » (APC, 2019).

Les îlots de fraîcheur sont identifiés à partir de la même méthodologie que les îlots de chaleur, c'est-à-dire par thermographie infrarouge. Cependant, dans ce cas, il ne s'agit pas de s'intéresser aux zones les plus chaudes (tons rouges), mais d'identifier les secteurs les plus frais (tons bleus et verts).

Ils résultent très souvent de la présence de végétation sous ses diverses formes, de la présence d'eau, de courants d'air urbains, d'ombres ou de matériaux à fort albédo.

Il existe deux typologies d'îlots de fraîcheur : les îlots de fraîcheur passifs et actifs.

Les îlots de fraîcheurs passifs

Les îlots de fraîcheur passifs utilisent des éléments comme l'eau, le végétal, l'ombre ou la couleur de la ville pour rafraîchir. Les mécanismes qui entrent en jeu dans ce rafraîchissement sont l'évapotranspiration des plantes, l'albédo, etc., et peuvent donc être considérés comme naturels.

Les îlots de fraîcheur urbains passifs permettent un rafraîchissement de l'espace par un abaissement des températures, et jouent donc également un rôle dans l'amélioration de la santé des citoyens par la réduction de la pollution urbaine, le tissage de liens sociaux plus étroits entre citoyens ou encore la diminution des actes criminels, comme certaines études le montrent (Nature Québec, 2011).

Les îlots de fraîcheurs actifs

Au contraire, les îlots de fraîcheur actifs nécessitent de l'énergie pour fonctionner. Ils permettent de rafraîchir de manière locale, mais de ce fait contribuent paradoxalement au réchauffement climatique. Un bâtiment climatisé par exemple, permettra de créer un îlot de fraîcheur ponctuel, mais favorisera l'îlot de chaleur au niveau de la rue, où seront rejetées les calories extraites du bâtiment.

Dans un contexte de réduction des consommations énergétiques et de lutte contre le changement climatique, la question du rafraîchissement est devenue essentielle. Dans un objectif d'économie d'énergie et des ressources, il semble plus pertinent de chercher les solutions les plus naturelles possibles dans la lutte contre les ICU. Les îlots de fraîcheur passifs seront alors préférés aux îlots de fraîcheur actifs.

Tous les paramètres cités n'ont pas les mêmes effets sur la formation de l'ICU et sur son intensité. Il existe une forme de hiérarchie dans l'impact de ces différents paramètres sur le phénomène d'ICU. Comme l'illustre le schéma ci-dessous (cf. Figure 39), certains types de paramètres comme le choix des matériaux (albédo et inertie thermique) ou le gabarit des voies et leur orientation vont être prépondérants dans le phénomène d'ICU par rapport à d'autres paramètres tels que la surface en eau ou le végétal.

De plus, la lecture de ce graphique montre que les surfaces végétalisées ont un plus grand impact sur l'augmentation des îlots de chaleur que la chaleur émise par les transports motorisés. La végétation n'est donc pas ici perçue comme un élément rafraîchissant, mais comme une cause de l'îlot de chaleur. Ce qui pose question vis-à-vis des réflexions précédemment menées au cours de cette recherche.

Ainsi, ce type de graphique, pourtant souvent utilisé dans le cadre de recherches, thèses ou de publications (E-CIC, A'URBA), est à prendre avec précautions interprétatives, comme l'explique Bob Clément⁵. En effet, sans notion de quantité, il est difficile de définir à quel point l'albédo augmente plus l'îlot de chaleur, que l'orientation des rues. De la même manière, il est difficile de dire qu'une surface en eau est moins rafraîchissante qu'une surface végétale, cela dépend du type de végétal utilisé, de la localisation des deux surfaces, etc. Pour le moment, cela n'a pas été quantifié. Il est vrai que le végétal a un impact très important de manière mesurée, mais en termes de perception « l'eau a un impact rafraîchissant immédiat et très puissant » (EPICEA, 2012). Chacune des causes mentionnées ci-dessus a des avantages et des inconvénients, il est donc difficile de les classer en fonction de leur impact.

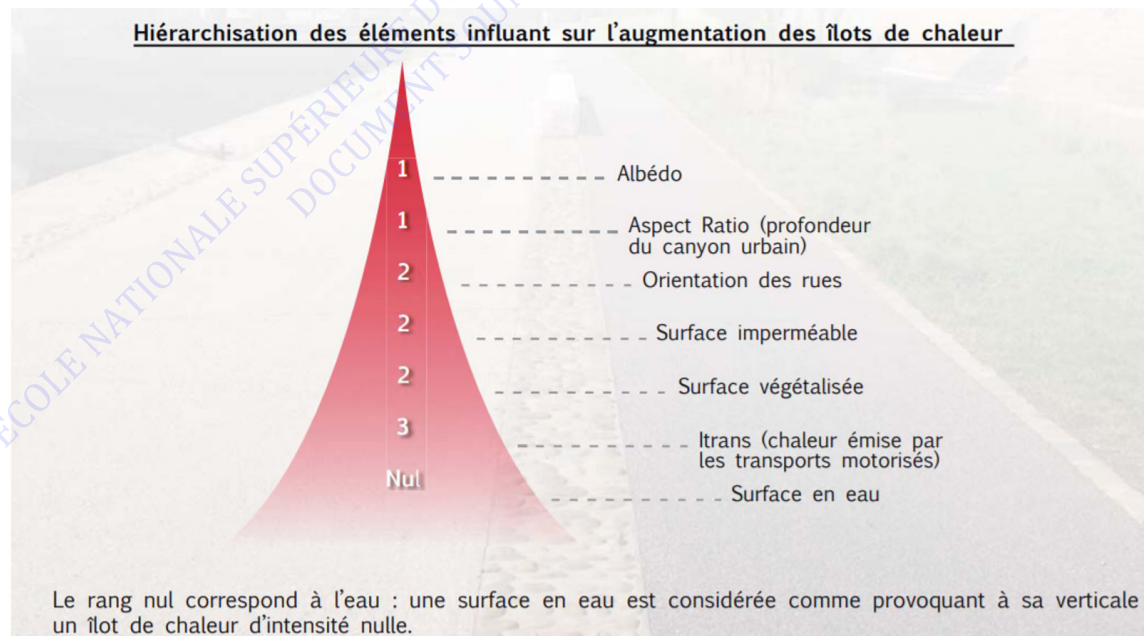


Figure 39 : Hiérarchisation des éléments influant sur l'augmentation des îlots de chaleur urbains (Communauté Urbaine du Grand Lyon, 2010)

5 - Propos recueillis au cours d'un entretien avec Bob Clément, urbaniste à l'A'URBA (Agence d'Urbanisme de Bordeaux Aquitaine), le 25 Juillet 2018

L'îlot de chaleur est donc un phénomène complexe de par ses échelles, ses conditions de formation et ses conséquences, parfois désastreuses.

Tout d'abord, sa définition actuelle ne le définit pas dans un périmètre précis : il s'agit d'une évolution localisée de la température en milieu urbain. Il peut concerner une place de centre bourg, une zone commerciale, ou un centre-ville (l'ensemble du secteur sauvegardé de Bordeaux, par exemple).

En outre, les facteurs à l'origine de l'ICU sont multiples : naturels (réchauffement climatique, qui augmente les températures chaque année), mais aussi et surtout anthropiques.

Aujourd'hui l'ICU est défini de manière générale comme un élément d'inconfort thermique. Or de nombreuses études ont montré que, même si certains espaces sont définis et mesurés physiquement/objectivement comme des lieux d'inconfort, les usagers ne le ressentent pas forcément. Cela dépend de nombreux paramètres physiologiques, mais surtout psychologiques.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Chapitre 2 :

Identification et analyse des ICU

Dans le contexte de réchauffement climatique actuel, les villes surchauffent. La dernière décennie a vu naître de nombreuses études concernant les thématiques de chaleur en ville et d'îlots de chaleur urbains. Les grandes métropoles françaises que Lyon (2011), Bordeaux (2013), Lille (2017) ou encore dernièrement Nantes (2020) ont réalisées de telles études.

En 2019, l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) et le CEREMA (Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement) ont mis en place une méthodologie d'analyse systématique des îlots de chaleur urbains, inspirée par les recherches de Oke et Stewart (Oke et Stewart, 2011).

Toutefois, si ces études permettent d'avoir une approche physique très complète et très exhaustive des îlots de chaleur et des causes de leur formation, la partie de prise en compte des usages et des perceptions des usagers et des habitants du territoire reste inexistante.

Afin de comprendre l'impact de l'îlot de chaleur urbain, une méthodologie systématique, standardisée et applicable à l'ensemble des sites de la métropole a été mise en place : la méthodologie LCZ. L'objectif de cette analyse était de comprendre la cause de la formation des ICU. Cependant, plus que l'aspect physique, l'analyse des usages et des pratiques a semblé pertinente afin de comprendre comment les ICU sont perçus par les habitants et quelles sont les conséquences sur leurs comportements.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT DE RÉVÉLATION

I. La méthodologie LCZ (Local Climate Zone)

L'îlot de chaleur urbain est usuellement défini comme une différence entre la température d'air sur un site urbain et la température d'air sur un site rural géographiquement proche. Or, cette définition est remise en cause par de nombreux chercheurs.

Parmi eux, Stewart propose une analyse critique de la définition classique de l'îlot de chaleur urbain (Stewart, 2011). Sa critique se base sur les définitions ambiguës et équivoques des termes « rural » et « urbain ». En effet, selon les différentes études sur les îlots de chaleur, certains sites ne sont pas considérés de la même manière. Un site urbain peut être un parking, un cimetière, un parc, ou une rue canyon. Au contraire, les champs, les vergers ou les forêts sont plutôt considérés comme des sites ruraux. Le problème se pose davantage en ce qui concerne les cours d'écoles, les campus universitaires ou encore les aéroports. En fonction de leur localisation et indépendamment de leur nature, ils sont alternativement considérés comme des sites urbains ou ruraux, en fonction des études.

1.1. Les Local Climate Zone (LCZ)

Afin de construire une classification climatique visant à préciser les différentes caractéristiques des zones urbaines, Oke s'est appuyé sur les travaux de Auer et Ellefsen (Auer 1978; Ellefsen 1990) pour construire la classification Urban Climate Zone (UCZ, zone climatique urbaine) [Oke, 2004].

L'approche UCZ différencie les zones urbaines par rapport à la façon dont elles modifient l'écoulement du vent ainsi que les variables thermiques et

hydriques. Les UCZ se définissent notamment à partir de plusieurs indicateurs urbains relatifs à la morphologie urbaine et à l'occupation du sol.

La classification LCZ définie par Stewart (Stewart, 2011) s'inscrit à la suite des travaux de Oke et poursuit cette démarche qui vise à construire une typologie climatique urbaine à l'échelle du quartier.

Le travail de Stewart s'articule en deux temps : la construction du concept, puis l'établissement d'une typologie de Local Climate Zone. Ce concept s'appuie sur une approche de division logique du territoire appliquée à l'échelle locale. Le territoire est classé en différentes sous-classes, en fonction de quatre paramètres, concernant la morphologie urbaine et l'occupation du sol.

- Le type d'objet présent dans la zone (bâtiments ou plantes)
- La hauteur de ces objets
- La densité spatiale de ces objets dans la zone
- Le caractère perméable ou imperméable des surfaces situées entre les objets de la zone

Cette classification a abouti à la création de 26 sous-classes hypothétiques (cf. Figure 40), chaque sous-classe représentant une configuration de paramètres unique. Une partie de ces sous-classes créées artificiellement ont été écartées, car elles étaient improbables ou aberrantes, et parallèlement d'autres sous-classes ont été ajoutées.

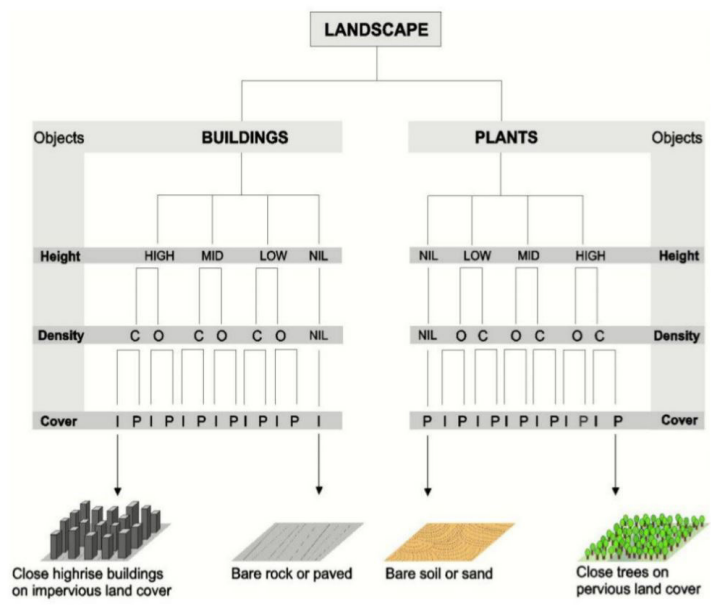


Figure 40 : Application de l'approche de division classique du territoire (Stewart, 2011)

Après la constitution de ces sous-classes, l'objectif de Stewart a été de déterminer dans quelle mesure ces sous-classes se différencient thermiquement. Des mesures expérimentales in-situ dans trois villes à Nagano, Vancouver et Uppsala, ainsi que des simulations numériques ont été réalisées.

Ces expérimentations ont permis de définir 17 types de Local Climate Zone qui présentaient des comportements thermiques différents (cf. Figure 41).

« Une Local Climate Zone se définit comme une zone présentant des traits spécifiques du point de vue de la morphologie urbaine, de l'occupation du sol, des matériaux urbains et du métabolisme urbain, etc. Les caractéristiques de cette zone modifient le microclimat de celle-ci et favorisent des modifications de température de l'air, particulièrement dans des conditions météorologiques de vent et de nébulosité faibles »⁵.

ZONES CLIMATIQUES LOCALES DE TYPE BÂTI

- 1 - Ensemble de tours compact
- 2 - Ensemble d'immeubles compact
- 3 - Ensemble de maisons compact
- 4 - Ensemble de tours espacées
- 5 - Ensemble d'immeubles espacés
- 6 - Ensemble de maisons espacées
- 7 - Constructions légères
- 8 - Grandes emprises tertiaires, bâti bas
- 9 - Maisons éparses, constructions isolées
- 10 - Industrie lourde

ZONES CLIMATIQUES LOCALES DE TYPE NON BÂTI

- A - Arbres denses
- B - Arbres épars
- C - Buissons, broussailles
- D - Pelouses, prairies, cultures
- E - Roche nue, pavés, macadam
- F - Terrain nu ou sable
- G - Eau
- E.b - Cimetière arboré, minéral/végétal

Que signifient les zones et tracés blancs ?
 Les zones et tracés blancs visibles représentent les routes, les emprises ferroviaires et/ou les cours d'eau ayant servi à la délimitation des îlots morphologiques urbains.

Figure 41 : Présentation des 17 types de LCZ existants (Stewart, 2011)

5 - LÉCONTE François, Caractérisation des îlots de chaleur urbain par zonage climatique et mesures mobile : Cas de Nancy.. Climatologie. Université de Lorraine, 2014. Français., p.47

Chaque type de LCZ se définit par :

- un nom et un code ;
- une définition sous forme de texte ;
- une fonction ;
- une localisation ;
- des illustrations sous forme de photographies prises au niveau de la rue et en partie supérieure de la canopée urbaine ;
- une sélection de dix indicateurs urbains.

Chaque type de LCZ est présenté sous forme de fiche synthétisant ses caractéristiques (cf. Figure 42). Les dix indicateurs urbains choisis par Stewart permettent de caractériser chaque zone de manière quantitative. Ces indicateurs sont relatifs à la morphologie de la zone, à son occupation du sol, aux matériaux présents dans la zone, etc.

Chaque type de LCZ possède un comportement climatique unique. Cette méthodologie permet de mettre en évidence la relation de causalité existant entre caractéristiques urbaines et comportement thermique.

Les types de LCZ sont définis de manière standardisée, quantitative et non équivoque, afin de limiter les biais d'interprétation. Cette classification offre la possibilité d'exprimer les écarts de température entre LCZ, et de ne plus faire référence aux termes "urbain" et "rural". En effet, l'ensemble des comportements climatiques observables dans une agglomération sont alors représentés et analysés selon une même grille.

Cette méthodologie a été utilisée dans le cadre de l'analyse des îlots de chaleur parisiens par l'IAU IdF (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île de France) en 2017.

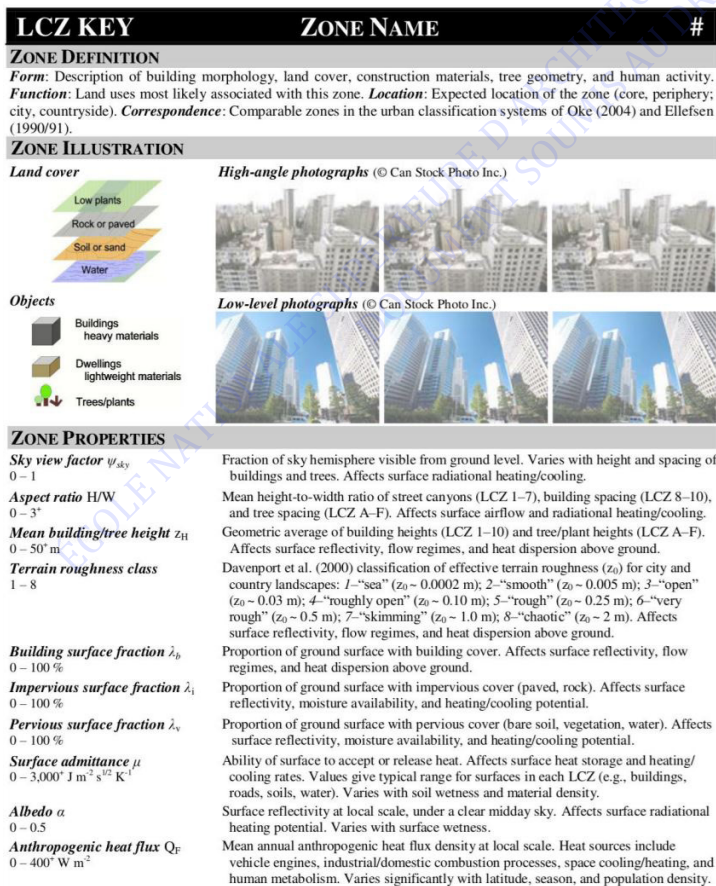


Figure 42: Structure d'un type de LCZ (Stewart, 2011)

1.2. Quantification des ICU sur le territoire francilien

L'identification des LCZ s'est faite à partir des cartographies aériennes, suivant les 10 indicateurs définis par Oke et Stewart (Oke & Stewart, 2011) :

- le facteur de vue du ciel (SVF) (cf. Figure 43);
- l'aspect ratio ;
- la hauteur moyenne des bâtiments et des arbres ;
- la classe de rugosité du terrain ;
- le pourcentage de surface imperméabilisée recouverte par des bâtiments (cf. Figure 44) ;
- le pourcentage de surface imperméabilisée par des revêtements de sols (cf. Figure 44) ;
- le pourcentage de surface perméabilisées;
- la capacité de la surface à emmagasiner ou à dégager de la chaleur
- l'albédo des surfaces horizontales ;
- le flux de chaleur anthropique.

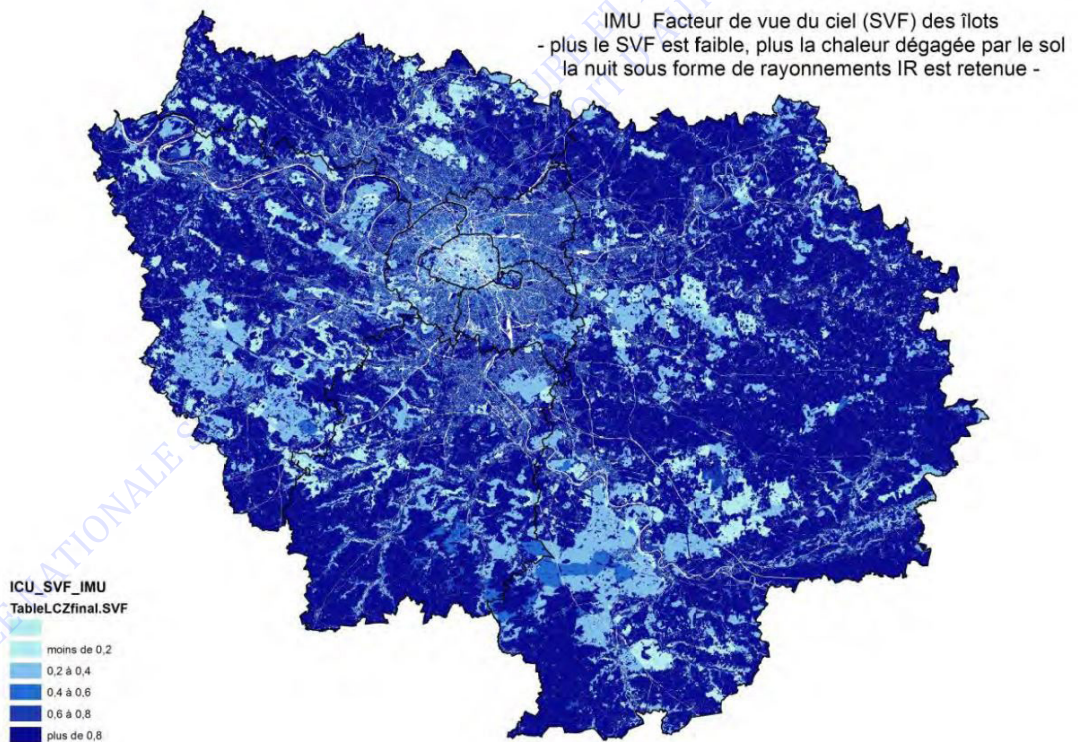
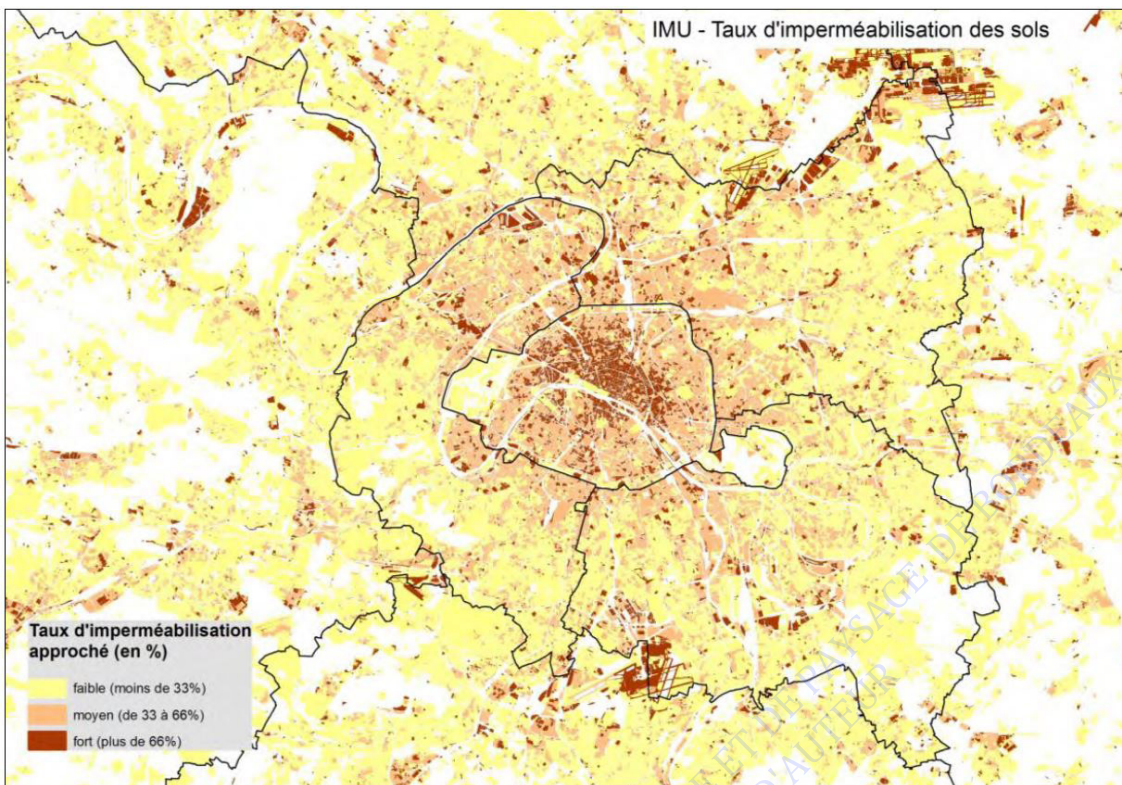


Figure 43: Représentation du «Facteur de vue du ciel (SVF)» en Ile de France (IAU IdF)



NB : cette carte ne rend compte que des valeurs d'imperméabilisation des IMU ; les infrastructures de transports et les cours d'eau qui ont servi à la délimitation des IMU ne sont pas traités (en blanc)

Figure 44: Représentation des «pourcentages des surfaces d'emprises bâties et de voiries revêtues» en Ile-de-France (IAU IdF)

Après avoir constitué une première base de données géographiques des « Local Climate Zones » décrivant pour chaque îlot le type de LCZ et ses 10 propriétés, l'objectif était de qualifier l'effet de chaleur ou de rafraîchissement, ce

qui a ensuite permis de déterminer les zones les plus sujettes à l'effet d'ICU en Ile-de-France. Cette analyse a permis d'identifier 17 LCZ sur l'agglomération parisienne représentés sur la cartographie suivante (cf. Figure 45) :

Un système de notation a ensuite été mis en place. L'attribution des points a été faite en fonction des différents paramètres étudiés précédemment. L'objectif étant de déterminer globalement l'effet de chaleur ou de fraîcheur, de jour, comme de nuit.

Pour chacune des périodes, les caractéristiques les plus déterminantes générant soit un effet de chaleur (note positive, de 1 à 4 selon la hauteur de l'impact) soit un effet de fraîcheur (note négative, de -2 à -1) ont été identifiées (cf. Figure 46).

Pour chaque îlot, les notes obtenues, caractéristique par caractéristique, ont été additionnées : plus le chiffre est négatif ou bas, plus l'îlot est frais ou préservé d'un effet d'ICU ; inversement, plus la note est élevée, plus l'effet d'ICU est marqué. Pour la période diurne, la gamme de résultats s'étend de -7 à +18 ; et pour la période nocturne, de -4 à +23.

L'aléa effet d'ICU correspond à l'amplification potentielle d'une vague de chaleur par l'effet d'ICU, pour la période diurne et pour la période nocturne. Pour analyser et cartographier les résultats de l'aléa effet d'ICU et mettre en avant les contrastes

territoriaux, les valeurs ont été regroupées en classes :

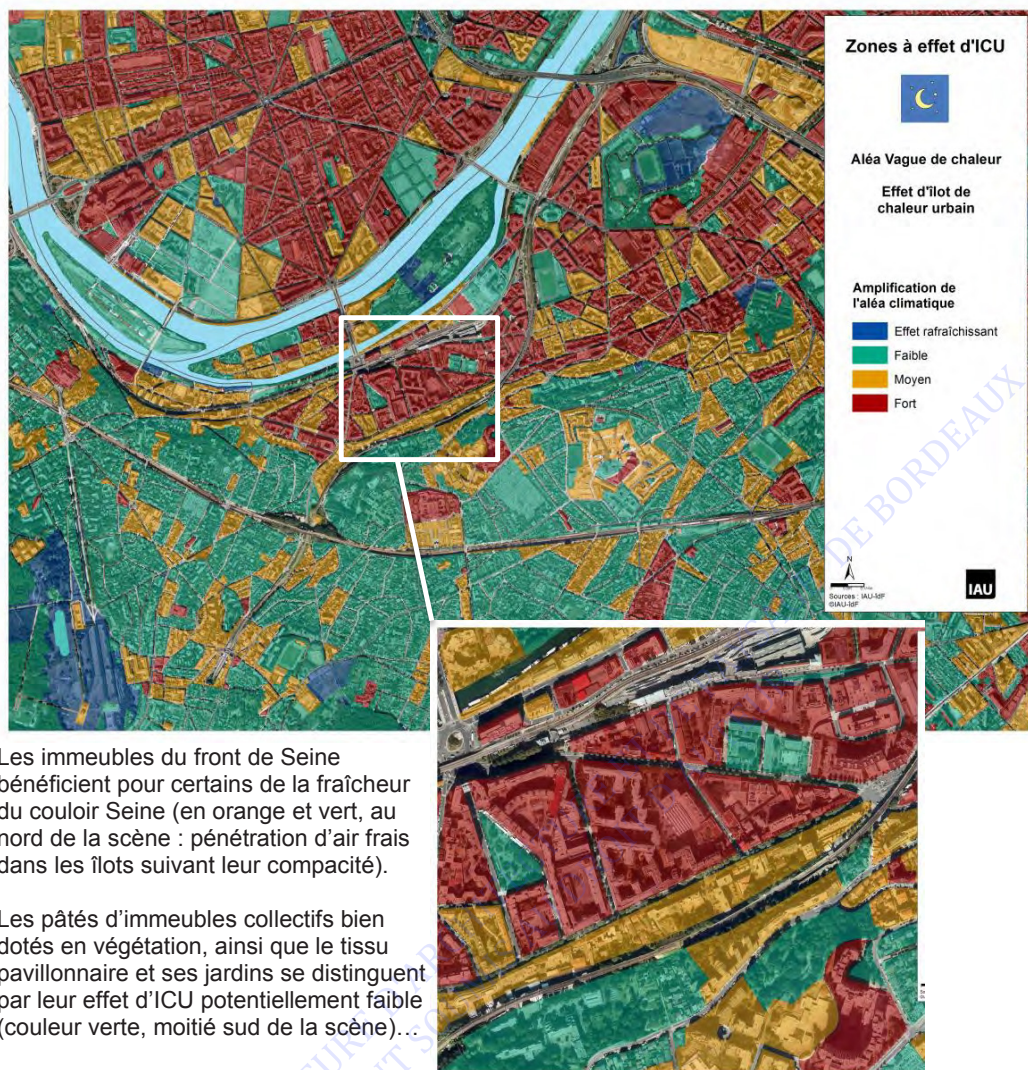
- de -7 à 0, le jour, et de -4 à 0, la nuit, potentiellement effet de fraîcheur ;
- de 1 à 6, potentiellement faible effet d'ICU ;
- de 7 à 12, potentiellement effet d'ICU moyen ;
- de 13 à 18, le jour, et de 13 à 23 la nuit, potentiellement effet d'ICU fort.

L'ensemble de ces données ont permis d'identifier physiquement et par des calculs, les îlots de chaleur urbains, soit les zones les plus sujettes à la surchauffe à la fois le jour et la nuit.

Des analyses plus fines, permettent d'observer des différences d'effets d'îlot de chaleur marqués entre différentes situations urbaines au sein d'un même LCZ global. En effet les blocs urbains les plus densément construits, dépourvus de végétation et aux sols fortement imperméabilisés, et les îlots d'espaces ouverts naturels ou les îlots d'ensembles pavillonnaires de la ville dense qui sont très présents en Petite couronne ne présentent pas le même potentiel d'ICU. (cf. Figure 47).

| SYNTHESE ALEA DE JOUR | | Définition des seuils | | | | Notes associées | | | |
|--|---|-----------------------|--------------|--------------|----------|-----------------|--------|--------|--------|
| Type de propriétés | | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 | Note 1 | Note 2 | Note 3 | Note 4 |
| Nombre de surfaces proposées à l'interception des rayonnements | Nombre de surfaces bâties | | ≤ 1 | 1 à 5 | ≥ 5 | | 0 | 2 | 4 |
| Rugosité minérale / végétale source de perturbations radiatives (ombrage) et d'obstacles aux circulations des masses d'air | Ventilation de l'îlot | | < 31 | 31 à 36 | >36 | | 1 | 2 | 3 |
| | Obstacle à la vue du ciel | | < 0,4 | 0,4 à 0,8 | > 0,8 | | 0 | 1 | 2 |
| | Rues étroites bordées d'immeubles hauts | | 2 à 3 | | | | -2 | 0 | 0 |
| Propriétés thermiques des matériaux et des surfaces avec ou sans eau (rafraîchissement) | Ombrage lié aux arbres | >25 | >10 à 25 | | | -2 | -1 | | |
| | Imperméabilisation des sols | | ≤30 | >30 à 60 | >60 | | -1 | 2 | 3 |
| | Propriétés thermiques des matériaux | | 1600 | >1600 | >1700 | | 0 | 2 | 4 |
| | Présence de végétation dans l'îlot | 66 à 100 | 33 à <66 | 10 à <33 | ≤10 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | Proximité de l'îlot à un bois ou une forêt | oui | | non | | -1 | | 0 | |
| Réflectivité du rayonnement solaire (albédo) par les matériaux et surfaces | Présence d'eau dans l'îlot | > 0,3 | > 0,15 à 0,3 | 0,05 à 0,15 | <0,05 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | Proximité de l'îlot à un cours d'eau ou à un plan d'eau | oui | | non | | -1 | | 0 | |
| | Réflectivité de la lumière | | > 0,2 | >0,15 à ≤0,2 | ≤0,15 | | -2 | 1 | 2 |
| Chaleur anthropogénique | Chaleur produite par l'activité humaine | | ≤0,1 | >10 à 30 | >30 | | 0 | 1 | 2 |

Figure 46: Système de notation des LCZ (IAU IDF, 2017)



Les immeubles du front de Seine bénéficient pour certains de la fraîcheur du couloir Seine (en orange et vert, au nord de la scène : pénétration d'air frais dans les îlots suivant leur compacité).

Les pâtés d'immeubles collectifs bien dotés en végétation, ainsi que le tissu pavillonnaire et ses jardins se distinguent par leur effet d'ICU potentiellement faible (couleur verte, moitié sud de la scène)...

Figure 47: Amplification de l'aléa vague de chaleur, zones à effet d'ICU la nuit dans le secteur de Boulogne-Bilancourt, Clamart, Issy-les-Moulineaux, Meudon (IAU IDF, 2017)

Intégration des notions de vulnérabilité du territoire

Après avoir identifié les différents îlots de chaleurs franciliens, cette analyse a été confrontée à la vulnérabilité du territoire. Différentes notions ont été alors étudiées :

- l'aléa « vague de chaleur » via son amplification par l'effet d'ICU (aléa effet d'ICU) ;
- la sensibilité des biens et des personnes à la chaleur urbaine : fragilité des populations et de l'habitat ;
- la difficulté à faire face : ressources territoriales disponibles et capacités à affronter

les conséquences négatives de la vague de chaleur, en prévention et en réaction.

Par exemple, trois indicateurs relatifs à la difficulté à faire face (ou son pendant positif : la capacité à faire face) ont été sélectionnés :

- le déficit de ressources économiques qui rend difficile l'action préventive ;
- le déficit de ressources collectives via la difficulté à accéder aux soins ;
- la non-proximité d'un espace de fraîcheur arboré.

De la même manière pour la sensibilité des biens et des personnes, plusieurs indicateurs ont été analysés :

- l'enjeu de présence humaine via la densité d'emploi;
- la présence significative de populations dites sensibles via l'âge;
- l'inconfort potentiel de l'habitat;
- la dégradation de la qualité de l'air extérieur

Pour chaque îlot et pour chacune de ces composantes, la somme des notes obtenues a été effectuée, pour définir une note globale de difficulté à faire face : plus le chiffre est bas, plus la population de l'îlot est en capacité à faire face à une vague de chaleur, en prévention ou en réaction. Inversement, plus la note est élevée, moins les personnes de l'îlot sont en capacité d'affronter la vague de chaleur. En ce qui concerne la sensibilité du territoire, plus le chiffre est bas, moins l'îlot a un caractère sensible; inversement, plus la note est élevée, plus la sensibilité de l'îlot est marquée.

Préconisations d'aménagement

Enfin, la dernière partie du travail de l'IAU, a été de proposer des préconisations d'aménagement adaptées à l'échelle de l'îlot.

L'objectif a été de proposer un panel de solutions d'adaptation qui tiennent compte des 3 composantes de la vulnérabilité : lutter contre l'effet d'ICU, diminuer la sensibilité du territoire et de ses habitants, augmenter les capacités à faire face de la société à la chaleur.

Les mesures proposées vont donc au-delà de la lutte contre l'effet d'îlots de chaleur urbains (cf. Figure 48). En effet, un certain nombre de mesures permettent de répondre à la fois à la problématique des ressources des populations (cf. Figure 49) et aux capacités des territoires à faire face (cf. Figure 50).

Aléa Effet d'ICU : Faible / Moyen / Fort

| Solutions d'atténuation de l'effet d'ICU à privilégier | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non | Augmentation de la couverture végétale |
| <input type="checkbox"/> | Plus de végétation de pleine terre : espaces verts, trames vertes... |
| <input type="checkbox"/> | Plus de végétation sur le bâti (toits, terrasses, murs, pieds d'immeubles...) |
| <input type="checkbox"/> | Potentiel de végétalisation des toitures-terrasses |
| <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non | Augmentation des surfaces en eau |
| <input type="checkbox"/> | Plus de sols perméables (rétention d'eau par le sol) |
| <input type="checkbox"/> | Potentiel de récupération d'eau en pied d'immeuble, amélioration de la gestion de l'eau |
| <input type="checkbox"/> | Potentiel d'usage de l'eau pour toitures végétalisées |
| <input type="checkbox"/> | Plus d'aires de rafraîchissement de proximité : aires aquatiques, bassins, brumisateurs, miroirs d'eau, fontaines... |
| <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non | Augmentation de la surface d'ombrage |
| <input type="checkbox"/> | Plus d'arbres |
| <input type="checkbox"/> | Plus de protections solaires du bâti : ombrières solaires, pergolas... |
| <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non | Utilisation de matériaux à propriétés thermiques et optiques plus adaptés |
| <input type="checkbox"/> | Augmentation de l'albédo des surfaces au sol (revêtements des chaussées...) |
| <input type="checkbox"/> | Augmentation de l'albédo des toitures-terrasses |
| <input type="checkbox"/> | Plus d'inertie des matériaux (confort thermique dans le logement...) |
| <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non | Diminution des sources de chaleur anthropique |
| <input type="checkbox"/> | Facilitation des circulations douces, encouragement TC, plus de fluidité du trafic |
| <input type="checkbox"/> | Moins de climatisation en mode sec, privilégier les systèmes collectifs (réseaux de froid...) ou individuels (VMC double flux, puits Canadien...) |
| <input type="checkbox"/> | Récupération de la chaleur perdue par les procédés industriels (chaleur fatale) |
| <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non | Adaptation de la morphologie urbaine à l'occasion de projets (position et orientation du bâti) |
| <input type="checkbox"/> | Plus de ventilation de l'îlot (meilleure circulation des masses d'air, front urbain moins continu) |
| <input type="checkbox"/> | Moins d'obstacles à la vue du ciel (accélération du refroidissement nocturne) |

Figure 48: Typologie des préconisations d'action pour atténuer l'effet d'ICU (AFU IdF, 2017)

Sensibilité : Faible / Moyenne / Forte

| Solutions de prise en compte de la sensibilité des habitants et des conditions de vie à privilégier | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> | Confort thermique au travail (bâti tertiaire, espaces extérieurs, enceintes de transports collectifs) à considérer attentivement |
| <input type="checkbox"/> | Isolation des bâtiments, ventilation naturelle, inertie et albédo des matériaux (façades, toits) à considérer attentivement |
| <input type="checkbox"/> | Risque sanitaire lié à la densité de personnes sensibles à considérer attentivement |
| <input type="checkbox"/> | Risque sanitaire lié à la sur occupation potentielle des logements à considérer attentivement |
| <input type="checkbox"/> | Diminution de la pollution de l'air (cofacteur de surmortalité) : diminution du trafic automobile et des vitesses de circulation... |

Figure 49: Typologie des préconisations d'action pour prendre en compte la sensibilité des habitants et des conditions de vie (IAU IdF, 2017)

Incapacité à faire face : Faible / Moyenne / Forte

| Solutions de renforcement des capacités à faire face à privilégier | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> | Soutien à l'amélioration de l'offre en médecine généraliste (présence, accessibilité) |
| <input type="checkbox"/> | Soutien à l'amélioration de l'offre en services d'urgences (présence, accessibilité) |
| <input type="checkbox"/> | Soutien à l'amélioration des conditions d'habitat insalubre (bas revenus, sur-occupation logement) |
| <input type="checkbox"/> | Incitation à l'inscription volontaire au Registre nominatif confidentiel des personnes fragiles (personnes âgées de 75 ans et plus) |
| <input type="checkbox"/> | Accompagnement/sensibilisation à la mise en œuvre du Plan canicule les personnes fragiles (bas revenus) |
| <input type="checkbox"/> | Promouvoir l'îlot de fraîcheur que constitue l'espace vert ouvert au public de proximité ; identifier les possibilités de son ouverture exceptionnelle la nuit |
| <input type="checkbox"/> | Améliorer l'accessibilité aux espaces verts de proximité ouverts au public ; sinon identifier les possibilités de création d'un nouvel îlot de fraîcheur de proximité |
| <input type="checkbox"/> | Apporter des solutions de rafraîchissement dans les cœurs d'îlots, les cours et pieds d'immeuble |

Figure 50: Typologie des préconisations d'action pour renforcer les capacités à faire face (IAU IdF, 2017)

Cette méthodologie issue des recherches de Stewart & Oke, a été reprise et réactualisée dans le cadre des recherches de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île de France. Après une cartographie méthodique des « Local Climate Zones », une analyse plus détaillée sur le territoire a été menée. Afin de déterminer en fonction de la sensibilité des usagers et du territoire, les zones les plus sensibles et les plus vulnérables au phénomène d'ICU.

Cette méthodologie est utilisée et reprise par l'ADEME, (ADEME, 2017) et est présentée par le CEREMA comme une méthodologie standardisée à appliquer sur l'ensemble des territoires, dans le cadre de leurs recherches sur les ICU (Nancy, Lille, etc.)

Toutefois, si les habitants et usagers des territoires sont pris en compte par leurs critères sociaux, revenus, âges, conditions de vie, etc., ils ne sont en aucun cas pris en compte directement dans leurs ressentis et interrogés sur l'impact de l'ICU identifié sur leurs perceptions.

II. La méthodologie croisée

Quatre sites représentatifs des différentes situations présentes sur le territoire métropolitain ont été sélectionnés dans le cadre de cette étude. Afin de les analyser, nous avons mis en place une méthodologie croisant approche physique, permettant d'identifier et de caractériser les ICU et approche subjective, abordant les perceptions et les ressentis des usagers et leurs besoins de rafraîchissement de l'espace public, dans un contexte de raréfaction des ressources.

- l'analyse physique : à l'aide d'une grille descriptive, l'objectif est de définir les zones les plus chaudes et comprendre à quoi cela est dû, en repérant les éléments les plus susceptibles de renforcer l'îlot de chaleur urbain ;
- l'analyse des perceptions et des ressentis : à l'aide d'un questionnaire de type micro-trottoir, testé à deux périodes de l'année (hiver, été), l'objectif est de recueillir les ressentis des usagers, dans le but de comprendre leur perception du site en période de fortes chaleurs.

Ainsi, à travers l'étude de chaque îlot de chaleur, le croisement des données a été effectué, afin de révéler si le phénomène de chaleur mesuré par les cartes satellites est confirmé par les usagers. Les deux analyses étant complémentaires, ce croisement d'informations a permis d'établir un diagnostic plus poussé de l'îlot de chaleur.

2.1. L'analyse physique

Pour comprendre les causes de la formation de l'îlot de chaleur sur les sites sélectionnés, une grille descriptive a été mise en place (Annexe 1)

L'objectif était de comprendre la notion d'îlot de chaleur à partir de quatre axes urbains et architecturaux :

- la typologie urbaine de l'îlot : densité, orientation du bâti, hauteur du bâti ;
- l'analyse de la course du soleil : modélisation à l'échelle de l'îlot et à l'échelle du bâti ;
- la typologie architecturale de l'îlot : matériaux, taux d'imperméabilisation des sols, systèmes de rafraîchissement des bâtiments, végétation ;
- le contexte urbain : mobilier, systèmes de rafraîchissement ;
- le fonctionnement de l'îlot : circulations, usages.

Pour faciliter la compréhension des différents concepts analysés, chaque partie a été associée à des exemples de documents produits, afin de mieux illustrer la grille d'analyse.

La typologie urbaine de l'îlot

L'objectif est d'effectuer une première analyse du contexte global de l'îlot de chaleur urbain et d'identifier s'il est localisé dans un contexte particulier : une situation de ville dense ou de ville périphérique. Un premier travail de description est réalisé, avec un calcul de la proportion d'espaces bâtis et d'espaces non bâtis, mais aussi des analyses portant sur les orientations, les formes, la hauteur des bâtiments et leur disposition spatiale (cf. Figure 51).

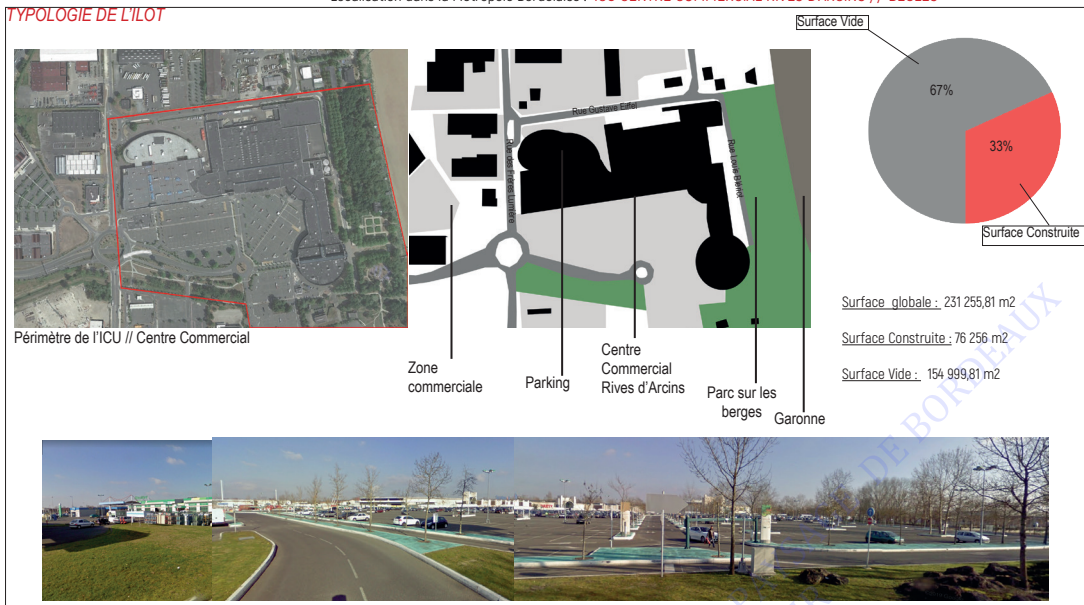


Figure 51: Description de la typologie de l'îlot - Bègles Centre Commercial Rives d'Arcins (auteure)

La typologie architecturale de l'îlot – parcours du soleil

L'objectif est de déterminer, à partir de l'orientation des bâtiments, l'impact du rayonnement solaire direct. Indépendamment des matériaux, il s'agit de comprendre quelles surfaces (verticales et horizontales) sont les plus exposées tout au long de la journée, mais aussi aux heures les plus chaudes.

Pour cela, l'analyse de l'organisation spatiale des bâtiments et des différentes ombres portées produites sur l'espace public est essentielle (cf. Figure 52). Des logiciels de modélisation 3D (Sketch Up® et Archiwizard®) ont permis de simuler la course du soleil et d'identifier les surfaces les plus exposées au rayonnement solaire (cf. Figure 53).

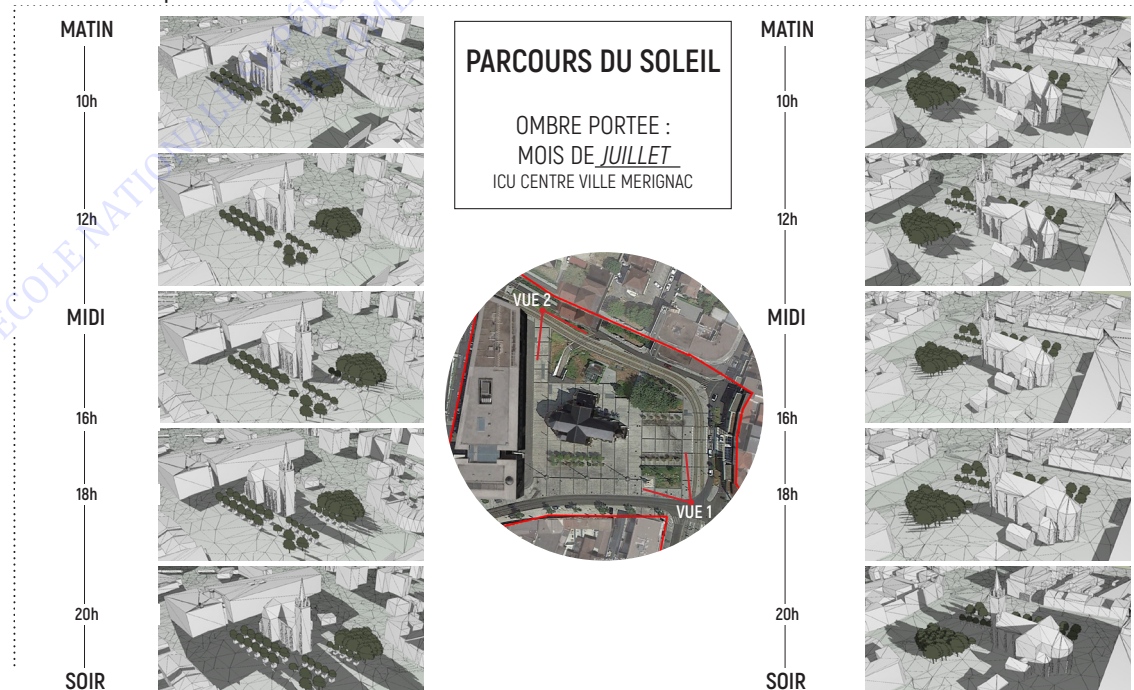


Figure 52 : Parcours du soleil - Mérignac Place Charles de Gaulle (auteure)

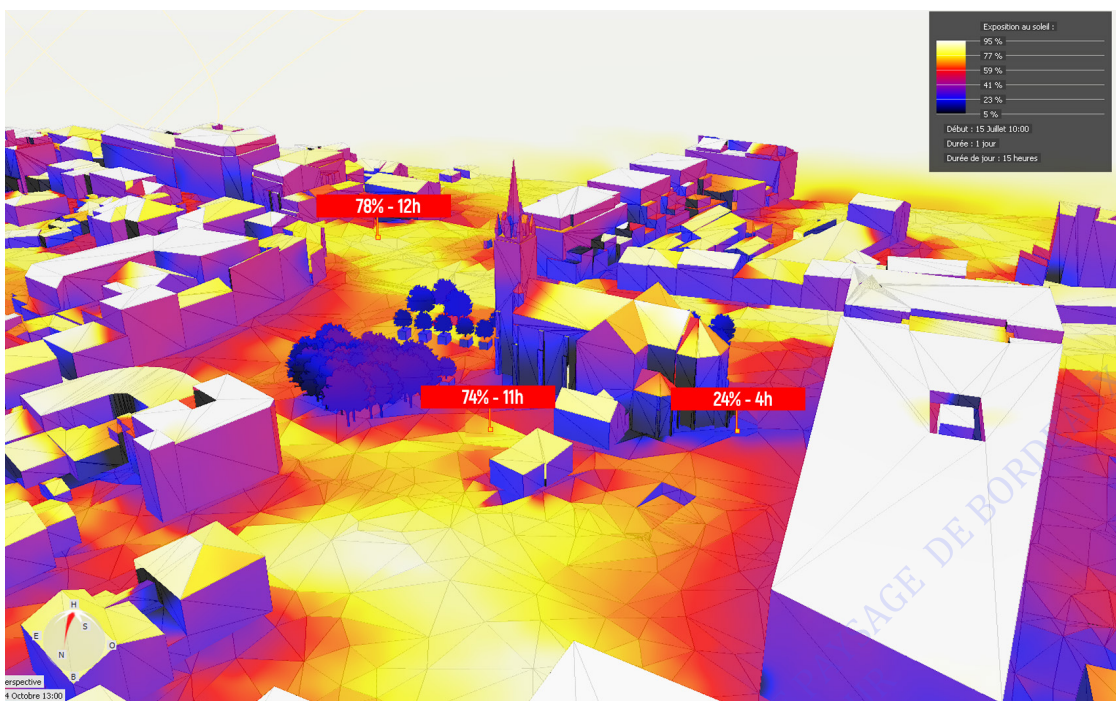


Figure 53: Modélisation du temps et du pourcentage d'ensoleillement Mérignac Place Charles de Gaulle (auteure)

La typologie architecturale de l'îlot – arbres et matériaux

L'objectif est d'identifier les matériaux qui composent l'îlot (sols, façades et toitures), afin de connaître leur albédo (cf. Figure 54). Cette description permet de voir la capacité d'absorption de la chaleur des matériaux en fonction de leur localisation dans l'espace.

De plus, l'analyse du taux d'imperméabilisation des sols de même que le relevé des éléments de végétation permettent de comprendre l'impact de la végétalisation de l'îlot en fonction de son ampleur, de sa disposition et de sa localisation.

Enfin, la présence d'éléments artificiels de rafraîchissement tels que les climatisations dans les commerces et autres bâtiments aux alentours a été identifiée, afin de voir quel impact ils avaient sur le réchauffement direct de l'espace public.

Une végétation faiblement présente à l'échelle de l'ICU



Donc faible quantité de zones d'ombre



Figure 54: Albédos et matériaux - ICU Gare Saint-Jean – Bordeaux (auteure)

Le mobilier urbain

L'inventaire de tous les éléments de mobilier urbain a été réalisé en incluant les dispositifs de rafraîchissement des espaces étudiés (fontaines, jeux d'eaux, ombrières, etc.), car ceux-ci induisent des comportements différents dans l'espace étudié.

Le fonctionnement de l'îlot (circulations et usages)

Par un système de zonage, les différents usages induits par les types de programme ont été identifiés (cf. Figure 55). L'analyse permet d'identifier les lieux privilégiés par les usagers. Ce zonage a ensuite été repris dans le cadre des micro-trottoirs.

2.2. L'analyse des ressentis et des perceptions

Parallèlement à cette grille descriptive physique de l'îlot, la constitution d'un micro-trottoir (annexe 2) vise à comprendre la perception de la chaleur en ville par les usagers.

La particularité du micro-trottoir est qu'il s'agit d'un questionnaire très court (généralement moins de 5 minutes). L'objectif est de recevoir un maximum de réponses, afin de pouvoir ensuite dégager des tendances et chercher des corrélations. Contrairement à l'entretien qualitatif, ils ne permettent pas de recevoir des réponses détaillées, mais sont très utiles pour avoir une idée rapide des besoins et des ressentis des usagers sur un temps donné.

Deux sessions de micro-trottoir ont été réalisées : une en hiver, basée sur les souvenirs de l'été précédent et l'autre en été. La session d'hiver a permis de préparer le questionnaire pour la partie estivale et d'évaluer la fiabilité des souvenirs de cette période.



Figure 55: Cartographie type des usages et des zonages - Place Saint-Projet Bordeaux (auteure)

Le questionnaire utilisé regroupe un total de 27 questions, mélangeant principalement des questions fermées de différentes formes (échelle, choix unique, choix multiple) et quelques questions ouvertes. Il était structuré en trois parties.

La première partie permet d'identifier l'expérience de l'utilisateur par rapport au site :

- la fréquentation du site : fréquence, objectifs ;
- les caractéristiques perçues du site : confort, esthétique, sécurité ;
- le stress thermique vécu sur le site : niveau de gêne, manifestations physiologiques, moyens de rafraîchissement utilisés.

Les thématiques abordées en deuxième partie sont plus générales et plus personnelles. Elles interrogent sur :

- le rapport à la chaleur des usagers : sensibilité individuelle, intérêt pour la question ;
- l'évaluation des systèmes de rafraîchissement utilisant l'eau : pertinence, acceptabilité.

Enfin, le profil de l'utilisateur permet de recueillir des données comme l'âge, le sexe et la catégorie socioprofessionnelle. L'objectif est de déterminer s'il y a des corrélations entre le profil de l'utilisateur et la sensibilité, le ressenti de la chaleur.

Les données ainsi recueillies, complétées par les caractéristiques de l'échantillon ont permis de caractériser l'expérience de l'utilisateur par rapport à chaque site, en termes de fréquentation et d'évaluation, et d'analyser l'influence de celle-ci sur la perception de la chaleur.

2.3. Des entretiens qualitatifs pour comprendre l'impact de la chaleur sur la vie dans le territoire

En plus des micro-trottoirs hivernaux et estivaux, des entretiens semi-directifs ont été menés avec des habitants des communes de Bordeaux, Mérignac et Bègles (annexe 3).

Cet entretien d'une durée variant souvent entre 30 minutes et 1 heure permet, contrairement aux micro-trottoirs, d'obtenir des réponses qualitatives et plus poussées sur les ressentis, les habitudes et les perceptions des habitants vis-à-vis de la chaleur sur leur territoire. L'objectif était de comprendre à plus large échelle, comment les habitants vivent leur territoire en périodes de fortes chaleurs.

L'entretien est organisé en six parties. La première partie permet d'aborder les perceptions et représentations du cadre de vie de l'utilisateur. Il s'agit ici de comprendre depuis quand la personne est installée dans ce quartier, pourquoi elle l'a choisi, ce qui lui plaît ou déplaît dans le quartier et enfin si elle est impliquée dans la vie du quartier (associative par exemple) et si elle pratique les différents services existants.

En deuxième partie et plus généralement, l'habitant est plutôt interrogé sur la chaleur et l'imaginaire urbain. Les questions posées font plutôt appel aux souvenirs, en abordant les notions d'exemples de villes étouffantes, de villes fraîches et le pire souvenir de canicule (quelles conditions climatiques, physiologiques, psychologiques, lieu, date, etc.).

Chapitre 3 :

Quatre îlots de chaleur métropolitains bordelais

I. Des cas d'études représentatifs de la diversité urbaine

Dans le cadre de cette recherche, quatre îlots de chaleur ont été sélectionnés, caractérisés par des différences programmatiques, urbaines et architecturales. L'objectif est de comprendre les caractéristiques de chaque îlot pour en déduire les causes majeures et pour comparer les évaluations manière thermique (ICU mesuré) et les perceptions des usagers (ICU ressenti). Dans le cas contraire, il s'agit de comprendre quelles sont les raisons de cette différenciation et quels facteurs impactent le ressenti des usagers.

Afin de choisir les sites les plus pertinents à traiter, nous nous sommes basés sur l'étude de 2014 commandée par la CUB. A travers la carte de thermographie infrarouge (cf. Figure 57), quatre cas d'étude ont été sélectionnés :

- la gare Saint-Jean, Bordeaux : un pôle intense d'échanges, dans un quartier en mutation ;
- la place Charles de Gaulle, Mérignac : une place de centre bourg réaménagée ;
- la zone commerciale Rives d'Arcins, Bègles : un centre commercial dense ;
- la place Saint-Projet, Bordeaux : un lieu de convergence du centre historique de Bordeaux.

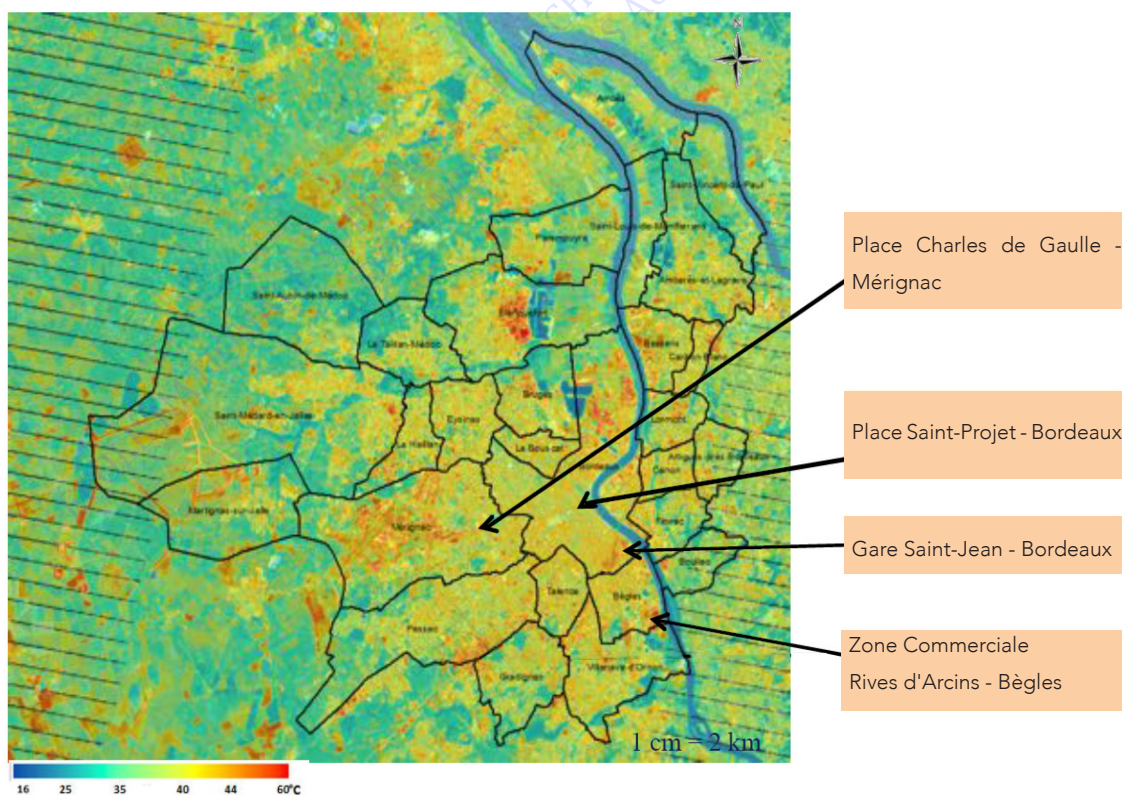


Figure 57: Carte des ICU mesurés par thermographie infrarouge ©E-CIC, 2014

1.1. La gare Saint-Jean, Bordeaux

La gare Saint-Jean est un point de convergence entre de nombreuses activités économiques et tertiaires de la métropole bordelaise. Dans ce lieu se concentrent tous les flux et les infrastructures dédiés aux transports en commun.

Cette place a fait l'objet d'un réaménagement dans les années 2010, mais l'aspect minéral est toujours aussi présent et donc la question de la chaleur ne semble pas avoir guidé même partiellement les choix d'aménagement. En effet, l'objectif du réaménagement du parvis était de repenser l'organisation générale, en proposant un espace plus organisé et une répartition plus lisible des arrivées, des départs et des intermodalités de transports (bus, taxis, trams, voitures, etc.), mais aussi de « *donner de l'unité et créer un vocabulaire commun graphique récurrent* ». (Sud Ouest, 2011)

Etant donné sa localisation dans la ville de pierre, le site a toujours gardé cet aspect très minéral (cf. Figure 58). Lors de son réaménagement, bien que la question de la chaleur et des îlots de chaleur ait déjà été identifiée, définie et quantifiée, la rénovation n'a pas pris en compte le phénomène.

En effet, plutôt que de contrer cet effet très minéral, celui-ci a été conservé, à la grande déception de Vincent Feltesse, président de la CUB au moment du réaménagement. « *Si j'ai une critique à faire, c'est plutôt l'absence de végétation sur cet espace* » (Sud Ouest, 2010).



Figure 58: Cartes postales de la Gare Saint-Jean au début du XIX^{ème} siècle
Met actuelle (Peyot Sud Ouest - Le Moniteur)

En outre, cet îlot de chaleur est intégré au projet de développement urbain Euratlantique (cf. Figure 59). Dans un contexte de modernisation de la métropole bordelaise, le projet inscrit le quartier de la gare comme secteur à redynamiser.

La question de la densification et de l'imperméabilisation des sols peut alors se poser, dans un contexte de réchauffement climatique où les espaces en pleine terre se font de plus en plus rares.

Ce réaménagement concerne :

- les interfaces avec le projet d'extension de la gare Saint-Jean ;
- l'aménagement des espaces verts ;
- l'aménagement des voiries, parkings, transports en commun et l'optimisation des liaisons modales entre les différents modes de transports.

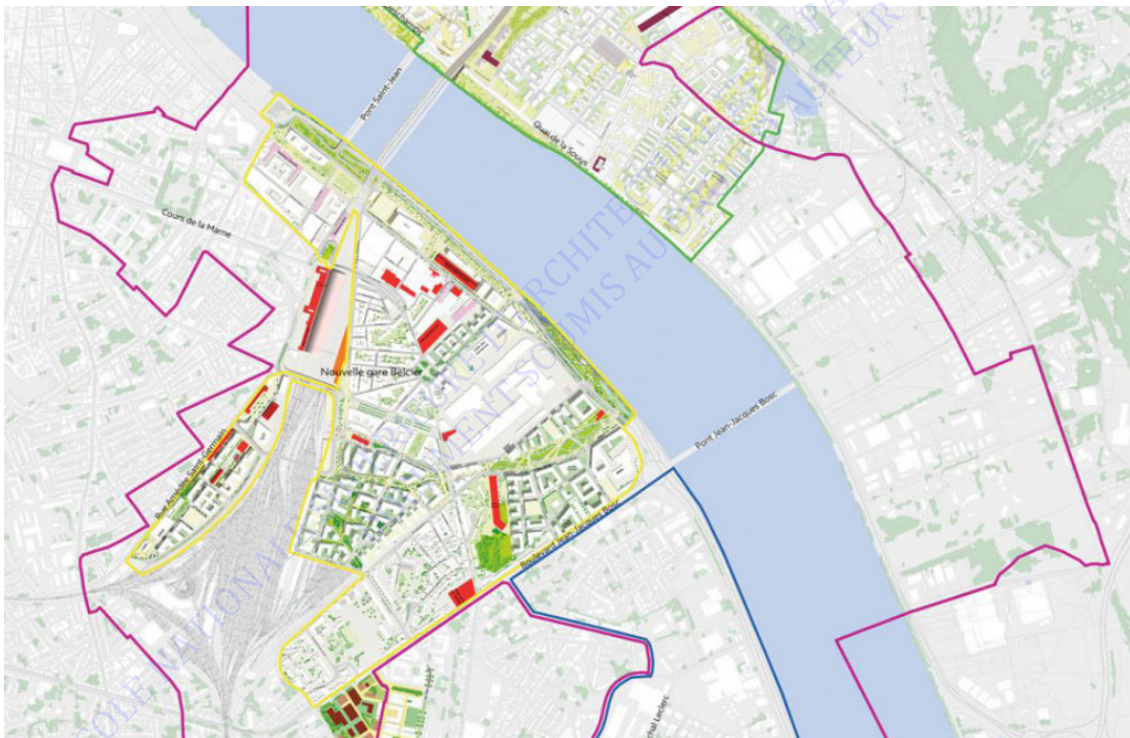


Figure 59: Plan guide de l'OIN Euratlantique (Bordeaux Euratlantique)

1.2. La place Charles de Gaulle, Mérignac

Le centre bourg de Mérignac est un lieu de convergence de la vie du quartier. Avec des équipements importants tels que l'église, la médiathèque et les commerces, la place est un lieu de rencontres, qui accueille une diversité d'usages.

Avant d'être réaménagée dans les années 2000, cette place était occupée par un parking, complètement enrobé, qui présentait de nombreux espaces plantés et des arbres en pleine terre (cf. Figure 60).

« Le réaménagement de cette place s'est fait selon la mode de l'époque »⁶, nous rapportait un ancien élu de la ville de Mérignac. C'est-à-dire que l'objectif était de concevoir de grands espaces minéraux et très ouverts et de supprimer les voitures du paysage urbain. Cet aménagement a mis une dizaine d'années à se mettre en place, mais dès que les arbres ont été enlevés, les habitants, par le biais des conseils de quartier, se sont plaints à la mairie. Dès la fin des travaux, de par le coût que cela engendrait, et de la présence d'un parking souterrain, la demande des arbres en pleine terre n'a pu aboutir et des arbres en pots ont été installés sur la partie sud du parvis.

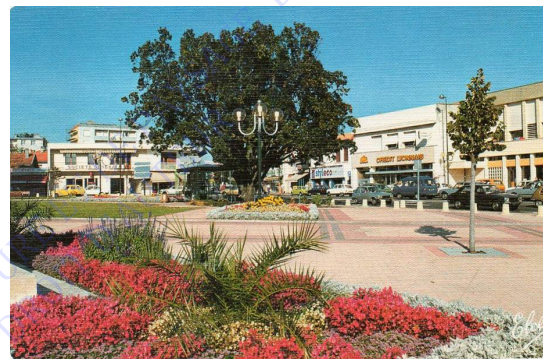


Figure 60: Chronologie de l'Aménagement de la place Charles de Gaulle © Photographies Mairie de Mérignac ou auteur

6 - Propos recueillis, lors de la campagne d'enquête

1.3. Le centre commercial Rives d'Arcins, Bègles

Le centre commercial Rives d'Arcins présente une concentration importante d'activités sur un espace restreint. Les commerces et les parkings y sont omniprésents.

Dans ce contexte de zone commerciale, les usages sont restreints : les usagers ne s'arrêtent que très rarement au sein du parking. En effet, ils se déplacent d'un point à un autre, depuis leur place de parking ou l'arrêt de bus, jusqu'au centre commercial totalement climatisé.

Ce site a bénéficié d'un réaménagement en 2013 (cf. Figure 61). Le centre commercial a

fait l'objet d'une extension et à cette occasion, d'une requalification de l'espace public attenant et notamment des berges de Garonne. Ce projet s'est alors basé sur « la protection et l'intégration de la biodiversité, avec l'élaboration de 11 500 m² d'espaces verts arborés et l'installation de 5 ruches sur le site »⁷.

Ainsi, l'objectif de la rénovation, même si elle a permis de renforcer l'îlot de fraîcheur existant par la présence de la Garonne et de la végétation, ne concernait pas du tout cet aspect. Il était davantage centré sur le bien-être des clients, qui pouvaient ainsi passer plus de temps sur site en dehors des boutiques, mais également le fréquenter plus souvent.



Figure 61: Chronologie de l'aménagement du parking du centre commercial Bègles Rives d'Arcins (Géoportail.fr)

7 - Site internet du centre commercial Rives d'Arcins : <https://www.klepierre.com/nos-centres/rives-d-arcins>

1.4. La place Saint-Projet, Bordeaux

La place Saint-Projet se trouve dans le cœur historique de Bordeaux. C'est un lieu de regroupement, une aération bordant la rue Sainte Catherine, artère piétonne et commerçante de la ville.

La place se trouve dans un quartier dense, constitué d'îlots d'immeubles du XIXe siècle. Une fontaine, présente au centre de la place au Moyen-Age, se trouve depuis 1737 en sa partie sud, adossée contre un immeuble. Au XXe siècle, un platane est venu porté ombre sur la partie sud-ouest de la place. Bien que la cartographie de

thermographie infrarouge montre que cette place est intégrée à l'ICU global « centre historique de Bordeaux », elle demeure très pratiquée même en période de forte chaleur.

S'il n'existe que peu d'informations concernant un éventuel réaménagement de cette place, les cartes postales anciennes montrent que la place Saint-Projet a toujours été un lieu animé (Figure 62), où se concentrent des flux importants. Au début du XXe siècle, la fontaine était construite, mais l'arbre actuel n'était pas encore planté. Il s'agit depuis toujours d'une place avec un caractère très minéral et peu végétalisée.



Figure 62: Cartes postales de la Place Saint-Projet début XIXème siècle ©Mme Boutin

II. Des îlots de chaleur métropolitains « mesurés » ?

Les quatre sites ont ainsi été analysés, l'objectif étant de comprendre quels sont les éléments à l'origine de la formation de l'îlot de chaleur et leur hiérarchisation, mais aussi si ces îlots de chaleurs mesurés et identifiés physiquement sont aussi ressentis comme tels par les usagers.

2.1. La méthodologie LCZ

L'application de la méthodologie LCZ permet, pour chaque îlot, de visualiser le type LCZ et l'exposition à la chaleur estivale selon les propriétés LCZ.

Pour autant, chaque îlot étant intégré dans un système urbain, il est important de comprendre comment il fonctionne avec ce qui se passe autour. Il est donc intéressant de faire l'analyse à l'échelle plus large.

Ainsi le périmètre de la place Charles de Gaulle comprend les espaces résidentiels autour (les immeubles récemment construits et les espaces pavillonnaires). La place Saint-Projet et la gare Saint-Jean, sont définies comme un ensemble d'immeubles compact, qui caractérise l'ensemble du centre-ville de Bordeaux. Enfin, le centre commercial, sera considéré comme une zone d'activité commerciale.

Deux typologies de LCZ ont été déterminées pour l'îlot de la **place Charles de Gaulle, à Mérignac** :

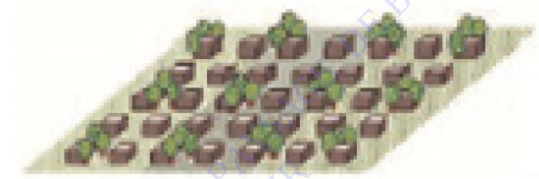
Zone 5 : Ensemble d'immeubles espacés

© Stewart, 2011



Zone 6 : ensemble de maisons espacées

© Stewart, 2011



En ce qui concerne la typologie urbaine de l'îlot, la faible densité bâtie, et une proportion d'obstacles faible (cf. Figure 63) permettent un facteur de vue du ciel élevé et donc un rafraîchissement satisfaisant de l'espace. En revanche, la forte proportion de surfaces imperméabilisées (cf. Figure 64), les matériaux de revêtement de sols et de toiture ayant un albédo élevé, ainsi que les flux importants de chaleur anthropiques, en lien avec les transports motorisés, favorisent le réchauffement de l'espace.



Figure 63: Vue aérienne de la place Charles de Gaulle Mérignac et de son environnement proche (Google Earth)

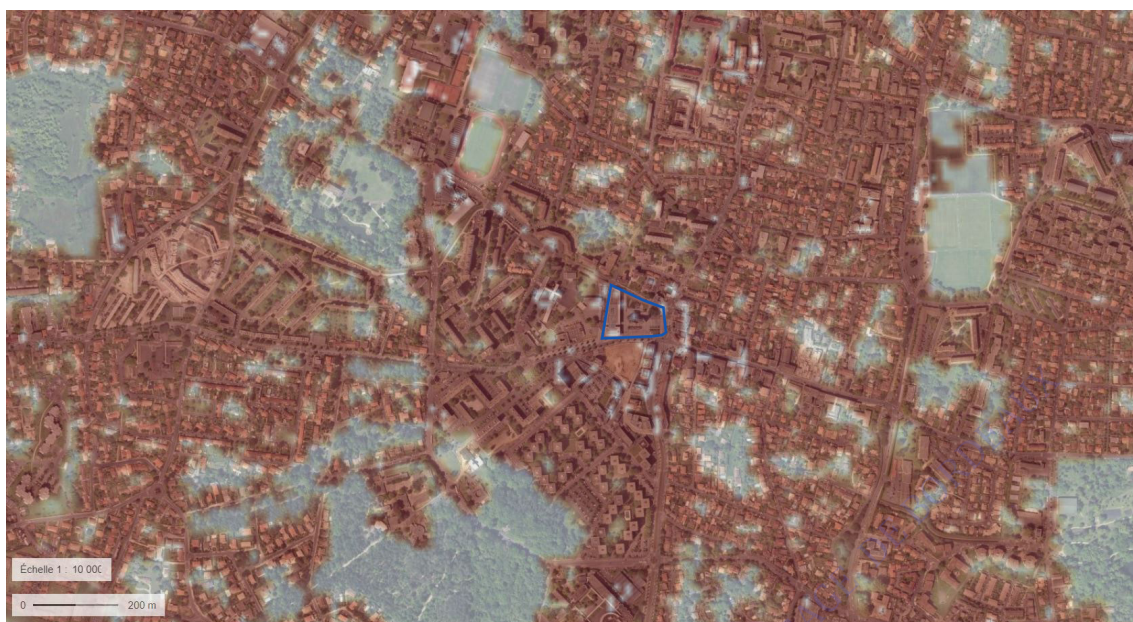


Figure 64: Surfaces imperméables Mérignac centre (sols et bâti) (Corine Land Cover - IGN)

| SYNTHÈSE ALEA DE JOUR | | Définition des seuils | | | | Notes associées | | | |
|--|---|-----------------------|--------------|----------------|----------|-----------------|--------|--------|--------|
| Type de propriétés | | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 | Note 1 | Note 2 | Note 3 | Note 4 |
| Nombre de surfaces proposées à l'interception des rayonnements | Nombre de surfaces bâties | | ≤ 1 | 1 à 5 | ≥ 5 | | 0 | 2 | 4 |
| | | | | | | | | | |
| Rugosité minérale / végétale source de perturbations radiatives (ombrage) et d'obstacles aux circulations des masses d'air | Ventilation de l'îlot | | < 31 | 31 à 36 | > 36 | | 1 | 2 | 3 |
| | Obstacle à la vue du ciel | | < 0,4 | 0,4 à 0,8 | > 0,8 | | 0 | 1 | 2 |
| | Rues étroites bordées d'immeubles hauts | | 2 à 3 | | | | -2 | 0 | 0 |
| | Ombrage lié aux arbres | > 25 | > 10 à 25 | | | -2 | -1 | | |
| Propriétés thermiques des matériaux et des surfaces avec ou sans eau (rafraîchissement) | Imperméabilisation des sols | | ≤ 30 | > 30 à 60 | > 60 | | -1 | 2 | 3 |
| | Propriétés thermiques des matériaux | | 1600 | > 1600 | > 1700 | | 0 | 2 | 4 |
| | Présence de végétation dans l'îlot | 66 à 100 | 33 à < 66 | 10 à < 33 | ≤ 10 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | Proximité de l'îlot à un bois ou une forêt | oui | | non | | -1 | | 0 | |
| | Présence d'eau dans l'îlot | > 0,3 | > 0,15 à 0,3 | 0,05 à 0,15 | < 0,05 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | Proximité de l'îlot à un cours d'eau ou à un plan d'eau | oui | | non | | -1 | | 0 | |
| Réfléchissement du rayonnement solaire (albédo) par les matériaux et surfaces | Réfléchissement de la lumière | | > 0,2 | > 0,15 à ≤ 0,2 | ≤ 0,15 | | -2 | 1 | 2 |
| Chaleur anthropogénique | Chaleur produite par l'activité humaine | | ≤ 0,1 | > 10 à 30 | > 30 | | 0 | 1 | 2 |

Figure 65: Synthèse du calcul score potentiel ICU - Place Charles de Gaulle, Mérignac (auteure)

L'ensemble des éléments d'analyse de l'îlot de la place Charles de Gaulle permet d'obtenir un score total de 10 (cf. Figure 65). Ce site est donc considéré comme un ICU moyen.

Ces résultats ont ensuite été croisés avec la vulnérabilité du territoire, c'est-à-dire avec la sensibilité des biens et des personnes, et les ressources territoriales disponibles pour y faire face.

Dans le cas de Mérignac, la part de population âgée de plus de 65 ans représente plus de 30% dont 10% de plus de 80 ans, pour les résidents du centre-ville. Ce sont d'autant plus de populations fragiles vis-à-vis des vagues de chaleur. En termes de densité, cette commune reste assez peu dense comparée aux autres communes périphériques de

la métropole, avec une densité de 1455 hab/ km² en 2017 (Pessac : 1645 hab/km² en 2017, Talence: 5100 hab/km² en 2017).

Enfin, en termes de dispositifs de rafraîchissements, la grande proportion de parcs, jardins, boisements disponibles à proximité (parc du Bourran, forêt de Mérignac, parc de la mairie, ...), ainsi que l'ensemble des cœurs d'îlots végétalisés dans les espaces pavillonnaires (cf. Figure 66) favorisent le rafraîchissement global du site et offrent des espaces de rafraîchissement directement accessibles par les habitants.

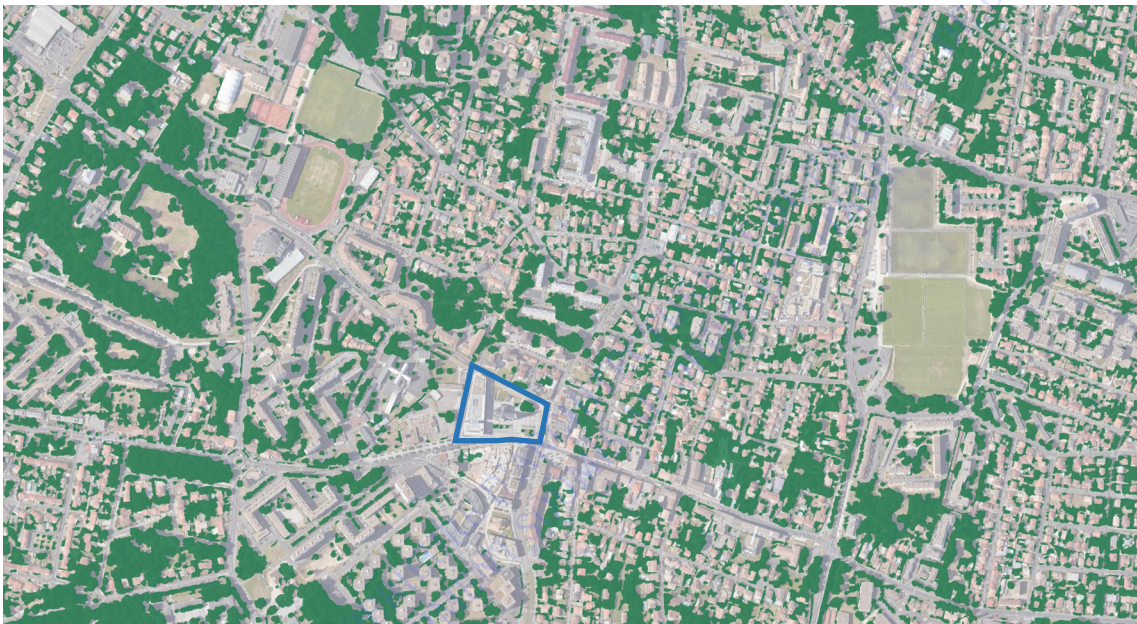


Figure 66 : Surfaces perméables (forêts, couvert arboré) Mérignac centre (auteure, données OpenData Bordeaux Métropole, 2016)

Il est difficile de faire correspondre une typologie de LCZ avec le tissu urbain de l'îlot de la **gare Saint-Jean**. L'objectif est donc ici de se rapprocher au maximum de la réalité. La typologie sélectionnée est la suivante :

Zone 2 : Ensemble d'immeubles compact

© Stewart, 2011



En ce qui concerne la typologie urbaine, l'environnement dans lequel s'inscrit l'îlot comporte une forte densité bâtie, du fait des immeubles haussmanniens de grande hauteur (R+3 ou R+4 en moyenne) (cf. Figure 67). Néanmoins, la proportion d'obstacles étant faible, cela permet un facteur de vue du ciel élevé et donc un rafraîchissement satisfaisant de l'espace. En revanche, la forte proportion de surfaces imperméabilisées (cf. Figure 68), les matériaux de revêtement de sols et de toitures ayant un albédo élevé, ainsi que les flux importants de chaleur anthropique, en lien avec les transports motorisés, favorisent le réchauffement de l'espace.



Figure 67: Vue aérienne de la Gare Saint-Jean Bordeaux et de son environnement proche (Google Earth)



Figure 68: Surfaces imperméables Gare Saint-Jean (sols et bâti) (Corine Land Cover - IGN)

| SYNTHÈSE ALEA DE JOUR | | Définition des seuils | | | | Notes associées | | | |
|--|---|-----------------------|--------------|----------------|----------|-----------------|--------|--------|--------|
| Type de propriétés | | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 | Note 1 | Note 2 | Note 3 | Note 4 |
| Nombre de surfaces proposées à l'interception des rayonnements | Nombre de surfaces bâties | | ≤ 1 | 1 à 5 | ≥ 5 | | 0 | 2 | 4 |
| | | | | | | | | | |
| Rugosité minérale / végétale source de perturbations radiatives (ombrage) et d'obstacles aux circulations des masses d'air | Ventilation de l'îlot | | < 31 | 31 à 36 | > 36 | | 1 | 2 | 3 |
| | Obstacle à la vue du ciel | | < 0,4 | 0,4 à 0,8 | > 0,8 | | 0 | 1 | 2 |
| | Rues étroites bordées d'immeubles hauts | | 2 à 3 | | | | -2 | 0 | 0 |
| | Ombrage lié aux arbres | | > 25 | > 10 à 25 | | | -2 | -1 | |
| Propriétés thermiques des matériaux et des surfaces avec ou sans eau (rafraîchissement) | Imperméabilisation des sols | | ≤ 30 | > 30 à 60 | > 60 | | -1 | 2 | 3 |
| | Propriétés thermiques des matériaux | | 1600 | > 1600 | > 1700 | | 0 | 2 | 4 |
| | Présence de végétation dans l'îlot | 66 à 100 | 33 à < 66 | 10 à < 33 | ≤ 10 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | Proximité de l'îlot à un bois ou une forêt | oui | | non | | -1 | | 0 | |
| | Proximité de l'îlot à un cours d'eau ou à un plan d'eau | > 0,3 | > 0,15 à 0,3 | 0,05 à 0,15 | < 0,05 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | | oui | | non | | -1 | | 0 | |
| Réfléchissement du rayonnement solaire (albédo) par les matériaux et surfaces | Réfléchissement de la lumière | | > 0,2 | > 0,15 à ≤ 0,2 | ≤ 0,15 | | -2 | 1 | 2 |
| Chaleur anthropogénique | Chaleur produite par l'activité humaine | | ≤ 0,1 | > 10 à 30 | > 30 | | 0 | 1 | 2 |

Figure 69: Synthèse du calcul score potentiel ICU - Gare Saint-Jean, Bordeaux (auteure)

L'ensemble des éléments d'analyse de l'îlot de la gare Saint-Jean permet d'obtenir un score total de 15 (cf. Figure 69). Ce site peut donc être considéré comme un ICU fort.

Ces résultats ont ensuite été croisés avec la vulnérabilité du territoire, c'est-à-dire avec la sensibilité des biens et des personnes, et les ressources territoriales disponibles pour y faire face.

Dans le cas de la gare Saint-Jean, la part de population âgée de plus de 65 ans représente plus de 20% dont 6% de plus de 80 ans, pour les résidents à proximité du site. Ce sont d'autant

plus de populations fragiles vis-à-vis des vagues de chaleur. En termes de densité, la commune de Bordeaux se caractérise par sa forte densité (plus de 5000 hab/km²).

Enfin, ce sont davantage les dispositifs de rafraîchissements qui posent question. La proximité de la Garonne permet d'apporter de la fraîcheur grâce à la présence de l'eau. Toutefois, la faible proportion d'espaces boisés, de parcs et de jardins à proximité (cf. Figure 70), renforce l'effet îlot de chaleur et l'inconfort des habitants.



Figure 70 : Surfaces perméables (forêts, couvert arboré) Gare Saint-Jean (auteure, données OpenData Bordeaux Métropole, 2016)

De la même manière que pour la gare Saint-Jean, il est difficile de faire correspondre une typologie de LCZ avec le tissu urbain de la **place Saint-Projet** de Bordeaux. La catégorie qui s'approche le plus de la réalité est la suivante :

Zone 2 : Ensemble d'immeubles compact



En ce qui concerne la typologie urbaine, l'îlot comporte une forte densité bâtie, du fait des immeubles haussmanniens de grande hauteur (R+3 ou R+4 en moyenne) (cf. Figure 71). Si la proportion d'obstacle à la vue du ciel est faible, les dimensions réduites de la place ne permettent pas une ventilation suffisante pour un rafraîchissement satisfaisant. De plus, la forte proportion de surfaces imperméabilisées (cf. Figure 72), les matériaux de revêtement de sols et de toiture ayant un albédo élevé, ainsi que les flux importants de chaleur anthropique, en lien avec les appareils de climatisation des différents commerces, favorisent le réchauffement de l'espace extérieur.



Figure 71: Vue aérienne de la Place Saint-Projet Bordeaux et de son environnement proche (Google Earth)

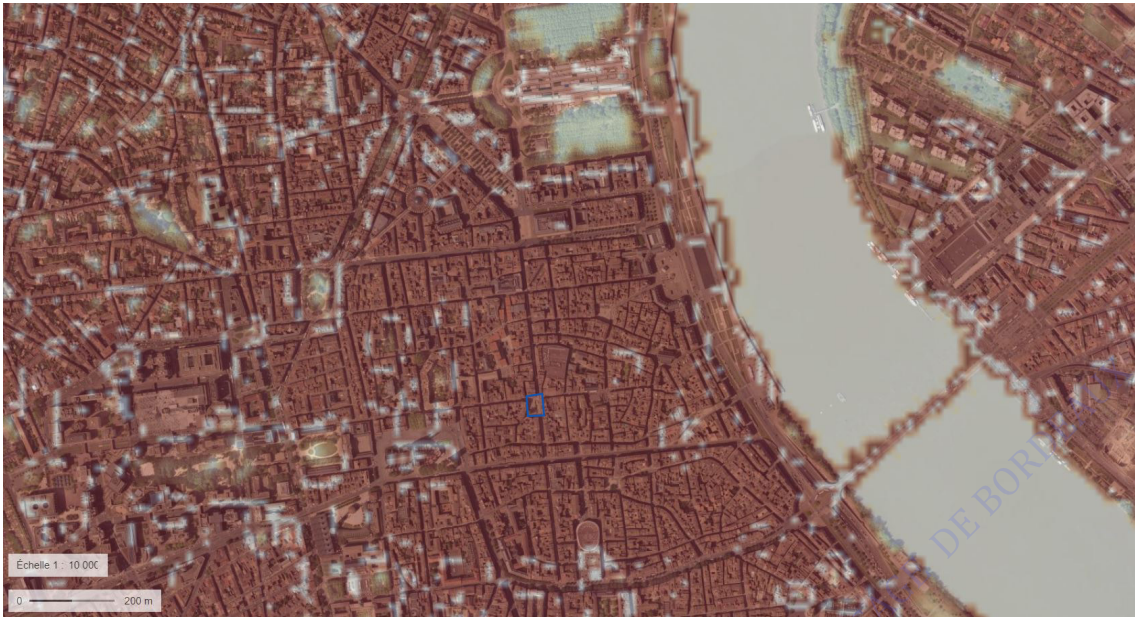


Figure 72: Surfaces imperméables Place Saint-Projet (sols et bâti) (Corine Land Cover - IGN)

| SYNTHÈSE ALEA DE JOUR | | Définition des seuils | | | | Notes associées | | | | |
|--|---|---------------------------|--------------|----------------|----------|-----------------|--------|--------|--------|---|
| | | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 | Note 1 | Note 2 | Note 3 | Note 4 | |
| Type de propriétés | Nombre de surfaces proposées à l'interception des rayonnements | Nombre de surfaces bâties | ≤ 1 | 1 à 5 | ≥ 5 | | 0 | 2 | 4 | |
| | | | | | | | | | | |
| Rugosité minérale / végétale source de perturbations radiatives (ombrage) et d'obstacles aux circulations des masses d'air | Ventilation de l'îlot Obstacle à la vue du ciel Rues étroites bordées d'immeubles hauts Ombrage lié aux arbres | | < 31 | 31 à 36 | > 36 | | 1 | 2 | 3 | |
| | | | < 0,4 | 0,4 à 0,8 | > 0,8 | | 0 | 1 | 2 | |
| | | | 2 à 3 | | | | | -2 | 0 | 0 |
| | | | > 25 | > 10 à 25 | | | | -2 | -1 | |
| Propriétés thermiques des matériaux et des surfaces avec ou sans eau (rafraîchissement) | Imperméabilisation des sols Propriétés thermiques des matériaux Présence de végétation dans l'îlot Proximité de l'îlot à un bois ou une forêt Présence d'eau dans l'îlot Proximité de l'îlot à un cours d'eau ou à un plan d'eau | | ≤ 30 | > 30 à 60 | > 60 | | -1 | 2 | 3 | |
| | | | 1600 | > 1600 | > 1700 | | 0 | 2 | 4 | |
| | | 66 à 100 | 33 à < 66 | 10 à < 33 | ≤ 10 | | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | | oui | | non | | | -1 | | 0 | |
| | | > 0,3 | > 0,15 à 0,3 | 0,05 à 0,15 | < 0,05 | | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | | oui | | non | | | -1 | | 0 | |
| Réfléchissement du rayonnement solaire (albédo) par les matériaux et surfaces | Réfléchissement de la lumière | | > 0,2 | > 0,15 à ≤ 0,2 | ≤ 0,15 | | -2 | 1 | 2 | |
| | | | | | | | | | | |
| Chaleur anthropogénique | Chaleur produite par l'activité humaine | | ≤ 0,1 | > 10 à 30 | > 30 | | 0 | 1 | 2 | |

Figure 73: Synthèse de calcul score potentiel ICU - Place Saint-Projet (auteure)

L'ensemble des éléments d'analyse de l'îlot de la place Saint-Projet permet d'obtenir un score total de 14 (cf. Figure 73). Ce site peut donc être considéré comme un ICU fort.

Ces résultats ont ensuite été croisés avec la vulnérabilité du territoire, c'est-à-dire avec la sensibilité des biens et des personnes, et les ressources territoriales disponibles pour y faire face.

Dans le cas de la place Saint-Projet, la part de population âgée de plus de 65 ans représente plus de 18% dont 5% de plus de 80 ans, pour les résidents à proximité du site. Les populations fragiles vis à vis des vagues de chaleur sont donc

assez peu représentées sur ce secteur. En termes de densité, de la même manière que pour la Gare Saint-Jean, le secteur se caractérise par une forte densité (plus de 5000 hab/km² en 2017).

Enfin, en ce qui concerne les dispositifs de rafraîchissement, il n'existe que très peu d'espaces boisés et de parcs, ou jardins à proximité (cf. Figure 74), ce qui renforce l'effet îlot de chaleur et l'inconfort des habitants



Figure 74 : Surfaces perméables (forêts, couvert arboré) Place Saint-Projet, Bordeaux (auteure, données OpenData Bordeaux Métropole, 2016)

Une typologie de LCZ constitue majoritairement le tissu urbain de l'îlot **Rives d'Arcins de Bègles** :

Zone 8 : Grandes emprises tertiaires, bâti bas

© Stewart, 2011



En ce qui concerne la typologie urbaine, l'îlot comporte des bâtiments de grande emprise, mais peu denses (cf. Figure 75). De plus, la proportion d'obstacles étant faible, cela permet un facteur de vue du ciel élevé et donc un rafraîchissement satisfaisant de l'espace. En revanche, la forte proportion de surfaces imperméabilisées (cf. Figure 76), les matériaux de revêtement de sols et de toitures ayant un albédo élevé, ainsi que les flux importants de chaleur anthropique, en lien avec les transports motorisés, favorisent le réchauffement de l'espace.



Figure 75: Vue aérienne du Centre commercial Rives d'Arcins, Bègles et de son environnement proche ©Google Earth

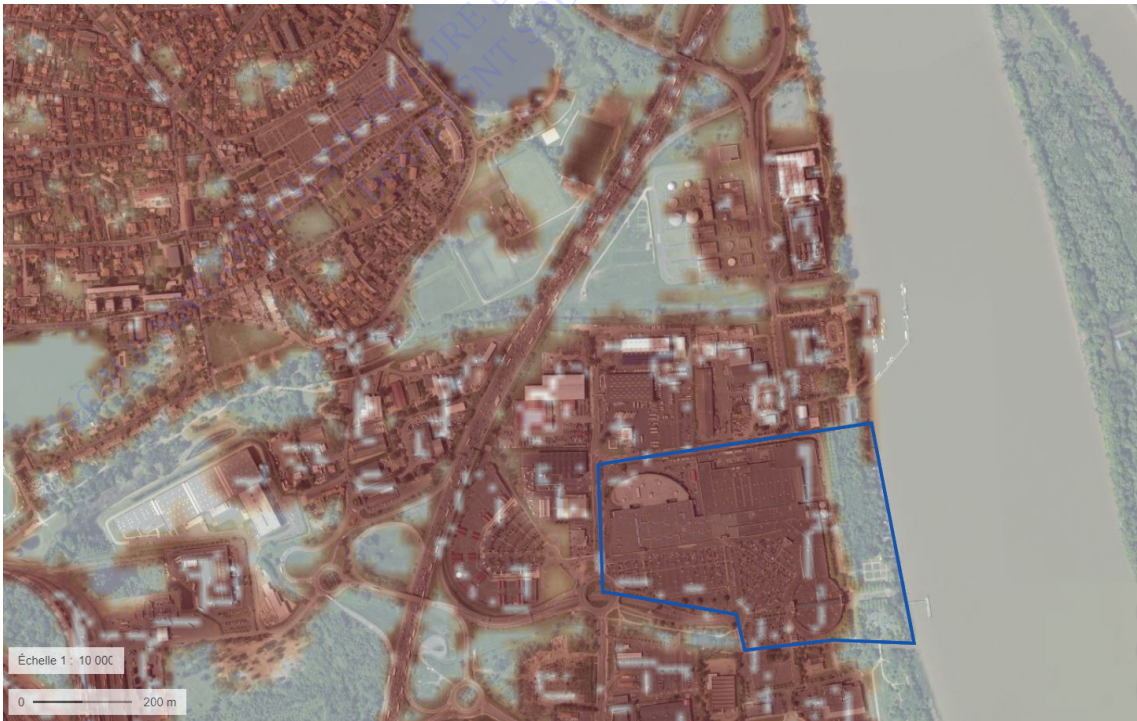


Figure 76: Surfaces imperméables du centre commercial Rives d'Arcins, Bègles (sols et bâti) (Corine Land Cover - IGN)

| SYNTHESE ALEA DE JOUR | | Définition des seuils | | | | Notes associées | | | |
|--|---|-----------------------|--------------|----------------|----------|-----------------|--------|--------|--------|
| Type de propriétés | | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 | Note 1 | Note 2 | Note 3 | Note 4 |
| Nombre de surfaces proposées à l'interception des rayonnements | Nombre de surfaces bâties | | ≤ 1 | 1 à 5 | ≥ 5 | | 0 | 2 | 4 |
| | | | < 31 | 31 à 36 | > 36 | | 1 | 2 | 3 |
| Rugosité minérale / végétale source de perturbations radiatives (ombrage) et d'obstacles aux circulations des masses d'air | Ventilation de l'îlot | | < 0,4 | 0,4 à 0,8 | > 0,8 | | 0 | 1 | 2 |
| | Obstacle à la vue du ciel | | 2 à 3 | | | | -2 | 0 | 0 |
| | Rues étroites bordées d'immeubles hauts | > 25 | > 10 à 25 | | | -2 | -1 | | |
| | Ombrage lié aux arbres | | | | | | | | |
| Propriétés thermiques des matériaux et des surfaces avec ou sans eau (rafraîchissement) | Imperméabilisation des sols | | ≤ 30 | > 30 à 60 | > 60 | | -1 | 2 | 3 |
| | Propriétés thermiques des matériaux | | 1600 | > 1600 | > 1700 | | 0 | 2 | 4 |
| | Présence de végétation dans l'îlot | 66 à 100 | 33 à < 66 | 10 à < 33 | ≤ 10 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | Proximité de l'îlot à un bois ou une forêt | oui | | non | | -1 | | 0 | |
| | Proximité de l'îlot à un cours d'eau dans l'îlot | > 0,3 | > 0,15 à 0,3 | 0,05 à 0,15 | < 0,05 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | Proximité de l'îlot à un cours d'eau ou à un plan d'eau | oui | | non | | -1 | | 0 | |
| Réfléchissement du rayonnement solaire (albédo) par les matériaux et surfaces | Réfléchissement de la lumière | | > 0,2 | > 0,15 à ≤ 0,2 | ≤ 0,15 | | -2 | 1 | 2 |
| Chaleur anthropogénique | Chaleur produite par l'activité humaine | | ≤ 0,1 | > 10 à 30 | > 30 | | 0 | 1 | 2 |

Figure 77: Synthèse de calcul score potentiel ICU - Centre Commercial Rives d'Arcins - Bègles (auteure)

L'ensemble des éléments d'analyse de l'îlot du centre commercial Rives d'Arcins permet d'obtenir un score total de 8 (cf. Figure 77). Ce site est donc identifié comme un ICU moyen.

Suivant la méthode LCZ, ces résultats ont ensuite été analysés en regard de la vulnérabilité du territoire, c'est-à-dire la sensibilité des biens et des personnes, et les ressources territoriales disponibles pour y faire face.

Dans le cas du centre commercial Rives d'Arcins, il est assez difficile d'évaluer la densité, ainsi que la part de population sensible. En effet, étant donné qu'il s'agit d'une zone d'activité, il n'existe que très peu d'habitants sur le secteur (8 habitants en 2017 selon l'INSEE). Cela n'a donc pas de sens d'évaluer

l'impact de ces deux paramètres. En revanche, la question de l'emploi est à prendre en compte, puisque ces zones d'activités commerciales concentrent une part importante d'employés, ce qui augmente la part de population potentiellement fragile vis-à-vis des fortes chaleurs.

En ce qui concerne les dispositifs de rafraîchissements, à la différence des trois autres sites étudiés, le centre commercial présente deux espaces juxtaposés: un espace de parking et un parc boisé en bord de Garonne. Si l'espace de parking très minéralisé est la source d'un grand dégagement de chaleur, la partie boisée permet un apport de fraîcheur directement à proximité, grâce à la présence de l'eau et de la végétation (cf. Figure 78).



Figure 78 : Surfaces perméables (forêts, couvert arboré) Centre Commercial Rives d'Arcins - Bègles (auteure, données OpenData Bordeaux Métropole, 2016)

Ainsi, l'analyse des quatre sites sélectionnés par la méthodologie LCZ (Local Climate Zone) a démontré qu'il s'agit bien de quatre ICU mesurés, mais avec des intensités différentes.

En effet, la place Charles de Gaulle à Mérignac et le Centre commercial Rives d'Arcins ont été identifiés comme des potentiels ICU moyens, tandis que la place Saint-Projet et la Gare Saint-Jean ont été identifiés comme des potentiels ICU forts.

2.2. La méthodologie croisée

2.2.1. Un ensoleillement important dû aux orientations et aux ombres portées insuffisantes

La **place Charles de Gaulle de Mérignac**, présente un très grand espace ouvert, représentant environ 16 900m², avec l'église en son centre.

Les modélisations de la course du soleil, montrent

que la place est exposée aux rayonnements solaires tout au long de la journée, et plus particulièrement dans sa partie sud. Les durées d'exposition des surfaces verticales et horizontales peuvent atteindre 12h en été, provoquant un fort stockage par les matériaux les constituant (cf. Figure 79).

Les bâtiments qui l'entourent, de par leur orientation, ne font que très peu d'ombre sur la place sur l'ensemble de la journée (cf. Figure 80).

Ainsi, les espaces d'ombre se situent essentiellement aux abords de l'église et de la médiathèque situé à l'ouest de l'îlot. Dans l'ensemble, l'ombre générée par les arbres en pots, qui ne croissent pas plus de deux ans, est insuffisante et n'atteindra jamais celle que l'on peut retrouver avec des arbres de pleine terre. Les dispositifs sont donc insuffisants pour permettre aux usagers de se rafraîchir, grâce aux espaces ombrés sur l'ensemble de l'îlot.

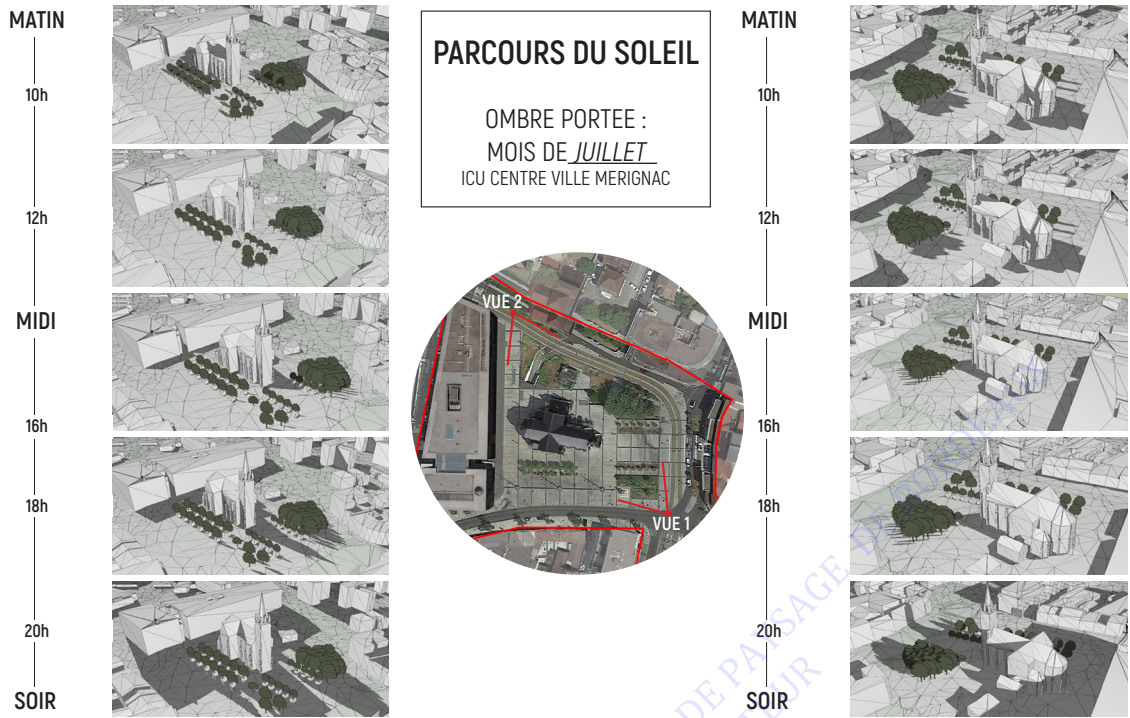


Figure 79: Modélisation de la course du soleil Place Charles de Gaulle, Mérignac (auteure)

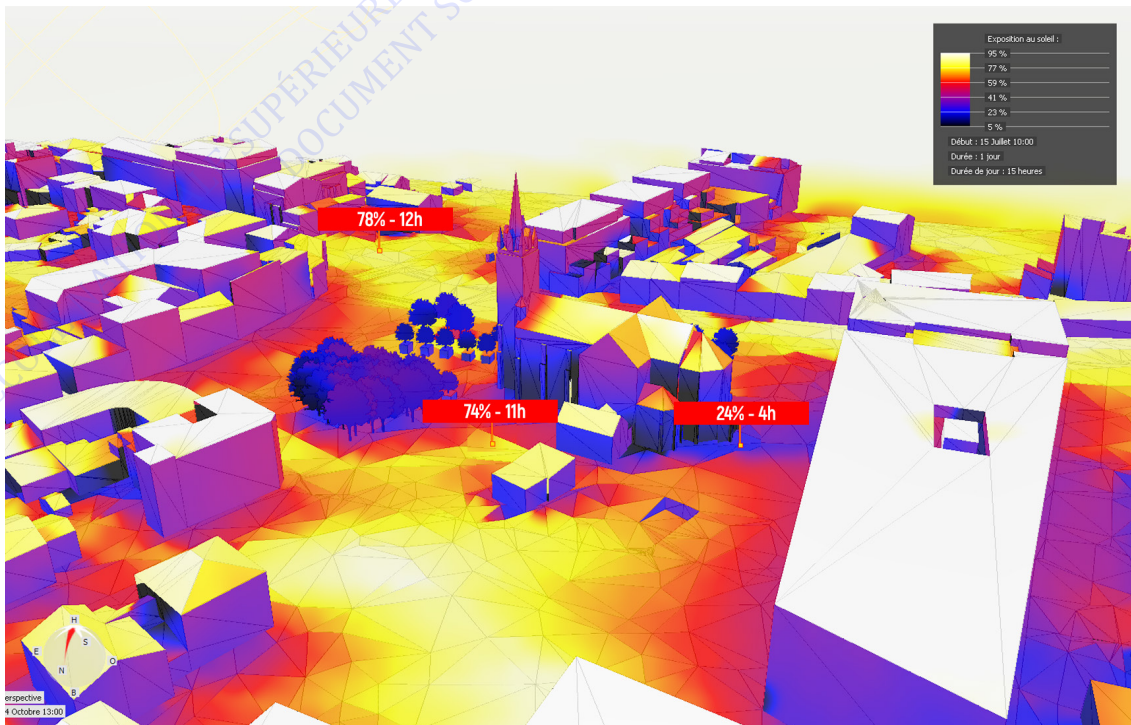


Figure 80 : Modélisation de l'impact des ombres portées sur l'espace public - Place Charles de Gaulle, Mérignac (auteure)

En termes de morphologie, le **parvis de la Gare Saint-Jean** représente un grand espace ouvert, d'environ 25 000 m², entouré par des bâtiments assez hauts (entre R+2 et R+4).

L'analyse des formes urbaines et des espacements entre les bâtis montre qu'une surface importante de l'îlot est exposée aux rayonnements solaires et particulièrement au niveau du parvis localisé à l'ouest de la place.

Les modélisations de la course du soleil montrent que le parvis de la gare est exposé de manière importante aux rayonnements solaires. Les durées d'exposition variant entre 5h et 13h selon la

localisation (cf. Figure 81).

Les bâtiments qui l'entourent ne font que très peu d'ombre sur le parvis. Seul le bâtiment de la gare permet de créer quelques espaces ombragés (cf. Figure 82).

Ainsi, les espaces ombragés se trouvent principalement aux abords du bâtiment de la gare, ainsi qu'au niveau des terrasses des commerces et des restaurants, où les arbres en pleine terre permettent de protéger des rayonnements solaires.

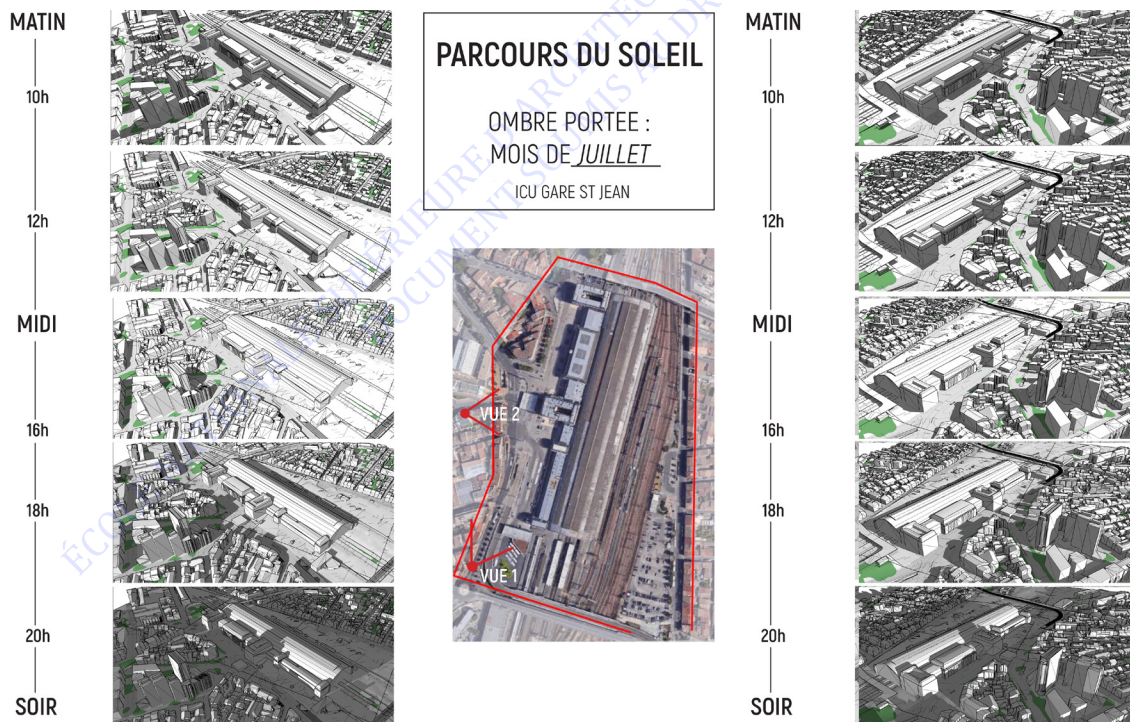


Figure 81 : Modélisation de la course du soleil, Gare Saint-Jean Bordeaux (auteur)

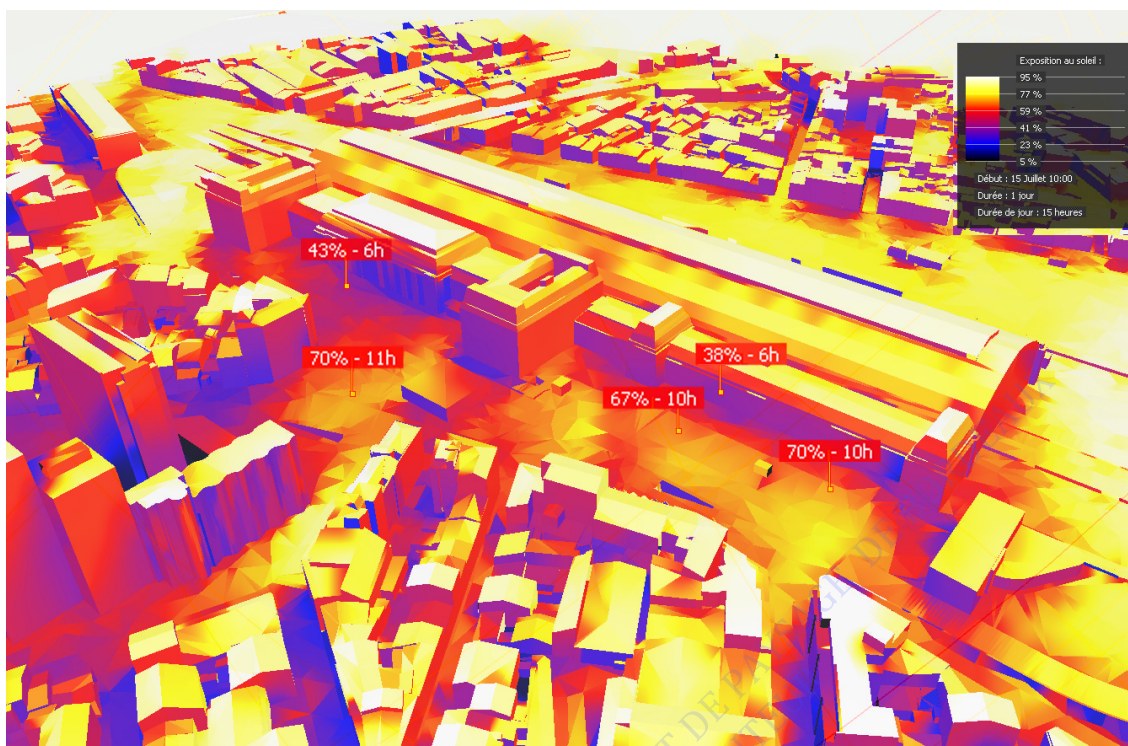


Figure 82 : Modélisation de l'impact des ombres portées sur l'espace public - Gare Saint-Jean Bordeaux (auteur)

La **place Saint-Projet**, quant à elle est un exemple type de place du cœur de ville historique. De petite dimension (environ 1 750 m²), elle est cloisonnée par des bâtiments assez hauts (R+3 minimum).

L'analyse du parcours du soleil révèle que la place reste finalement peu exposée aux rayonnements solaires, mais comporte malgré tout une période significative d'exposition en période la plus chaude (en milieu de journée). Les temps d'expositions restent toutefois faibles (entre 5 et 6h par jour en période estivale) (cf. Figure 83).

Les hauteurs des bâtiments, qui s'élèvent parfois sur six niveaux, permettent de bénéficier d'une exposition aux rayonnements solaires réduite (cf. Figure 84).

Les espaces ombragés varient en fonction de la course du soleil, cependant, la façade sud, qui comporte la fontaine, ainsi que l'espace sous le platane sont à l'ombre tout au long de la journée.

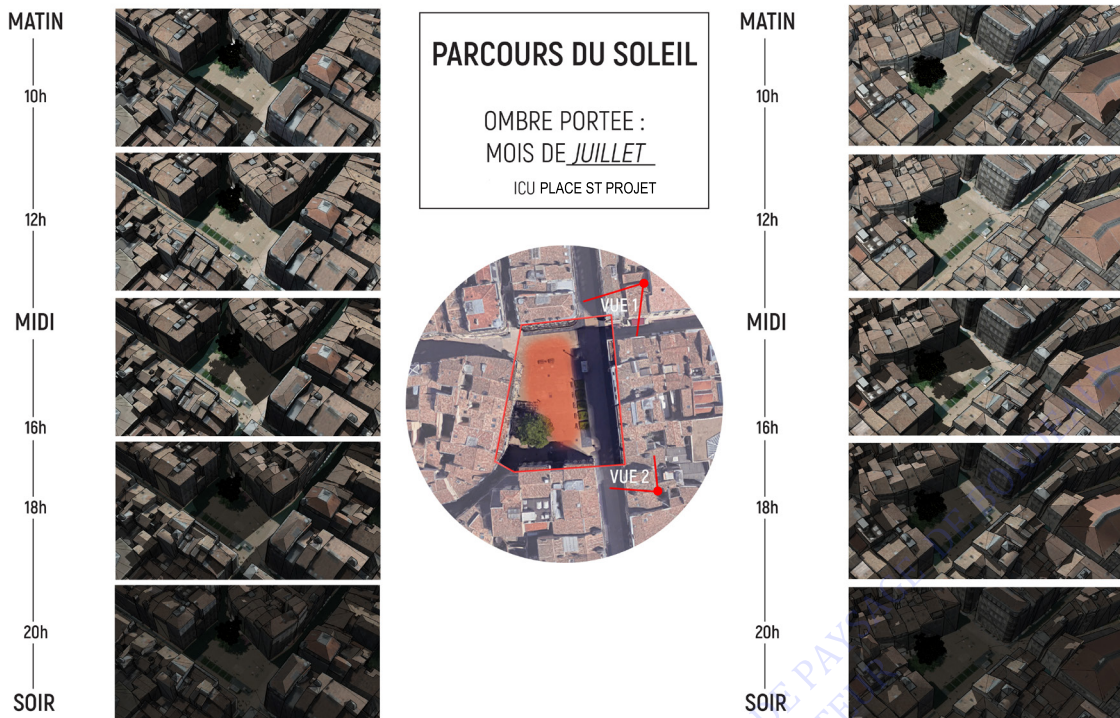


Figure 83 : Modélisation de la course du soleil, place Saint-Projet, Bordeaux (auteure)

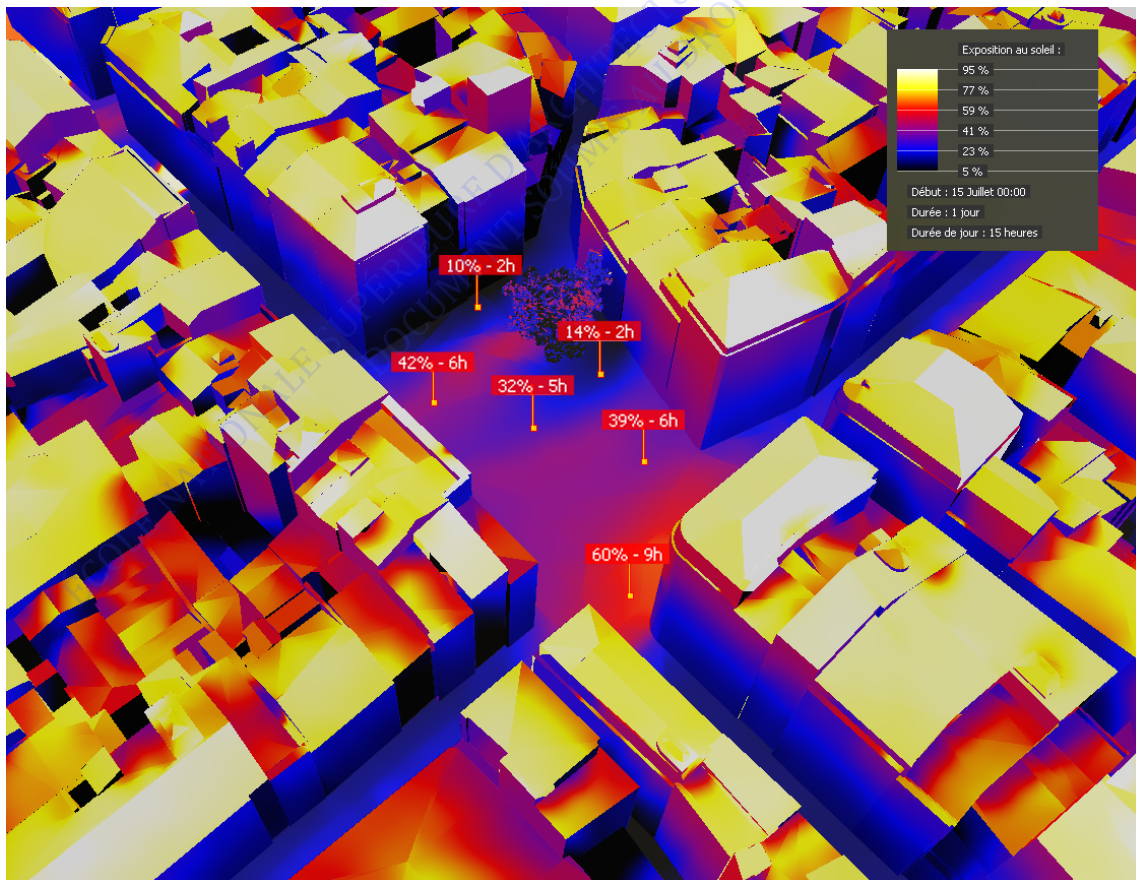


Figure 84 : Modélisation de l'impact des ombres portées sur l'espace public - Gare Saint-Jean Bordeaux (auteure)

Enfin, le centre commercial **Bègles Rives d'Arcins** est localisé sur un site de 240 000 m² de surface totale, le seul bâtiment présent ayant une emprise de 80 000 m². Il s'agit donc d'un grand espace ouvert, exposé aux rayonnements solaires tout au long de la journée, sur l'ensemble de sa surface. Les durées d'exposition des surfaces verticales et horizontales peuvent atteindre 12h en été, provoquant un fort stockage par les matériaux

les constituant (cf. Figure 85).

Etant donné qu'il n'existe qu'un seul bâtiment sur le site, l'ombre portée est très limitée (cf. Figure 86).

L'ensemble du site est ainsi exposé tout au long de la journée, sauf aux abords du bâtiment où les ombres portées, même si elles sont très limitées, existent.

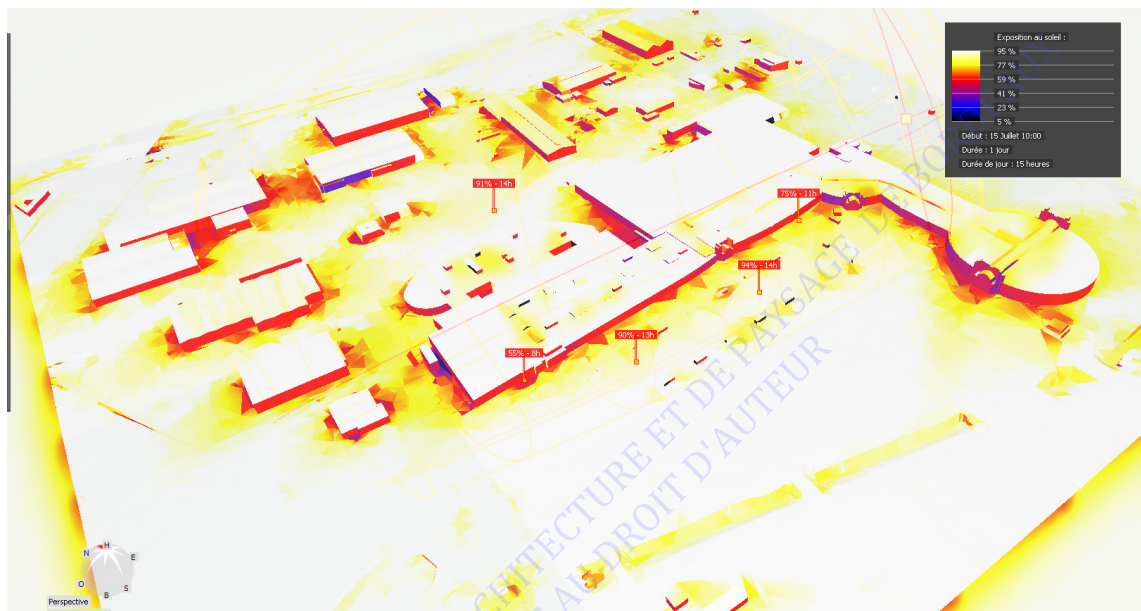


Figure 85 : Modélisation de l'impact des ombres portées sur l'espace public - Centre commercial Rives d'Arcins, Bègles (auteur)

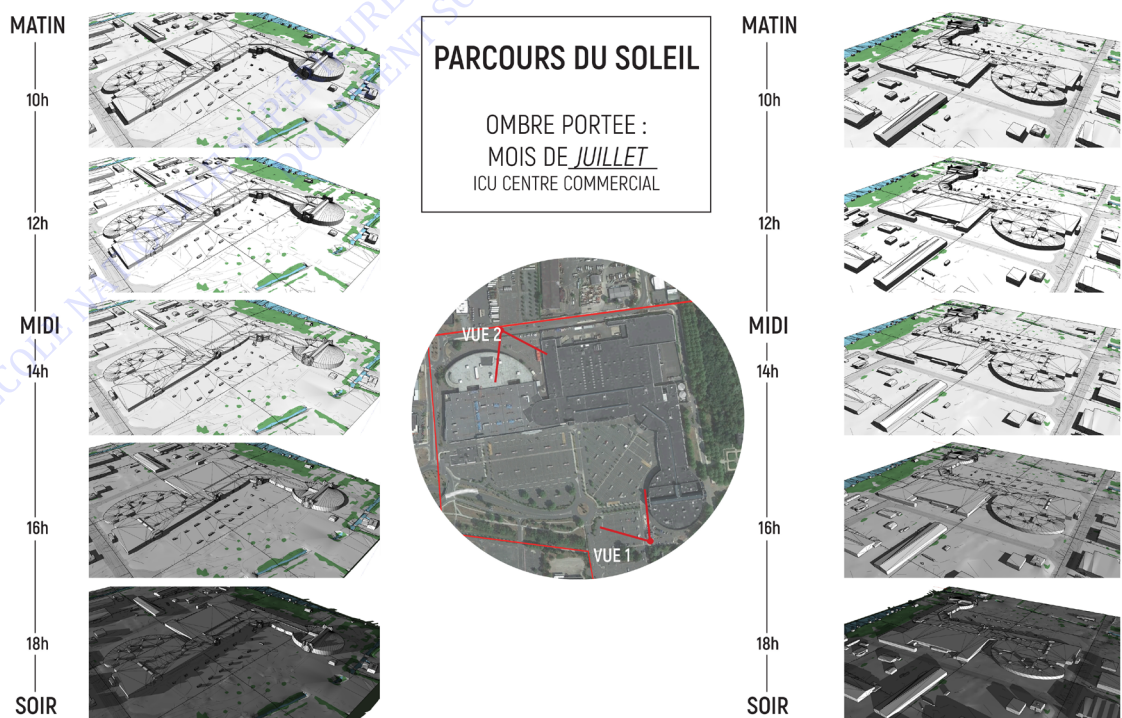


Figure 86 : Modélisation de la course du soleil - Centre commercial Rives d'Arcins, Bègles (auteur)

2.2.2. Des matériaux avec un albédo important

Au niveau des revêtements de sol, les matériaux présents sur la **place Charles de Gaulle de Mérignac**, comme sur les trois autres, sont principalement des bitumineux et présentent donc des albédos faibles, compris entre 0.10 et 0.4 (cf.

Figure 87), qui impliquent une forte absorption des rayonnements solaires. A l'opposé, les bâtiments de la place, soit l'église et la médiathèque, ont des façades en pierre de taille de couleur claire, plutôt favorable à la réflexion des rayonnements solaires (cf. Figure 88). La faible proportion des matériaux réfléchissants entraîne un impact modéré sur les caractéristiques thermiques de cet espace urbain.

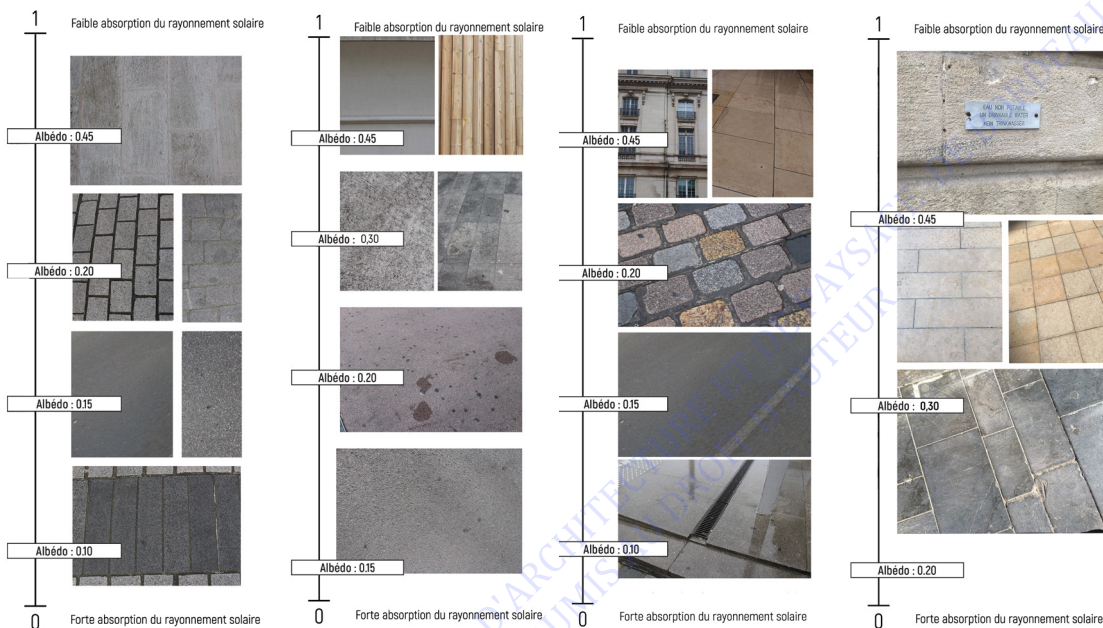


Figure 87 : Cartes des albédos, de gauche à droite Place Charles de Gaulle Mérignac, Bègles Rives d'Arcins, Gare Saint-Jean et place Saint-Projet (auteure)



Figure 88 : Revêtements de sols et façades de la place Charles de Gaulle, Mérignac (auteure)

De la même manière, au niveau **du parvis de la Gare Saint-Jean** (cf. Figure 89) ou de **la place Saint-Projet** (cf. Figure 90), les bâtiments en pierre de taille, de couleur claire, permettent de limiter l'absorption de l'énergie solaire, et n'ont donc que très peu d'impact sur le réchauffement du site.

Au contraire, les revêtements de sols de couleurs plus foncés et donc avec des albédos plus faibles, vont augmenter l'effet de l'îlot de chaleur.



Figure 89 : Revêtements de sols et façades parvis gare Saint-Jean, Bordeaux (auteure)



Figure 90 : Revêtements de sols et façades – place Saint-Projet, Bordeaux (auteure)

Ce phénomène s'observe aussi sur le site du **centre commercial Rives d'Arcins à Bègles**. Etant donné qu'il ne s'agit pas ici de routes qui entourent l'îlot, mais de tout un parking enrobé, l'impact est d'autant plus important (cf. Figure 91). Selon les experts, les températures de ce type de matériau peuvent avoir une température de surface allant jusqu'à 50°C, ce qui a une incidence très forte sur la température ambiante.

De plus, le site ne comportant que très peu de bâtiments, et comme ceux-ci sont de couleur claire (cf. Figure 92), leur impact est donc négligeable.

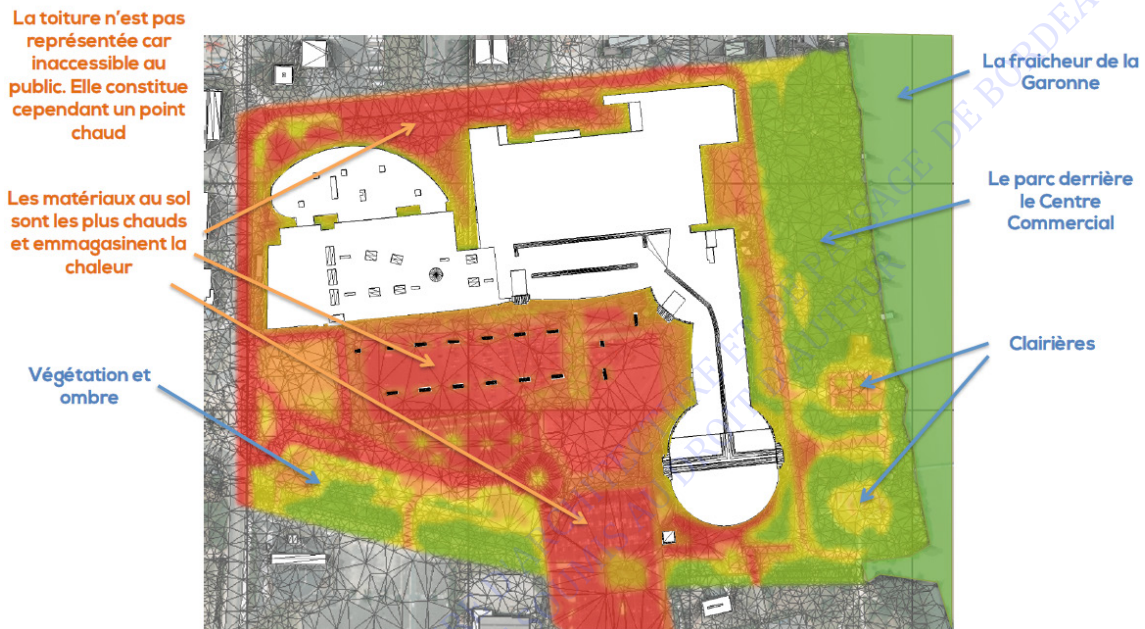


Figure 91 : Carte thermo infrarouge du centre commercial Rives d'Arcins, Bègles, (E-CIC, 2014)

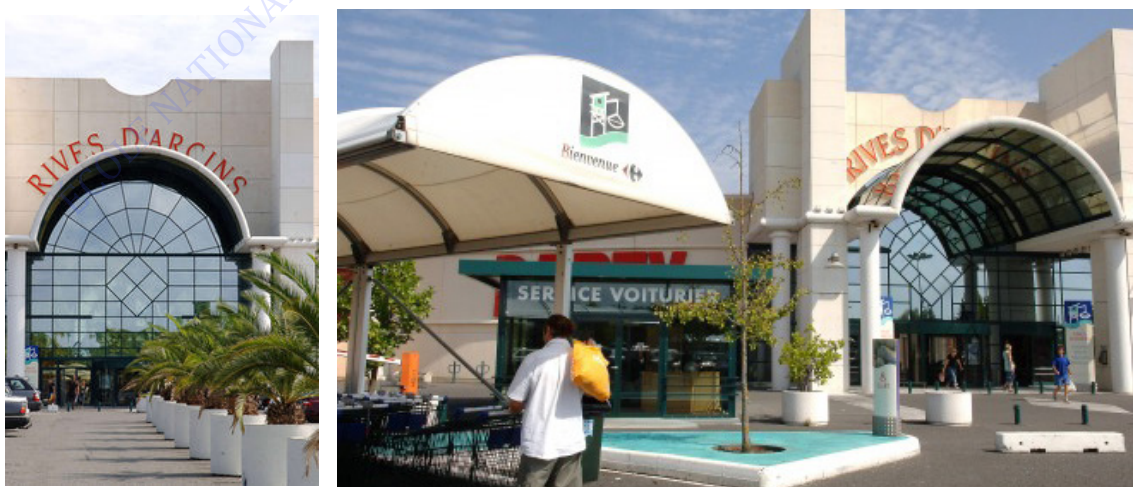


Figure 92 : Revêtements de sols et façades centre commercial Rives d'Arcins, Bègles (site officiel centre commercial)

2.2.3. Une présence d'eau et de végétation qui ne permet pas de limiter le phénomène

Au niveau de la **place Charles de Gaulle de Mérignac**, la végétation basse, ainsi que les arbres en pots (cf. Figure 93) ne permettent pas de fournir une ombre et une évapotranspiration suffisante pour rafraîchir une place d'une telle dimension.

Toutefois, des jets d'eau, encastrés dans le sol, sur le parvis de l'église (cf. Figure 94) à proximité des arbres en pots, permettent d'abaisser les températures de surface et aux enfants de se mouiller en cas de très forte chaleur. Ce rafraîchissement reste très localisé dans l'espace et dans le temps, surtout qu'aucun mobilier urbain ne permet de s'installer à proximité de façon durable.

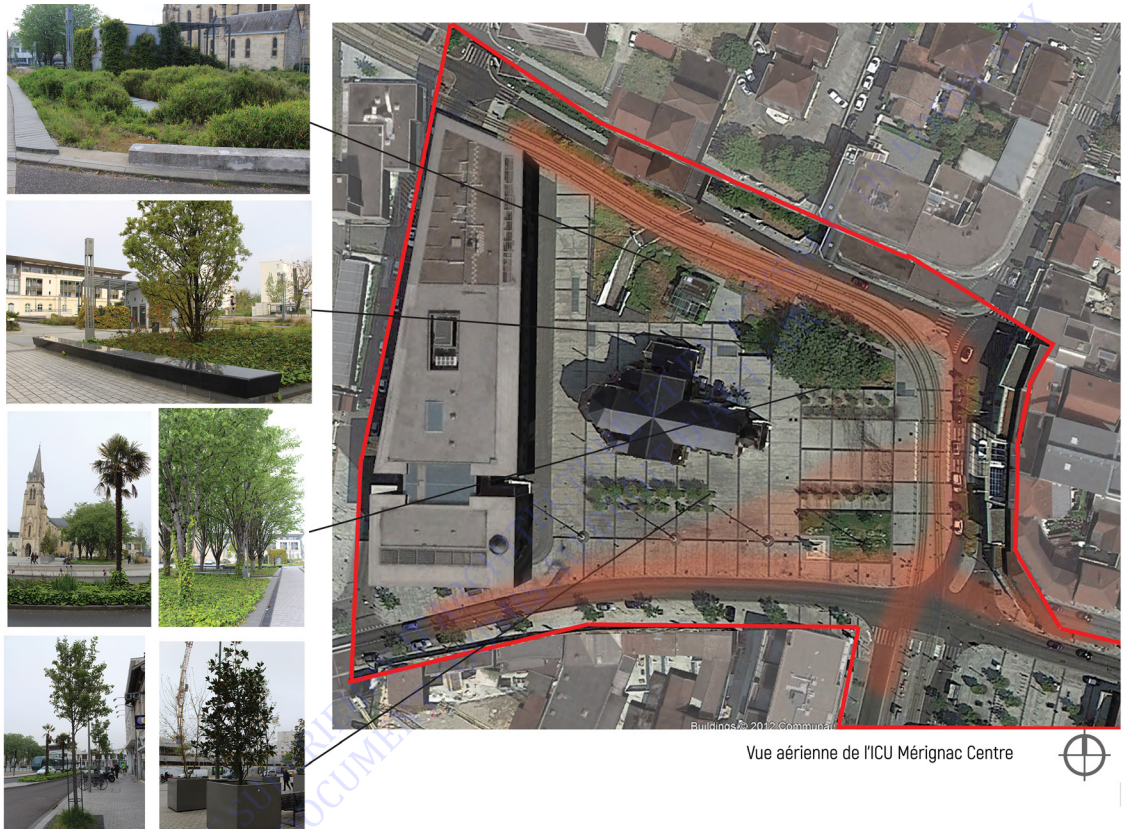


Figure 93 : Repérage de la végétation, Place Charles de Gaulle, Mérignac (auteure)

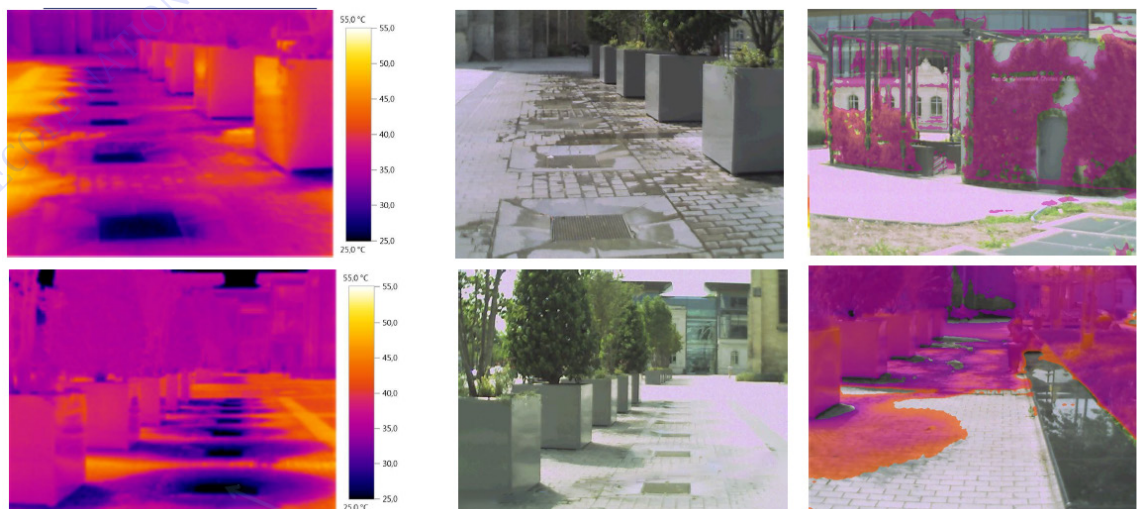


Figure 94 : Photographie thermo-infrarouge des systèmes de rafraîchissement de la place Charles de Gaulle, Mérignac (E-CIC, 2014)

Le parvis de la gare Saint-Jean est un espace très minéral, qui ne comporte aucun accès direct à l'eau ou à la végétation, excepté une fontaine excentrée (cf. Figure 95). Le seul espace végétalisé sert davantage pour les terrasses des cafés et des restaurants qui font face au bâtiment de la gare. Ces éléments plantés apportent pourtant un réel effet de rafraîchissement, puisqu'ils procurent une ombre portée importante.

De la même manière, **la place Saint-Projet** est un espace très minéral, qui comporte une fontaine et un platane centenaire, celui-ci permet de créer des espaces ombragés tout au long de la journée (cf. Figure 96). Ces espaces sont davantage utilisés par les terrasses, tandis que le mobilier urbain se trouve en plein soleil. Des haies plantées de faible hauteur sont aussi présentes en périphérie de la place.

La fontaine, accolée au bâtiment, présente un petit bassin contenant une lame d'eau et permet aux usagers qui se déchaussent, de se rafraîchir.

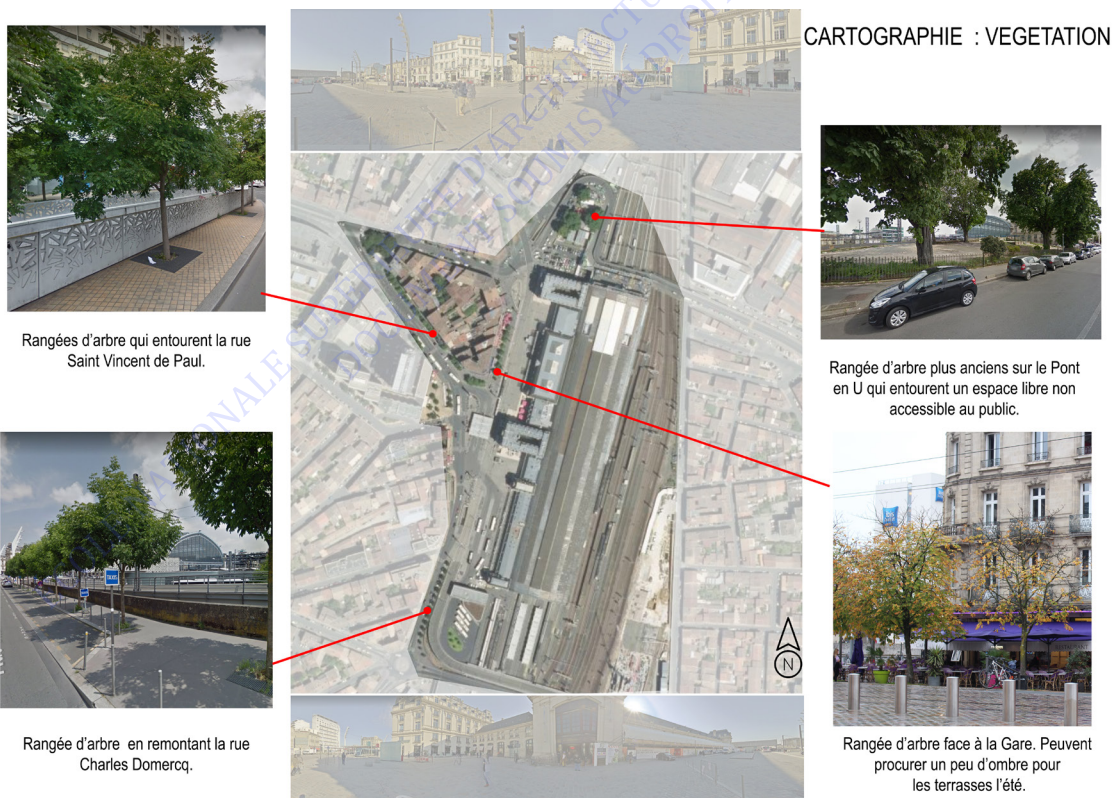


Figure 95 : Repérage de la végétation, Gare Saint-Jean Bordeaux (auteure)



Figure 96 : Repérage de la végétation et des points d'eau, place Saint-Projet, Bordeaux (auteure)

Enfin, le centre commercial Rives d'Arcins, présente quelques rares éléments arborés au niveau du parking. Mais c'est au bord de la Garonne que se trouve le parc urbain (cf. Figure 97). Cet espace, constitué d'une végétation dense et des éléments d'eau (Garonne, Esteys) est aménagé telle une promenade le long des berges.

L'impact de cet aménagement paysager est majeur. Les températures de surface au sein du parc sont environ 20°C inférieure à celles de la zone commerciale qui peut atteindre les 50°C (cf. Figure 98).



Figure 97 : Repérage de la végétation, centre commercial Rives d'Arcins, Bègles (auteure)

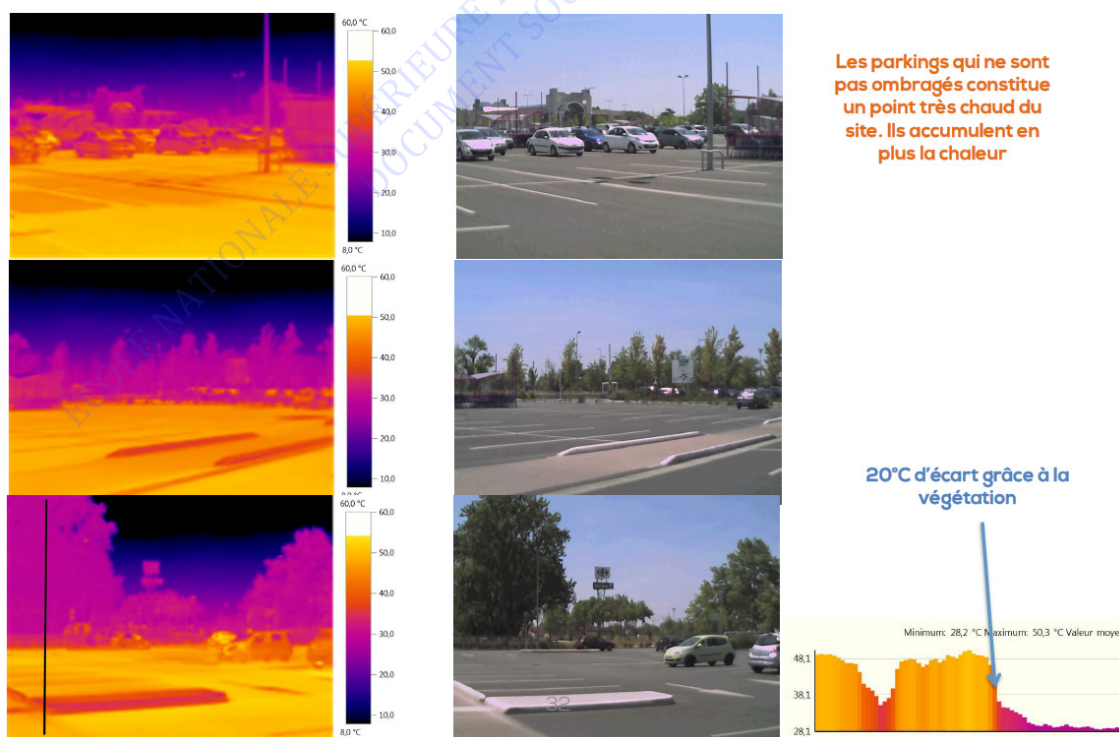


Figure 98 : Prise de mesures horizontales sur le parking du centre commercial Rives d'Arcins, Bègles (E-CIC, 2014)

2.2.4. Une chaleur anthropique qui exacerbe le phénomène

Concernant le dégagement de chaleur anthropique, il peut provenir des transports motorisés, mais aussi des industries, des climatisations, ... Dans le cas de **Mérignac**, et de la **gare Saint-Jean**, les places sont entourées de voies de circulation, où en plus des nombreux véhicules qui circulent quotidiennement, les transports en commun sont très présents. Le centre de la **place Charles de Gaulle** est utilisé, quant à lui, pour des usages municipaux et associatifs et pour le marché deux fois par semaine, peu producteurs de chaleur. La faible densité de bâti, de commerces, et donc de potentiels systèmes de rafraîchissement (de type climatisation), est également un élément favorable à la limitation de dégagement de chaleur sur ce site.

Concernant la **gare Saint-Jean**, étant donné qu'il s'agit d'un pôle multimodal, un grand nombre de véhicules à moteur circule autour de la place (bus, taxis, voitures personnelles, navettes, etc.), le cœur de celle-ci restant dédié aux piétons. Toutefois, la gare et les commerces étant climatisés, la chaleur dégagée par ses appareils se ressent dans l'espace public.

La **place Saint-Projet** est le seul site intégralement piéton, parmi les espaces étudiés. Seuls les véhicules de livraison et les véhicules d'urgence y sont autorisés à circuler. Toutefois, même sans dégagement direct de chaleur lié à la circulation des véhicules, une chaleur importante a été mesurée sur site. Cela est lié aux nombreux espaces commerciaux et de restauration dont les espaces intérieurs sont climatisés. Ces dispositifs techniques intérieurs de rafraîchissement dégagent une chaleur importante dans les espaces extérieurs et donc favorisent le phénomène d'îlot de chaleur.

A l'opposé de la place Saint-Projet, le **centre commercial Rives d'Arcins** est un espace intégralement dédié à la circulation motorisée. Le parking n'est pas un lieu de déambulation pour les piétons, même si quelques aménagements au sols (revêtement spécifiques) sont mis en place. Du plus, la climatisation de l'ensemble des commerces de la galerie (près de 130 boutiques), chacune refroidie autour de 18 / 20°C produit un dégagement de chaleur très important sur l'extérieur, qui peut aller jusqu'à une augmentation de la température de 2°C. Ainsi, l'apport de chaleur anthropique très important sur ce site renforce le phénomène d'îlot de chaleur.

En somme, la formation des îlots de chaleur de la **place Charles de Gaulle de Mérignac** et de la **Gare Saint-Jean** s'expliquent d'un point de vue physique essentiellement par une forte pénétration des rayons solaires du fait de l'orientation des places et de leurs grandes dimensions, de la nature des matériaux utilisés (albédos faibles) et d'une végétation peu présente et de petite taille.

En ce qui concerne la **place Saint-Projet**, le phénomène s'explique par une pénétration des rayonnements solaires aux heures les plus chaudes, qui du fait des matériaux utilisés, notamment au sols (albédos faibles) ne permettent pas de rafraîchir la place. La forte minéralité (absence de végétation) et les dégagements de chaleur anthropique liés aux climatisations des commerces et des restaurants renforcent le phénomène.

Enfin, l'îlot de chaleur du **centre commercial Bègles Rives d'Arcins**, de manière physique s'explique par la forte pénétration des rayonnements solaires, du fait de l'absence de bâtiments sur le site. Ainsi exposé tout au long de la journée et du fait des matériaux de revêtement de sol à très faible albédo, qui absorbent donc fortement la chaleur, les températures ambiantes augmentent rapidement et intensément. A cela s'ajoutent les dégagements anthropiques à la fois des véhicules motorisés, mais aussi des climatisations des nombreuses boutiques de la galerie commerciale, qui renforcent le phénomène.

II. Des îlots de chaleur métropolitains « ressentis » ?

2.1. Les ressentis des usagers

Les différents sites ont été découpés en zones, correspondant à des usages plus spécifiques. La **Place Charles de Gaulle** a été divisée en 5 zones (cf. Figure 99) :

- zone 1 : Arrêts des transports en commun, commerces, axes de circulation ;
- zone 2 : Commerces, axes de circulation, tramway, flux piéton ;
- zone 3 : Agrément, jets d'eau, flux piéton ;
- zone 4 : Parvis de l'église, marché et activités, flux piéton, accès piéton parking souterrain ;
- zone 5 : Accès véhicule parking souterrain, tramway, flux piéton.

Ce sont 45 personnes qui ont accepté de participer à la campagne d'enquête (cf. annexe 4), avec une majorité d'usagers interrogés en zone 4 (28%) et en zone 1 (18%), zones les plus fréquentées de la place.

L'échantillon ainsi constitué se caractérise par des usagers vivant ou travaillant majoritairement à proximité du site d'étude (avec respectivement 60% et 78% des personnes interrogées) et qui fréquentent le lieu plusieurs fois par semaine (49%) voire tous les jours (30%) et pour diverses raisons (travail, domicile, festival, promenade, marché, médiathèque, transports en commun, ...).

La place Charles de Gaulle est appréciée par les usagers qui la trouvent tout à fait agréable (55.6%) (même si certains d'entre eux craignent que les nouvelles constructions ne la dénaturent) et tout à fait sûre (51.1%). Les avis sont davantage partagés quant à l'esthétique du lieu, avec une forte nostalgie pour l'ancien aménagement avec les arbres en pleine terre :

« Avant ici, il y avait six beaux arbres, franchement je ne comprends pas pourquoi ils les ont coupés... et pourquoi ? pour ces arbres en pots ? Franchement ils auraient mieux fait de s'abstenir, c'était mieux avant. »⁸

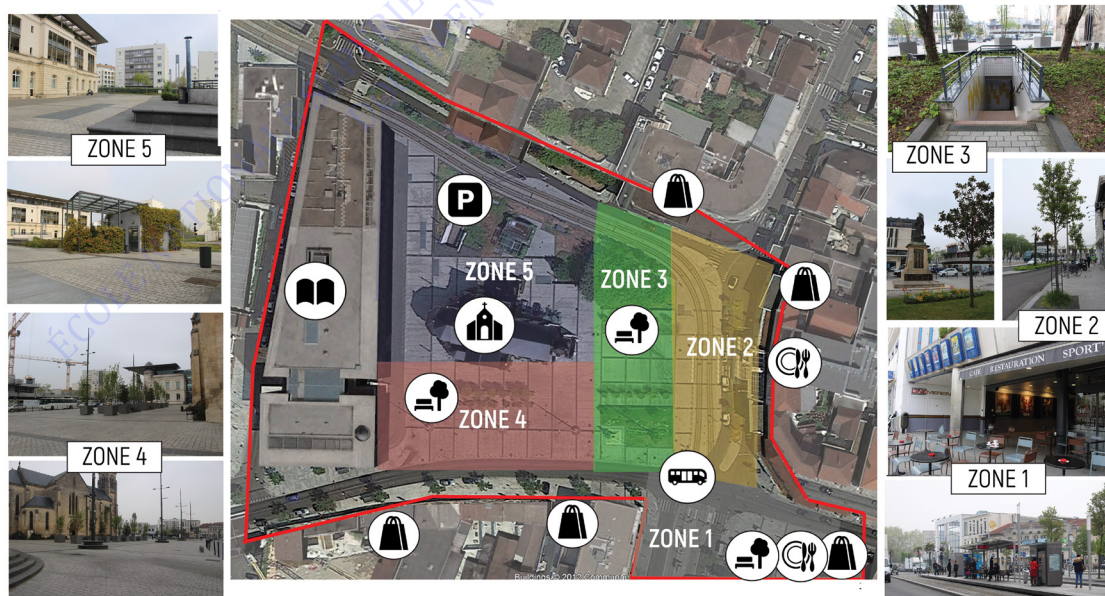


Figure 99: Cartographie des usages place Charles de Gaulle, Mérignac (auteure)

8 - Propos d'un habitant recueilli pendant la campagne d'enquête.

Le manque de végétation est également associé par les usagers au stress thermique ressenti sur la place en été, avec 79% de personnes plutôt gênées à tout à fait gênées.

Dans le cas de la place Charles de Gaulle, l'ICU identifié par la mesure est également identifié par les usagers, avec une problématique particulièrement marquée sur le parvis de l'église, fréquenté très régulièrement et sur des durées assez longues lors des événements commerciaux ou associatifs qui s'y déroulent (marché, festival, ...). Toutefois, l'analyse des résultats montre que le niveau de gêne ressenti dépend, au-delà des caractéristiques physiques du site, de la raison de la fréquentation et de l'attachement au lieu.

Le parvis de la gare Saint-Jean, quant à lui, a été divisé en 6 zones (cf. Figure 100) :

- Zone 1 : Mobilier urbain, entrée gare, arrêts taxis ;
- Zone 2 : Parvis, voie tram, entrées bâtiment ;
- Zone 3 : Terrasses restaurants, commerces ;
- Zone 4 : Flux routiers, arrêt de bus et de tram, lieu d'attente ;
- Zone 5 : Flux routiers, commerces, hôtels, terrasses cafés ;
- Zone 6 : Parking silo, accueil gare côté Belcier ;

35 personnes ont accepté de participer à la campagne d'enquête réalisée en hiver, et 40 personnes à la campagne d'enquête estivale (cf. annexe 5), avec une majorité d'usagers interrogés en zone 1 (31%) et en zone 2 (34%), zones les plus fréquentées du site. Une autre part importante des personnes interrogées (15%) se localise au niveau de la zone 3, c'est-à-dire au niveau des terrasses des restaurants, à l'ombre des arbres.

Contrairement à la place Charles de Gaulle, l'échantillon se caractérise majoritairement par des usagers ne vivant, ni ne travaillant à proximité du site d'étude (avec respectivement 84% et 92% des personnes interrogées) et qui fréquentent le lieu plusieurs par mois (37%) ou par an (37%) et pour des raisons principalement liées aux transports (attente d'un train, attente d'une correspondance transports bus ou tram, manger en terrasse, promenade, ...).

Le parvis de la gare Saint-Jean est apprécié par les usagers qui le trouvent plutôt tout à fait agréable (59.3%), et tout à fait sûr (45.6%). Toutefois, si le manque de végétation se fait ressentir en hiver, en été il devient un sujet préoccupant.

Le manque de végétation est également associé par les usagers au stress thermique ressenti sur la place en été, avec 22% de personnes plutôt gênées à tout à fait gênées lors du questionnaire hivernal, tandis que plus de 61.5% des usagers

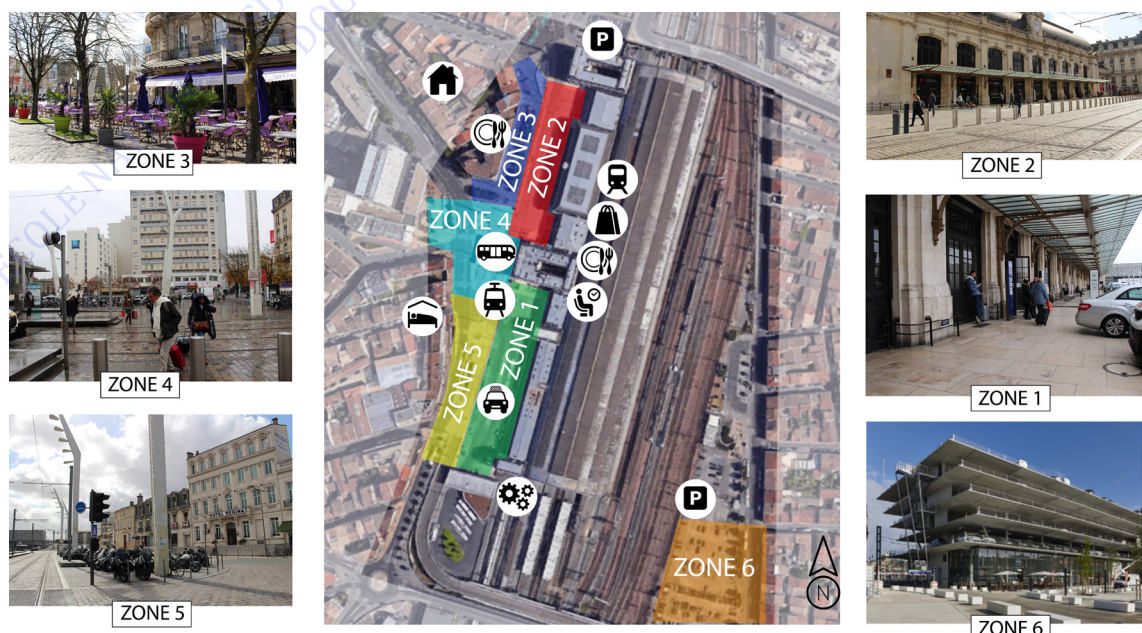


Figure 100 : Cartographie des usages gare Saint-Jean, Bordeaux (auteure)

se sont sentis plutôt à tout à fait gênés en période estivale, lorsque les températures sur place étaient élevées.

« Il fait vraiment trop chaud ! Pas du tout de place pour s'abriter sauf les terrasses »

« Aujourd'hui il fait trop chaud, mais d'habitude c'est sympa »

« Trop minéral, manque cruel de végétation »

« Il manque de quoi se rafraîchir »

« Qu'on rentre ou qu'on sorte, il fait trop chaud, on ne sait plus quoi faire... »

« Trop d'espaces minéraux, les arbres sont très regroupés »

« La fontaine ? Je ne l'utilise pas, il faut marcher 10 minutes en plein soleil avant de l'atteindre et je ne suis même pas sûre qu'elle fonctionne... »⁹

Ces résultats remettent en question la fiabilité du souvenir de la chaleur.

Dans le cas du parvis de la gare Saint-Jean, l'ICU identifié par la mesure est également identifié par les usagers, avec une problématique particulièrement marquée sur le parvis de la gare, fréquenté très régulièrement et sur des durées assez longues dans le cadre des attentes des usagers (attentes trains, attente transports, ...). Toutefois, l'analyse des résultats montre que le niveau de gêne ressenti dépend, au-delà des caractéristiques physiques du site, de la raison de la fréquentation et du temps passé sur site.

La **place Saint-Projet** à Bordeaux a été divisée en 2 zones (cf. Figure 101) :

- Zone 1 : Lieu d'arrêt et de pause pour les usagers
- Zone 2 : Flux piétons et camions de livraisons des commerces

Une dizaine de personnes a accepté de participer à la campagne d'enquête réalisée en période estivale (cf. annexe 6), avec la totalité des usagers interrogés en zone 1 (100%), zone où se concentrent les restaurants et les commerces, tandis que la zone 2 est un lieu de passage.



Figure 101 : Cartographie des usages Place Saint-Projet, Bordeaux (auteure)

9 - Propos d'habitants recueillis pendant la campagne d'enquête

De même que pour le parvis de la gare Saint-Jean, l'échantillon se caractérise par des usagers majoritairement ne vivant, ni ne travaillant à proximité du site d'étude (avec respectivement 100% et 85,7% des personnes interrogées) et qui fréquentent le lieu plusieurs fois par semaine (33%) ou par an (50%) et principalement car il s'agit d'un lieu de rencontre (78% des usagers).

Pour la place Saint-Projet, il est difficile de mettre en avant une tendance concernant l'avis des usagers, étant donné le faible nombre de personnes interrogées. Toutefois, il semble que le lieu est apprécié par les usagers qui le trouvent plutôt agréable (42.9%), et tout à fait sûr (57.1%). Appréciée pour son ambiance, et sa multitude de commerces, l'absence de végétation ainsi que l'état « dégradé » et « sale » de l'espace restent regrettés.

*« Les travaux à Bordeaux ça n'en finit pas, et pourtant on a l'impression que rien ne change, pas un arbre planté, c'est regrettable ».*¹⁰

Si le manque de végétation est également associé par les usagers au stress thermique ressenti sur la place en été, seules 28.6% de personnes plutôt gênées à tout à fait gênées. Il semblerait donc que la chaleur ne soit pas une gêne très importante sur ce site. Cependant, ces données peuvent être contestées étant donné le faible nombre de réponses obtenues, d'autant plus que les avis recueillis lors des discussions avec les usagers contredisent ces résultats.

*« Il fait vraiment chaud ici, mais pas uniquement ici, hein, tout le centre-ville est invivable en été : la place de la Victoire, le Grand Théâtre, ce sont des espaces ouverts, ici on est enfermés, on étouffe »*¹⁰.

Dans le cas de la place Saint-Projet, l'îlot de chaleur identifié par la mesure n'est pas clairement identifié comme tel par les usagers. L'analyse des résultats montre que le niveau de gêne ressenti dépend, au-delà des caractéristiques physiques

du site, des raisons et du temps de fréquentation du site : un travailleur qui n'a pas le choix de s'y rendre sera davantage gêné qu'un touriste ou qu'un usager qui vient faire les boutiques, qui lui, aura choisi cette situation.

*« et puis rien ne nous oblige à aller faire du shopping un jour de canicule, c'est à chacun de prendre ses responsabilités »*¹⁰.

De plus, il semble que la gêne ressentie ne soit pas spécifiquement localisée sur ce site, mais plutôt généralisée à l'ensemble du site historique de la ville de pierre.

Le **centre commercial Rives d'Arcins**, à Bègles a été divisée en 6 zones (cf. Figure 102) :

- Zone 1 : Flux piétons – promenade arrivée depuis l'arrêt de bus
- Zone 2 : Flux routiers - zone de circulation et de stationnement
- Zone 3 : Flux piétons et routiers – entrée du centre commercial
- Zone 4 : Flux piétons – promenade et pause en bord de Garonne
- Zone 5 : Flux piétons – promenade en bord de Garonne
- Zone 6 : Flux routiers - zone de circulation et de stationnement

21 personnes ont accepté de participer à la campagne d'enquête réalisée en période hivernale (cf. annexe 7), avec une majorité des usagers interrogés en zone 3 (57%) et en zone 2 (19%), c'est-à-dire sur le parking de l'entrée principale du centre commercial.

De même que pour le parvis de la gare Saint-Jean ou la place Saint-Projet, l'échantillon se caractérise par des usagers majoritairement ne vivant, ni ne travaillant à proximité du site d'étude (avec respectivement 95% et 81% des personnes interrogées) et qui fréquentent le lieu tous les jours (20%), plusieurs fois par semaine (20%) ou par mois (50%) et principalement pour faire leurs courses ou pour y travailler (respectivement 71.4% et 24% des usagers).

10 - Propos d'habitants recueillis pendant la campagne d'enquête



Figure 102 : Cartographie des usages centre commercial Rives d'Arcins, Bègles (auteure)

Le centre commercial Bègles Rives d'Arcins est apprécié par les usagers qui le trouvent plutôt agréable (61.9%), et plutôt sûr (76,2%). De plus, il semble que la chaleur ne pose pas de problèmes particulier sur le site ; seules la saleté et la forte fréquentation sont apparues comme des points négatifs.

« Spacieux »¹¹,

« Bien pour les familles »¹¹,

« Très végétalisé »¹¹,

« Bien aménagé »¹¹,

« Présente des facilités d'accès »¹¹,

« Green and clean »¹¹

73.7% des personnes interrogés se disent peu ou pas du tout gênées par la chaleur. Il semblerait donc que la chaleur ne soit pas une gêne très importante sur ce site. Cela s'explique notamment par :

« Il n'y a même pas 100m entre la voiture et les boutiques qui sont très fraîches, donc franchement, oui il fait chaud, mais j'étais pas obligée de venir aujourd'hui »¹¹

« Il fait chaud, oui, mais bon, on va rentrer à l'intérieur et ça ira beaucoup mieux »¹¹

« la chaleur ? non, ça me gêne pas tant que ça »¹¹

Dans le cas du centre commercial Bègles Rives d'Arcins, l'îlot de chaleur identifié par la mesure n'est pas du tout identifié comme tel par les usagers. L'analyse des résultats montre que, de la même manière que pour la place Saint-Projet, le niveau de gêne ressenti dépend, au-delà des caractéristiques physiques du site, des raisons et du temps de fréquentation du site. De plus, étant donné que ce site a une fonction exclusivement commerciale, les usagers s'y rendent de manière hebdomadaire ou mensuelle afin de faire leurs courses et leur pratique de l'espace se limite au stationnement de leur voiture sur le parking et à sa traversée avant d'arriver aux portes du bâtiment.

11 - Propos d'usagers recueillis pendant la campagne d'enquête

2.2. Des stratégies de rafraîchissement indépendantes du site étudié

Pour faire face aux problématiques de chaleur, les usagers adoptent trois types de stratégies, identiques sur les quatre sites étudiés, à savoir utiliser l'eau pour se rafraîchir (boire, s'asperger, utiliser les jets d'eau de la place, ...), s'abriter en entrant dans un lieu climatisé (la médiathèque, le centre commercial, les commerces, la gare, ...) ou enfin adapter ses comportements (modification des horaires de sortie, partir à la campagne,...). Les solutions utilisant l'eau proposées (jeu d'eau à Mérignac ou fontaine à Saint-Projet) sont particulièrement appréciées par les usagers, qui sont majoritairement favorables à ces systèmes (82.2%) et à leur multiplication dans les villes (73.3%), mais qui sont en même temps plutôt préoccupés par la question du dérèglement climatique (75.6%). En effet, sont souvent revenus dans les discours des arguments relevant de la gestion de la ressource en eau, tels que :

Arguments contre l'utilisation de l'eau pour rafraîchir :

« Gaspillage »¹²

« Rafraîchit peu »¹²

« C'est surtout psychologique »¹²

« Sensation éphémère »¹²

« Doit être associé à la végétation »¹²

Arguments contre la multiplication des solutions utilisant de l'eau :

« Gaspillage »¹²

« Il faut économiser l'eau »¹²

« Privilégier les endroits où c'est vraiment nécessaire et où aucune autre solution n'est possible »¹²

« La végétation c'est mieux et ça coûte moins cher »¹²

« Chez moi, je ne dois pas arroser et là, la fontaine elle se met en marche même quand il pleut... c'est ridicule »¹²

2.3. Une gêne ressentie qui dépend plutôt de l'expérience que du profil de l'utilisateur

La prise en compte de la gêne ressentie par les usagers est indépendante du site étudié, elle dépend davantage de la personnalité interrogée.

S'il est possible d'affirmer que 100% des personnes âgées de plus de 65 ans sont tout à fait sensibles à la chaleur, il est difficile d'identifier une tendance notable pour les autres tranches d'âge. Les usagers précisent généralement pourquoi ils sont plus ou moins sensibles « *Je viens d'un pays chaud* », « *j'ai toujours vécu dans le sud* », « *je supporte assez mal la chaleur, j'ai des origines anglaises* »¹²

De la même manière, il n'est pas possible de déclarer formellement que les femmes sont plus sensibles que les hommes ou inversement.

En ce qui concerne la catégorie sociale, c'est davantage dans leurs propos que les interrogés annoncent « *quand on a une deuxième maison à la campagne, ou un grand jardin, c'est plus facile de quitter la ville et donc d'avoir moins chaud* »¹².

12 - Propos d'usagers recueillis pendant la campagne d'enquête

Ce qui a pu être identifié lors des différentes campagnes d'enquête, c'est davantage le lien entre la gêne ressentie et l'attachement au lieu. Par exemple, plus de 64% des habitants de Mérignac interrogés se sentent plutôt voire tout à fait gênés par la chaleur sur la place Charles de Gaulle, alors que cela ne concerne que 40% des non habitants. Cela est dû à l'attachement au lieu, et notamment au fait d'avoir connu la place plantée et arborée avant les aménagements. Les habitants se sentent « nostalgiques » de cet espace.

Cette dernière notion est plus difficile à appréhender sur les trois autres sites étudiés. En effet, la majeure partie des personnes interrogées ne vivent pas sur le site et ne le fréquentent pas quotidiennement.

Les entretiens avec les habitants des différentes communes permettent d'avoir une vision plus globale de l'îlot de chaleur. En effet, les personnes interrogées parcourent le territoire dans son ensemble et non seulement les espaces que nous avons étudiés.

Ainsi, à **Mérignac**, on comprend que même si la place est ressentie comme un point important de la chaleur en ville, la présence de nombreux parcs et espaces végétalisés et boisés dans la commune, permet d'offrir aux habitants de nombreux lieux de rafraîchissement et de repos à l'abri des fortes chaleurs.

De plus, le centre-ville de Mérignac est principalement constitué d'un tissu résidentiel de maisons individuelles disposant d'un jardin. Les habitants ont donc potentiellement accès à un espace extérieur ombragé directement à proximité. Cela se ressent à travers les discussions avec les habitants des appartements qui ne disposent pas de cet espace extérieur, les chaleurs ressenties et les gênes sont beaucoup plus importantes.

Une des volontés de la municipalité est de préserver et de renforcer les espaces de nature communaux : « *Ils voulaient en gros que chaque habitant ait moins de 15-20 min à parcourir pour trouver un espace vert* »¹³ (cf. Figure 103).

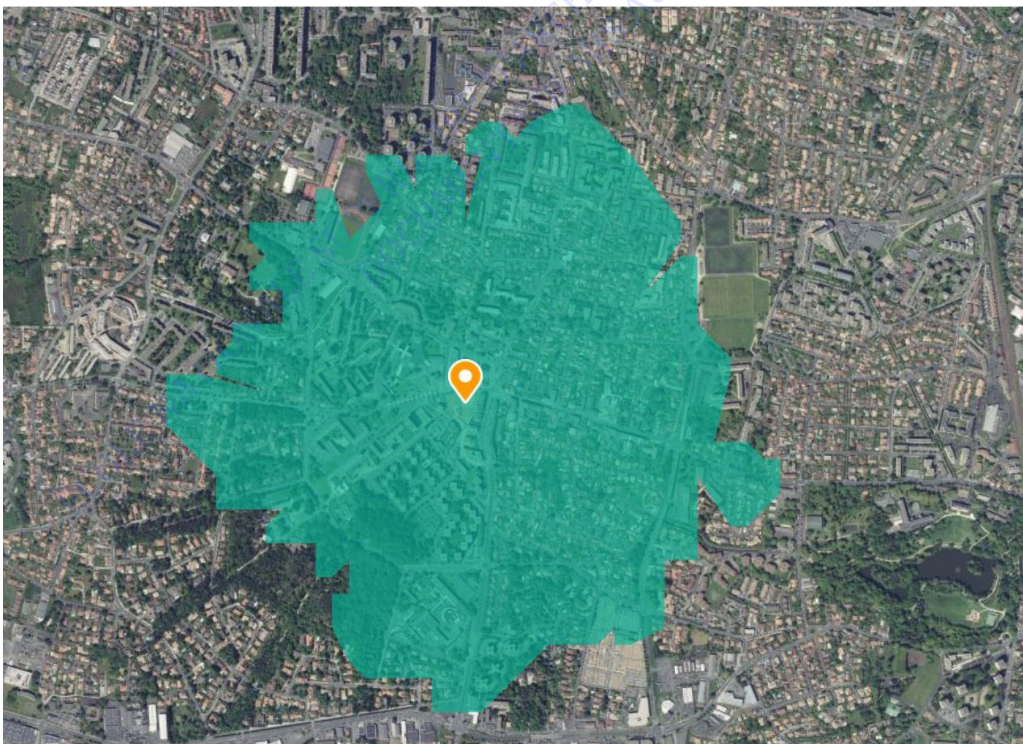


Figure 103 : Distance parcourable en 15 min à pied depuis le centre-ville de Mérignac ©Géoportail

13 - Propos recueillis pendant lors d'un entretien semi-qualitatif à Mérignac

De la même manière, à **Bègles**, le centre commercial est lui-aussi intégré dans un réseau plus large d'espaces vécus et pratiqués. Ainsi, les habitants interrogés comprennent la nécessité de traiter un tel lieu, afin de diminuer les dégagements de chaleur, mais considèrent que la commune dispose de suffisamment d'espaces rafraîchissants à proximité des lieux de vie. Les parcs, la Garonne, Bègles Plage sont des lieux de fraîcheur qu'ils se sont complètement appropriés. De plus, les esteyes et donc la présence de l'eau qui trace des parcours au fil du territoire permettent de renforcer ce sentiment de rafraîchissement.

« *Des fois, on se promène et puis on remarque un petit cours d'eau, c'est pas grand-chose hein, mais on sait qu'il est là et c'est assez sympa* ». ¹⁴

De plus, les personnes interrogés, ont conscience de la volonté politique de verdissement et de rafraîchissement de la commune, notamment du fait des dernières mesures comme la réduction de la vitesse de circulation des automobilistes à 30 km/h.

En ce qui concerne le centre-ville de **Bordeaux**, le caractère très minéral et le manque d'espaces verts et de parcs « de proximité » est ressenti par les habitants et augmente la gêne due à la chaleur. Seuls quelques squares à proximité des écoles proposent des espaces ombragés.

« *D'accord, on a le parc bordelais, et le jardin public, mais s'il faut que je fasse 25 min de tram à mourir de chaud pour y arriver, c'est pas la peine* » ¹⁵.

« *Quand on est chez soi, il fait chaud, les immeubles anciens sont pas forcément adaptés et quand on sort c'est pire, à part l'ombre des bâtiments y a souvent un petit moment avant de trouver un arbre* » ¹⁵.

De plus, la majorité des logements étant des appartements, ils ne disposent pas d'espaces extérieurs, ou alors il s'agit de cours intérieures minérales.

Les lieux à éviter d'après les habitants bordelais sont ceux qui sont très fréquentés et prisés par les touristes, notamment :

« *Les quais où tout le monde s'agglutine sous les trois pauvres platanes qui permettent de faire de l'ombre, la rue Sainte-Catherine où on se marche dessus, et en fait tout le centre-ville, à part quelques rues ombragées ça devient vite invivable* » ¹⁵

En fonction des profils interrogés, s'est aussi posée la question de la possibilité de quitter la ville en périodes de fortes chaleurs, mais cela reste compliqué pour une majorité de Bordelais.

14 - Propos recueillis pendant lors d'un entretien semi-qualitatif à Bègles

15 - Propos recueillis pendant lors d'un entretien semi-qualitatif à Bordeaux

L'analyse de ces îlots de chaleur déterminés par thermographie infrarouge permet de constater que la forme urbaine, l'ouverture du site, la présence de bâtiments, la hauteur et la distance entre ces bâtiments, la présence de végétation et d'eau, les albédos des matériaux utilisés et le dégagement de chaleur anthropique permettent de définir des situations d'îlots de chaleur très variées.

De plus, au-delà des caractéristiques physiques des sites étudiés, la gêne ressentie par les usagers est fortement liée avec la cause du déplacement, la fréquence de fréquentation, l'attachement au lieu, l'historique du lieu, etc.

L'ensemble de ces données permet de définir la gare Saint-Jean et la place Charles de Gaulle de Mérignac comme des ICU « mesurés et ressentis », tandis que le centre commercial de Bègles et dans une moindre mesure la place Saint-Projet apparaissent comme des ICU « mesurés et non ressentis ».

Toutefois, il est important de noter que même si la place Saint-projet n'est pas ressentie comme un îlot de chaleur, elle fait partie intégrante de l'ICU « centre-ville de Bordeaux » qui lui est bien ressenti par les habitants.

Par conséquent, il apparaît difficile d'identifier une solution systématique. Mais il est plutôt souhaitable que chaque site fasse l'objet d'une analyse fine, incluant le recueil de données sensibles, permettant d'opter pour des solutions adaptées.

De plus, en s'intéressant à une échelle plus large que celle de l'ICU et sachant qu'il existe des îlots de fraîcheur urbains à l'échelle communale, voire métropolitaine, ne serait-il pas possible de valoriser et de renforcer ces IFU, afin qu'ils aient un impact réducteur des ICU ?

Chapitre 4 :

Des îlots de fraîcheur métropolitains bordelais ?

Sur le territoire de la métropole bordelaise, l'étude réalisée par E-6 en 2014 a permis d'identifier un certain nombre d'IFU (cf. Figure 104). Cependant, l'ensemble de ces IFU ont été listés de manière non exhaustive et non hiérarchisée. Or il semble évident qu'un square ou une place, tous deux végétalisés, n'auront pas le même impact qu'un élément structurant tel que la Garonne par exemple.

Il ne s'agira pas d'étudier de manière exhaustive l'ensemble des IFU métropolitains, mais de tenter de les hiérarchiser en fonction de leur rayonnement et de leur impact sur le territoire. Puis, de comprendre à la fois les invariants, mais aussi les différentes typologies d'IFU existants, afin d'en comprendre la diversité.

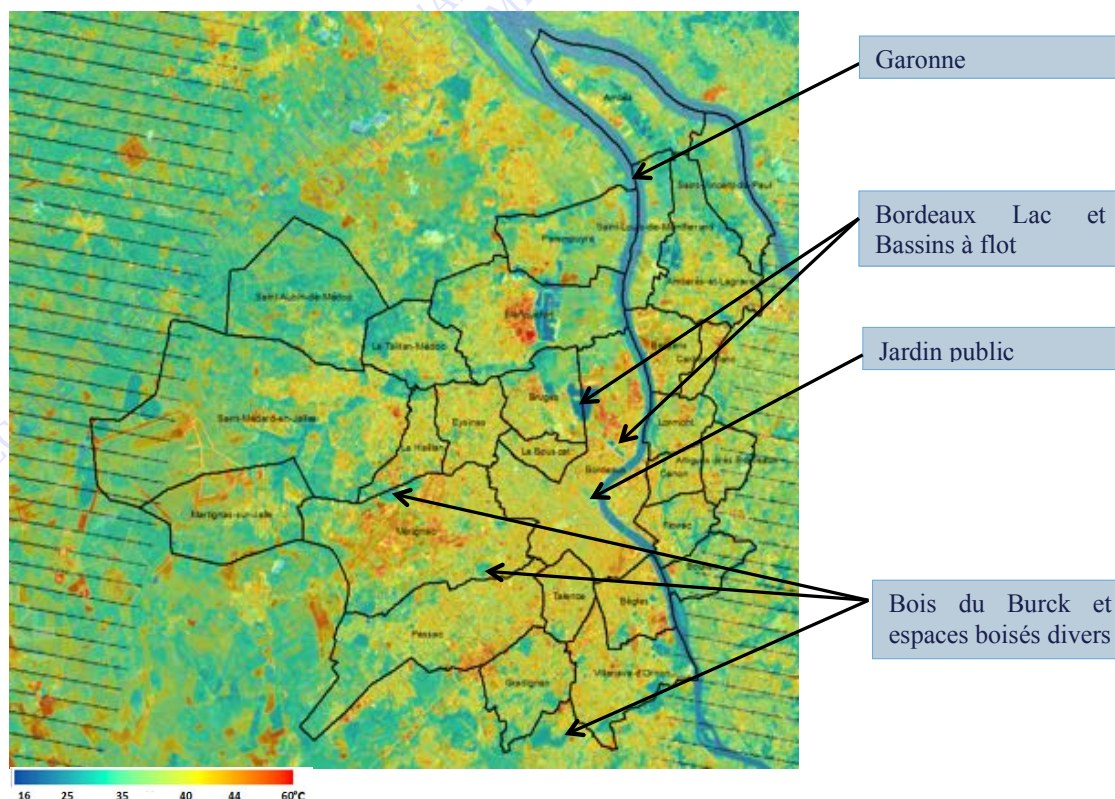


Figure 104: Carte des IFU mesurés par thermographie infrarouge ©E-CIC, 2014

I. Des îlots de fraîcheur métropolitains à préserver

Comme nous avons pu le voir précédemment, l'îlot de chaleur urbain existe à plusieurs échelles :

- Celle de l'agglomération où l'on parle de « dôme de chaleur » (centre-ville de Bordeaux),
- Celle des quartiers (zone d'activité de Bègles Rives d'Arcins),
- Celle des rues ou places, où l'ICU est limité à une zone bien déterminée (place Charles de Gaulle à Mérignac).

Ainsi, pour traiter le phénomène d'ICU dans son ensemble, il convient d'adapter et de combiner plusieurs échelles. De même, si un îlot de fraîcheur permet de créer localement une zone plus fraîche, c'est la multiplication de ces puits de fraîcheur sur le territoire, formant alors un réseau, qui permettra d'agir à une échelle plus globale.

1.1. L'échelle de l'agglomération bordelaise

A l'échelle du territoire plusieurs éléments peuvent être identifiés comme favorisant le rafraîchissement (cf. Figure 105):

- **Le cours de la Garonne**, plus fraîche et qui évapore naturellement de l'eau et donc refroidit l'air ;
- **Les coteaux** de la rive droite. Étendus sur plus de 400 ha et 12 km, ce parc agit comme un poumon vert en zone urbaine (GPV Rive droite)¹⁶. Il permet, par la création d'une trame verte, de structurer l'ensemble du territoire de la rive droite, mais aussi de relier des espaces de nature à échelle plus réduite (Parc de l'Ermitage, Parc Palmer, etc.) ;
- **Les Jalles**, petites rivières nées dans les landes humides de la forêt de Gascogne qui traversent le territoire d'est en ouest jusqu'à la Garonne. Étendu sur 6 000 ha, le parc des Jalles permet de créer une continuité d'espaces de nature et d'espaces agricoles à travers 10 communes du nord de la Métropole bordelaise. Même si sa création vise plutôt

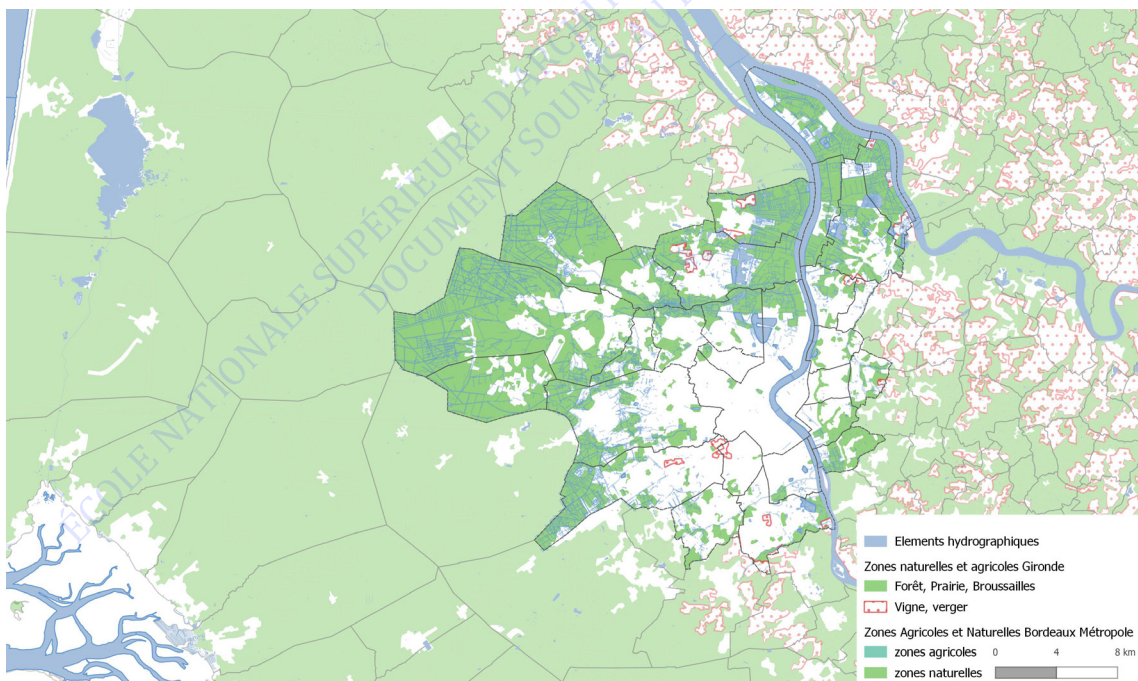


Figure 105: Surfaces naturelles et agricoles sur le territoire élargi de Bordeaux Métropole (auteure - données : OpenData Bordeaux Métropole et IGN , 2016)

16 - Basé sur quatre communes de la rive droite (Bassens, Lormont, Cenon et Floirac, le grand projet de ville « GPV » Rive droite se décline autour de quatre axes majeurs :

- Renouveau urbain
- Les politiques d'accompagnement en termes d'économie, d'emploi, d'éducation, de culture, etc.
- La revalorisation de l'image de la rive droite
- Le développement du parc des coteaux

à la préservation de la biodiversité, et des continuités écologiques, ce parc a un effet rafraîchissant avéré sur l'ensemble du territoire concerné ;

- Les zones naturelles et agricoles présentes en périphérie du territoire métropolitain, et qui caractérisent le paysage rural de la Gironde. En effet, cette densification bien moins importante du territoire permet, par l'action des vents dominants, la circulation d'un air plus frais sur le territoire métropolitain.

1.2. L'échelle communale

Il existe à l'échelle communale des espaces de nature, de dimensions conséquentes qui ont un impact sur le rafraîchissement à l'échelle d'un quartier :

- **Les parcs, forêts, jardins**, ont un impact et un effet de rafraîchissement qui va plus loin que celui même de l'espace de nature. Le jardin public,

par exemple, a un rayonnement qui va jusqu'au centre-ville (E-CIC, 2014).

De la même manière, l'effet rafraîchissant du parc du Bourran à Mérignac peut se faire ressentir jusqu'au centre-ville (distant de 1 km) ;

- **Le réseau hydrographique**¹⁷ se développe de manière très importante à mesure que l'on s'éloigne des centres-villes urbanisés (Figure 106). Ceux-ci ne sont plus enterrés, mais font partie intégrante du paysage. Ils permettent, par la mise en place d'une trame bleue, à la fois la valorisation et la conservation de la biodiversité, mais participent aussi à un réseau global de fraîcheur.

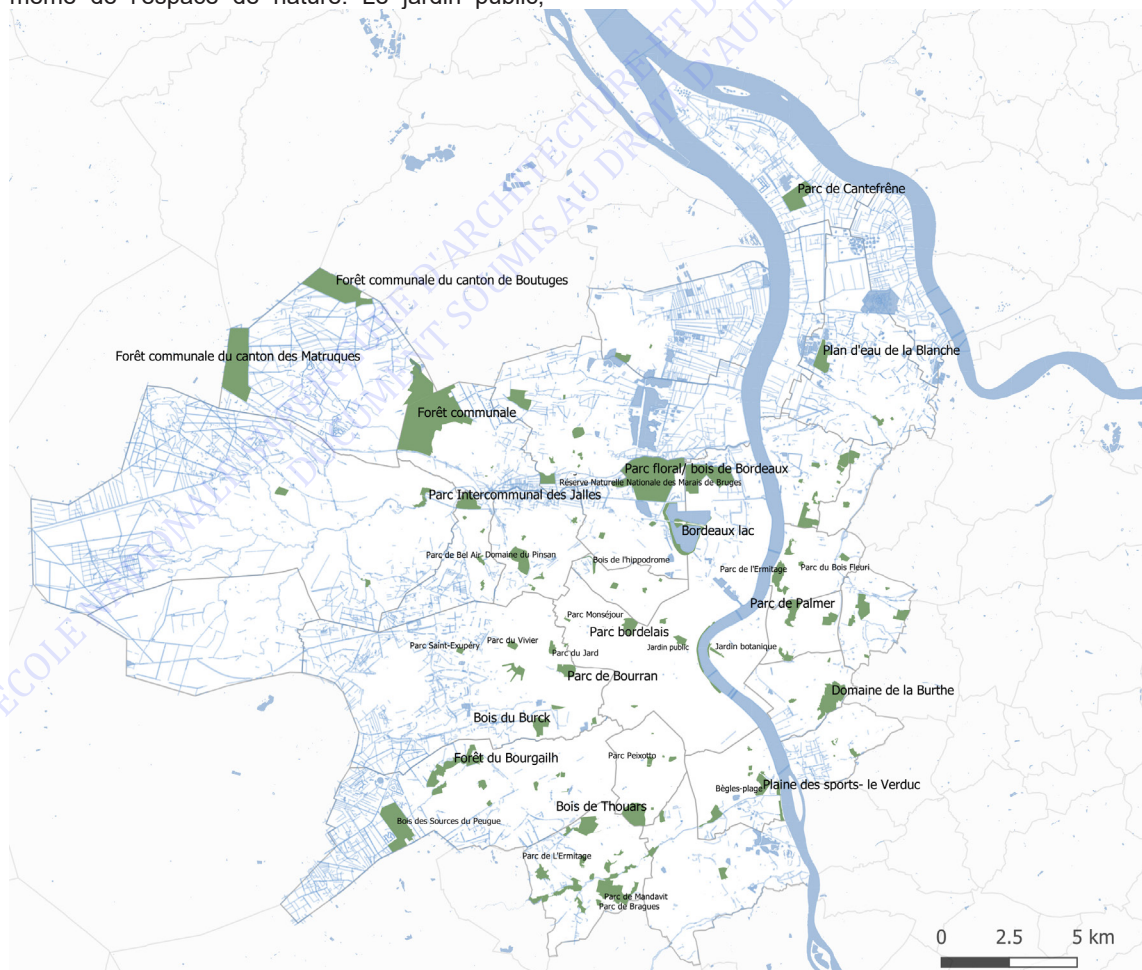


Figure 106: Cartographie des espaces de nature publics à l'échelle communale (auteure, données: Open Data Bordeaux Métropole, 2016)

17 - Le réseau hydrographique comprend les éléments naturels de type fleuve, ruisseau, jalle, canal, fossé, lac, bassin public, bassin de rétention, zone de gravière sur le territoire de Bordeaux Métropole

1.3. Les espaces de nature de proximité

Afin d'étudier les espaces végétalisés de proximité, nous nous concentrerons sur le cœur de la commune de Bordeaux (cf. Figure 107).

Trois typologies d'espaces peuvent être considérés comme des espaces de nature de proximité :

- **Parcs, jardins et squares** : ils peuvent présenter des dimensions très variables. (Square Vinet : 800 m², place Gambetta : 6 000 m², jardin de la mairie : 10 000 m² et esplanade Charles de Gaulle : 25 000 m²). Ils permettent aux habitants et aux usagers de l'espace public de se retrouver et de profiter d'un « instant fraîcheur », dans un centre-ville minéral en surchauffe.

- **Rues végétalisées** : malgré le dégagement de chaleur anthropique important du fait de la circulation de véhicules motorisés, elles offrent aux piétons des espaces de circulation ombragés et donc plus frais (par exemple le Cours Victor Hugo avec son alignement de platanes).

- **Cœurs d'îlots végétalisés** : à l'échelle de l'îlot,

même s'ils ne sont pas accessibles au public, ils rafraichissent localement et offrent aux habitants des pauses climatiques en opposition aux rues très minérales.

Finalement, ces espaces de proximité sont les plus importants pour les usagers. Dans son projet de mandature 2014 – 2020, le maire de Bordeaux annonçait :

« Le bien-être dans la ville, c'est entreprendre une démarche systématique de verdissement de l'espace public. C'est mailler les quartiers d'espaces végétalisés de proximité et offrir à chaque bordelais un jardin ou un espace végétalisé significatif à moins de 400m de son domicile »¹⁸.

L'objectif est donc de maximiser ces espaces de nature de proximité, puisque, ne nécessitant pas de grandes surfaces, ce sont les plus faciles à mettre en place. Il s'agit ensuite de travailler sur les continuités entre ces différents espaces et à différentes échelles, afin de créer un « parcours de fraîcheur urbain » à l'échelle communale, voire métropolitaine.



Figure 107: Cartographie des espaces de nature de proximité à l'échelle du centre-ville de Bordeaux. (auteure, données : OpenData Bordeaux Métropole, 2016)

18 - Bordeaux, « Projet de mandature 2014-2020 : Bordeaux, ville fraternelle, métropole européenne. Actualisation. Communication. », [en ligne], Novembre 2016, URL : http://www.bordeaux.fr/images/ebx/fr/CM/11659/10/acteCM/65031/pieceJointeSpec/140582/file/PV_00042937_C.pdf

II. Mériadeck, un IFU à valoriser aux portes de l'ICU bordelais

2.1. Un quartier totalement reconstruit dans les années 1950

Dès les années 1950, la problématique du manque de logements, ainsi que les politiques hygiénistes contraint la Mairie à rénover le quartier de Mériadeck. En effet, celui-ci était dans un état de délabrement important (voiries, logements, etc.), du fait du manque d'entretien et de la concentration de populations très pauvres.

Si les premières études avaient pour objectif de rénover le quartier, il apparait rapidement que cette rénovation est impossible et qu'il est nécessaire de détruire le quartier pour le reconstruire. Les architectes Jean Royer et Jean Willerval proposent un premier projet en 1957 qui adopte les principes énoncés lors du CIAM IV , notamment l'accès au soleil, à l'air et à la verdure pour l'ensemble des logements.

Dès 1965, les objectifs globaux d'aménagement du territoire évoluent. En effet, la demande de logements s'estompe peu à peu et Bordeaux, devenue « métropole d'équilibre » a besoin de s'équiper d'un centre d'affaires, d'un centre tertiaire et d'un centre directionnel.

Pour créer ce quartier, les architectes Jean Willerval, Paul Lagarde et Jean Royer (architecte de la ville de Bordeaux) s'associent pour proposer un quartier « sur dalle » (cf. Figure 108).

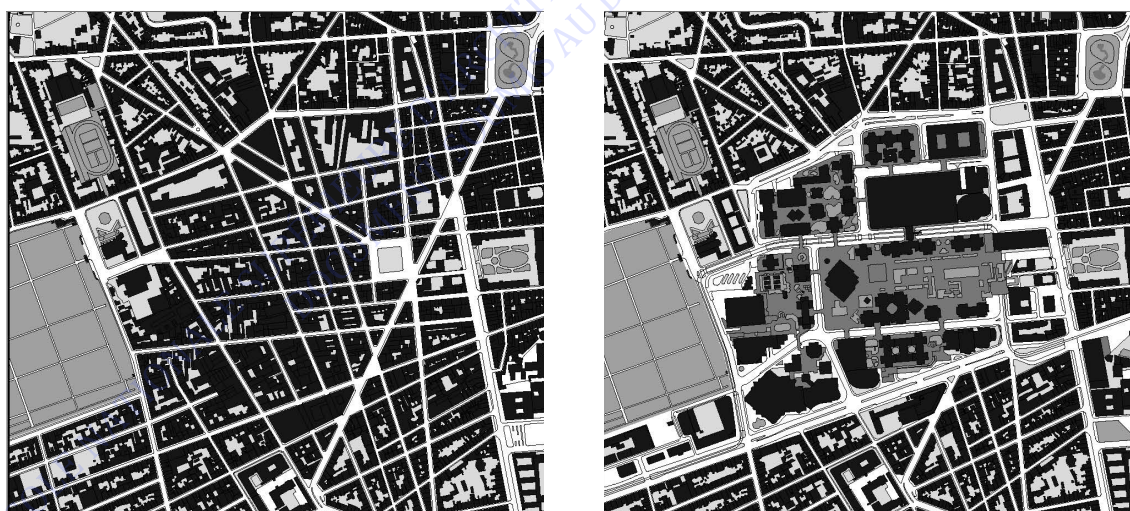


Figure 108: Evolution du quartier Mériadeck - 1930 - 2018 (ENSAPBx, 2020)

En 1970, un plan cruciforme est imposé à la quasi-totalité des constructions. A cela s'ajoutent les particularités de la dalle. Réservée au piéton, elle offre un nouveau niveau de référence, détachée de la voirie et de la ville historique. Ayant très peu de liens avec le sol naturel, la première version de la dalle présentait des accès uniquement depuis les parkings. Cette idée sera revue au cours de la construction, en 1976, notamment par la création de l'escalier monumental au niveau du Cours du Maréchal Juin (cf. Figure 109).

Les immeubles, quant à eux, doivent adopter une forme en croix grecque, une taille de guêpe, afin de maintenir une uniformité et une unité sur le quartier.

L'opération de la construction de la dalle prend fin en 1979 et celle des bâtiments en 1993, soit 40 ans après le premier projet de rénovation urbaine du quartier. La modernité qui était « à la mode » au moment de la conception du projet, ne l'est plus lors de sa livraison. Cela explique en partie les difficultés d'acceptation du quartier par les bordelais (A'URBA, 2007).



Figure 109: Escalier Monumental Cours du Maréchal Juin (Suzanne Derainne)

2.2. Une différence importante de typologie selon les niveaux

La création d'un sol artificiel génère deux niveaux de ville : le niveau rue et le niveau dalle qui sont deux espaces publics singuliers.

2.2.1. Le niveau rue, un espace majoritairement dédié aux circulations automobiles

Un espace de services

Suivant le concept de séparation verticale des différents flux, le niveau rue est dédié aux véhicules (circulation et stationnement) et est conçu comme un lieu de transit et d'accès.

Cette mono-fonctionnalité engendre un traitement unique et uniforme de l'espace qui le fait apparaître comme monotone, voire anonyme. En effet, la rue n'est plus pensée comme un espace de vie, comme cela pouvait l'être dans le centre ancien, mais comme un espace secondaire, de services notamment techniques, qui doivent demeurer cachés.

C'est ce premier visage de Mériadeck que découvre le piéton lorsqu'il y arrive, d'autant plus s'il ne connaît pas forcément l'existence d'un « dessus ».

Un espace fermé

Si la plupart des entrées piétonnes des bâtiments sont prévues à l'origine au niveau dalle, le niveau rue quant à lui est bordé d'entrées de parkings et d'espaces de stockages et de livraisons. Ces programmes abrités dans le socle de la dalle impliquent la création de murs aveugles, de grilles, de portes de service, de garages et de rampes d'accès aux parkings.

Les abords de la rue apparaissent donc comme fermés, opaques, bruts et étanches. De plus, la taille importante des îlots renforce l'effet monolithique du rez-de-rue. Associée au traitement des façades en béton désactivé, ce niveau apparaît comme un rempart, « une forteresse » comme le décrivait Alain Juppé lors des ateliers de travail sur le quartier en 2012 ²⁰.



Figure 110: Niveau Rue du quartier Mériadeck – des façades opaques (auteur)

20 - Bordeaux Ma Ville – Patrimoine construit contemporain – Le devenir du projet Mériadeck - <https://www.dailymotion.com/video/xtl6bc>

2.2.2. Le niveau dalle, un espace piéton qui manque de visibilité

Une dalle suspendue

Le niveau dalle se trouve à environ 5 m au-dessus du sol naturel et est consacré à la circulation piétonne (cf. Figure 111). Il est créé et décrit par ses concepteurs comme le nouveau sol référent, (niveau 0). La rue se retrouve donc au niveau -2.

Le niveau dalle est à l'origine pensé comme le «niveau noble » où peut venir s'organiser la ville avec ses espaces publics privilégiés, les bâtiments et leurs entrées.

Aujourd'hui, cette réflexion est mise à mal par les pratiques et les usages du quartier. En effet, si la majorité des bâtiments avaient privilégié les entrées au niveau de la dalle, celles-ci sont actuellement fermées et reportées sur la rue.

Un espace labyrinthique isolé

L'espace public du niveau dalle est en réalité peu visible et difficilement perceptible depuis la rue. En effet sa différence de niveau (+5 m) par rapport

à son environnement immédiat, et les bâtiments en bordure de dalle, en font un espace introverti, fermé.

Seul le garde-corps (bandeau) permet de créer une continuité sur l'ensemble du parcours et de signifier son existence.

Malgré toutes les problématiques énoncées précédemment, le niveau de dalle est néanmoins de plus en plus approprié par les usagers, car il dégage des espaces fort agréables, hors norme et un ailleurs au cœur de Bordeaux. Son insularité en fait un espace entre ciel et terre, détaché du temps. Ce niveau dalle offre sur la ville de nouveaux points de vue inédits, singularité d'un espace public surélevé. Si toute la dalle n'est pas appréciée de la même manière, c'est surtout la terrasse comprenant l'Esplanade Charles de Gaulle qui est la plus fréquentée. En effet, elle offre cette pause de nature, hors du temps, au cœur d'un Bordeaux encore trop minéral.



Figure 111: Mériadeck - Emprise de la dalle (auteure, données : Google Earth 2018)

L'esplanade Charles de Gaulle, un cœur de verdure au cœur d'un quartier minéral

« L'esplanade Charles-de-Gaulle veut être, dans Mériadeck, à la fois un espace vert et une promenade. Aussi, voisinent plantes, bancs et jets d'eau : vaste square moderne fuyant en perspective vers le clocher de la cathédrale Saint-André.

Un mot est à la mode : paysager. Il signifie sans doute qu'il faut, pour donner à la ville sa vie, laisser y pénétrer la nature. » (S.B.R.U. Bordeaux).

Historiquement, l'actuelle esplanade de Mériadeck a compté les premières allées plantées du quartier, dès 1620.

En 1955, lors du premier tracé, Jean Royer axe la composition du jardin en alignement avec le jardin de l'Hôtel de Ville, avec la volonté de prolonger ce tracé jusqu'à la rue Sainte-Catherine, en déplaçant les hôtels Basquiats et de Poissac. Cependant, pour des questions financières, le projet n'a pas pu se réaliser tel que prévu.

Ainsi, la conception est confiée à Jacques Sgard en 1973, qui s'appuie sur la composition très linéaire de l'esplanade en créant une longue allée bordée d'un double alignement de pins parasols, qui rappellent que Bordeaux est la capitale de l'Aquitaine. Il dégage l'espace central et concentre les plantations en périphérie, afin de réduire l'impact des tours cruciformes (cf. Figure 112). Deux bassins sont installés, l'un longitudinal, rapidement recouvert de pelouse, l'autre carré.

Ainsi, dans le cadre de cette analyse ICU, il est important de s'intéresser à deux espaces caractéristiques du quartier de Mériadeck, afin d'évaluer leur impact sur la diffusion de la chaleur à l'échelle du quartier :

- Le rez-de rue
- La terrasse comprenant l'esplanade Charles de Gaulle



Figure 112: Esplanade Charles de Gaulle (Sud Ouest)

2.3. Méthodologie LCZ

La classification réalisée par Stewart et Oke ne permet pas de manière exhaustive de décrire toutes les typologies urbaines existantes. Ainsi, celle qui se rapproche le plus du modèle de Mériadeck est la suivante :

Zone 5 : Ensemble d'immeubles espacés



Stewart, 2011

2.3.1. Le rez-de-rue, potentiel de chaleur moyen

En ce qui concerne la typologie urbaine de l'îlot, la faible densité bâtie, la proportion d'obstacles faibles, ainsi que la dimension importante des voiries à l'intérieur du quartier (environ 20 m) (cf. Figure 113) permettent un facteur de vue du ciel élevé et donc un rafraîchissement satisfaisant de l'espace. En revanche, la forte proportion de surfaces imperméabilisées (cf. Figure 114), les rues majoritairement minérales (cf. Figure 115), les matériaux de revêtement de sols et de toiture avec un albédo élevé, ainsi que les importants flux anthropiques de chaleur, en lien avec les transports motorisés, favorisent le réchauffement de l'espace.



Figure 113 Vue aérienne du rez-de-rue comprenant l'îlot du Centre Commercial, de l'îlot de la Poste, de l'îlot des Jardins de Gambetta et de la terrasse du Front du Médoc (Google Earth)

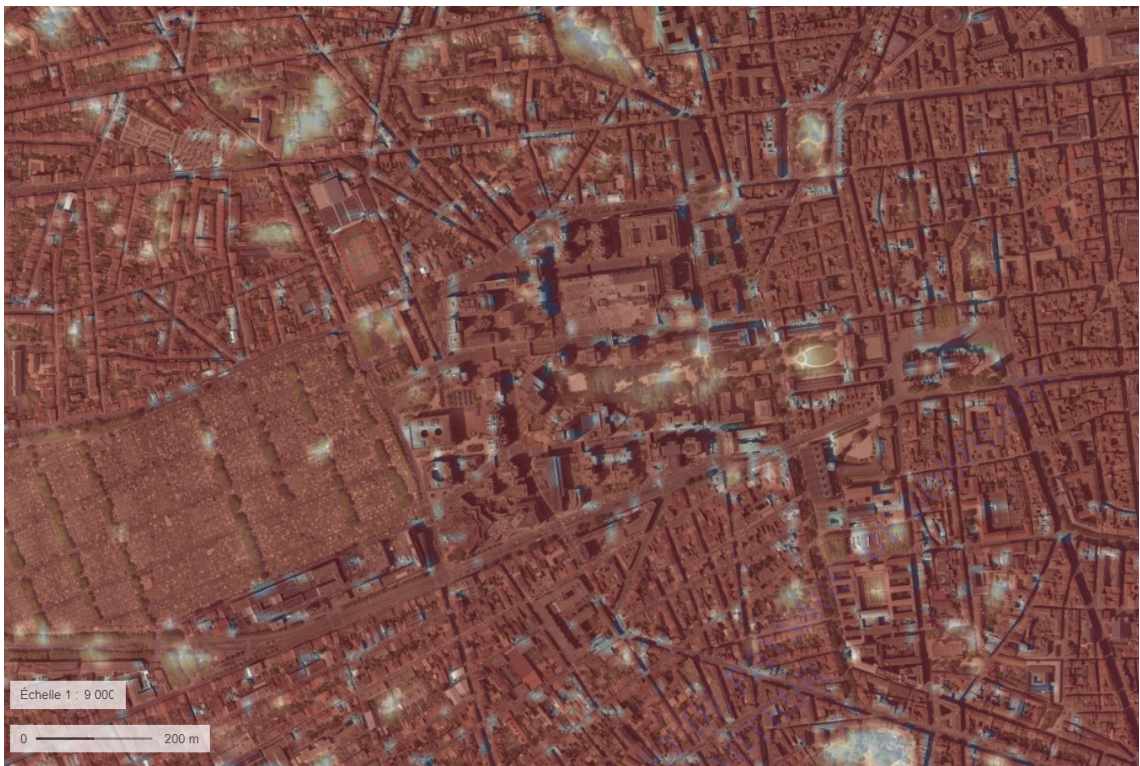


Figure 114 Surfaces imperméables Mériadeck (sols et bâti) (Corine Land Cover – IGN)

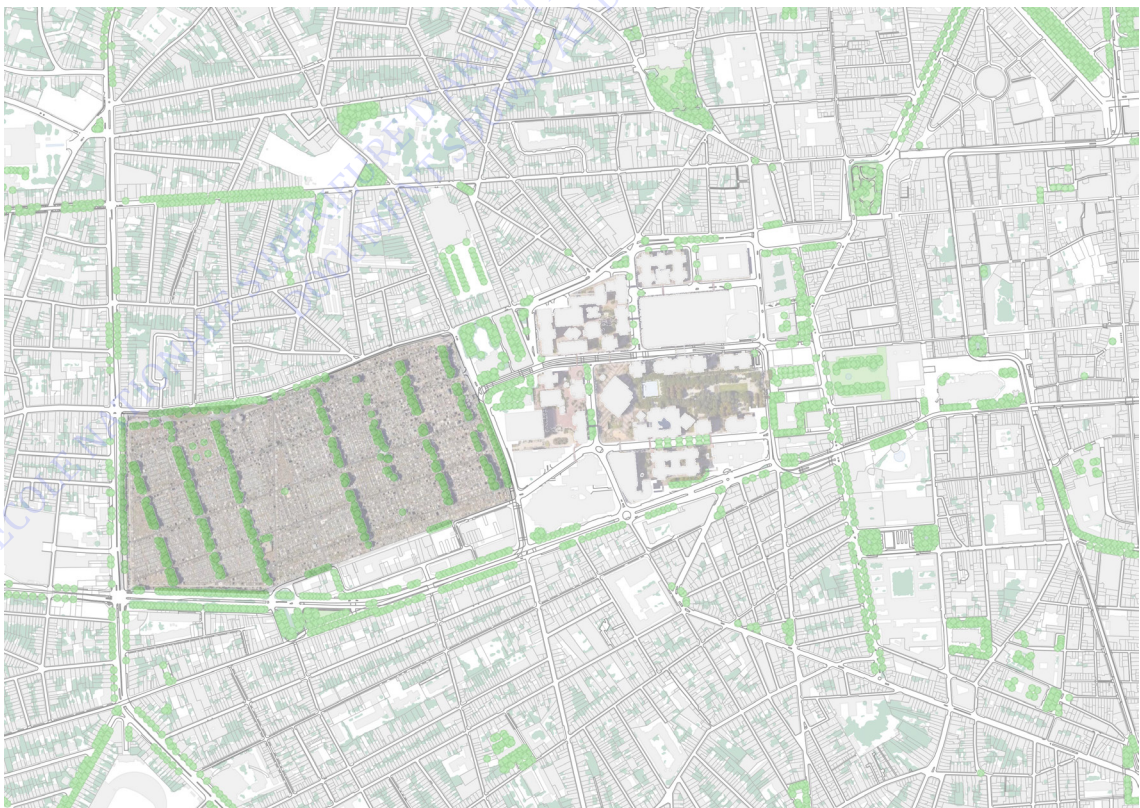


Figure 115 Surfaces perméables et espaces plantés Mériadeck (auteure, données Opendata Bordeaux Métropole, 2016)

| SYNTHÈSE ALEA DE JOUR | | Définition des seuils | | | | Notes associées | | | |
|--|---|-----------------------|--------------|----------------|----------|-----------------|--------|--------|--------|
| Type de propriétés | | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 | Note 1 | Note 2 | Note 3 | Note 4 |
| Nombre de surfaces proposées à l'interception des rayonnements | Nombre de surfaces bâties | | ≤ 1 | 1 à 5 | ≥ 5 | | 0 | 2 | 4 |
| Rugosité minérale / végétale source de perturbations radiatives (ombrage) et d'obstacles aux circulations des masses d'air | Ventilation de l'îlot | | < 31 | 31 à 36 | > 36 | | 1 | 2 | 3 |
| | Obstacle à la vue du ciel | | < 0,4 | 0,4 à 0,8 | > 0,8 | | 0 | 1 | 2 |
| | Rues étroites bordées d'immeubles hauts | | 2 à 3 | | | | -2 | 0 | 0 |
| | Ombrage lié aux arbres | > 25 | > 10 à 25 | | | -2 | -1 | | |
| Propriétés thermiques des matériaux et des surfaces avec ou sans eau (rafraîchissement) | Imperméabilisation des sols | | ≤ 30 | > 30 à 60 | > 60 | | -1 | 2 | 3 |
| | Propriétés thermiques des matériaux | | 1600 | > 1600 | > 1700 | | 0 | 2 | 4 |
| | Présence de végétation dans l'îlot | 66 à 100 | 33 à < 66 | 10 à < 33 | ≤ 10 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | Proximité de l'îlot à un bois ou une forêt | oui | | non | | -1 | | 0 | |
| | Proximité de l'îlot à un cours d'eau ou à un plan d'eau | > 0,3 | > 0,15 à 0,3 | 0,05 à 0,15 | < 0,05 | -2 | -1 | 0 | 1 |
| | | oui | | non | | -1 | 0 | | |
| Réfléchissement du rayonnement solaire (albédo) par les matériaux et surfaces | Réfléchissement de la lumière | | > 0,2 | > 0,15 à ≤ 0,2 | ≤ 0,15 | | -2 | 1 | 2 |
| Chaleur anthropogénique | Chaleur produite par l'activité humaine | | ≤ 0,1 | > 10 à 30 | > 30 | | 0 | 1 | 2 |

Figure 116 : Synthèse du calcul score potentiel ICU – Rez-de-rue Mériadeck – Bordeaux (auteure)

L'ensemble des éléments d'analyse du rez-de-rue du quartier Mériadeck permet d'obtenir un score total de 10 (cf. Figure 116). Ce site est donc identifié comme un ICU moyen.

2.3.2. L'esplanade Charles de Gaulle, un potentiel de fraîcheur confirmé

La terrasse comprenant l'Esplanade Charles de Gaulle, est un grand espace naturel en pleine terre, seulement construit à sa périphérie (cf. Figure 117).

Ainsi, la faible densité bâtie, les ombrages créés par la végétation de grande hauteur et la proportion d'obstacles faible, permettent une bonne circulation de l'air et un facteur de vue du ciel élevé et donc un rafraîchissement très satisfaisant de l'espace.

De plus, la perméabilité de la quasi-totalité des surfaces au sol, leur couleur claire (la dalle étant entièrement piétonne, seuls les véhicules d'entretien de la végétation y ont accès), et la présence significative d'eau et de végétation permettent à cet espace de limiter le réchauffement du quartier et même d'avoir un effet rafraîchissant.



Figure 117 : Vue aérienne de la terrasse de l'esplanade Charles de Gaulle à Mériadeck - Bordeaux (Google Earth)

| SYNTHÈSE ALEA DE JOUR | | Définition des seuils | | | | Notes associées | | | |
|--|---|-----------------------|--------------|----------------|----------|-----------------|--------|--------|--------|
| Type de propriétés | | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 | Note 1 | Note 2 | Note 3 | Note 4 |
| Nombre de surfaces proposées à l'interception des rayonnements | Nombre de surfaces bâties | | ≤ 1 | 1 à 5 | ≥ 5 | | 0 | 2 | 4 |
| | Ventilation de l'îlot | | < 31 | 31 à 36 | > 36 | | 1 | 2 | 3 |
| Rugosité minérale / végétale source de perturbations radiatives (ombrage) et d'obstacles aux circulations des masses d'air | Obstacle à la vue du ciel | | < 0,4 | 0,4 à 0,8 | > 0,8 | | 0 | 1 | 2 |
| | Rues étroites bordées d'immeubles hauts | | 2 à 3 | | | | -2 | 0 | 0 |
| | Ombrage lié aux arbres | > 25 | > 10 à 25 | | | | -2 | -1 | |
| | Imperméabilisation des sols | | ≤ 30 | > 30 à 60 | > 60 | | -1 | 2 | 3 |
| Propriétés thermiques des matériaux et des surfaces avec ou sans eau (rafraîchissement) | Propriétés thermiques des matériaux | | 1600 | > 1600 | > 1700 | | 0 | 2 | 4 |
| | Présence de végétation dans l'îlot | 66 à 100 | 33 à < 66 | 10 à < 33 | ≤ 10 | | -2 | -1 | 0 |
| | Proximité de l'îlot à un bois ou une forêt | oui | | non | | | -1 | 0 | |
| | Présence d'eau dans l'îlot | > 0,3 | > 0,15 à 0,3 | 0,05 à 0,15 | < 0,05 | | -2 | -1 | 0 |
| Rafraîchissement du rayonnement solaire (albédo) par les matériaux et surfaces | Proximité de l'îlot à un cours d'eau ou à un plan d'eau | oui | | non | | | -1 | 0 | |
| | Réflection de la lumière | | > 0,2 | > 0,15 à ≤ 0,2 | ≤ 0,15 | | -2 | 1 | 2 |
| Chaleur anthropogénique | Chaleur produite par l'activité humaine | | ≤ 0,1 | > 10 à 30 | > 30 | | 0 | 1 | 2 |

Figure 118 : Synthèse du calcul score potentiel ICU – Terrasse de l'esplanade Charles de Gaulle Mériadeck – Bordeaux (auteur)

L'ensemble des éléments d'analyse de la terrasse de l'Esplanade Charles de Gaulle permet d'obtenir

un score total de -4 (cf. Figure 118). Ce site a donc un effet de fraîcheur indéniable

Suivant la méthode LCZ, ces résultats ont ensuite été analysés en regard de la vulnérabilité du territoire, c'est-à-dire la sensibilité des biens et des personnes, et les ressources territoriales disponibles pour y faire face.

Dans le cas de Mériadeck, l'analyse a été faite à l'échelle globale du quartier plutôt que des îlots analysés.

Ainsi, Mériadeck compte majoritairement une population plutôt jeune (plus de 50% ont entre 15 et 45 ans), mais aussi une part importante de population plutôt âgée (25% de plus de 65 ans, dont plus de 10% de plus de 80 ans), qui représentent des populations fragiles vis-à-vis des vagues de chaleur.

De plus, Mériadeck est un quartier très dense, qui concentre à la fois une forte population (2 500 habitants sur 250 000 m²), mais aussi de nombreux employés (environ 18 000). Ainsi, ce sont d'autant plus d'usagers qui occupent les espaces publics aux heures du déjeuner et fréquentent les commerces de la galerie marchande.

Enfin, en termes de dispositifs de rafraîchissements, la présence à l'intérieur même du quartier de l'Esplanade Charles de Gaulle, caractérisée par la présence importante de végétation, mais aussi d'eau, permet un rafraîchissement immédiat.

2.4. Méthodologie croisée

2.4.1. Ensoleillement : un ombrage suffisant ?

A Mériadeck, le rez-de-rue, est principalement constitué par des voiries et des espaces de circulations (cf. Figure 119).

Afin de simplifier la modélisation de la course du soleil et étant donné les dimensions du quartier, nous nous concentrerons sur la partie nord du quartier, comprenant l'îlot du Centre Commercial, l'îlot de la Poste, l'îlot des Jardins de Gambetta et la terrasse du Front du Médoc. Cependant cette analyse est généralisable à l'échelle globale du quartier.

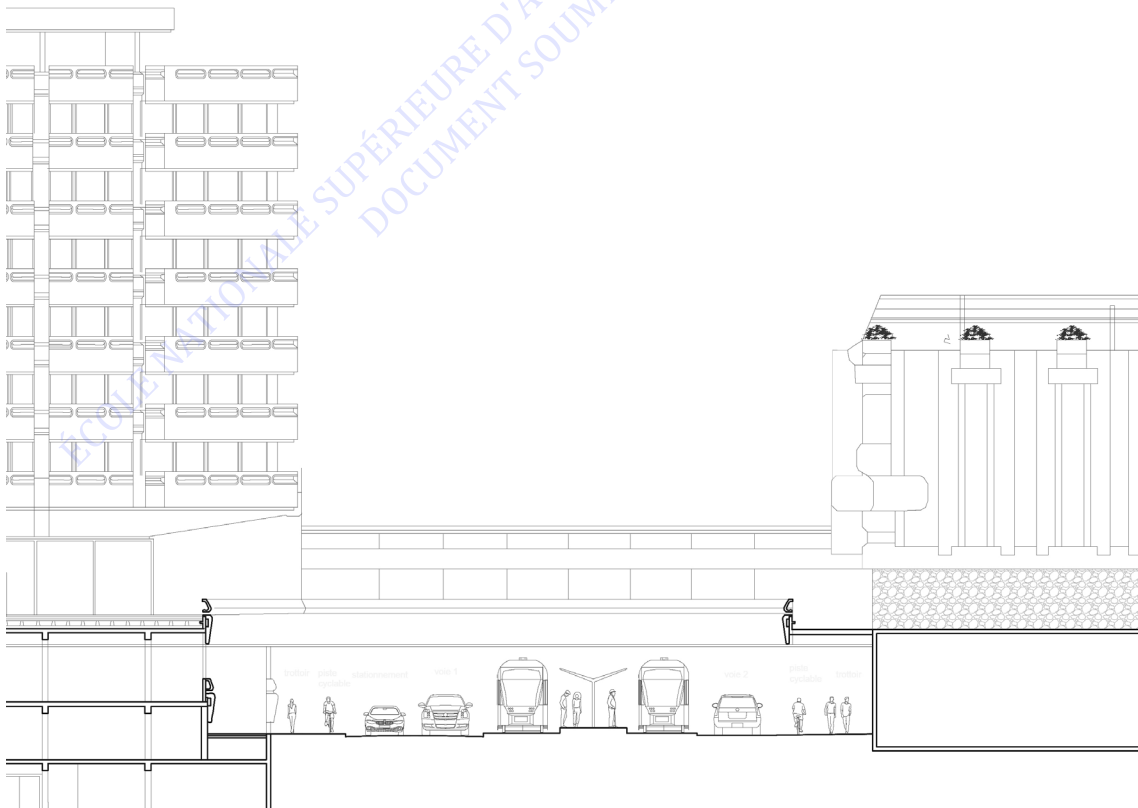


Figure 119 : Coupe de la rue Claude Bonnier - Mériadeck - Bordeaux (auteure)

La modélisation de la course du soleil montre que les hauteurs importantes des bâtiments permettent en partie de protéger les voiries des rayonnements solaires. De la même manière, la dalle, par ses débords, permet également de créer des espaces de circulation piétons ombragés.

En outre, le quartier a la particularité de présenter des voiries orthogonales, c'est-à-dire orientées nord-sud ou est-ouest. Selon cette orientation, les voiries ne sont pas exposées aux rayonnements solaires de la même manière (cf. Figure 120). Les voiries est-ouest, comme la rue du Père Dieuzaide et la rue Claude Bonnier sont finalement très peu protégées du rayonnement solaire par l'ombre des bâtiments. A l'inverse, la rue Robert Lateulade orientée nord-sud, profite de l'ombrage produit par les bâtiments tout au long de la journée, sauf aux heures les plus chaudes (entre 11h et 13h).

De plus, l'analyse de l'ensoleillement sur l'ensemble du quartier (cf. Figures 121 et 122) confirme la différence importante d'exposition aux rayonnements solaires entre le rez-de-rue et la terrasse de l'Esplanade Charles de Gaulle.

En effet, les durées d'exposition des surfaces verticales et horizontales sont en majorité inférieures à 7h sur la dalle, alors qu'elles peuvent atteindre les 14 heures au niveau de la rue, malgré l'ombre portée importante des bâtiments et de la dalle, provoquant un fort stockage par les matériaux les constituant.

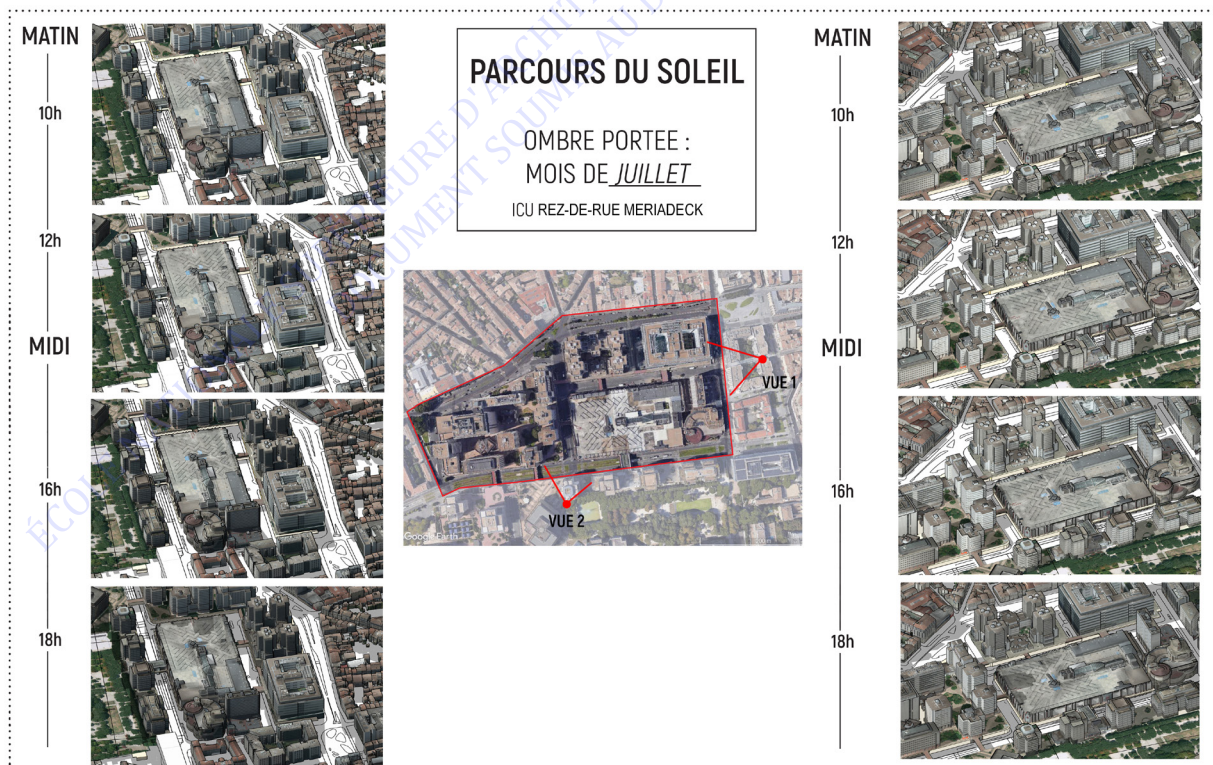


Figure 120 : Modélisation de la course du soleil Mériadeck, Bordeaux (auteure)

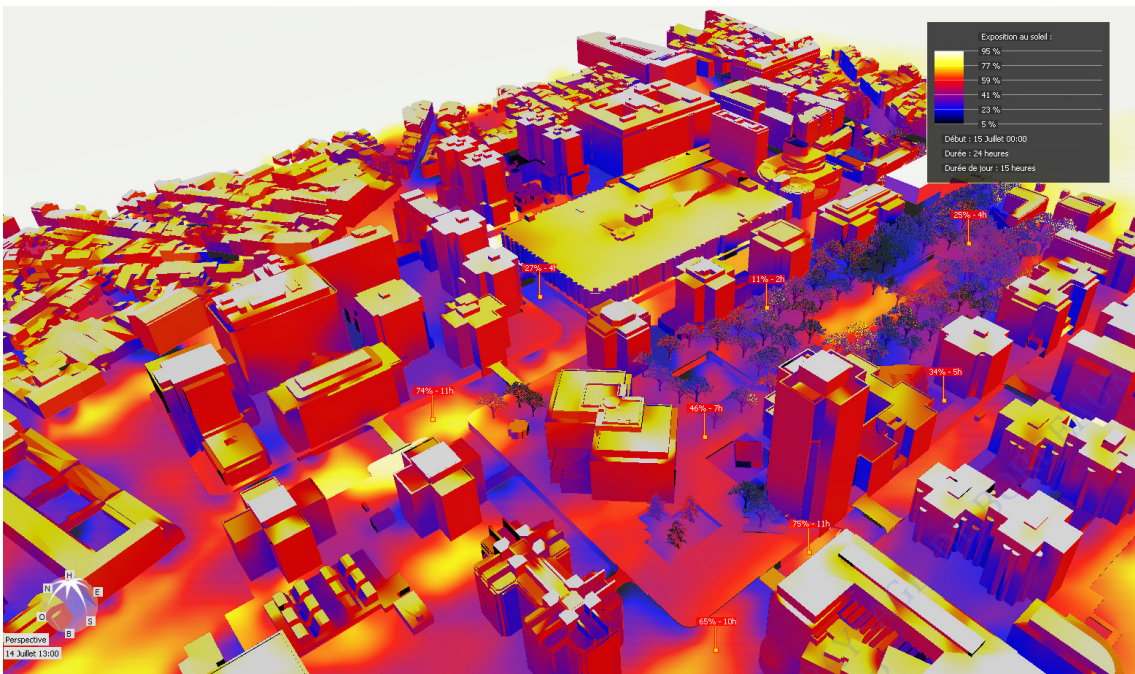


Figure 121 : Modélisation de l'impact des ombres portées sur l'espace public –Mériadeck, Bordeaux(auteure)

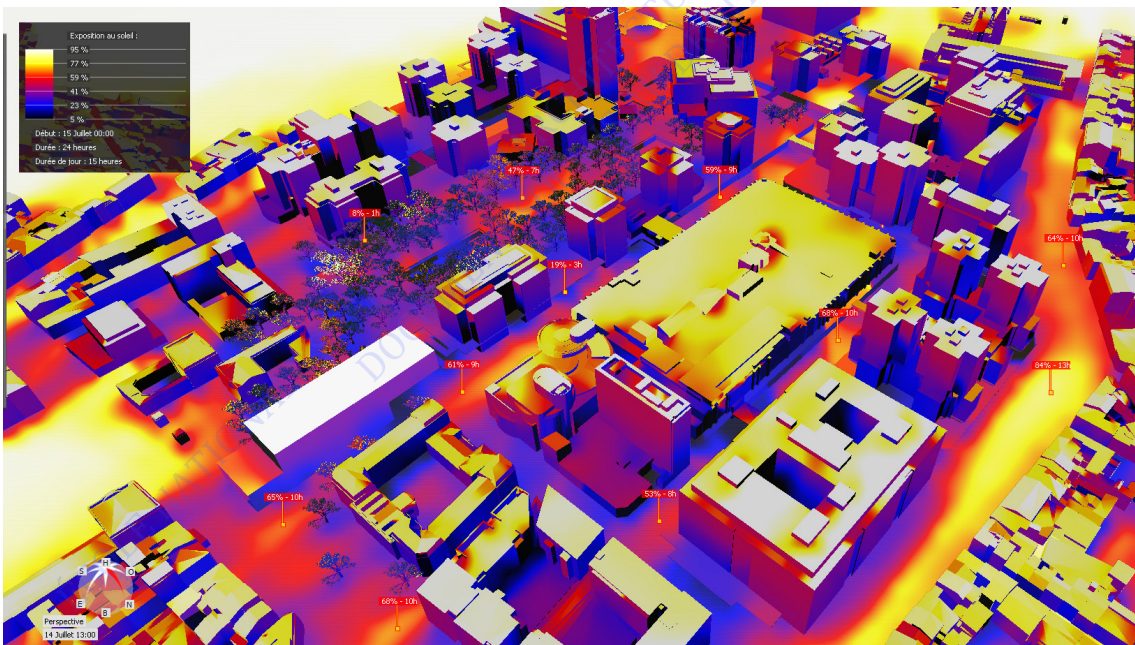


Figure 122 : Modélisation de l'impact des ombres portées sur l'espace public – Mériadeck, Bordeaux(auteure)

2.4.2. Des matériaux différents selon le niveau étudié

L'une des particularités de Mériadeck est l'utilisation du béton désactivé pour la majorité des bâtiments. Ce matériau de couleur plutôt claire a un albédo élevé (environ 0.45).

Toutefois, le rez-de-rue et l'Esplanade Charles de Gaulle se différencient par le matériau de sol, c'est-à-dire l'asphalte, dont l'albédo est très faible (autour de 0.15), mais aussi par les façades des bâtiments au niveau du rez-de-rue. Celles-ci peuvent être très différentes et les albédos sont estimés entre 0,10 et 0,45 (cf. Figure 123).

La faible proportion de matériaux réfléchissants

augmente l'effet îlot de chaleur de la rue.

En ce qui concerne l'Esplanade Charles de Gaulle, trois matériaux composent le revêtement de sol, de couleur claire, avec un albédo faible (cf. Figure 124). Les façades des bâtiments, sont quant à elles en béton blanc désactivé. Contrairement au rez-de-rue, les albédos plus importants de l'environnement de l'Esplanade permettent de réduire le stockage de la chaleur et donc le réchauffement de l'espace.



Figure 123 : Revêtements de sols et façades des bâtiments - Rez-de-rue - Mériadeck - Bordeaux (auteure)



Figure 124 : Revêtements de sols et façades- Terrasse de l'esplanade Charles de Gaulle - Mériadeck - Bordeaux (auteure)

2.4.3. Une présence d'eau et de végétation variable

Concernant la question de la végétation, le rez-de-rue est caractérisé par son aspect très minéral. Seuls quelques rares arbres plantés de manière éparses ponctuent le paysage (cf. Figure 125). Cela ne permet ni de créer un ombrage suffisant sur l'espace public, ni de rafraîchir l'air ambiant par évapotranspiration.

Au contraire, l'esplanade Charles de Gaulle est très végétalisée sur la partie parc (végétation haute, moyenne et pelouse) (cf. Figure 126). La partie ouest comprenant la préfecture est la plus minérale, mais là encore, la présence du bassin et certains aménagements permettent la plantation d'arbres, même s'ils sont plus rares. Enfin, la présence de murs végétalisés au niveau de la salle du Conseil de Bordeaux Métropole permet, additionnée à la présence du bassin, un réel rafraîchissement de cet espace.



Figure 125 : Repérage de la végétation - Rez-de-rue Mériadeck - Bordeaux (auteure)



Vue aérienne de l'ICU Esplanade Charles de Gaulle de Mériadeck

Figure 126 : Repérage de la végétation - Terrasse de l'esplanade Charles de Gaulle Mériadeck - Bordeaux (auteure)

2.4.4. La chaleur anthropique

Comme présenté précédemment, l'une des caractéristiques de l'urbanisme sur dalle est la séparation des flux entre les véhicules et les piétons. Ainsi, l'espace de rez-de-rue est entièrement dédié à la voiture (circulation, stationnement, etc.). Ainsi, même si le quartier est davantage contourné que traversé par les véhicules, celui-ci reste très circulé.

De plus, concernant les dégagements dus aux systèmes de climatisation, le quartier est principalement composé de commerces, bureaux et hôtels. Or l'ensemble de ces espaces intérieurs est climatisé et les systèmes rejetant de la chaleur sont localisés au niveau des rues « de services » c'est-à-dire la rue Jean Fleuret au sud du quartier et la rue du Père Dieuzaide au nord. Le dégagement de chaleur est donc plus important dans ces espaces.

A l'inverse, le niveau de dalle est complètement épargné par les problématiques de circulation, puisque seuls les véhicules d'entretien des espaces publics sont autorisés à y circuler. Il n'existe pas d'élément anthropique qui favorise l'augmentation de la chaleur sur cet espace.

En somme l'effet îlot de chaleur du rez-de-rue semble se confirmer d'un point de vue physique. En effet, l'orientation des rues permet une pénétration des rayonnements solaires importants sur certains espaces. Ceux-ci ayant majoritairement des matériaux avec un albédo faible, ils stockent davantage de chaleur. De plus, l'absence notable de végétation, élément naturel de rafraîchissement et les forts dégagements de chaleur anthropiques (systèmes de climatisation et circulation routière) amplifient le phénomène.

Le quartier de Mériadeck est globalement apprécié par les usagers qui le trouvent plutôt agréable (42%). Pourtant, là encore, il existe une différence notable entre les avis recueillis par les usagers de la rue et ceux de la dalle. Au niveau du rez-de-rue, ce sont surtout les nuisances (sonores, les circulations importantes) qui ressortent, et qui font que seuls 30% trouvent le site tout à fait agréable.

« *C'est pas dégueu ici, c'est juste qu'entre les travaux, les voitures, les camions de livraisons, le tram, on a l'impression que c'est une autoroute, je parle pas de la vitesse hein, mais c'est pas possible de marcher ici* »²¹

Au contraire, au niveau de la dalle, c'est surtout le caractère naturel et le calme qui ressortent, rendant ce lieu tout à fait agréable pour 64% des participants.

« *C'est fou ici, quand on sait qu'en dessous y a la ville avec vachement de circulation, du bruit, et tout ça ... ici on flotte, on entend les oiseaux, on a des arbres, de l'eau. Enfin c'est un peu une pause dans ce jardin magique.* »²¹

Le manque de végétation est également associé par les usagers au stress thermique ressenti au niveau du rez-de-rue en été, avec 80% de personnes plutôt gênées à tout à fait gênées

« *Effectivement, quand on voit la largeur de ces rues, on peut y faire passer au moins deux voitures dans chaque sens, alors franchement, qu'ils n'aillent pas me faire croire qu'ils ne peuvent pas planter deux pauvres arbres.* »²¹ .

Au contraire, au niveau de la dalle, les usagers se sont volontairement localisés dans cet espace afin de se protéger des fortes chaleurs. L'ombrage généré par la forte présence de végétation, ainsi que l'eau permettent donc de diminuer le stress thermique ressenti en période estivale.

Dans le cas du quartier de Mériadeck, l'ICU identifié par la mesure au niveau du rez-de-rue est également identifié par les usagers. De la même manière, la dalle est bien ressentie comme un îlot de fraîcheur, puisque les usagers décident de s'y abriter en période de fortes chaleurs.

Il ressort aussi de ces enquêtes que les usagers du rez-de-rue n'ont pas ou très peu fréquenté la dalle (seuls 25% y sont déjà allés au moins une fois).

« *Sur la dalle ? Non j'y suis jamais allé, j'ai vu qu'il y avait des marches un peu plus loin, mais j'avoue que j'ai jamais pensé à y aller, je sais pas trop quoi y faire de toute façon* »²¹

Cela pose donc la question de la visibilité de la dalle et de la possibilité de valoriser cet îlot de fraîcheur pour les usagers du quartier.

21 - Propos recueillis lors de la campagne d'enquête

Ainsi, il existe de nombreux IFU à l'échelle métropolitaine bordelaise. Il peut aussi bien s'agir d'éléments naturels structurants tels que la Garonne ou les coteaux de la rive droite, que de la couronne d'espaces naturels et agricoles, qui permettent de rafraîchir l'ensemble du territoire. A l'échelle communale, ce sont les parcs et jardins qui jouent ce rôle. Enfin, à l'échelle des quartiers, les squares, les places, les cœurs d'îlots végétalisés, etc. permettent d'offrir aux habitants des espaces de proximité rapidement accessibles.

L'Esplanade Charles de Gaulle a été identifiée par la Métropole comme un îlot de fraîcheur de proximité, c'est-à-dire dont peuvent profiter les bordelais. Or ce quartier reste très méconnu et souvent malaimé par les bordelais.

De plus, l'analyse du quartier à travers les deux niveaux qui la composent -celui de la dalle et celui de la rue- montre que ce quartier moderne atypique aux portes du centre-ville bordelais présente à la fois un îlot de chaleur (rez-de-rue) mais aussi un îlot de fraîcheur urbain (terrasse de l'Esplanade

Charles de Gaulle). Ces constats ont été confirmés par la campagne d'enquête réalisée sur place.

Celle-ci a aussi démontré la nécessité de mettre en valeur cet IFU, puisqu'une grande partie des usagers ne fréquentent que le rez-de-dalle et n'ont pas connaissance de la dalle.

L'étude de ce quartier pose la question de la gestion et la réduction des îlots de chaleurs urbains par la valorisation des IFU.

En effet, la stratégie actuelle à l'échelle de la Métropole, avec la plantation d'arbres, l'aménagement des quais ainsi que la création du miroir d'eau, par exemple a favorisé l'extension de l'îlot de fraîcheur lié à la Garonne. L'idée n'est donc pas de créer de nouveaux îlots de fraîcheur, mais bien de créer des continuités et des extensions des îlots de fraîcheur existants, en améliorant leur accessibilité, leur ouverture, mais aussi leur visibilité.

Conclusion

« Dès que les températures commencent à grimper, le cours de l'Intendance [à Bordeaux], a une température de 45°C, il est impossible de s'y promener en été, vous êtes obligés de changer de direction, de parcours. Il est certes très beau, très impressionnant, mais il n'y a pas d'ombre et les albédos sont pas particulièrement corrects, alors imaginez dans quelques années, ce n'est pas seulement ce cours qui va être impraticable, mais l'ensemble de la ville centre de Bordeaux. »²².

Ces constats de villes de plus en plus étouffantes et invivables en période estivale, nous ont amenées à nous interroger sur la question du confort thermique et des différents paramètres impliqués.

De manière générale, ce sont surtout des paramètres physiques (température de l'air, humidité relative, vitesse du vent, etc.) qui permettent d'évaluer le confort thermique. Des indices de mesure du confort thermique, tels que le PET (Physiological Equivalent Temperature) ou le PMV (Predicted Man Vote), ont été à l'origine conçus pour déterminer le confort thermique intérieur avant d'être transposés pour l'étude des sites extérieurs. L'UTCI (Universal Thermal Climate Index) est actuellement le seul indice conçu pour le confort thermique extérieur, mais son échelle d'évaluation est inadaptée à certains contextes (Talhi, 2020).

Ces indices, s'ils prennent en compte de nombreux paramètres physiques et physiologiques de l'être humain, n'intègrent que très peu l'aspect psychologique, lié à l'expérience à court ou à long terme, au temps d'exposition ou encore à d'autres concepts issus des sciences humaines comme celui du « contrôle perçu ». Seules quelques rares études (Nikilopoulou, 2003) prennent réellement en compte ses caractéristiques et leur impact sur

la pratique de l'espace public par les usagers.

Par ailleurs, les travaux menés sur le phénomène d'îlot de chaleur urbain démontrent les nombreux paramètres urbains qui en sont à l'origine, tels que la forme de la ville (la densité, le rapport entre la hauteur des bâtiments et la largeur de la rue, l'orientation des rues, etc.) ou encore les matériaux utilisés (sols, façades, toitures).

Ce phénomène a des conséquences environnementales importantes. Parmi celles-ci nous pouvons citer par exemple la hausse de la pollution atmosphérique du fait de l'augmentation de la concentration des polluants atmosphériques, liée à la mauvaise évacuation de l'air ou bien les hausses de consommation énergétiques liées à la climatisation.

En termes sanitaires, les conséquences sont notamment liées à la hausse de la mortalité en période de canicule.

Il n'est pas impossible de lutter et d'atténuer l'effet îlot de chaleur. Pour cela, il faut repenser l'aménagement des espaces publics en travaillant sur le (ou les) paramètre(s) à l'origine de l'îlot de chaleur, c'est-à-dire utiliser des matériaux à plus fort albédo, par exemple. De plus, l'eau et la végétation sont des éléments qui permettent de réduire l'îlot de chaleur de manière très efficace.

L'objectif de cette étude était de comprendre si les îlots de chaleur urbains étaient systématiquement sources d'inconfort thermique perçu par les usagers de l'espace public.

22 - Propos de Bernard Blanc, adjoint à l'urbanisme résilient à la Mairie de Bordeaux, recueillis lors d'un workshop avec les étudiants de l'IATU (Université Bordeaux Montaigne), Décembre 2020.

Quatre sites métropolitains, aux caractéristiques diverses ont été sélectionnés :

- la gare Saint-Jean, Bordeaux : un pôle intense d'échanges, dans un quartier en mutation ;
- la place Charles de Gaulle, Mérignac : une place de centre bourg réaménagée ;
- la zone commerciale Rives d'Arcins, Bègles : un centre commercial dense ;
- la place Saint-Projet, Bordeaux : un lieu de convergence du centre historique de Bordeaux.

Ainsi, à travers l'étude de chaque îlot de chaleur, le croisement des données a été effectué, afin de révéler si le phénomène de chaleur mesuré par les cartes satellites est confirmé par les usagers. Les deux analyses étant complémentaires, ce croisement d'informations a permis d'établir un diagnostic plus poussé de chaque îlot de chaleur.

Cette analyse a démontré qu'il n'existe pas une typologie unique, mais une multitude de profils d'îlots de chaleur urbain, en lien avec les différentes causes identifiées précédemment. Ainsi, la forme urbaine, l'ouverture du site, la présence de bâtiments, la hauteur et la distance entre ces bâtiments, la présence de végétation et d'eau, les albédos des matériaux utilisés et le dégagement de chaleur anthropique permettent de définir des situations d'îlots de chaleur très variées et dans lesquelles ces paramètres interviennent à différents degrés en fonction des situations urbaines. En effet, un ombrage, du fait d'une forte densité, par exemple, permet de limiter les apports solaires, mais ne permet pas un bon rafraîchissement. Il est ainsi difficile de caractériser et de hiérarchiser de manière systématique les différents paramètres qui ont un impact sur tous les îlots de chaleur urbains, car cela dépend très fortement du site analysé.

Cette recherche a, de plus, permis de révéler que la définition connue des ICU était incomplète. En effet, il est réducteur de ne définir l'îlot de chaleur urbain que d'un point de vue thermique et physique. Il s'agit d'un croisement entre de nombreux facteurs, à la fois physiques, mais aussi physiologiques et psychologiques et la prise en compte des usagers dans cette définition est nécessaire bien que rarement intégrée. Deux typologies ont alors été identifiées : les ICU « mesurés » et les ICU « ressentis ». La difficulté de la définition d'un phénomène aussi complexe réside aussi dans les questions d'échelle. En effet, l'ICU sera plus ou moins ressenti et problématique en fonction de l'environnement immédiat, c'est-à-dire si des îlots de fraîcheur urbains (IFU) sont accessibles à proximité.

De plus, au-delà des caractéristiques physiques des sites étudiés, la gêne ressentie par les usagers a un lien très fort avec la cause du déplacement, la fréquence de fréquentation, l'attachement au lieu, l'historique du lieu, etc.

Ainsi, la gare Saint-Jean et la place Charles de Gaulle de Mérignac ont été identifiées par les usagers comme des ICU ressentis et mesurés, alors que la place Saint-Projet et le centre commercial de Bègles ne sont que des ICU mesurés. Toutefois, si la place Saint-Projet n'est pas ressentie comme un îlot de chaleur, elle fait partie intégrante de l'ICU « centre-ville de Bordeaux » qui lui est bien ressentie par les habitants.

Par conséquent, il apparaît difficile d'identifier une solution systématique. Mais il est plutôt souhaitable que chaque site fasse l'objet d'une analyse fine, incluant le recueil de données sensibles, permettant d'opter pour des solutions adaptées.

Mais quel rôle peuvent jouer les IFU (îlots de fraîcheurs urbains) dans l'atténuation et la gestion des ICU. A l'échelle d'une métropole comme

celle de Bordeaux, trois typologies d'IFU ont été identifiées : les IFU structurants tels que la Garonne, les coteaux, ou encore les jalles. Les IFU avec un impact communal tels que les parcs, les jardins et les forêts et enfin les IFU de proximité comme les squares, les places ou les rues plantées. L'ensemble de ces îlots de fraîcheur permettent un effet rafraîchissant à différentes échelles.

Mais comment se servir de ces îlots de fraîcheur pour limiter le réchauffement de la métropole? L'étude de cas du quartier de Mériadeck, par la méthodologie LCZ, puis par la méthodologie croisée a permis de montrer que le quartier présente deux situations. Le rez-de-rue, très minéral et très circulé est considéré comme un îlot de chaleur moyen, alors que la dalle et notamment la terrasse comprenant l'Esplanade Charles de Gaulle est un îlot de fraîcheur. Or, aujourd'hui la dalle n'est pas exploitée à son maximum puisqu'elle reste très méconnue et donc peu fréquentée par les usagers n'habitant ou ne travaillant pas dans le quartier. Ainsi, la valorisation et l'extension de cet îlot de fraîcheur, par un travail sur le rez-de-rue permettrait de diminuer significativement la température du quartier et de le rendre plus agréable, en termes de confort thermique, pour les usagers.

Etant donné que le phénomène d'îlot de chaleur urbain est très fortement lié à l'urbanisation, à l'organisation et à la conception des villes, se pose alors la question du rôle de l'architecte dans l'atténuation des ICU. L'architecte a, par sa formation, la capacité d'agir à plusieurs échelles : de l'échelle de la planification à l'échelle du bassin de vie ou de la métropole, mais aussi des quartiers, des espaces publics, ainsi que des bâtiments.

L'architecte ou l'urbaniste planificateur travaille sur l'élaboration des différents documents de planification à différentes échelles. Il produit des documents tels que les plans climats (PNACC²³ ,

PCET²⁴ , ...) à l'échelle nationale, le SRADDET²⁵ (échelle régionale), le SCoT²⁶ (échelle du bassin de vie), le PLU²⁷ (échelle communale ou intercommunale). Le PLU de Bordeaux Métropole est un document intercommunal élaboré par les 28 communes métropolitaines.

A la différence des autres documents de planification, le PLU est le seul document à avoir un cadre réglementaire (écrit et graphique) opposable. Il permet de définir les règles indiquant la destination générale des sols. Pour cela, il développe des notions telles que les formes que doivent prendre les constructions, les zones devant rester naturelles et les zones à urbaniser par les futures constructions, etc.

Ces réglementations peuvent aussi concerner une échelle parfois très réduite, allant jusqu'à la parcelle. C'est donc un outil très intéressant pour la lutte contre les îlots de chaleur, étant donné qu'il permet d'intégrer au sein du règlement écrit des préconisations de lutte contre les ICU, qui s'appliquent dans chaque zonage. Il peut s'agir de modifier l'emprise bâtie (article 9), la diminution des aires de stationnement (article 12), la quantification des espaces en pleine terre (non constructibles), ou encore la qualité énergétique et environnementale du bâti.

La gestion de la chaleur dans le PLU pose deux problématiques. Tout d'abord, les documents de planification n'ont pas une action rétroactive, c'est-à-dire qu'« ils ne sont pas applicables sur les tissus déjà constitués, mais uniquement sur les projets de nouvelle construction, de réhabilitation ou de rénovation »²⁸. L'objectif du PLU n'est pas de modifier l'état existant pour l'améliorer, mais bien de travailler de manière prospective sur les futurs projets.

23 - Plan National d'Adaptation au Changement climatique

24 - Plan Climat air-Energie Territorial

25 - Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires

26 - Schéma de Cohérence Territoriale

27 - Plan Local d'Urbanisme

28 - Propos recueillis lors d'un entretien avec Bob Clément – Urbaniste Chargé d'études à l'URBA

Ensuite, l'ensemble de ces réglementations traduit la volonté des élus, ce qui pose certains problèmes lorsqu'il s'agit de les appliquer sur le terrain. En effet, si la volonté de départ est de rafraîchir, notamment, par le biais de la végétation, lorsqu'un projet se met en place, « *les places de stationnement sont souvent favorisées au détriment des arbres* »²⁹.

L'architecte urbaniste en chef dessine et conçoit les plans-guide, c'est-à-dire les plans de grands projets d'aménagements à l'échelle du territoire concerné. La prise en compte d'une question comme la chaleur et le confort urbain prend toute son importance, car le projet est représentatif de la volonté politique et de la perception de l'avenir par les professionnels de la construction.

Si certains projets tels que la ZAC Bastide Niel (lancée en 2009) ou le quartier Brazza (initié en 2013) sur la rive droite semblent avoir intégré la végétation de manière importante, d'autres quartiers tels que les Bassins à Flot (lancé en 2009), ne semblent pas avoir pris en compte la question de la chaleur urbaine.

En effet, l'analyse du plan guide des Bassins à Flot (au nord-ouest de Bordeaux), conçu par l'architecte-urbaniste Nicolas Michelin, montre que même si la chaleur est un élément primordial dans les politiques publiques, elle n'a pas été un élément déterminant de ce projet. Le quartier des Bassins à Flot, toujours en construction a d'ores et déjà été identifié comme un ICU. C'est donc un quartier qui pose question : comment a-t-il pu être accepté par la ville de Bordeaux ? D'autant plus que le projet d'origine (présenté en 2011 par Nicolas Michelin), présentait des espaces végétalisés bien plus importants que le plan finalement accepté.

Finalement, l'analyse du projet montre que l'eau des bassins et la faible présence de végétation ne permettent pas d'apporter un rafraîchissement suffisant. De plus, malgré la volonté de départ,

de créer une véritable relation et un parcours avec l'eau, il n'existe aujourd'hui que des percées visuelles et éventuellement une traversée des bassins jusqu'au fleuve.

L'utilisation d'un pavé de couleur foncé, au faible albédo, stocke une quantité importante de chaleur et augmente la température de surface rapidement.

L'architecte bâtisseur gère l'ensemble du processus de conception, depuis le dépôt de permis de construire (PC), jusqu'à la livraison du chantier, suivant chaque phase.

Les constructions doivent répondre à des réglementations thermiques dont l'objectif est de réduire la consommation énergétique du bâtiment et par conséquent les émissions de gaz à effet de serre. Cependant, il n'est fait mention nulle part, d'un possible impact sur l'environnement proche du bâtiment (notamment l'imperméabilisation des sols aux alentours), et d'un potentiel usage de matériaux ayant un fort albédo.

Les difficultés liées au rôle de l'architecte sont doubles :

- être lui-même conscient des problématiques de confort et de l'impact de la conception architecturale à la fois sur le confort intérieur du bâtiment, mais aussi et surtout sur le confort extérieur ;
- informer et sensibiliser le maître d'ouvrage (public ou privé) à ces questions, tout en lui proposant un projet qui réponde à ses exigences et au budget imposé. Ainsi, l'enjeu de notre génération d'architectes pour demain, est de concevoir tout en conseillant et en intégrant aux processus de conception une réflexion environnementale et urbaine. C'est de ne pas penser le bâtiment comme un objet isolé, mais bien intégré dans son environnement.

29 - Propos recueillis lors d'un entretien avec Isabelle Thomas, Chargée de mission développement durable adaptation au changement climatique, Bordeaux Métropole

Finalement, l'architecte est l'acteur qui peut faire le lien entre l'ensemble des acteurs politiques (élus) et les acteurs de l'aménagement (urbanistes, paysagistes, techniciens, bureaux d'étude, etc.). Ils sont donc les mieux placés pour appréhender les problématiques liées aux enjeux environnementaux. Il faut prendre conscience que chaque acte a des conséquences à l'échelle locale, mais aussi à plus grande échelle.

Enfin, en tant qu'architectes, nous avons un devoir de création, mais aussi de sensibilisation, de conseil et de formation. Mais comment expliquer des notions sur lesquelles nous sommes nous-mêmes mal informés ? Comment faire comprendre aux différents acteurs partenaires, qu'ils ont le devoir de ne pas agir de manière isolée, pour satisfaire leurs désirs au détriment de l'environnement extérieur ?

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Liste des sigles et acronymes

- **ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
- **APUR** : Atelier Parisien d'Urbanisme
- **A/R** : Aspect Ratio
- **AUA/T** : Agence d'Urbanisme de l'Aire métropolitaine de Toulouse
- **AURBA** : Agence d'Urbanisme de Bordeaux Aquitaine
- **GIEC** : Groupement d'experts intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
- **GES** : Gaz à effet de serre
- **IATU** : Institut d'Aménagement de Tourisme et d'Urbanisme de Bordeaux
- **ICU** : Îlot de Chaleur Urbain
- **IFU** : Îlot de Fraicheur Urbain
- **PCET** : Plan Climat Energie Territorial
- **PNAAC** : Plan National d'Adaptation au Changement climatique
- **PLU** : Plan Local d'Urbanisation
- **SCoT** : Schéma de Cohérence Territorial
- **SRADET** : Schéma Régional de Développement Durable et d'Egalité des Territoires
- **SRU** : Solidarité et Renouvellement Urbain

Table des figures

Figure 1 : LES PARAMÈTRES DU CONFORT THERMIQUE EXTÉRIEUR (PERRINEAU, 2013)

Figure 2 : COMPOSANTES SERVANT A LA DETERMINATION DE L'INDICE PET (MARZARAKIS, 2007)

Figure 3: SEUILS ET DEGRÉS DE SENSATION RELATIFS A L'INDICE PET (HÖPPE, 1999)

Figure 4 : EXEMPLES DE VALEURS DE L'INDICE PET (MATZARAKIS AND MAYER, 1996)

Figure 5 : ECHELLE DE MESURE ET DE SATISFACTION DU (CEREMA, 2017)

Figure 6 : ÉCHELLE DE MESURE ET DE SATISFACTION DU PMV (CEREMA, 2017)

Figure 7 : POURCENTAGE PREDIT D'INSATISFAITS (PPD) EN FONCTION DU VOTE MOYEN PREDIT (PMV) D'APRES LA NORME ISO 7730 (CEREMA, 2017)

Figure 8 : THERMOREGULATION, SEUILS DE RISQUES ET CONFORT THERMIQUE (IAU IDF, 2010)

Figure 9 : COMPARAISON ENTRE LE POURCENTAGE ACTUEL D'INSATISFAITS ET LE POURCENTAGE PREDIT D'INSATISFAITS, DANS LE CAS D'UNE ETUDE SUR CAMBRIDGE, (NIKOLOPOULOU, 2003)

Figure 10: ILLUSTRATION DU PROFIL THERMIQUE CARACTERISTIQUE D'UN Îlot DE CHALEUR URBAIN (AKBARI ET AL., 1992).

Figure 11 : LE CHAUFFAGE DE L'ATMOSPHERE PAR LE RAYONNEMENT SOLAIRE (IAU, IDF, 2017)

Figure 12 : LOCALISATION DES DEUX RUES ETUDIEES (COURS ALSACE-ET-LORRAINE EN VERT ET RUE ARNAUD MIQUEU EN ORANGE) (FOND DE PLAN GOOGLE EARTH 2019)

Figure 13 : : COUPE DU COURS ALSACE-ET-LORRAINE (LARGEUR 14M – HAUTEUR MOYENNE 20M) 18 (AUTEURE)

Figure 14 : COUPE DE LA RUE ANDRE MIQUEU (LARGEUR 4,5M – HAUTEUR MOYENNE 12M) (AUTEURE)

Figure 15 : ASPECT RATIO - H REPRESENTE LA HAUTEUR DU BATI ET W LA LARGEUR DE LA ROUTE, LE RAPPORT H/W DETERMINE L'ASPECT RATIO (INSPIRE DE OKE, 1981)

Figure 16 : FACTEUR DE VUE DU CIEL DANS UN CANYON URBAIN. H REPRESENTE LA HAUTEUR DU BATI ET W LA LARGEUR DE LA ROUTE, LE RAPPORT H/W DETERMINE L'ASPECT RATIO (OKE, 1981, PARMENTIER, 2010)

Figure 17 : COUPE SCHEMATIQUE ILLUSTRANT LE FACTEUR DE VUE DU CIEL (SVF) (ENVIRONMENTAL SCIENCE, 2014)

Figure 18 : COURS ALSACE-ET-LORRAINE (A GAUCHE) - VUE ASSEZ DEGAGEE SUR LE CIEL (SVF > 70%) (GOOGLE EARTH, 2018)

Figure 19 : RUE ANDRE MIQUEU (A DROITE) - PEU DE VUE SUR LE CIEL (SVF < 40%) (GOOGLE EARTH 2018)

Figure 20 : SCHEMATISATION DE LA COURSE DU SOLEIL (FOND DE PLAN GOOGLE EARTH 2020).

Figure 21 : SCHEMATISATION DE LA COURSE DU SOLEIL COURS ALSACE-ET-LORRAINE - .VUE DU DESSUS, VUE FAÇADES EXPOSEES NORD ET VUE FAÇADES EXPOSEES SUD. (OPENDATA BORDEAUX METROPOLE, 2016).

Figure 22 : SCHEMATISATION DE LA COURSE DU SOLEIL RUE ANDRE MIQUEU - .VUE DU DESSUS, VUE FAÇADES EXPOSEES EST ET VUE FAÇADES EXPOSEES OUEST. (OPENDATA BORDEAUX METROPOLE, 2016).

Figure 23 : CROISEMENT DE LA RUE DU CANCERA (EST-OUEST) ET DE LA RUE DU PAS-SAINT-GEORGES (NORD-SUD) DANS LE BORDEAUX HISTORIQUE (E-CIC, 2014)

Figure 24 : DES ALBEDOS DIFFERENTS PRESENTS EN MILIEU URBAIN (ADUL, 2017)

Figure 25 : PHOTOGRAPHIE THERMIQUE MONTRANT LA DIFFERENCE DE TEMPERATURE ENTRE DEUX IMMEUBLES BORDELAIS EN PIERRE (E-CIC 2014)

Figure 26 : CLIMATISEUR D'UN COMMERCE, REJETANT DE L'AIR CHAUD DANS L'ATMOSPHERE (APUR, 2012)

Figure 27 : GROUPE DE TROIS CLIMATISEURS POSITIONNES DIRECTEMENT SUR L'ESPACE PUBLIC. SEUL LE CLIMATISEUR DE GAUCHE FONCTIONNE AU MOMENT DU CLICHE. SON USAGE INTERVIENT ALORS QUE LA PORTE DU COMMERCE EST GRANDE OUVERTE (APUR,2012)

Figure 28 : RISQUES POUR LA SANTE D'UNE EXPOSITION A LA CHALEUR : SYMPTOMES ET NIVEAUX DE GRAVITE (INRS.FR)

Figure 29 : LIENS ENTRE CAUSES DE L'ICU ET LES CHOIX AMENAGEMENTS POUR Y REPONDRE (A'URBA, 2019)

Figure 30 : L'ETE, DES MILLIERS DE TOURISTES PASSENT PAR LE MIROIR, SE MELANT AUX BORDELAIS QUI VIENNENT S'Y RAFRAICHIR. (QUENTIN SALINIER)

Figure 31 : BRUMISATEURS A PARIS PLAGE (LE PARISIEN, JUIN 2017)

Figure 32 : DEBUT DE L'EXPERIENCE D'ARROSAGE DES RUES (JUILLET 2012) DANS LE QUARTIER DE LA BUIRE, LYON (GRAND LYON, 2013)

Figure 33 : VEGETATION ET RAYONNEMENT SOLAIRE (APUR, 2020)

Figure 34 : LE PRINCIPE D'EVAPOTRANSPIRATION (APUR, 2020)

Figure 35 : VEGETALISATION PROBABLEMENT SPONTANEE D'UNE FAÇADE D'HBM (APUR, 2020)

Figure 36 : PIED DE VIGNE D'UNE COUR HBM. SEULE UNE BANDE DE 40CM SUFFIT POUR L'ENRACINEMENT D'UNE PLANTE GRIMPANTE CAPABLE DE COLONISER TOUTE UNE FAÇADE (APUR, 2020)

Figure 37 : REVETEMENTS DE SOLS, ALBEDOS ET USAGES (AUTEURE)

Figure 38 : COOL ROOF NEW YORK CITY, (NYC. GOV, 2009)

Figure 39 : HIERARCHISATION DES ELEMENTS INFLUANT SUR L'AUGMENTATION DES Îlots DE CHALEUR URBAINS (COMMUNAUTE URBAINE DU GRAND LYON, 2010)

Figure 40 : APPLICATION DE L'APPROCHE DE DIVISION CLASSIQUE DU TERRITOIRE (STEWART, 2011)

Figure 41 : PRESENTATION DES 17 TYPES DE LCZ EXISTANTS (STEWART, 2011)

Figure 42 : STRUCTURE D'UN TYPE DE LCZ (STEWART, 2011)

Figure 43 : REPRESENTATION DU «FACTEUR DE VUE DU CIEL (SVF)» EN ILE DE FRANCE (IAU IDF)

Figure 44 : REPRESENTATION DES «POURCENTAGES DES SURFACES D'EMPRISES BÂTIES ET DE VOIRIES REVETUES» EN ILE-DE-

FRANCE (IAU IDF)

Figure 45 : CLASSIFICATION DES LOCAL CLIMATE ZONE EN ÎLE-DE-FRANCE (IAU, IDF, 2017)

Figure 46 : SYSTEME DE NOTATION DES LCZ (IAU IDF, 2017)

Figure 47 : AMPLIFICATION DE L'ALEA VAGUE DE CHALEUR, ZONES A EFFET D'ICU LA NUIT DANS LE SECTEUR DE BOULOGNE-BILAN-COURT, CLAMART, ISSY-LES-MOULINEAUX, MEUDON (IAU IDF, 2017)

Figure 48 : TYPOLOGIE DES PRECONISATIONS D'ACTION POUR ATTENUER L'EFFET D'ICU (AFU IDF, 2017)

Figure 49 : TYPOLOGIE DES PRECONISATIONS D'ACTION POUR PRENDRE EN COMPTE LA SENSIBILITE DES HABITANTS ET DES CONDITIONS DE VIE (IAU IDF, 2017)

Figure 50 : TYPOLOGIE DES PRECONISATIONS D'ACTION POUR RENFORCER LES CAPACITES A FAIRE FACE (IAU IDF, 2017)

Figure 51 : DESCRIPTION DE LA TYPOLOGIE DE L'Îlot - BEGLES CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS (AUTEURE)

Figure 52 : PARCOURS DU SOLEIL - MERIGNAC PLACE CHARLES DE GAULLE (AUTEURE)

Figure 53 : MODELISATION DU TEMPS ET DU POURCENTAGE D'ENSOLEILLEMENT MERIGNAC PLACE CHARLES DE GAULLE (AUTEURE)

Figure 54 : ALBEDOS ET MATERIAUX - ICU GARE SAINT-JEAN – BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 55 : CARTOGRAPHIE TYPE DES USAGES ET DES ZONAGES - PLACE SAINT-PROJET BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 56 : CARTE MENTALE - SPATIALISATION DE LA CHALEUR SUR LE QUARTIER - GARE SAINT-JEAN (AUTEURE)

Figure 57 : CARTE DES ICU MESURES PAR THERMOGRAPHIE INFRAROUGE (E-CIC, 2014)

Figure 58 : CARTES POSTALES DE LA GARE Saint-Jean EN 1900 (PEYOT SUD OUEST)

Figure 59 : PLAN GUIDE DE L'OIN EURATLANTIQUE (BORDEAUX EURATLANTIQUE)

Figure 60 : CHRONOLOGIE DE L'AMENAGEMENT DE LA PLACE CHARLES DE GAULLE (PHOTOGRAPHIES MAIRIE DE MERIGNAC OU PERSONNELLES)

Figure 61 : CHRONOLOGIE DE L'AMENAGEMENT DU PARKING DU CENTRE COMMERCIAL BEGLES RIVES D'ARCINS(SITE OFFICIEL DU CENTRE COMMERCIAL)

Figure 62 : CARTES POSTALES DE LA PLACE SAINT-PROJET 1900 (MME BOUTIN)

Figure 63 : VUE AÉRIENNE DE LA PLACE CHARLES DE GAULLE MÉRIGNAC ET DE SON ENVIRONNEMENT PROCHE (GOOGLE EARTH)

Figure 64 : SURFACES IMPERMÉABLES MÉRIGNAC CENTRE (SOLS ET BÂTI) (CORINE LAND COVER - IGN)

Figure 65 : SYNTHÈSE DU CALCUL SCORE POTENTIEL ICU - PLACE CHARLES DE GAULLE, MÉRIGNAC (AUTEURE)

Figure 66 : SURFACES PERMÉABLES (FORÊTS, COUVERT ARBORÉ) MÉRIGNAC CENTRE (CORINE LAND COVER – IGN)

Figure 67 : VUE AÉRIENNE DE LA GARE SAINT-JEAN BORDEAUX ET DE SON ENVIRONNEMENT PROCHE (GOOGLE EARTH)

Figure 68 : SURFACES IMPERMÉABLES GARE SAINT-JEAN (SOLS ET BÂTI) (CORINE LAND COVER - IGN)

Figure 69 : SYNTHÈSE DU CALCUL SCORE POTENTIEL ICU - GARE SAINT-JEAN, BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 70 : SURFACES PERMÉABLES (FORÊTS, COUVERT ARBORÉ) GARE SAINT-JEAN (CORINE LAND COVER - IGN)

Figure 71 : VUE AÉRIENNE DE LA PLACE SAINT-PROJET BORDEAUX ET DE SON ENVIRONNEMENT PROCHE (GOOGLE EARTH)

Figure 72 : SURFACES IMPERMÉABLES PLACE SAINT-PROJET (SOLS ET BÂTI) (CORINE LAND COVER - IGN)

Figure 73 : SYNTHÈSE DE CALCUL SCORE POTENTIEL ICU - PLACE SAINT-PROJET (AUTEURE)

Figure 74 : SURFACES PERMÉABLES (FORÊTS, COUVERT ARBORÉ) PLACE SAINT-PROJET, BORDEAUX (CORINE LAND COVER - IGN)

Figure 75 : VUE AÉRIENNE DU CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS, BÈGLES ET DE SON ENVIRONNEMENT PROCHE (GOOGLE EARTH)

Figure 76 : SURFACES IMPERMÉABLES DU CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS, BÈGLES (SOLS ET BÂTI) (CORINE LAND COVER - IGN)

Figure 77 : SYNTHÈSE DE CALCUL SCORE POTENTIEL ICU - CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS - BÈGLES (AUTEURE)

Figure 78 : SURFACES PERMÉABLES (FORÊTS, COUVERT ARBORÉ) CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS - BÈGLES (CORINE LAND COVER - IGN)

Figure 79 : MODELISATION DE LA COURSE DU SOLEIL PLACE CHARLES DE GAULLE, MERIGNAC (AUTEURE)

Figure 80 : MODELISATION DE L'IMPACT DES OMBRES PORTEES SUR L'ESPACE PUBLIC – PLACE CHARLES DE GAULLE, MERIGNAC (AUTEURE)

Figure 81 : MODELISATION DE LA COURSE DU SOLEIL, GARE Saint-Jean BORDEAUX (AU-

TEURE)

Figure 82 : MODELISATION DE L'IMPACT DES OMBRES PORTEES SUR L'ESPACE PUBLIC - GARE SAINT-JEAN BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 83 : MODELISATION DE LA COURSE DU SOLEIL, PLACE SAINT-PROJET, BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 84 : MODELISATION DE L'IMPACT DES OMBRES PORTEES SUR L'ESPACE PUBLIC - PLACE SAINT-PROJET BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 85 : MODELISATION DE LA COURSE DU SOLEIL, CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS, BÈGLES (AUTEURE)

Figure 86 : MODELISATION DE L'IMPACT DES OMBRES PORTEES SUR L'ESPACE PUBLIC - CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS, BÈGLES (AUTEURE)

Figure 87 : CARTES DES ALBEDOS, DE GAUCHE A DROITE PLACE CHARLES DE GAULLE MERIGNAC, BÈGLES RIVES D'ARCINS, GARE Saint-Jean ET PLACE SAINT-PROJET (AUTEURE)

Figure 88 : REVETEMENTS DE SOLS ET FAÇADES DE LA PLACE CHARLES DE GAULLE, MERIGNAC (AUTEURE)

Figure 89 : REVETEMENTS DE SOLS ET FAÇADES PARVIS GARE SAINT-JEAN, BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 90 : REVETEMENTS DE SOLS ET FAÇADES – PLACE SAINT-PROJET, BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 91 : CARTE THERMO INFRAROUGE DU CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS, BÈGLES, (E-CIC, 2014)

Figure 92 : REVETEMENTS DE SOLS ET FAÇADES CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS, BÈGLES (AUTEURE)

Figure 93 : REPERAGE DE LA VEGETATION, PLACE CHARLES DE GAULLE, MERIGNAC (AUTEURE)

Figure 94 : PHOTOGRAPHIE THERMO-INFRA-ROUGE DES SYSTEMES DE RAFRAICHISSEMENT DE LA PLACE CHARLES DE GAULLE , MERIGNAC (E-CIC, 2014)

Figure 95 : REPÉRAGE DE LA VÉGÉTATION, GARE SAINT-JEAN BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 96 : REPÉRAGE DE LA VÉGÉTATION ET DES POINTS D'EAU, PLACE SAINT-PROJET, BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 97 : REPÉRAGE DE LA VÉGÉTATION, CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS, BEGLES (AUTEURE)

Figure 98 : PRISE DE MESURES HORIZONTALES SUR LE PARKING DU CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS, BEGLES (E-CIC, 2014)

Figure 99 : CARTOGRAPHIE DES USAGES PLACE CHARLES DE GAULLE, MERIGNAC (AUTEURE)

Figure 100 : CARTOGRAPHIE DES USAGES GARE SAINT-JEAN, BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 101 : CARTOGRAPHIE DES USAGES PLACE SAINT-PROJET, BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 102 : CARTOGRAPHIE DES USAGES CENTRE COMMERCIAL RIVES D'ARCINS, BEGLES (AUTEURE)

Figure 103 : DISTANCE PARCOURABLE EN 15 MIN A PIED DEPUIS LE CENTRE-VILLE DE MERIGNAC (GEOPORTAIL, 2019)

Figure 104 : CARTE DES IFU MESURES PAR THERMOGRAPHIE INFRAROUGE (E-CIC, 2014)

Figure 105 : SURFACES NATURELLES ET AGRICOLES SUR LE TERRITOIRE ELARGI DE BORDEAUX METROPOLE (AUTEURE - DONNEES : OPENDATA BORDEAUX METROPOLE ET IGN , 2016)

Figure 106 : CARTOGRAPHIE DES ESPACES DE NATURE PUBLICS A L'ECHELLE COMMUNALE (AUTEURE, DONNEES: OPEN DATA BOR-

DEAUX METROPOLE, 2016)

Figure 107 : CARTOGRAPHIE DES ESPACES DE NATURE DE PROXIMITE A L'ECHELLE DU CENTRE-VILLE DE BORDEAUX. (AUTEURE, DONNEES : OPENDATA BORDEAUX METROPOLE, 2016)

Figure 108 : EVOLUTION DU QUARTIER MERIADECK - 1930 – 2018 (ENSAPBX, 2020)

Figure 109 : ESCALIER MONUMENTAL COURS DU MARECHAL JUIN (SUZANNE DERAINNE)

Figure 110 : NIVEAU RUE DU QUARTIER MERIADECK – DES FAÇADES OPAQUES (AUTEURE)

Figure 111 : MERIADECK - EMPRISE DE LA DALLE (AUTEURE, DONNEES : GOOGLE EARTH 2018)

Figure 112 : ESPLANADE CHARLES DE GAULLE (SUD OUEST)

Figure 113 : VUE AERIENNE DU REZ-DE-RUE COMPRENANT L'ILOT DU CENTRE COMMERCIAL, DE L'ILOT DE LA POSTE, DE L'ILOT DES JARDINS DE GAMBETTA ET DE LA TERRASSE DU FRONT DU MEDOC (GOOGLE EARTH)

Figure 114 : SURFACES IMPERMEABLES MERIADECK (SOLS ET BATI) (CORINE LAND COVER – IGN)

Figure 115 : SURFACES PERMEABLES ET ESPACES PLANTES MERIADECK (AUTEURE, DONNEES OPENDATA BORDEAUX METROPOLE, 2016)

Figure 116 : SYNTHESE DU CALCUL SCORE POTENTIEL ICU – REZ-DE-RUE MERIADECK – BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 117 : UE AERIENNE DE LA TERRASSE DE L'ESPLANADE CHARLES DE GAULLE A MERIADECK - BORDEAUX (GOOGLE EARTH)

Figure 118 : SYNTHESE DU CALCUL SCORE POTENTIEL ICU – TERRASSE DE L'ESPLANADE CHARLES DE GAULLE MERIADECK – BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 119 : COUPE DE LA RUE CLAUDE BONNIER - MERIADECK - BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 120 : MODELISATION DE LA COURSE DU SOLEIL MERIADECK, BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 121 : MODELISATION DE L'IMPACT DES OMBRES PORTEES SUR L'ESPACE PUBLIC – MERIADECK, BORDEAUX(AUTEURE)

Figure 122 : MODELISATION DE L'IMPACT DES OMBRES PORTEES SUR L'ESPACE PUBLIC – MERIADECK, BORDEAUX(AUTEURE)

Figure 123 : REVETEMENTS DE SOLS ET FAÇADES DES BATIMENTS - REZ-DE-RUE - MERIADECK - BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 124 : REVETEMENTS DE SOLS ET FAÇADES- TERRASSE DE L'ESPLANADE CHARLES DE GAULLE - MERIADECK - BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 125 : REPERAGE DE LA VEGETATION - REZ-DE-RUE MERIADECK - BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 126 : REPERAGE DE LA VEGETATION - TERRASSE DE L'ESPLANADE CHARLES DE GAULLE MERIADECK - BORDEAUX (AUTEURE)

Figure 127 : CARTOGRAPHIE DES USAGES MERIADECK, BORDEAUX (AUTEURE)

Bibliographie

Ouvrages

- COUSTET, Robert, « Bordeaux, la conquête de la modernité : architecture et urbanisme à Bordeaux et dans l'agglomération de 1920 à 2003 », Mollat, Bordeaux, 2005
- HOARAU-BEAUVAL, Christine, « Urbanisme de dalle : urbanisme vertical : entre utopies et réalités », Editions le Moniteur, 2019
- LARUË-CHARLUS, Michèle, « Habiter Bordeaux : la ville action : 2030 vers le grand Bordeaux, une métropole durable », Bordeaux : Direction générale de l'aménagement de la ville de Bordeaux, 2011
- MAUPASSANT, G, Bel Ami, Hachette: Bibliolycée, 1910
- SANTAMOURIS, M., Cooling the cities = Rafrâichir les villes : energy efficient cooling systems and techniques for urban buildings, Paris: Presse de l'École des Mines, 2004.
- TERRIN, JJ (dir.) et MARIE JB., Villes et changement climatique, îlots de chaleur urbains. Cities and climate change, urban heat islands : Barcelona, Lyon, Marseille, Montréal, Nantes, Rennes, Roma, Stuttgart, Toulouse, Wien, La ville en train de se faire, Marseille : Ed. Parenthèses, 2015.
- <https://escholarship.org/content/qt98z8p10x/qt98z8p10x.pdf?t=lnqobp&v=lg>
- AKBARI H., CARTALIS C., KOLOKOTSA D., MUSCIO A., PISELLO A.L., ROSSI F., et al. (2015). «Local climate change and urban heat island mitigation techniques », in Journal of Civil Engineering and Management », Janvier 2016, [en ligne], URL: https://www.researchgate.net/publication/289606394_Local_climate_change_and_urban_heat_island_mitigation_techniques_-_The_state_of_the_art
- AUER A.H., "Correlation of land use and cover with meteorological anomalies", in *J. Appl. Meteorol.*, n°17, p.636–643, 1978.
- AULICIEMS A, SZOKOLAY S, "Thermal Comfort", PLEA (Passive and Low Energy Architecture International), 2007, [en ligne], URL : https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/plea_2007_thermal_comfort.pdf
- AULICIEMS A. SZOKOLAY S., V., Passive and Low Energy Architecture International Design Tools and Techniques, PLEA: Passive and Low Energy Architecture International in association with Department of Architecture, The University of Queensland (2007)

Travaux universitaires & publications

- ALI-TOUDERT F. MAYER H., "Numerical Study on the Effects of Aspect Ratio and Orientation of an Urban Street Canyon on Outdoor Thermal Comfort in Hot and Dry Climate", in *Building and Environment* n°41 (2006) 94-108.
- ALONSO L., « Caractérisation des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains lyonnais à l'aide de mesures satellitaires, mobiles et participatives », Université de Lyon, 2016, [en ligne], URL, : <http://imu.universite-lyon.fr/wp-content/uploads/2016/06/me%CC%81moire-L.-Alonso.pdf>
- AKBARI, H., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Policy Analysis, Climate Change Division. « Cooling our communities – a guidebook on tree planting and light colored surfacing. », Berkeley : Lawrence Berkeley Laboratory, Janvier 1992, [en ligne], URL: <https://escholarship.org/content/qt98z8p10x/qt98z8p10x.pdf?t=lnqobp&v=lg>
- BAKER N., NIKOLOPOULOU M. et STEEMERS K., « Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the Human parameter », in *Solar Energy* Vol. 70, n°3, 2001, [en ligne], URL : https://www.researchgate.net/publication/222345344_Thermal_comfort_in_outdoor_urban_spaces_Understanding_the_Human_parameter
- CADOT, E. et SPIRA, A., « Canicule et surmortalité à Paris en août 2003 », *Espace populations sociétés*, 2006 [En ligne], URL : <http://journals.openedition.org/eps/1383>
- COLOMBERT M., DIAB Y, MORAND D. et SALAGNAC J-L., « Le climat et la ville : la nécessité d'une recherche croisant les disciplines », in *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 12, Mai 2012, [En ligne], URL : <https://journals-openedition-org.ezproxy.u-bordeaux-montaigne.fr/vertigo/11811#quotation>

- COLOMBERT M., « L'outil SCORE ICU », Construction 21 France, Juillet 2018, [en ligne], URL : <https://www.construction21.org/france/articles/fr/loutil-score-icu.html>
- COLOMBERT M. « Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville ». Autre. Université Paris-Est, 2008.
- CORGNATI S.P., GAMEIRO DA SILVA M., ANSALDI R., ASADI E., COSTA J., FILIPPI M., KACZMARCZYK J., MELIKOV A., OLESEN B., POPIOLEK Z., WARGOCKI P., "Indoor Climate Quality Assessment-Evaluation of Indoor Thermal and Indoor Air Quality." Guide Book n° 14. Federation of European Heating, Ventilation and Air-conditioning Associations Rehva, Brussels, 2011.
- EL HOZAYEN A., « 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 », Sciences agricoles. 2013,[en ligne], URL : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00907165/document>
- ELLEFSEN, R., "Mapping and measuring buildings in the urban canopy boundary layer in ten US cities". in *Energy Build.*, n°15-16, 1990
- FABBRI K., Indoor Thermal Comfort Perception, Springer (2015).
- FANGER P., O., "Assessment of Man's Thermal Comfort in Practice", in British Journal of Industrial Medicine n°30 (1973) 313-324.
- FEDELE,C., LAMBERT-HABIB, M-L, « Adaptation de la ville à l'augmentation des températures étude en droit de l'urbanisme », Centre d'études Juridiques en Urbanisme, Université Paul Cézanne, Aix Marseille III., 2010.
- HANAFI A., ALKAMA D., « Stratégie d'amélioration du confort thermique d'une place publique d'une ville saharienne 'Biskra/Algérie' », Revue des Energies Renouvelables Vol. 19, N°3, 2016,[en ligne], URL : https://www.cder.dz/download/Art19-3_12.pdf
- HEGRON G., TORQUE H. Ambiances architecturales et urbaines. « De l'environnement urbain à la ville sensible ». COUTARD, P., LEVY, J-P, « Ecologies urbaines : Etat des savoirs et perspectives »,in *Economica - Anthropos*, 2010. [en ligne], URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00995472/document>
- HIRASHIMA, S, DA SILVEIRA Q, SAD DE ASSIS E, et NIKOLOPOULOU M. 2016. « Daytime Thermal Comfort in Urban Spaces: A Field Study in Brazil ». in *Building and Environment* 107:245-53.
- HIRSCH Y, « Caractéristiques de l'îlot de chaleur urbain et recherche d'une solution paysagère pour le site de la résidence Damrémont à Paris », mémoire de fin d'études, 2016 – 2017, accessible en ligne, URL : <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/2982>
- HUANG, KUO-TSANG, TZU-PING LIN, et HSIAO-CHI LIEN. 2015. « Investigating Thermal Comfort and User Behaviors in Outdoor Spaces: A Seasonal and Spatial Perspective ». *Advances in Meteorology* 2015:1-11.
- INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité), « Travail à la chaleur et confort thermique », Note scientifique et technique, NS 184, Décembre 1999, [en ligne].
- LECONTE F., « Caractérisation des îlots de chaleur urbains par zonage climatique et mesures mobiles : Cas de Nancy », thèse, Université de Lorraine, 2014, [en ligne], URL : http://docnum.univ-lorraine.fr/public/DDOC_T_2014_0255_LECONTE.pdf
- LIN, T.P., ANDRADE, H., HWANG, R-L, OLIVEIRA S., Matzarakis A., « The comparison of thermal sensation and acceptable range for outdoor occupants between Mediterranean and subtropical climates », in *Urban Climate*, 2008, [en ligne] , URL : https://www.researchgate.net/publication/237377350_The_comparison_of_thermal_sensation_and_acceptable_range_for_outdoor_occupants_between_Mediterranean_and_subtropical_climates
- LYKOURDIS S., NIKOLOPOULOU M., « Use of Outdoor Spaces and Microclimate in a Mediterranean Urban Area », in *Building and Environment*, n°42, 2007 [en ligne], URL : https://www.researchgate.net/publication/222930774_Use_of_outdoor_spaces_and_microclimate_in_a_Mediterranean_urban_area
- MAHIMOUD A., « L'impact des Formes Urbaines Nouvelles sur le Microclimat d'une Ville Appartenant Au Milieu Aride – Cas de la Zhun Ouest à Biskra », in *Sciences & Technologie D*,N°31, pp. 81 - 88, 2010, Université Mentouri Constantine, Algérie, [en ligne].

- MAIRIAUX P, MALCHAIRE J, Le travail en ambiance chaude, Masson ed., Paris, 1990, 172 p.
- MATAALLAH M.E, « L'impact de la morphologie des tissus urbains sur le confort thermique extérieur - Cas d'étude ville de Tolga », Université de Biskra, 2015, [en ligne], URL : http://thesis.univ-biskra.dz/1538/1/Archi_m6_2015.pdf
- MUSY M, « Approches physiques des ambiances urbaines, Caractérisation et conception », Mai2009, [en ligne], URL : <http://www.enviroboite.net/approches-physiques-des-ambiances-urbaines-caracterisation-et-conception>
- NIKOLOPOULOU M., LYKOURDIS S. , « Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces: analysis across different European countries », In Proceedings PLEA 1998: Environmentally Friendly Cities, Juin.1998, [en ligne], URL : <https://core.ac.uk/download/pdf/10634430.pdf>
- NIKOLOPOULOU M., STEEMERS K., « Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces », in Energy and Buildings, n°35, 2003 [en ligne], URL: https://www.researchgate.net/publication/222696265_Thermal_comfort_and_psychological_adaptation_as_a_guide_for_designing_urban_spaces
- OKE T., "Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: Comparison of Scale Model and Field Observations", in Journal of Climatology n°1 , 1981, 237- 254.
- OKE T., City Size and the Urban Heat Island, in Atmospheric Environment n°7, 1973, 769-779.
- OKE, T., The Distinction Between Canopy and Boundary-Layer Urban Heat Islands, Atmosphere n°14,1976, 268- 277.
- OKE T., JOHNSON G., T., STEYN D., G., WATSON I., D., Simulation of Surface Urban "Heat Islands Under Ideal Conditions at Night Part 2 Diagnosis of Causation 56 ", 1991, 275- 294.
- OKE T., Street Design and Urban Canopy Layer Climate. In Energy and Buildings n°11, 1998, 103-113.
- OKE T., The energetic Basis of the Urban Heat Island, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society n°108, 1982, 1-24.
- OKE, T., Boundary Layer Climates, Second Edition, Taylor and Francis group, London and New York, 1987.
- OKE, T., Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites. Instruments and observing Methods, World Meteorological Organization, instruments and observing methods, 2006, report No. 81 Canada
- OKE, T. Toward better scientific communication in urban climate. Theoretical and Applied Climatology, 2006, 84:179–190.
- OKE, T. Boundary Layer Climate. Routledge, seconde edition, 1987.
- OKE, T. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. Rapport technique n°81, World Meteorological Organization, 2004.
- POPOVIC M « Potentiel des événements climatiques à l'échelle « Pico », pour l'amélioration du confort thermique piétonnier », Thèse de doctorat, Décembre 2017, [en ligne]
- PIOMBINI A., « Contexte spatial des ambiances urbaines et usage des lieux », in Ambiances, Février 2013, [En ligne], URL : <http://journals.openedition.org/ambiances/261>
- RIDHA S, « Urban heat Island mitigation strategies in an arid climate.» In outdoor thermal comfort reachable. Civil Engineering. INSA de Toulouse, 2017 [en ligne], URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01596559/document>
- ROUX J, « L'îlot de chaleur urbain à Dijon », mémoire de Master Université de Bourgogne, Juin 2014, [en ligne], URL : http://climatologie.u-bourgogne.fr/documents/theses_master/2014/ROUX_Justine_2014.pdf
- SAHABI-ABED S, KERROUCHE M, « indices bioclimatiques: étude du cas de la vague de chaleur en Algérie, dans la perspective de l'elaboration de cartes de vigilance « humidex » et « PET », [in JAMA Vol 1, 2017, [en ligne]
- SAINTILAN M, « Canicule 2020 : l'une des vagues de chaleur les plus sévères en France ? », L'interneute, 16 Septembre 2020, [en ligne], URL : <https://www.linterneute.fr/bricolage/guide-maison-et-jardin/1469136-canicule-2020-l-une-des-vagues-de-chaleur-les-plus-severes-en-france/>
- STEWART, I. (2011). « Redefining the

urban heat island ». Thèse de doctorat, The University of British Columbia, Vancouver.

- STEWART, I. et OKE, T. (2012). « Local Climate Zones for urban temperature studies ». in Bulletin of American Meteorology Society, 93:1879–1900.
- TAEGHANI M., TENPIERIK M., KURVERS S., and DOBBELSTEEN A., "A Review into Thermal Comfort in Buildings", in Renewable and Sustainable Energy Reviews n°26 (2013) 201-215.
- TAHLI A, BARLET A , BRUNEAU D, AICHOUB B, « Towards a prediction of outdoor human thermal comfort adapted for designers of urban spaces: examining UTCI and APCI in the context of Algiers (Algeria) », in International Journal of Biometeorology, Janvier 2020
- YAHIA M.W, « Microclimate and Thermal Comfort of Urban Spaces in Hot Dry Damascus Influence of urban design and planning regulations », 2012, Lund University, [en ligne], URL: http://www.hdm.lth.se/fileadmin/hdm/Publications/Thesis_8_Microclimate_and_Thermal_Comfort.pdf

Etudes

- Acclimaterra, Le Treut, H. (dir), « Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine. Pour agir dans les territoires » Ed. Région Nouvelle-Aquitaine, 2018, [en ligne]. URL : <http://www.acclimaterra.fr/uploads/2018/05/Rapport-AcclimaTerra.pdf>
- ADEME(Agence de l'environnement et de la maitrise de l'Energie), Île de France, « guide de recommandation pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain à destination des collectivités territoriales », Octobre 2012, [en ligne], URL : <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/dossiers/786-guide-lutte-icu.pdf>
- ADEME (Agence de l'environnement et de la maitrise de l'Energie), « Diagnostic de la surchauffe urbaine, méthodes et applications territoriales », Septembre 2017, [en ligne], URL : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/diagnostic_de_la_surchauffe_urbaine-ademe_ils_ont_fait_recueil_bd_010307.pdf
- ADEME (Agence de l'environnement et de la maitrise de l'Energie), MUSY M., MAILLARD P.,AZAM M-H, BAILLY J-B, BAREL E., et al... « EVA (eau, végétation, albédo) évaluation 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 a Lyon, », 2017, [en ligne], URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01590630/document>
- ADUL (Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole), « Les îlots de chaleur urbains (ICU) », Juin 2017, [en ligne], URL : https://www.adu-lille-metropole.org/wp-content/uploads/2017/06/ICU_web.pdf
- AGAM (Agence d'urbanisme de l'agglomération marseillaise), « Chaud dehors ! De la fraîcheur face aux îlots de chaleur urbains », in regards environnement, juillet 2018, n°75, [en ligne], URL : http://doc.agam.org/doc_num.php?explnum_id=8479
- Agence d'urbanisme Région de Reims, « Îlots de chaleur - Le manque d'espaces verts aggrave le phénomène en ville», Octobre 2018, [en ligne], URL : https://www.audr.fr/sites/default/files/2019-05/note_ilots_chaleur_web.pdf
- ANR, (Agence Nationale de la Recherche), « Projet ANR-13-VBDU-004, MApUCE , Villes et bâtiments durables 2013», [en ligne], URL : https://www.umr-cnrm.fr/ville.climat/IMG/pdf/rapport_scientifique_mapuce_v1.2.pdf
- APC (Agence Parisienne du Climat), Météo France, « L'îlot de chaleur urbain à Paris. Un microclimat au cœur de la ville », 2013, [en ligne], URL : http://www.meteofrance.fr/documents/10192/22603710/brochure_MF_APC_L_îlot_de_chaleur_urbain_à_Paris_2013.pdf
- APUR (Atelier parisien d'urbanisme), « Les îlots de chaleur urbains à Paris – Cahier n°1 », Décembre 2012, [en ligne], URL : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-paris-cahier-1>
- APUR (Atelier parisien d'urbanisme), « Les îlots de chaleur urbains à Paris : Simulations climatiques de trois formes urbaines parisiennes et enseignements – Cahier n°2 », Mai 2014, [en ligne], URL : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-paris-cahier-2-simulations-climatiques-trois-formes-urbaines>
- APUR (Atelier parisien d'urbanisme), « Les îlots de chaleur urbains à Paris : Brises thermiques –Cahier n°3 », Décembre 2012, [en ligne], URL : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-coeur-agglomeration-parisienne-cahier-ndeg3->

brises-thermiques

- APUR (Atelier parisien d'urbanisme), « Les îlots de chaleur urbains à Paris : Influence climatique des revêtements de sol à Paris – Cahier n°4 », Juillet 2017, [en ligne], URL : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-paris-cahier-ndeg4-influence-climatique-revetements-sol-paris>
- A'U Agence d'urbanisme région nîmoise et alsacienne, Agir contre les Îlots de Chaleur Urbains(ICU), Décembre. 2014, http://www.audrna.com/phocadownloadpap/synthese/Synthese_ilot_chaleur_web.pdf
- AUA/T (Agence d'Urbanisme et d'Aménagement Toulouse aire métropolitaine), Observatoire environnement « Perspectives villes, quels leviers pour réduire l'îlot de chaleur urbain ? », Juillet2017, [en ligne], URL : <https://www.aua-toulouse.org/sites/www.aua-toulouse.org/IMG/pdf/pv8p-icu-v2light.pdf>
- A'URBA, « Étude de programmation urbaine – quartier de Mériadeck », 2007, [en ligne], https://www.aurba.org/wp-content/uploads/2007/06/Prog_urbaine_Meriadeck.pdf
- A'URBA, (Agence d'urbanisme Bordeaux Métropole Aquitaine, ALE (Agence locale de l'énergie et du climat Métropole bordelaise et Gironde) « Adapter les tissus urbains de la métropole bordelaise au réchauffement climatique », Septembre 2019, [en ligne], URL : https://www.aurba.org/wp-content/uploads/2019/09/Rapport_ICU_PLU_040919.pdf
- AURAN, « 40°C à l'ombre : faut-il craindre de vivre dans un climat plus chaud ? », in Les synthèses de l'AURAN n°58, Juin 2020, [en ligne], URL : https://www.auran.org/sites/default/files/publications/documents/s58_ilots_chaleur_urbains_vff.pdf
- Bordeaux Métropole, E-CIC, « îlots de chaleur et de fraîcheur urbains, diagnostic et préconisations sur le territoire de Bordeaux Métropole », 2013, [en ligne], URL : <https://www.bordeaux-metropole.fr/Vivre-habiter/Connaitre-son-environnement/Îlots-de-chaleur-et-de-fraicheur-urbains>
- CAISSE DES DEPOTS, Master Stratégies territoriales et urbaines, « Mieux vivre en ville en périodes de fortes chaleurs », Juin 2020, [en ligne], URL : <https://www.caissedesdepots.fr/sites/default/files/2020-08/Rapport%20final%20-%20mieux%20vivre%20en%20ville%20en%20p%C3%A9riode%20de%20>

fortes%20chaleurs-compress%C3%A9.pdf

- CEREMA, « Îlots de chaleur : Agir dans les territoires pour adapter les villes au changement climatique », Juin 2019, [en ligne], URL : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/ilots-chaleur-agir-territoires-adapter-villes-au-changement>
- CEREMA, GRAND LYON, « Confort thermique en milieu urbain Quelques outils disponibles pour l'aide à la décision ? », Février 2017, [en ligne], URL : https://www.cerema.fr/system/files/documents/2017/09/carnets_fevrier2016_vf_cle7a1f49.pdf
- CIEAU (Centre de l'Information sur l'eau), « Réchauffement climatique : l'eau en danger ? », Octobre 2018, [en ligne], URL: <https://www.cieau.com>
- CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), « En France : La consommation française domestique, industrielle et agricole », in Dossiers Scientifiques : saga science, Octobre 2002. [enligne], URL : http://sagascience.cnrs.fr/doseau/decouv/france/11_consommation.htm
- Communauté urbaine Grand Lyon, « Lutte contre les îlots de chaleur urbains référentiel conception et gestion des espaces publics », 2010 , [en ligne], URL : https://www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/media/pdf/voirie/referentiel-espaces-publics/20091201_gl_referentiel_espaces_publics_thematique_lutte_contre_ilots_chaleur_urbains.pdf
- ENSAP Bordeaux, « Mériadeck, Les Aubiers, hameau de Noailles, Pontet Lamartine: enjeux d'un patrimoine d'habitat moderne dans la ville durable : une synthèse du projet de recherche REDIVIDUS des laboratoires PAVE et GRECCAU (ENSAPBx) », 2020
- Grand Lyon la Métropole, « Réinventer Lyon Part-Dieu, Visite de Presse », 2018, [en ligne], URL : https://www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/media/pdf/espace-presse/dp/2018/20180906_visite-part-dieu.pdf
- IAU (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 (ICU) et établir leur degré de vulnérabilité afin de mieux anticiper », Septembre 2017, [en ligne], URL : https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1400/AdaptationTerritoireAuxChaleursUrbaines.pdf
- IAU (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile de France), « La vulnérabilité de la

- ville à la chaleur par l'approche Zones climatiques Locales », in Environnement n° 661, Septembre 2014, [en ligne], URL : https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1103/NR_661_web.pdf
- IAU (Institut d'aménagement et d'urbanisme d'île de France), « les îlots de chaleur urbains, répertoire de fiches de connaissance », Novembre 2010, [en ligne], URL : https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_774/Les_îlots_de_chaleur_urbains_REPERTOIRE.pdf
 - INRS (Institut national de recherche et de sécurité), « Santé et sécurité au travail, travail à la chaleur, effets sur la santé et accidents », mis à jour le 21 Juin 2019, [en ligne], URL : <http://www.inrs.fr/risques/chaleur/accidents-effets-sante.html>
 - INSPQ (Institut national de santé publique du Québec), « Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains », Juillet 2009, [en ligne], URL : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/988_MesuresÎlotsChaleur.pdf
 - ISO 7730, « Ergonomie des ambiances thermiques -- Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local », 2005, [en ligne], URL : <https://www.iso.org/fr/standard/39155.html>
 - IUAR (Institut d'Urbanisme et d'Aménagement Régional), « Urbanisme et micro-climat, outils et recommandations générales pour les documents de planification, Juillet 2019, [en ligne], URL : http://iuar-lieu-amu.fr/wp-content/uploads/2019/07/MapUCE_guide-methodologique_BD_48p.pdf
 - Mairie de Paris « EPICEA (Etude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Echelle de l'Agglomération parisienne), programme de recherche « Paris 2030 », appel à projets 2007 de la ville de Paris », Rapport final du projet, Octobre 2012, [en ligne], URL : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/îlots-chaleur-urbain-projet-epicea>
 - Nature Quebec "Nature et Fraîcheur pour des villes en santé", Juillet 2011, [en ligne], https://glslicities.org/wp-content/uploads/2015/09/GU11-07_1_Outils_web.pdf
 - NYC, Département of buildings, « NYC Cool Roofs » [en ligne], URL : http://www.nyc.gov/html/coolroofs/downloads/pdf/program_flyer_new.pdf
 - OMM (Organisation Météorologique Mondiale), « Rapport spécial du GIEC sur le réchauffement planétaire de 1,5 °C », Octobre 2018, [en ligne], URL : <https://public.wmo.int/fr/ressources/bulletin/rapport-spécial-du-giec-sur-le-réchauffement-planétaire-de-1-5-°c>
 - ORECC Rhône-Alpes (Observatoire Régional des Effets du Changement Climatique), « Fiche initiative Caractérisation d'îlots de chaleur urbains et humidification de chaussée à Lyon », in TSM n°6, 2014.
 - ORECC Rhône-Alpes (Observatoire Régional des Effets du Changement Climatique) « Caractérisation d'îlots de chaleur urbains et humidification de chaussée à Lyon », [en ligne], URL : https://www.auvergnerhonealpes-ee.fr/fileadmin/user_upload/mediatheque/orecc/Documents/Publications/Fiches_initiatives/ORECC_fiche_retour_exp_Lyon_Part_Dieu.pdf
- #### Articles de périodiques et revues
- AFP, « Canicule : Lyon, en première ligne, s'attaque aux îlots de chaleur », Le Point, 17 Aout2018, [en ligne], URL : https://www.lepoint.fr/societe/canicule-lyon-en-premiere-ligne-s-attaque-aux-îlots-de-chaleur-07-08-2018-2241883_23.php
 - AFP, « Canicule : un nouveau record absolu de température enregistré », Le Point, 19 Juillet2019, [en ligne], URL : https://www.lepoint.fr/societe/canicule-un-nouveau-record-absolu-de-temperature-enregist-re-19-07-2019-2325591_23.php
 - BADEAU K, « Canicule : comment rafraîchir les villes en surchauffe », Les Echos, 22 Juin 2020, [en ligne], URL : <https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/canicule-comment-rafraichir-les-villes-en-surchauffe-1217412>
 - BERKOWICZ M, « Cool roof », Futura science, [en ligne], URL : <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/batiment-cool-roof-18222/>
 - BORDENAVE V., AFP, «La climatisation est en train de devenir un fléau pour le climat », LeFigaro.fr, 15Mai2018, [en ligne], URL : <http://www.lefigaro.fr/sciences/2018/05/15/01008-20180515ARTFIG00266-la-climatisation-est-en-train-de-devenir-un-fleau-pour-le-climat.php>
 - BOSDECHER L, « Miroir d'eau de Bordeaux : pourquoi ils l'aiment tous ? », Sud-Ouest, 2 Août 2016, [en ligne], URL : <https://www.sudouest.fr/2016/08/02/oh-la-jolie-pataugeoire-petit-mode-d-emploi-des-lieux-2454641-2780.php>

- BOSREDON M. «Bordeaux : Pierre Hurmic veut « casser du bitume quitte à supprimer des places de stationnement » pour planter des arbres», 20minutes, 25 Novembre 2020, [en ligne], URL : <https://www.20minutes.fr/bordeaux/2917019-20201125-bordeaux-pierre-hurmic-veut-casser-bitume-quitte-supprimer-places-stationnement-planter-arbres>
- CEST, « Courir quand il fait 30 °C (ou plus), est-ce une bonne idée ? », The Conversation, 23 Juin2017, [en ligne], URL : <http://theconversation.com/courir-quand-il-fait-30-c-ou-plus-est-ce-une-bonne-idee-79958>
- CHAUDIEU E, « Et si on installait des “cool roofs” pour rafraîchir les immeubles comme à New York ? », Télérama, 20 Juillet 2017, [en ligne], URL : <https://www.telerama.fr/sortir/et-si-on-installait-des-cool-roofs-pour-rafraichir-les-immeubles-comme-a-new-york.160934.php>
- COULAUD N, MOUTARDE N, « Aménagement L'urbanisme sur dalles est à réinventer », Le Moniteur, le 27 Février 1998, [en ligne], URL : <https://www.lemoniteur.fr/article/amenagement-l-urbanisme-sur-dalles-est-a-reinventer.61199>
- DARFAY Catherine, « Le miroir d'eau à Bordeaux depuis 2006, un succès inattendu », Sud Ouest,28 Juillet 2018, [en ligne], URL : <https://www.sudouest.fr/2018/07/28/le-miroir-d-eau-succes-inattendu-5269442-2780.php>
- DELAMOTTE A., « Canicule : pourquoi fait-il beaucoup plus chaud dans les grandes villes qu'en banlieue ou en campagne ? », LCI, [en ligne], URL : <https://www.lci.fr/meteo/canicule-juin-2019-meteo-france-pourquoi-fait-il-plus-chaud-dans-les-grandes-villes-grosse-chaaleur-paris-lyon-bordeaux-2125088.html>
- DOBIGNY H., «La Part-Dieu : un nouveau visage pour Lyon en 2023 », Lyon Capitale, 2 Mars2018, [en ligne], URL : <https://www.lyoncapitale.fr/actualite/la-part-dieu-un-nouveau-visage-pour-lyon-en-2023/>
- FranceINFO,AFP, « Les ventes de climatiseurs et de ventilateurs en hausse avant la canicule attendue la semaine prochaine », Franceinfo :, 26 Juin 2019, [en ligne], URL : https://www.francetvinfo.fr/meteo/canicule/les-ventes-de-climatiseurs-et-de-ventilateurs-en-hausse-avant-la-canicule-attendue-la-semaine-prochaine_3502539.html
- France 3-Régions, «Bordeaux : Pierre Hurmic dévoile son plan de reconquête végétale
- « Grandeur Nature», *France 3 régions*, 25 Novembre 2020, [en ligne], URL : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/nouvelle-aquitaine/gironde/bordeaux/pierre-hurmic-devoile-son-plan-reconquete-vegetale-grandeur-nature-1898794.html>
- INNOCENTI M, « Fortes chaleurs : pourquoi les températures sont-elles plus élevées en ville ? », RTL, 5 Août 2020, [en ligne], URL : <https://www.rtl.fr/actu/meteo/fortes-chaleurs-pourquoi-les-temperatures-sont-elles-plus-elevees-en-ville-7800708497>
- LE FIGARO, AFP, « Bordeaux va planter 20.000 arbres pour lutter contre les îlots de chaleur », Le Figaro, 10 Juillet 2019, [en ligne], URL : <http://www.lefigaro.fr/flash-actu/bordeaux-va-planter-20-000-arbres-pour-lutter-contre-les-ilots-de-chaaleur-20190710>
- LE MONDE, AFP, « Une canicule « d'intensité exceptionnelle » dans une grande partie de la France (et ce n'est pas fini) », Le Monde, 25 Juin 2019, [en ligne] URL : https://www.lemonde.fr/societe/article/2019/06/25/la-canicule-s-installe-en-france-deux-jours-avant-le-pic-de-chaaleur-attendu_5481077_3224.html
- L'EXPRESS.fr, AFP, « Canicule : le mercure continuer de grimper en France », L'express, 25 Juin2019, [en ligne], URL : https://www.lexpress.fr/actualite/societe/meteo/canicule-le-mercure-continue-de-grimper-en-france_2086072.html
- L'OBS, AFP, « 40°C en journée, 25°C la nuit : une canicule intense s'annonce en France », L'obs,le 21 Juin 2019, [en ligne], URL : <https://www.nouvelobs.com/societe/20190621.OBS14763/40-c-en-journee-25-c-la-nuit-une-canicule-intense-s-annonce-en-france.html>
- MAYER C., «A Bordeaux, la mairie écologiste lance son plan de végétalisation», LeMonde. fr, 26 Novembre 2020, [en ligne], URL : https://www.lemonde.fr/politique/article/2020/11/26/a-bordeaux-la-mairie-ecologiste-lance-son-plan-de-vegetalisation_6061257_823448.html
- XANDRY V, « Avec la canicule, les ventes de climatiseurs explosent », Challenges, 13 Août 1010, [en ligne], URL : https://www.challenges.fr/entreprise/grande-conso/avec-la-canicule-les-ventes-de-climatiseurs-explosent_722797

Colloque, conférences

- ALJAWABRA F., NIKOLOPOULOU M. « Outdoor Thermal Comfort in the Hot Arid Climate », 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture », Ville de Québec, Canada, 22-24 Juin 2009, [en ligne], URL : https://www.researchgate.net/publication/255633273_Outdoor_Thermal_Comfort_in_the_Hot_Arid_Climate_The_effect_of_socio-economic_background_and_cultural_differences
- BRUCHON-SCHWEITZER M, « Au-delà du modèle transactionnel. Vers un modèle intégratif en psychologie de la santé », Université Bordeaux 2, [en ligne], URL : http://www.pur-editions.fr/couvertures/1223045972_doc.pdf
- LOOPEZ DIAZ M, « Maitrise des ambiances 3 thermiques, Cours ,5 », 19 Octobre et 2 Novembre 2012,, Ecole Nationale Supérieure d'architecture de Paris La Villette, [En ligne], URL : <http://www.paris-lavillette.archi.fr/uploads/file/cours/c5%20%20nov.pdf>
- HÖPPE, P. ;1999 : « An universal index for the assessment of the thermal environment – the Physiological Equivalent Temperature PET ». In : Proceedings of the 15th International Congress of Biometeorology & International Conference on Urban Climatology, November 8-12. Sydney, Australia : Macquarie University, 6 p.
- SMARGIASSI, A. , « L'influence des inégalités sociales sur les risques associés à la pollution de l'air et la chaleur à Montréal », JASP (Journées annuelles de santé publique, rencontre francophone internationale sur les inégalités sociales de santé, Ville de Québec, Canada, 17 Novembre 2008, [en ligne], URL : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/jasp/archives/2008/14_25_Audrey_Smargiassi.pdf
- STELLA, P., « les îlots de chaleur urbains : comment y faire face ? Des recherches scientifiques à la mise en oeuvre des solutions », Université AgroParisTech, Nanterre, 3 Novembre 2015, [en ligne], URL : https://www.hauts-de-seine.fr/fileadmin/PDF/Cadredevie/Gestion_de_l_environnement/IDEES/InterventionPatrickStella.pdf

Documents de référence

- AdCF (Assemblée des Communautés de France), FNAU (Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme), « Le SRADDET Nouveau schéma régional, nouveaux enjeux pour les intercommunalités », Avril 2017, [en ligne], URL : <https://www.adcf.org/files/>

[DOCS/SRADET-Fnau-AdCF-web.pdf](#)

- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) Standard, « Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy », 2004, [en ligne], URL : http://fh.almas-hvac.ir/download/ASHRAE_Thermal_Comfort_Standard.pdf
- Bordeaux, Agenda 21 et PCAE (plan climat air et énergie), 2013, [en ligne], URL : <http://www.bordeaux.fr/portail/portal/erreur/pgErreurContenu.psm>
- Bordeaux Métropole, « Plan Local d'Urbanisme 3.1 » - version révisée de 2016. [en ligne], URL : http://fichiers.bordeaux-metropole.fr/plu/PLU31_interactif/plu31.html
- E-CIC, « Îlots de chaleur urbains, l'outil score ICU », Juillet 2017, [en ligne], URL : <http://www.e6 consulting.fr/ilots-de-chaleur-urbains-outil-score-icu/>
- Grand Lyon, « Construisons ensemble une nouvelle culture urbaine, la charte de l'arbre », Novembre 2011, [en ligne], URL : https://www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/media/pdf/environnement/arbres/20111214_gl_chartearbre.pdf
- HCSP (Haut Conseil de la Santé Publique), « Recommandations sanitaires du plan national canicule 2014 ; extraits concernant les fiches destinées aux travailleurs et aux employeurs », Mai 2014, [en ligne], URL : https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/risques/pdf/extrait_rapport_hcsp_-_recos_sanitaires_pnc_2014x.pdf
- INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale), « Surmortalité liée à la canicule d'août 2003 », Rapport remis au Ministre de la Santé et de la Protection sociale, Octobre 2004, [en ligne], URL : https://www.inserm.fr/sites/default/files/2017-11/Inserm_RapportThematique_SurmortaliteCaniculeAout2003_RapportFinal.pdf
- Météo France, « Météo et santé, Vagues de chaleur et canicules », [en ligne], URL : <http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/meteo-et-sante/canicules>
- Métropole du Grand Paris, PCAEM (Plan Climat, Air, Énergie Métropolitain), adopté le 12 Novembre 2018, [en ligne], URL : <https://www.metropolegrandparis.fr/fr/plan-climat-air-energie-metropolitain-76>
- Ministère de la Transition écologique et solidaire, PNACC 2 (Plan National d'Adaptation au Changement Climatique),

Octobre 2018, [en ligne], URL : https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2018.12.20_PNACC2.pdf

- SYSDAU, SCoT de l'aire métropolitaine bordelaise, DOO (Document d'orientations et d'objectifs), « rapport principal », approuvé le 13 Février 2014, modifié le 2 décembre 2016, [en ligne], URL : https://www.sysdau.fr/sites/default/files/Rapport%20principal_DOO.pdf
- Ville de Lyon, « Plan climat - énergie territorial de la ville plan d'actions à l'horizon 2020 – la collectivité s'engage », 2016, [en ligne], URL : <https://www.lyon.fr/sites/lyonfr/files/content/migrated/735/77/plan-actions-climat-energie-bd.pdf>

Sitographie

- <https://www.lyon-partdieu.com/>
- <http://meriadeck.free.fr/>

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Grille de Description des ICU

Localisation dans la Métropole Bordelaise :

Date

| | |
|---|--|
| <p>TYPOLOGIE DE L'îlot</p> <p>Forme :</p> <p>Surface de l'îlot (m²) :</p> <p>Schéma : Avec orientation des façades, profils thermiques</p> <p>Plan :</p> <p>Plan masse avec délimitation de l'îlot</p> <p>Photo représentatives du contexte urbain de l'îlot.</p> | <p>TYPOLOGIE ARCHITECTURALE</p> <p>Nombre de niveaux des bâtiments (Hauteur Maximale) :</p> <p>Surface globale : ...%</p> <p>Surface Construite : ...%</p> <p>Surface Vide : ...%</p> <p>Pourcentage de surface construite par rapport à la surface totale :</p> <p>Comment les rues sont-elles orientées? + influence de l'orientation du soleil:</p> <p>Type d'ouvertures :</p> <p>Points d'évacuations en eau : signifier en plan</p> <p>Evacuation de l'eau (plan de la circulation , type de système)</p> <p>: Coupes/ Schémas</p> <p>Diagramme des vents :</p> <p>Quels matériaux utilisés : (Quel Albédos ?)</p> <p>Sol :</p> <p>Bâti :</p> <p>Chaussée :</p> <p>Toiture :</p> |
| <p>USAGES</p> <p>Fonctionnalités de la zone (logement, commerce, industrie...):</p> <p>Populations / Usagers de la zone (nombre d'habitants, nombre de passages en une journée...):</p> | <p>CONTEXTE URBAIN AVEC SES DISPOSITIFS</p> <p>Niveau de perméabilité des sols en fonction du type de sol :</p> <p>Présence de système pouvant rafraîchir la zone (sortie de climatisation sur les toits, gros moteurs chauffant...):</p> <p>Présence de végétation (volume, typologie...):</p> <p>Mobilier urbain présent (utilisable ou non, utilisant de l'eau ou non)</p> |
| <p>ANALYSE</p> <p>Cause de l'îlot de chaleur :</p> <p>Programme d'amélioration prévu :</p> <p>Analyse comparative de l'efficacité de la solution :</p> | |

Perception de la chaleur et de la fraîcheur en ville.

Etudiants en Architecture et en Ingénierie, dans le cadre de notre travail de recherche, nous nous intéressons à la perception de la chaleur et de la fraîcheur en ville, à l'impact que cela peut avoir sur les populations et aux différents moyens qui peuvent être mis en place pour le rafraîchissement. Ce questionnaire très rapide prend environ 3 minutes. Nous vous remercions de votre participation.

***Obligatoire**

1. Localisation *

Une seule réponse possible.

- Zone 1
- Zone 2
- Zone 3
- Zone 4
- Zone 5
- Zone 6

2. Date *

3. Heure *

Partie n°1 : Questions sur le lieu

4. Pour quelle raison êtes-vous ici ? *

5. Vous venez : *

Une seule réponse possible.

- Tous les jours
- Plusieurs fois par semaine
- Plusieurs fois par mois
- Plusieurs fois par an
- C'est la première fois

6. Trouvez-vous l'endroit agréable ? (Donnez une note de 1 à 5) *

Une seule réponse possible.

1 2 3 4 5

Pas du tout agréable Tout à fait agréable

7. Pourquoi ? *

8. Trouvez-vous l'endroit beau ? *

Une seule réponse possible.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Pas du tout beau | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Tout à fait beau |

9. Vous sentez-vous en sécurité à l'endroit où nous sommes ? *

Une seule réponse possible.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Pas du tout en sécurité | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Tout à fait en sécurité |

10. Pourquoi ?

11. Etes- vous venu ici entre Mai et Septembre 2018 ? *

Une seule réponse possible.

- Tous les jours
- Plusieurs fois par semaine
- Plusieurs fois par mois
- Moins d'une fois par mois
- Jamais

12. Avez-vous été gêné par la chaleur à cette même période ?

Une seule réponse possible.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Pas du tout gêné | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Tout à fait gêné |

13. Comment cette gêne s'est matérialisée ?

Plusieurs réponses possibles.

- Transpiration
- Soif
- Coup de soleil
- Maux de tête
- Déshydratation
- Ne sais pas

Autre : _____

14. Qu'avez-vous fait pour vous rafraîchir ?

Partie n°2 : Questions générales

15. Etes-vous sensible aux fortes chaleurs ? (Donnez une note de 1 à 5)

Une seule réponse possible.

1 2 3 4 5

Non pas du tout sensible Oui, très sensible

16. Pensez vous que les systèmes de rafraîchissement utilisant l'eau (fontaine - miroir d'eau - brumisateur) en période de forte chaleur sont une bonne solution ?

Une seule réponse possible.

1 2 3 4 5

Pas du tout Tout à fait

17. Seriez-vous favorable à ce que ces solutions se multiplient dans la ville ? (Donnez une note de 1 à 5)

Une seule réponse possible.

1 2 3 4 5

Non, pas du tout Oui, tout à fait

18. Quelle eau vous semble la mieux adaptée pour ce genre de système ?

Une seule réponse possible.

- Eau potable
- Eau usée traitée
- Eau pluviale
- Autre : _____

19. La question de l'augmentation de la fréquence des épisodes de forte chaleur en ville vous préoccupe t-elle? (Donnez une note de 1 à 5)

Une seule réponse possible.

1 2 3 4 5

Non pas du tout Oui, tout à fait

Données personnelles

20. Habitez-vous à moins de 500 m du lieu où nous sommes ? *

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

21. Travaillez-vous à moins de 500 m du lieu où nous sommes ?

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

22. Sexe

Une seule réponse possible.

- Homme
 Femme

23. Âge *

Plusieurs réponses possibles.

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

24. Catégorie socio professionnelle *

Une seule réponse possible.

- Etudiant
 Cadre
 Chef d'entreprise
 Indépendant
 Employé
 Ouvrier
 En recherche d'emploi
 Retraité

25. Code postal ou Commune *
-

Contact

26. Seriez-vous disponible pour un éventuel entretien un peu plus long afin de nous aider dans notre recherche ?

Une seule réponse possible.

oui

non

27. Si oui, contact

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

Google Forms

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Pour cet entretien, nous allons diviser le discours en 2 parties. Dans un premier temps, nous allons parler de la vie dans le quartier, et dans un second temps votre rapport à la chaleur et comment vous la vivez sur le quartier.

Perceptions du cadre de vie

- Qu'est-ce qui vous plaît / déplaît ici ?
- Vous sentez-vous chez vous dans le quartier ?
- Etes- vous impliqué dans la vie de votre quartier ?
- Est-ce que vous pratiquez régulièrement les services proposés ? (Commerces de proximité, marché, écoles, etc.)

Chaleur et imaginaire urbain

- Est-ce que vous pouvez me donner un exemple de ville étouffante l'été ?
- De la même manière un exemple de ville fraîche ?
- Est-ce que vous pouvez me raconter votre pire souvenir de canicule, (où ? quand ?)

Vous et la chaleur

- Etes-vous de manière générale sensible à la chaleur ? Comment est-ce que cela se manifeste ?
- Quels sont les moments dans la journée les plus inconfortables en été ?
- Quand vous avez chaud, prenez-vous des dispositions particulières ? si oui, lesquelles ?

La chaleur dans le quartier

- Pouvez-vous me donner trois adjectifs pour caractériser votre quartier quand il fait chaud ?
- Est-ce que de manière générale on souffre de la chaleur en été sur le quartier ? et vous personnellement ?
- Pensez-vous que la chaleur est un des problèmes principaux de votre quartier ?
-

- Constatez-vous une évolution du problème de la chaleur sur les dernières années ? Est-ce qu'il y a des lieux qui se sont améliorés, d'autres qui se sont dégradés ?
- Pensez-vous que cela va devenir un sujet de plus en plus prioritaire du fait du changement climatique ?

Carte mentale – spatialisation du phénomène de chaleur

Sur la carte ci-dessous on peut dessiner ensemble (indiquer les différentes couleurs sur le guide d'entretien)

- Est-ce que vous pourriez me dessiner le périmètre de ce que vous considérez comme votre quartier ?
- Quels sont selon vous les lieux les plus exposés à la chaleur sur le quartier ? [Carte]
- Quelles sont les zones que vous privilégiez quand il fait chaud ? [Carte]
- Quelles sont les zones que vous évitez quand il fait chaud ? [Carte]
- Est-ce que selon vous ce quartier a besoin d'être rafraîchi ? Si oui, où précisément ? [Carte]

Chaleur et solutions de rafraîchissement

- Comment aimeriez-vous vous rafraîchir en ville ? Que faudrait-il faire à votre quartier pour le rendre plus frais ? (Exemples ailleurs)
- Est-ce que vous connaissez des dispositifs mis en place pour lutter contre la chaleur ?
- Qu'est-ce que vous en pensez ? Est-ce une bonne solution ?
- Est-ce que l'eau en ville vous semble être une bonne solution ? est-ce que c'est efficace pour vous rafraîchir ? Quel type d'eau ?
- Pensez-vous qu'il serait intéressant de multiplier ce genre de dispositif ? Pour quelles raisons ?

Fiche d'identité

- Age
- Situation familiale (couple, nombre d'enfants, âges)
- Profession
- Niveau de diplôme
- Lieu de travail
- Echelle de revenus du ménage
- Type de maison (jardin/piscine) - Depuis quand habitez-vous dans le quartier ?
- Locataire / propriétaire

Conclusion

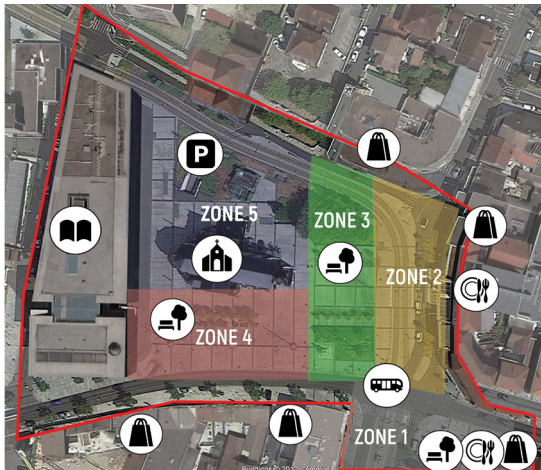
- Avez-vous d'autres remarques, commentaires, en rapport avec la question de la chaleur en ville ?
- Pensez-vous à des contacts qu'il serait intéressant d'interroger sur le même sujet pour poursuivre la recherche ?

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

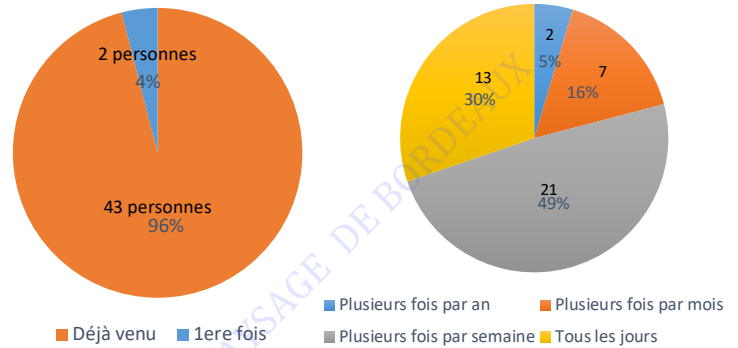
Annexe-4

Résultats micro-trottoirs Place Charles de Gaulle Mérignac

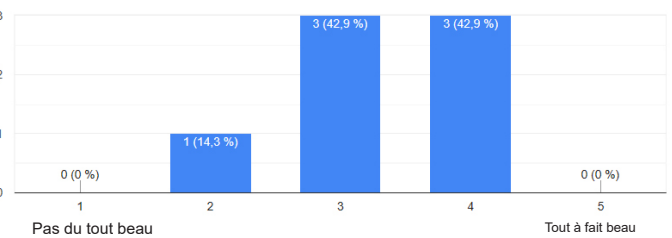
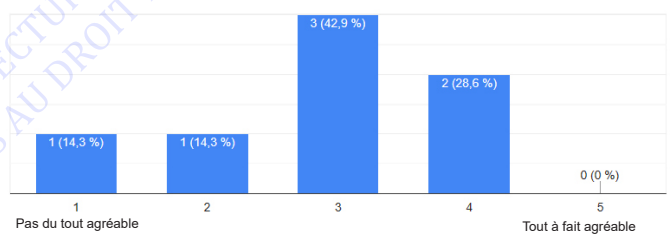
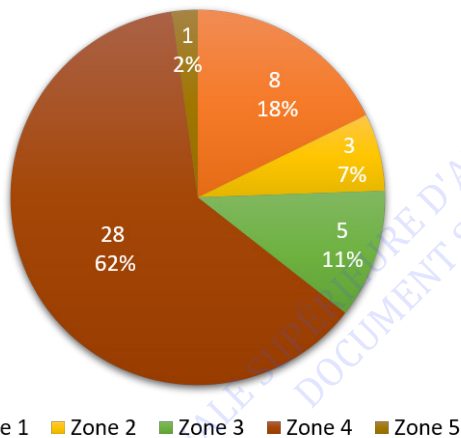
Localisation



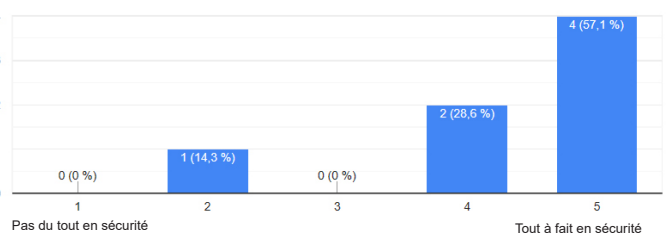
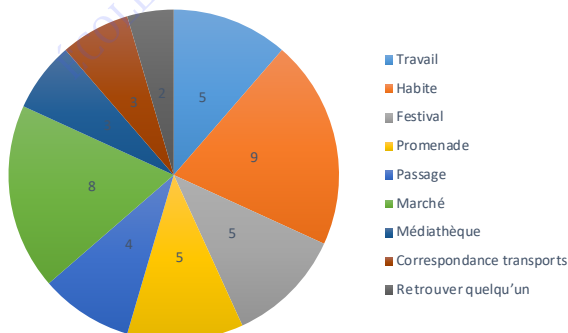
A quelle fréquence venez-vous ?



Trouvez-vous l'endroit agréable , beau, vous sentez-vous en sécurité ?

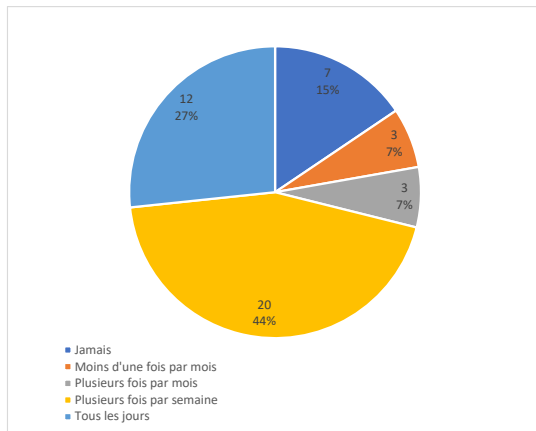


Pour quelle raison êtes-vous ici ?

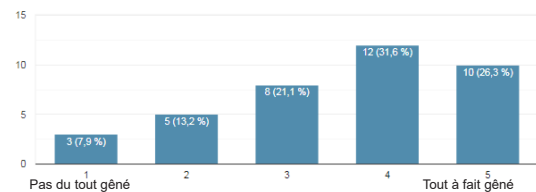


Êtes-vous venu ici entre Mai et Septembre 2018 ?

?



Avez-vous été gêné par la chaleur à cette même période ?



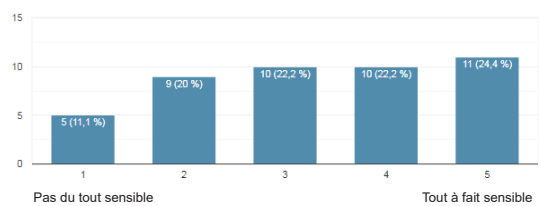
Comment cette gêne s'est-elle matérialisée

| | | |
|-----------------------|----|-----|
| Transpiration | 16 | 37% |
| Soif | 14 | 33% |
| Maux de tête | 5 | 12% |
| Gêne pour dormir | 4 | 9% |
| Difficulté à respirer | 1 | 2% |
| Coup de soleil | 1 | 2% |
| Déshydratation | 1 | 2% |
| Ne sait pas | 1 | 2% |

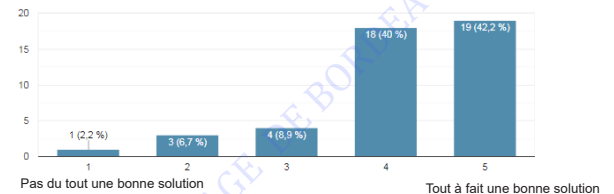
Qu'avez-vous fait pour vous rafraîchir ?

| | | |
|--|----|-----|
| Boire de l'eau | 20 | 57% |
| Aller dans des endroits frais (médiathèque - bistro climatisé - parcs) | 7 | 20% |
| Piscine chez soi | 2 | 6% |
| Fermer les volets et rester chez soi | 2 | 6% |
| adapter le rythme des sorties | 1 | 3% |
| jeux d'eau sur la place | 1 | 3% |
| Prendre des douches | 1 | 3% |
| Sortir de la ville | 1 | 3% |

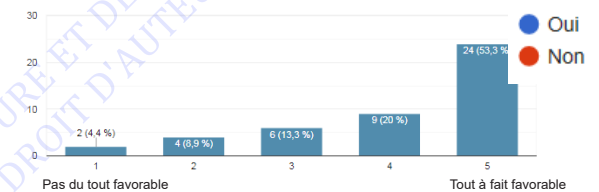
Êtes-vous sensible aux fortes chaleurs ?



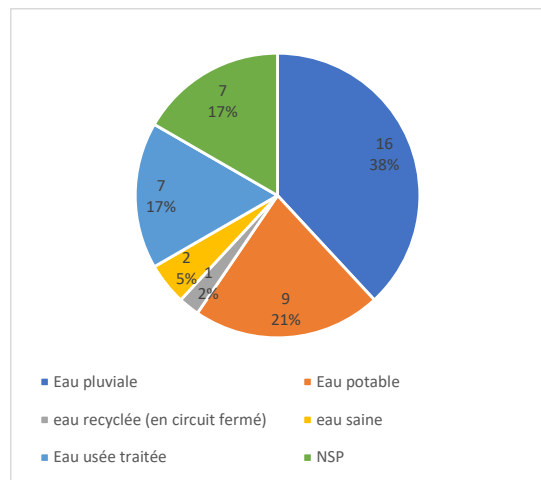
Pensez-vous que les systèmes de rafraîchissement qui utilisent de l'eau sont une bonne solution ?



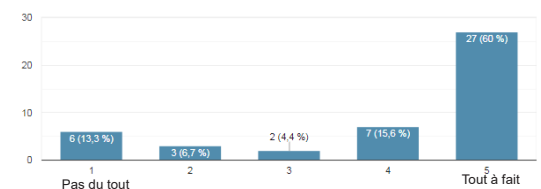
Seriez-vous favorable à ce que ces solutions se multiplient dans la ville ?



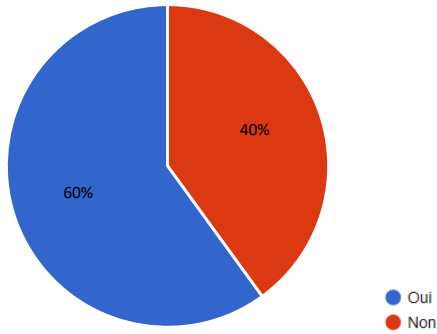
Quelle eau vous semble la plus adaptée pour ce genre de système ?



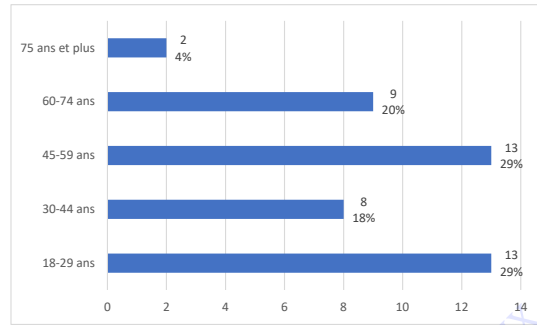
La question de l'augmentation de la fréquence des épisodes de fortes chaleurs vous préoccupe-t-elle ?



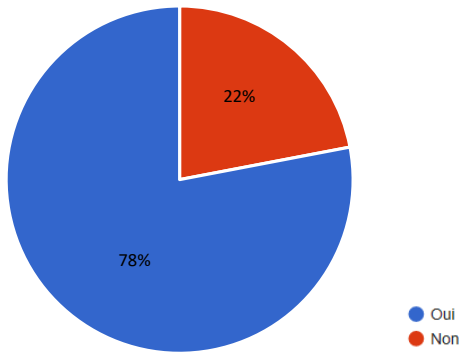
Habitez-vous à moins de 500 m d'ici ?



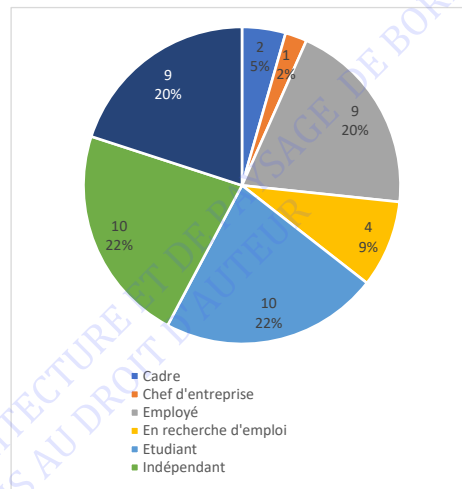
Âge



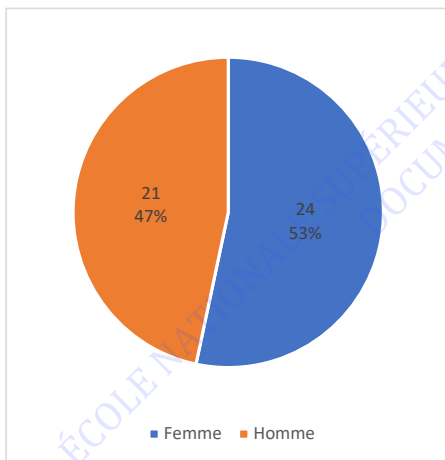
Travaillez-vous à moins de 500 m d'ici ?



Catégorie Socio-Professionnelle



Sexe



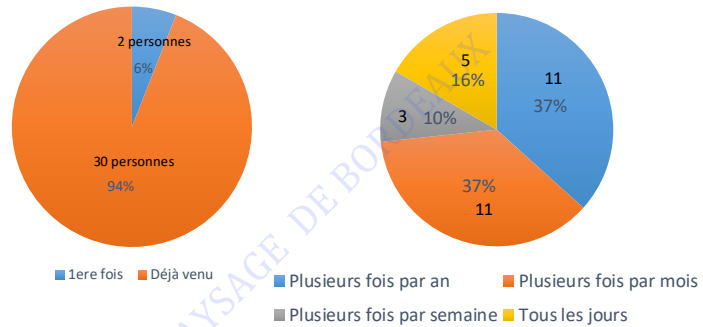
Annexe-5

Résultats micro-trottoirs Gare Saint-Jean Bordeaux - Micro-trottoir hiver

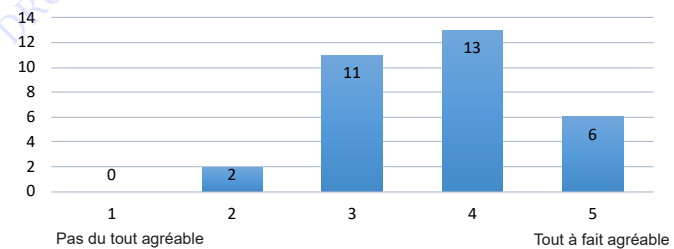
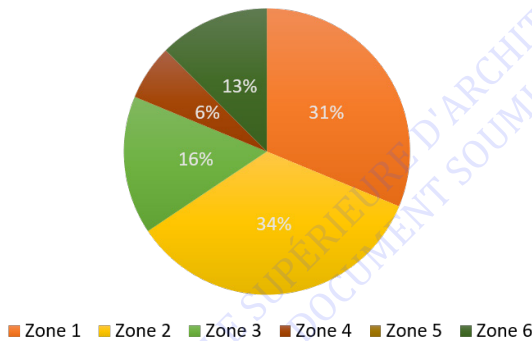
Localisation



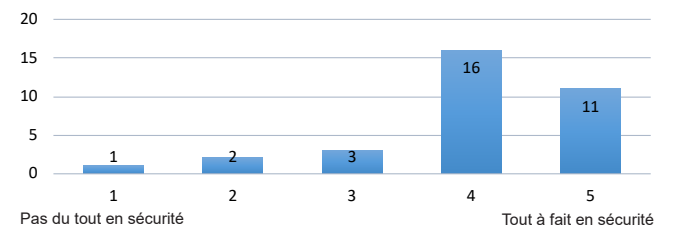
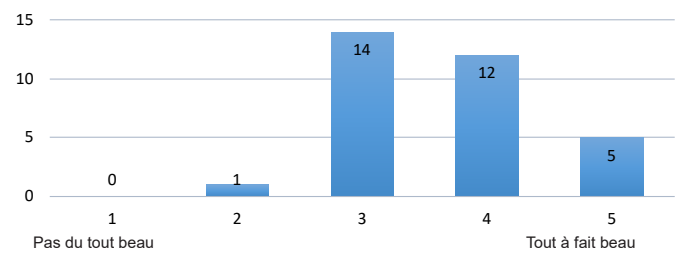
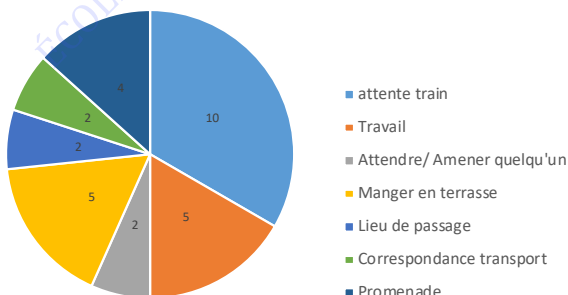
A quelle fréquence venez-vous ?



Trouvez-vous l'endroit agréable, beau, vous sentez-vous en sécurité ?

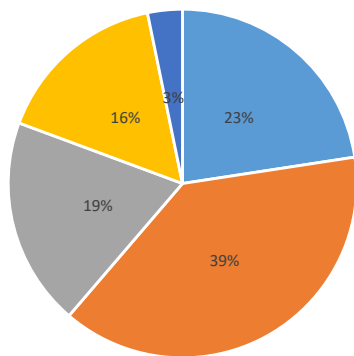


Pour quelle raison êtes-vous ici ?



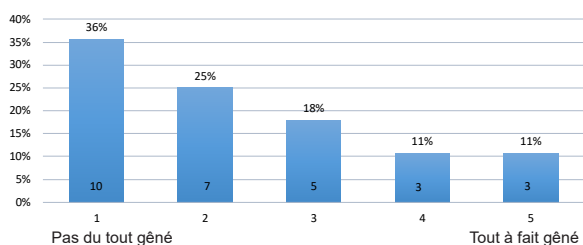
Etes-vous venu ici entre Mai et Septembre 2018 ?

?

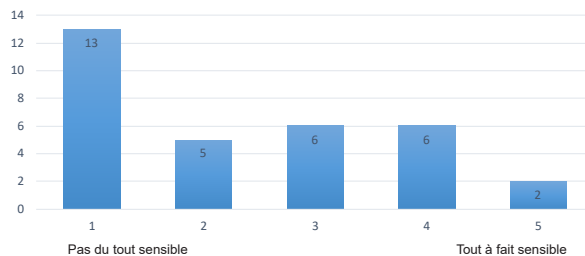


■ Jamais
■ Moins d'une fois par mois
■ Plusieurs fois par mois
■ Plusieurs fois par semaine
■ Tous les jours

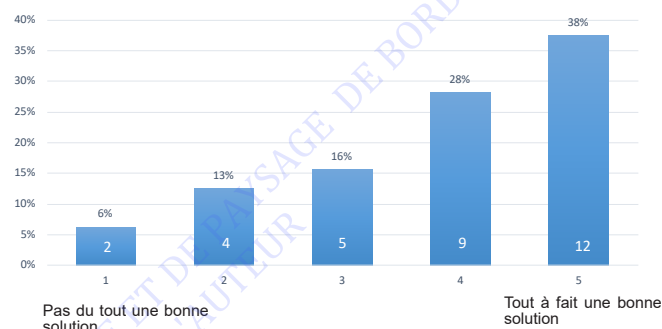
Avez-vous été gêné par la chaleur à cette même période ?



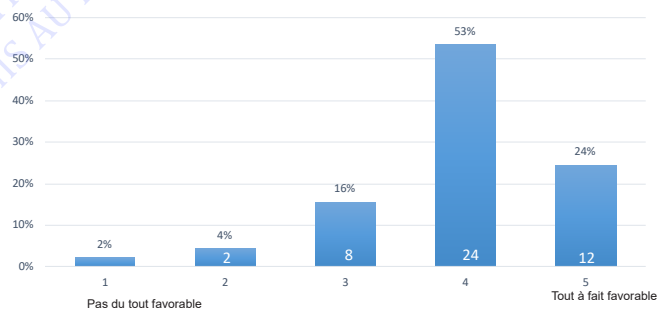
Êtes-vous sensible aux fortes chaleurs ?



Pensez-vous que les systèmes de rafraîchissement qui utilisent de l'eau sont une bonne solution ?



Seriez-vous favorable à ce que ces solutions se multiplient dans la ville ?



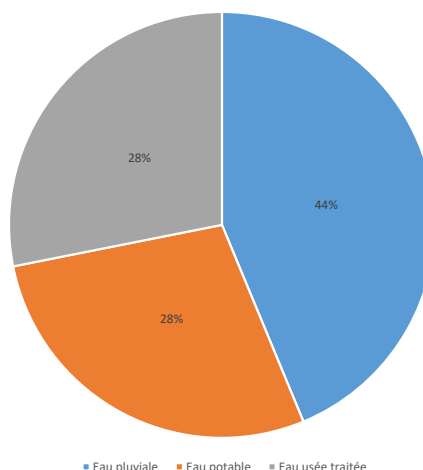
Comment cette gêne s'est-elle matérialisée

| | | |
|---------------------|----|-----|
| Soif | 11 | 33% |
| Transpiration | 10 | 30% |
| Ne sait pas | 6 | 18% |
| Maux de tête | 2 | 6% |
| Déshydratation | 1 | 3% |
| Coup de soleil | 1 | 3% |
| Mal de ventre | 1 | 3% |
| Difficulté à dormir | 1 | 3% |

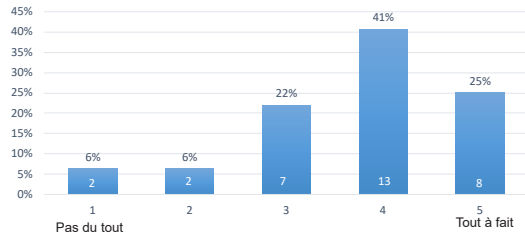
Qu'avez-vous fait pour vous rafraîchir ?

| | | |
|--------------------------------|----|-----|
| Boire | 10 | 71% |
| S'abriter/ se mettre à l'ombre | 2 | 14% |
| Se brumiser | 1 | 7% |
| Entrer dans la gare | 1 | 7% |

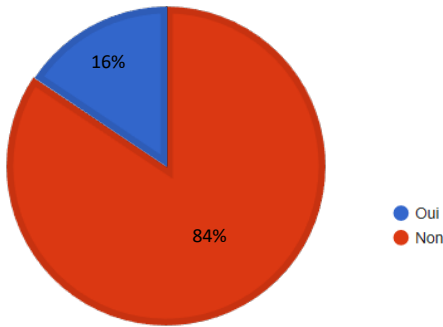
Quelle eau vous semble la plus adaptée pour ce genre de système ?



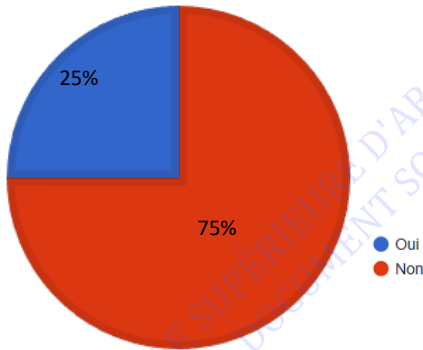
La question de l'augmentation de la fréquence des épisodes de fortes chaleurs vous préoccupe-t-elle ?



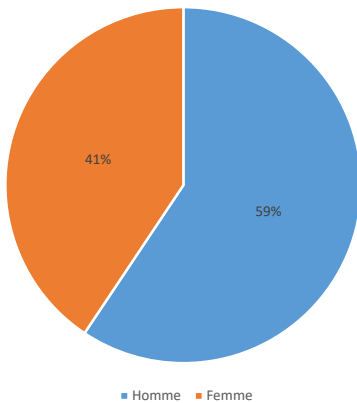
Habitez-vous à moins de 500 m d'ici ?



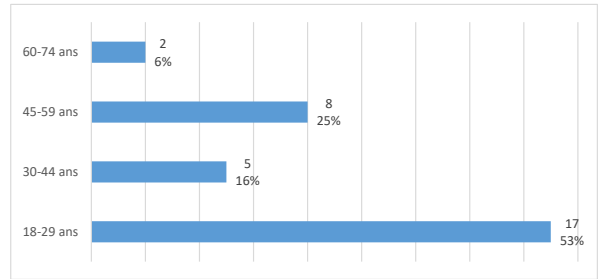
Travaillez-vous à moins de 500 m d'ici ?



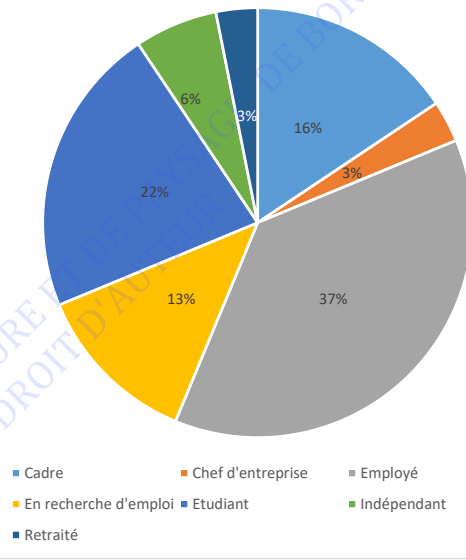
Sexe



Âge



Catégorie Socio-Professionnelle



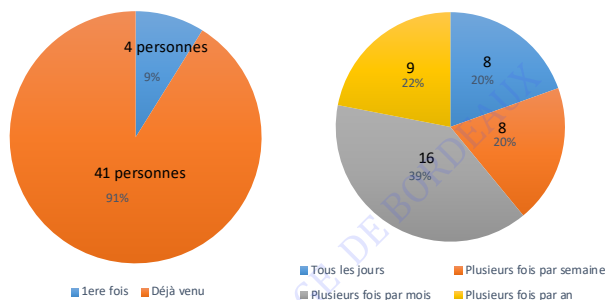
Annexe-5

Résultats micro-trottoirs Gare Saint-Jean Bordeaux - Micro-trottoir été

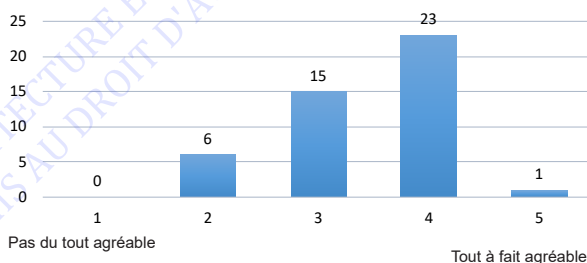
Localisation



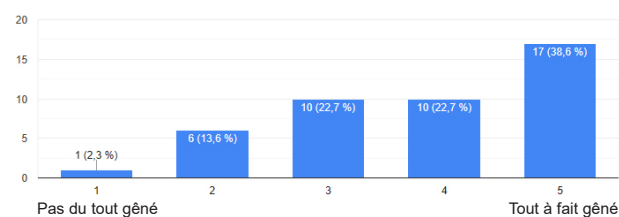
A quelle fréquence venez-vous ?



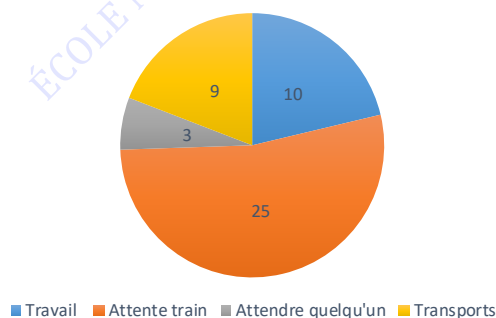
Trouvez-vous l'endroit agréable ?



Êtes-vous actuellement gêné par la chaleur ?



Pour quelle raison êtes-vous ici ?



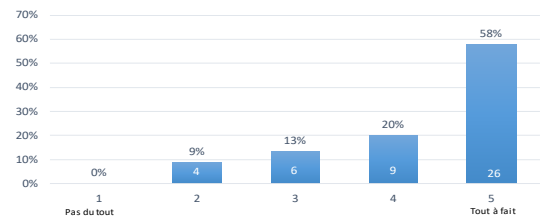
Comment cette gêne se matérialise-t-elle ?

| | | |
|----------------|---|-----|
| Soif | 9 | 32% |
| Transpiration | 7 | 25% |
| Déshydratation | 5 | 18% |
| Coup de soleil | 4 | 14% |
| Maux de tête | 2 | 7% |
| Ne sait pas | 1 | 4% |

Qu'avez-vous fait pour vous rafraîchir ?

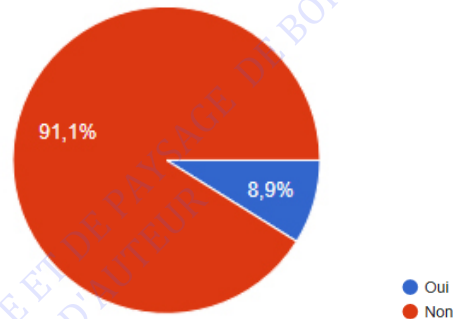
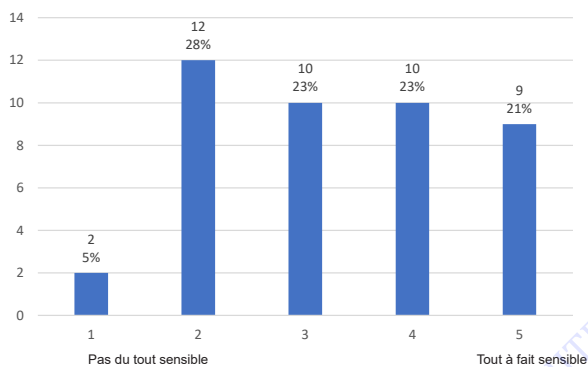
| | | |
|---|----|-----|
| Boire | 25 | 46% |
| Se mettre à l'ombre (arbre, terrasse...) | 18 | 33% |
| Aller dans un endroit frais (boutiques climatisées, gare) | 6 | 11% |
| Prendre une douche | 1 | 2% |
| Brumisateur | 1 | 2% |
| Piscine | 1 | 2% |
| S'habiller plus léger | 1 | 2% |
| Aller au miroir d'eau | 1 | 2% |

La question de l'augmentation de la fréquence des épisodes de fortes chaleurs vous préoccupe-t-elle ?



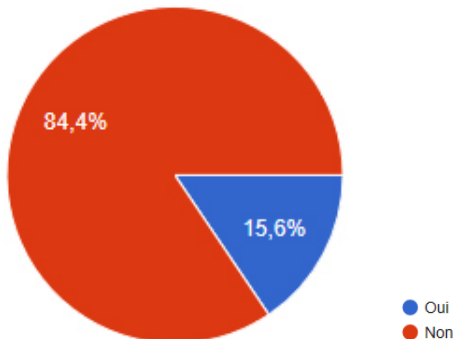
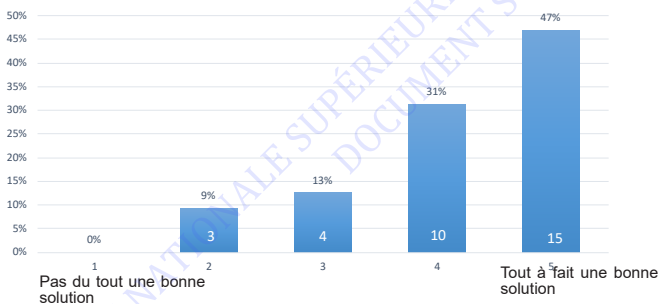
Habitez-vous à moins de 500 m d'ici ?

Êtes-vous sensible aux fortes chaleurs ?

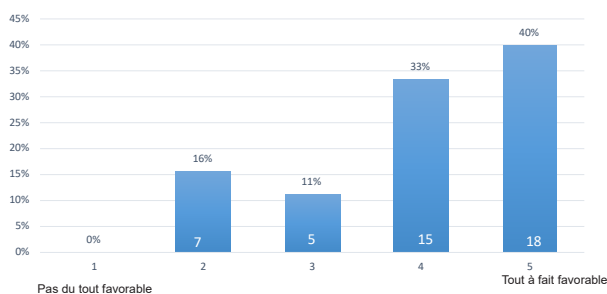


Travaillez-vous à moins de 500 m d'ici ?

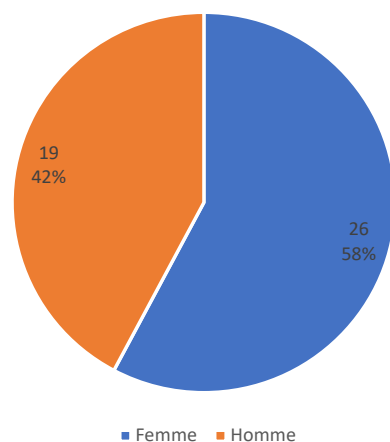
Pensez-vous que les systèmes de rafraîchissement qui utilisent de l'eau sont une bonne solution ?



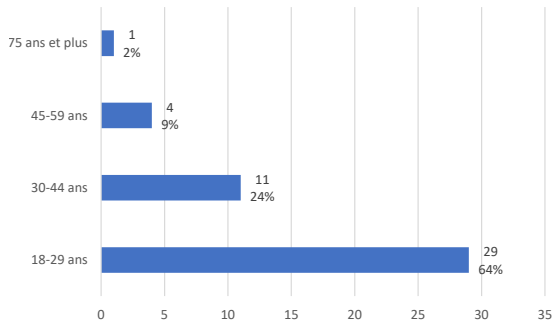
Seriez-vous favorable à ce que ces solutions se multiplient dans la ville ?



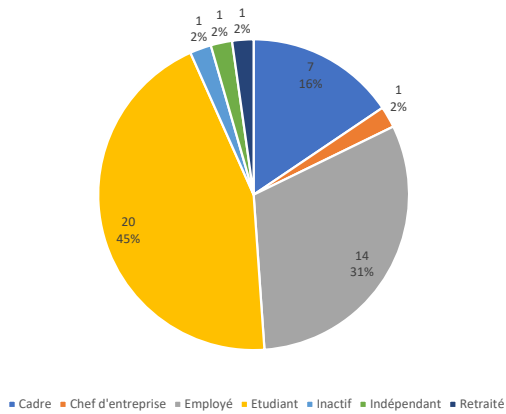
Sexe



Âge



Catégorie Socio-Professionnelle



ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE ET DE PAYSAGE DE BORDEAUX
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Annexe-6

Résultats micro-trottoirs Place Saint-Projet Bordeaux

Localisation

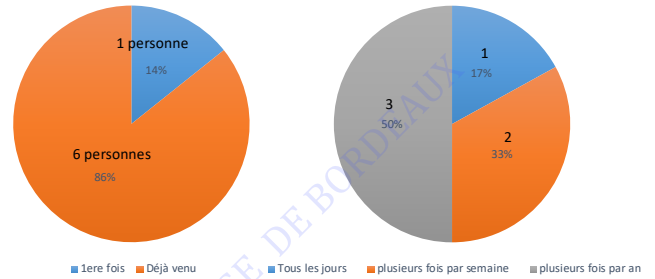


Zone 1 : Lieu d'arrêt de pause pour tous les usagers, d'événements publics ponctuels.

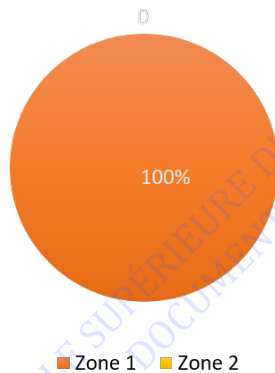


Zone 2 : Lieu où se concentrent les flux essentiellement piétons, et voitures lors des livraisons des commerces.

A quelle fréquence venez-vous ?

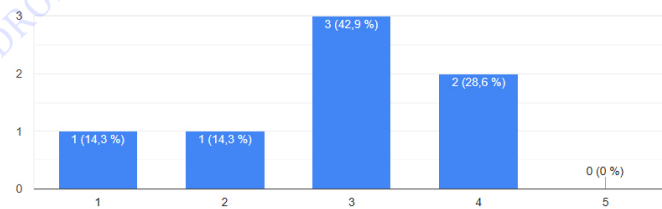
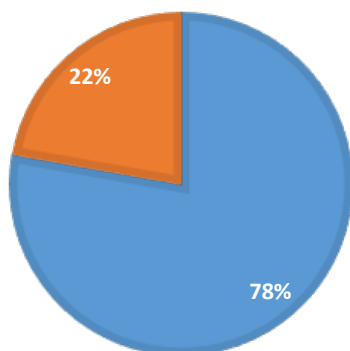


Trouvez-vous l'endroit agréable, beau, vous sentez-vous en sécurité ?



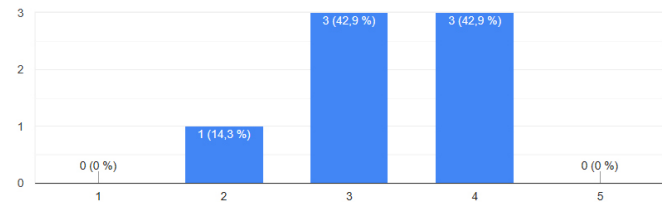
Pour quelle raison êtes-vous ici ?

■ Point de rendez vous ■ Embauche



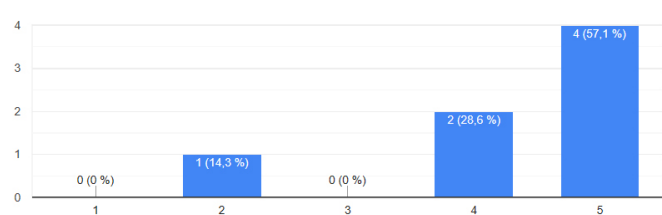
Pas du tout agréable

Tout à fait agréable



Pas du tout beau

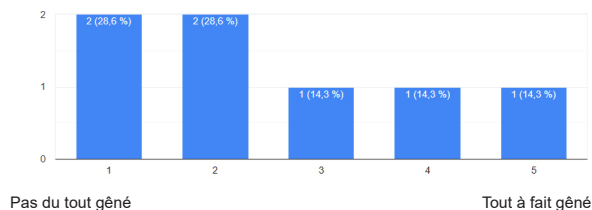
Tout à fait beau



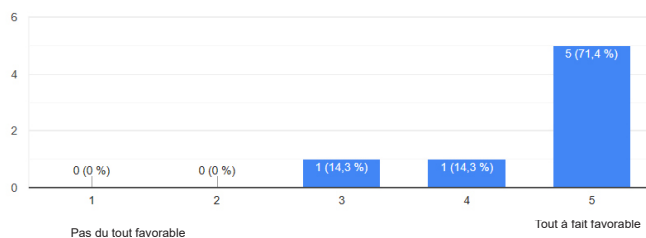
Pas du tout en sécurité

Tout à fait en sécurité

Êtes-vous actuellement gêné par la chaleur ?



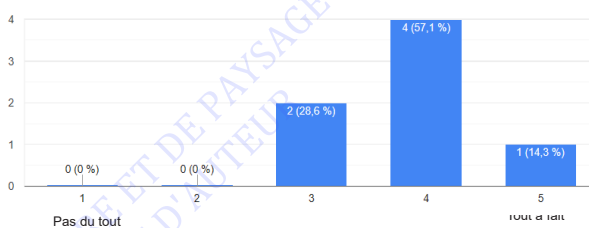
Seriez-vous favorable à ce que ces solutions se multiplient dans la ville ?



Comment cette gêne se matérialise-t-elle

| | | |
|----------------|---|-----|
| Soif | 4 | 36% |
| Transpiration | 4 | 36% |
| Maux de tête | 2 | 18% |
| Déshydratation | 1 | 9% |

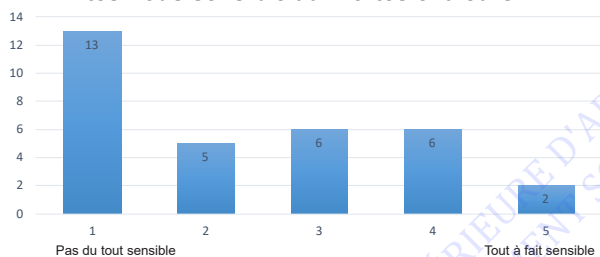
La question de l'augmentation de la fréquence des épisodes de fortes chaleurs vous préoccupe-t-elle ?



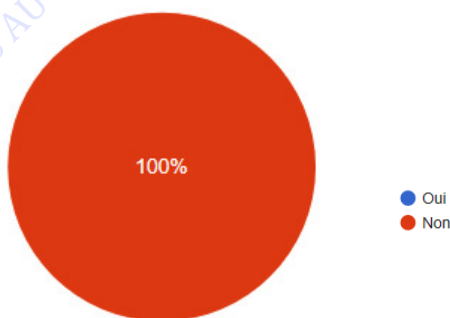
Que faites-vous pour vous rafraîchir ?

| | | |
|----------------------------------|---|-----|
| Ombre | 6 | 40% |
| Boire | 4 | 27% |
| Intérieur climatisé | 4 | 27% |
| Modifier ses habitudes de sortie | 1 | 7% |

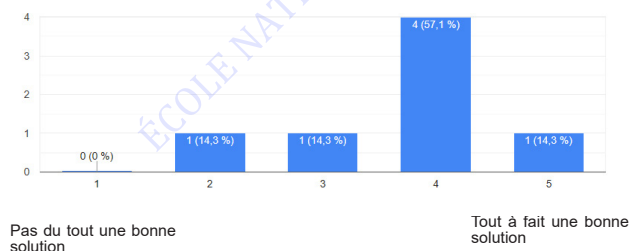
Êtes-vous sensible aux fortes chaleurs ?



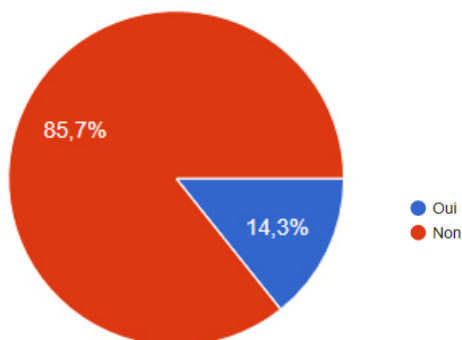
Habitez-vous à moins de 500 m d'ici ?



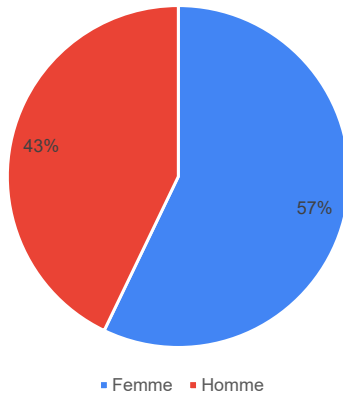
Pensez-vous que les systèmes de rafraîchissement qui utilisent de l'eau sont une bonne solution ?



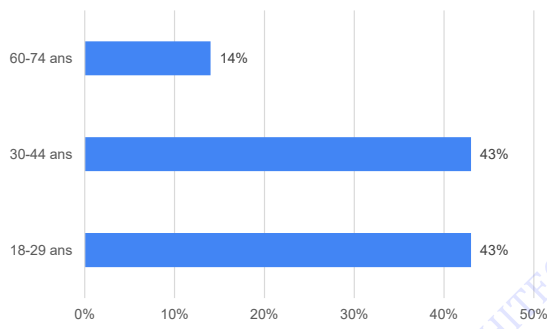
Travaillez-vous à moins de 500 m d'ici ?



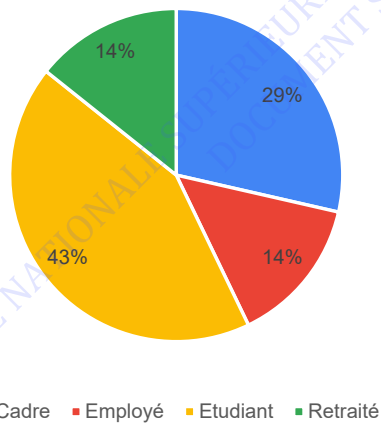
Sexe



Âge



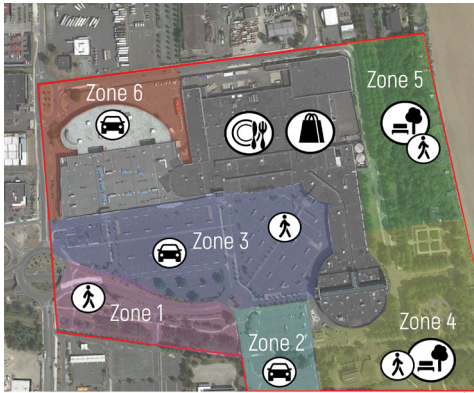
Catégorie Socio-Professionnelle



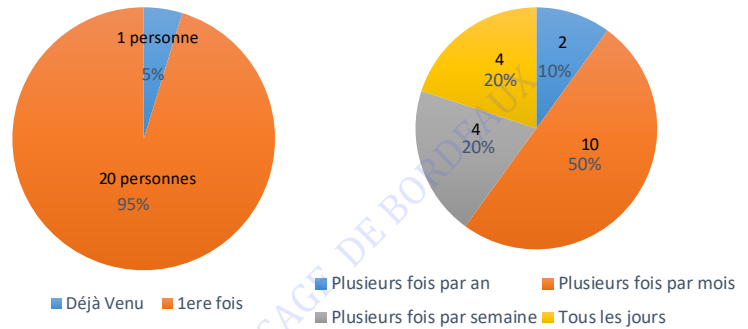
Annexe-7

Résultats micro-trottoirs Centre commercial Rives d'Arcins, Bègles

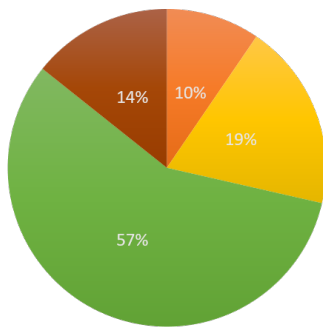
Localisation



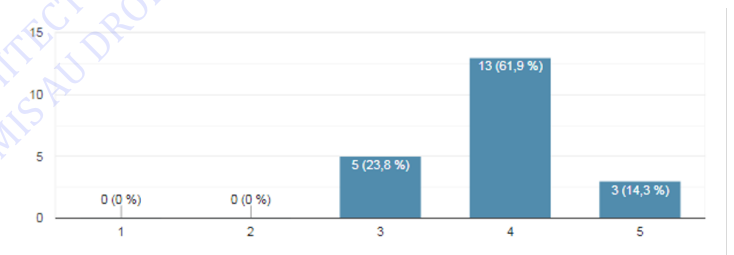
A quelle fréquence venez-vous ?



Trouvez-vous l'endroit agréable, beau, vous sentez-vous en sécurité ?

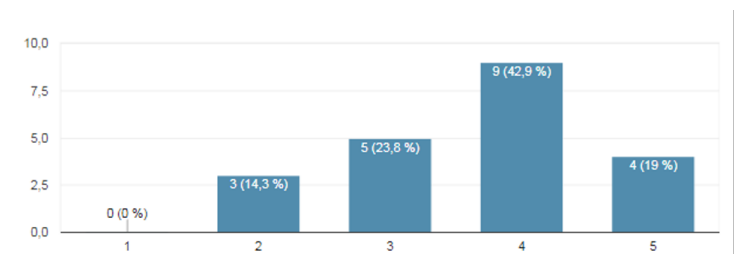


Zone 1 Zone 2 Zone 3 Zone 4



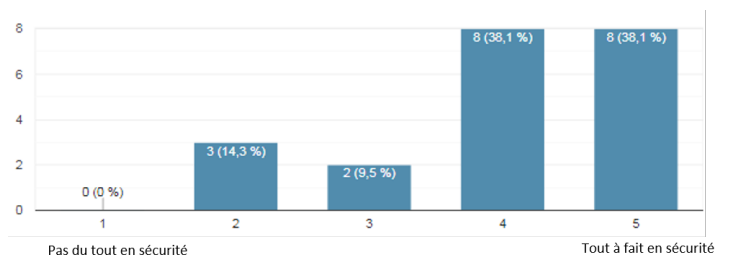
Pas du tout agréable

Tout à fait agréable



Pas du tout beau

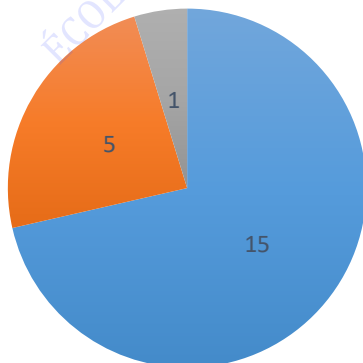
Tout à fait beau



Pas du tout en sécurité

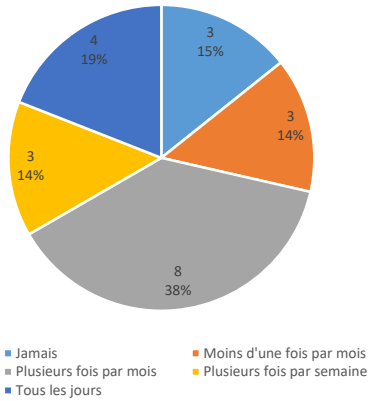
Tout à fait en sécurité

Pour quelle raison êtes-vous ici ?

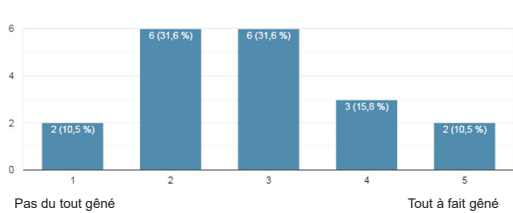


Courses Travail Promenade

Êtes-vous venu ici entre Mai et Septembre 2018 ?



Avez-vous été gêné par la chaleur à cette même période ?



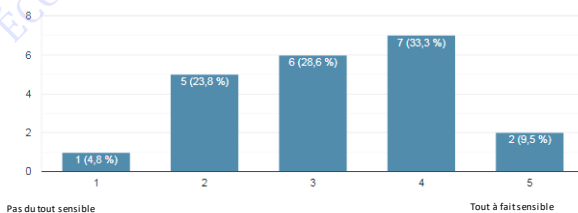
Comment cette gêne s'est-elle matérialisée

| | | |
|----------------|---|-----|
| Transpiration | 4 | 40% |
| Soif | 3 | 30% |
| Maux de tête | 1 | 10% |
| Déshydratation | 1 | 10% |
| Ne sait pas | 1 | 10% |

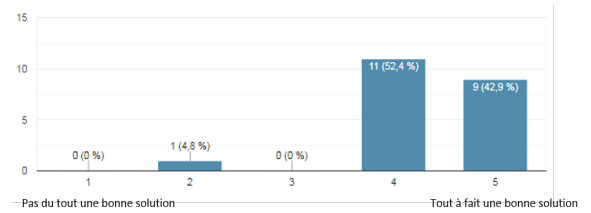
Qu'avez-vous fait pour vous rafraîchir ?

| | | |
|------------------------|---|-----|
| Entrer dans la galerie | 6 | 50% |
| Boire | 3 | 25% |
| Aller dans le parc | 1 | 8% |
| Décaler ses horaires | 1 | 8% |
| Se mettre à l'ombre | 1 | 8% |

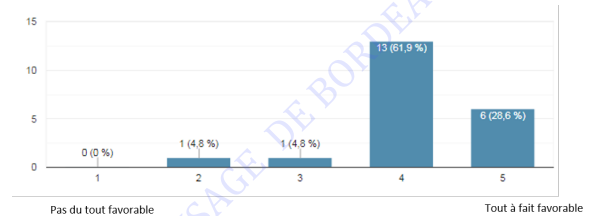
Êtes-vous sensible aux fortes chaleurs ?



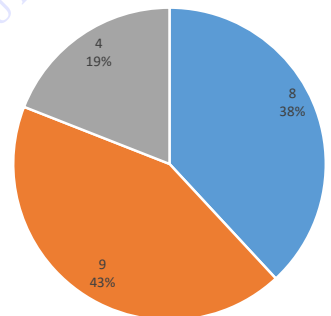
Pensez-vous que les systèmes de rafraîchissement qui utilisent de l'eau sont une bonne solution ?



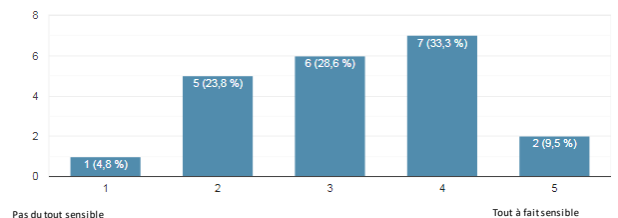
Seriez-vous favorable à ce que ces solutions se multiplient dans la ville ?



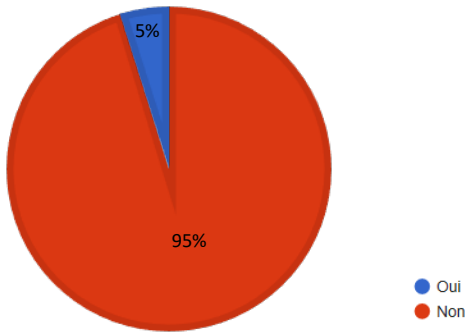
Quelle eau vous semble la plus adaptée pour ce genre de système ?



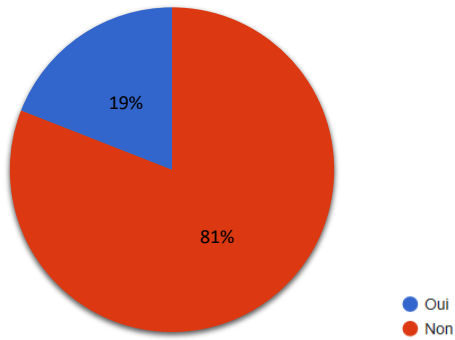
La question de l'augmentation de la fréquence des épisodes de fortes chaleurs vous préoccupe-t-elle ?



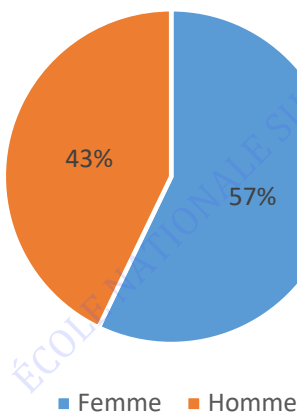
Habitez-vous à moins de 500 m d'ici ?



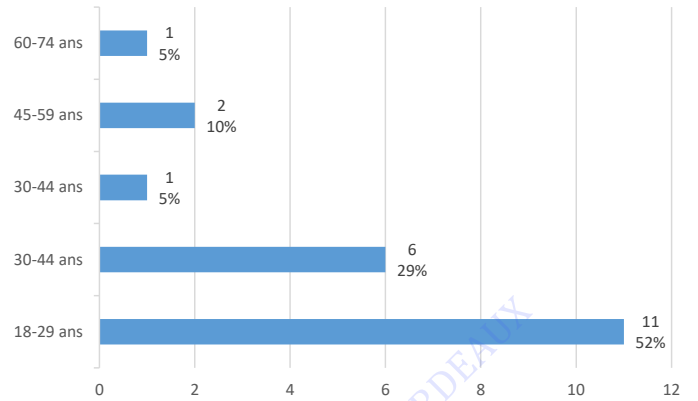
Travaillez-vous à moins de 500 m d'ici ?



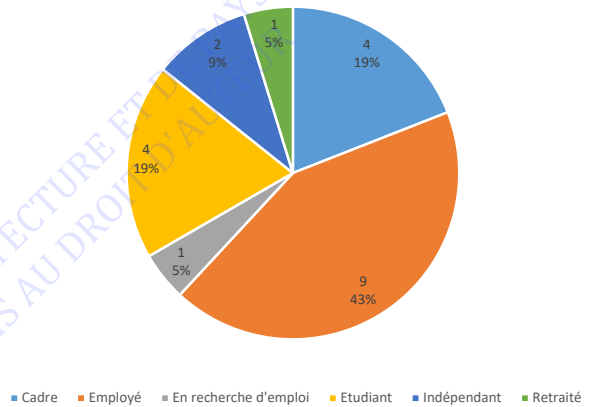
Sexe



Âge



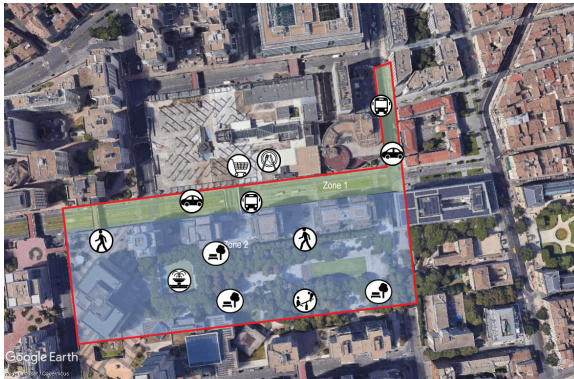
Catégorie Socio-Professionnelle



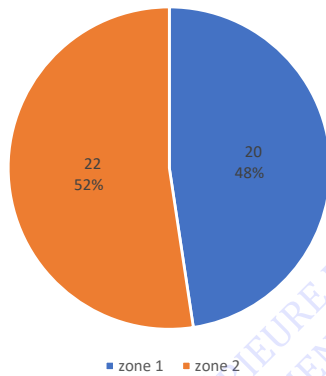
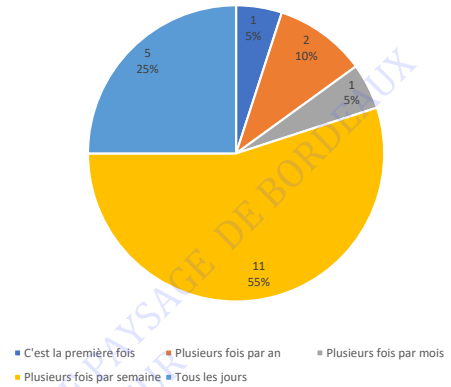
Annexe-8

Résultats micro-trottoirs Place Mériadeck Bordeaux

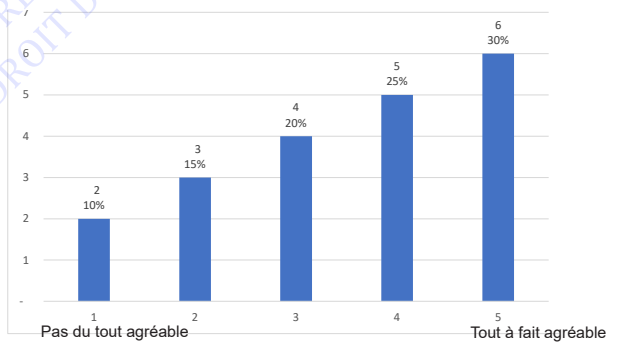
Localisation



A quelle fréquence venez-vous ?

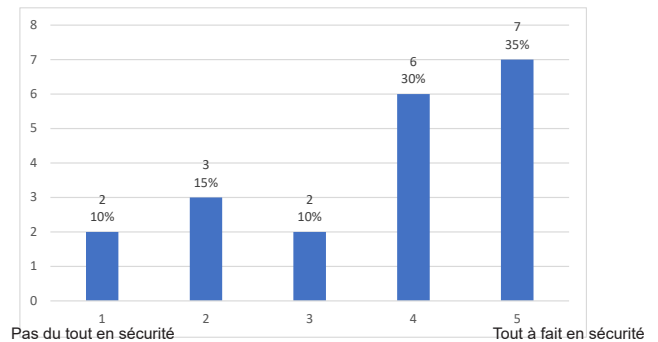
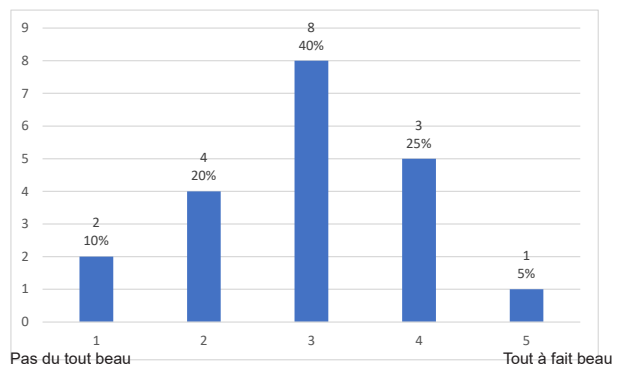
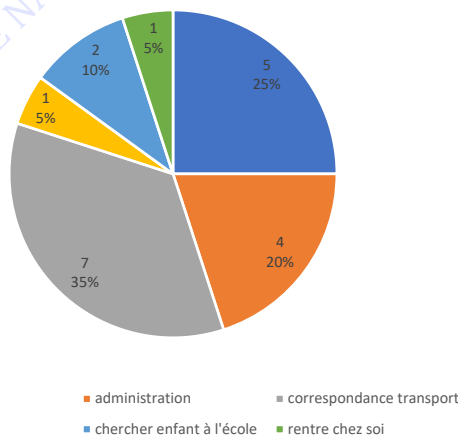


Trouvez-vous l'endroit agréable, beau, vous sentez-vous en sécurité ?

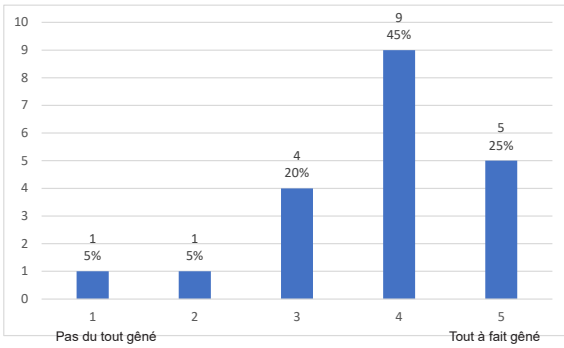


RÉPONSES ZONE 1 (REZ-DE-RUE)

Pour quelle raison êtes-vous ici ?



Êtes-vous actuellement gêné par la chaleur ?



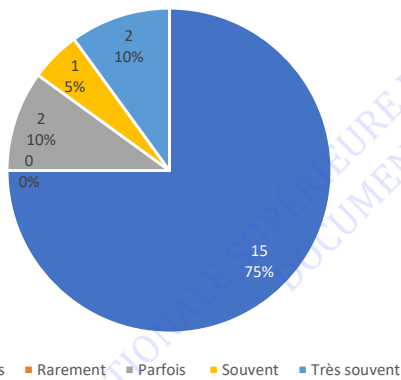
Comment cette gêne se matérialise-t-elle ?

| | | |
|----------------|---|-----|
| Transpiration | 9 | 53% |
| Soif | 4 | 24% |
| Mal de tête | 2 | 12% |
| Déshydratation | 2 | 12% |

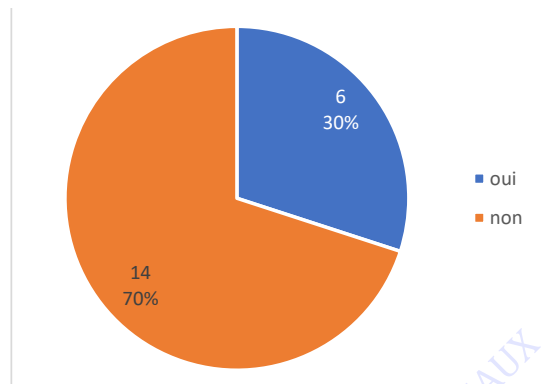
Que faites-vous pour vous rafraîchir ?

| | | |
|------------------------|---|-----|
| Boutiques climatisées | 5 | 33% |
| Boire | 5 | 33% |
| Se mettre à l'ombre | 4 | 27% |
| Monter sur l'esplanade | 1 | 7% |

Êtes-vous déjà allé sur la dalle ?

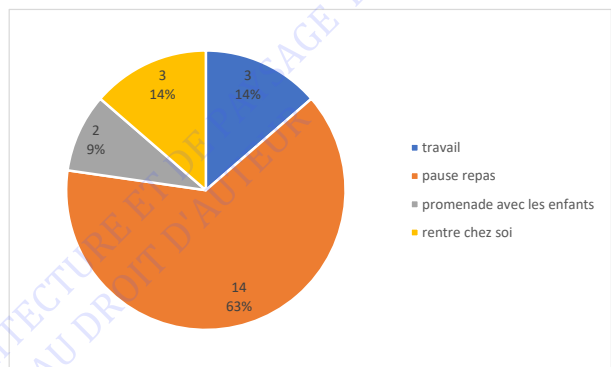


Travaillez-vous à moins de 500 m d'ici ?

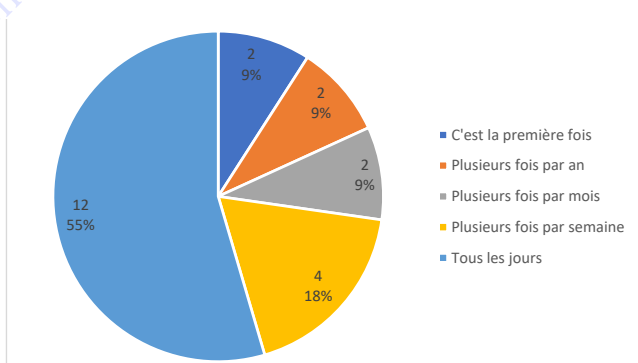


RÉPONSES ZONE 2 (DALLE)

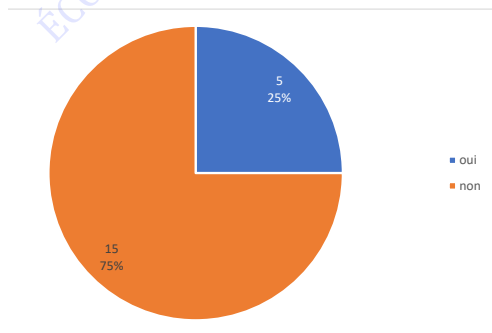
Pour quelle raison êtes-vous ici ?



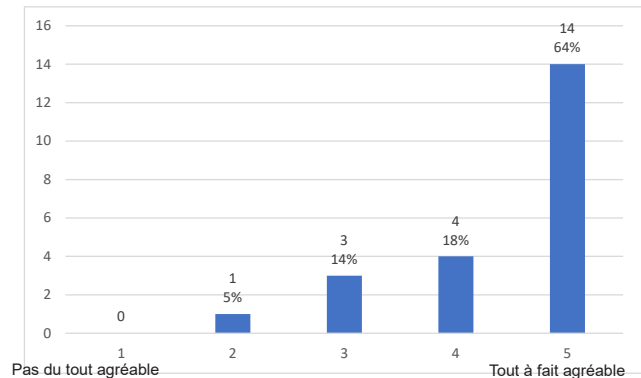
A quelle fréquence venez-vous ?

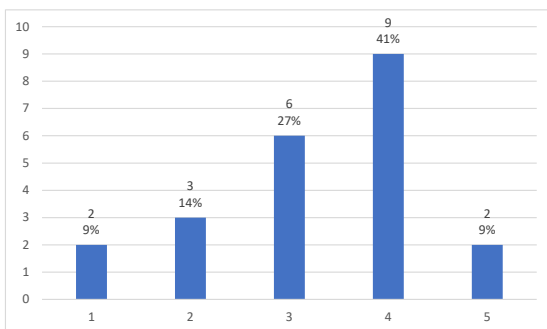


Habitez-vous à moins de 500 m d'ici ?



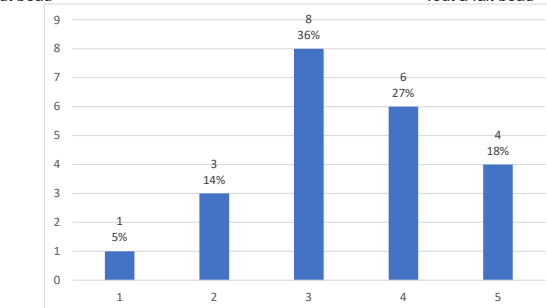
Trouvez-vous l'endroit agréable , beau, vous sentez-vous en sécurité ?





Pas du tout beau

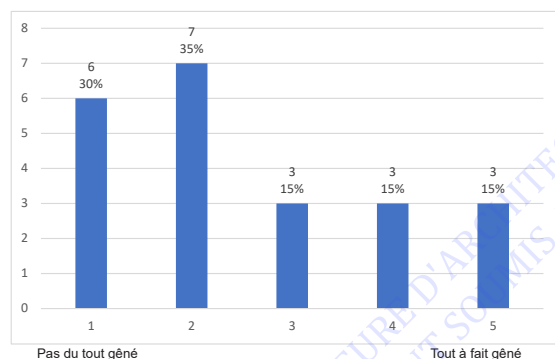
Tout à fait beau



Pas du tout en sécurité

Tout à fait en sécurité

Êtes-vous actuellement gêné par la chaleur ?



Pas du tout gêné

Tout à fait gêné

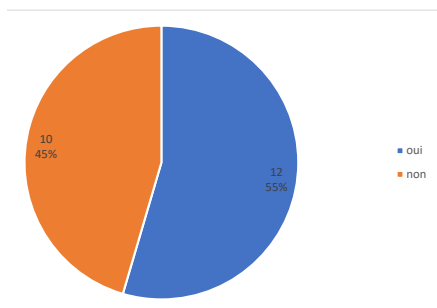
Comment cette gêne se matérialise-t-elle ?

| | | |
|----------------|---|-----|
| Transpiration | 6 | 43% |
| Soif | 6 | 43% |
| Maux de tête | 1 | 7% |
| Déshydratation | 1 | 7% |

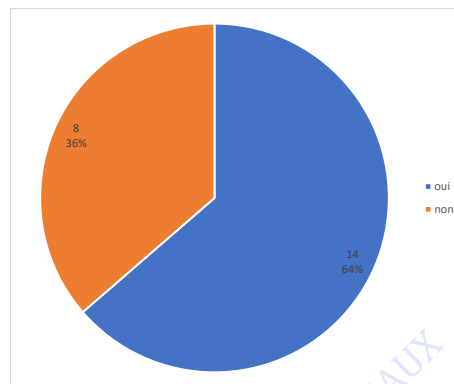
Que faites-vous pour vous rafraîchir ?

| | | |
|-------------------------|---|-----|
| Ombre des arbres | 5 | 31% |
| Boire | 5 | 31% |
| Galerie climatisée | 4 | 25% |
| Se rapprocher du bassin | 2 | 13% |

Habitez-vous à moins de 500 m d'ici ?

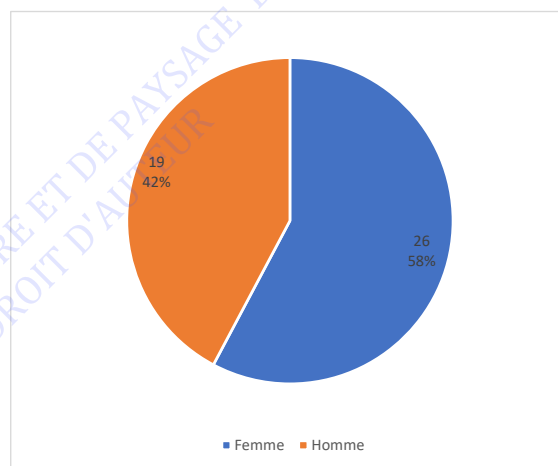


Travaillez-vous à moins de 500 m d'ici ?

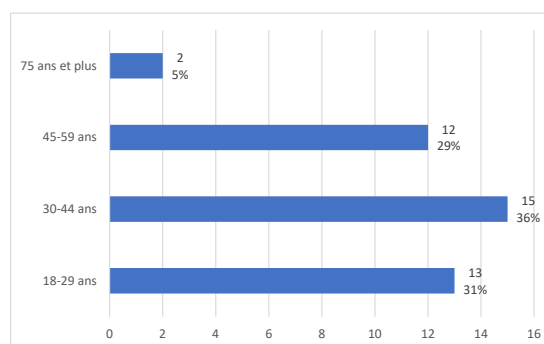


RÉPONSES COMMUNES

Sexe



Âge



Catégorie Socio-Professionnelle

