Adapter les tissus urbains de la métropole bordelaise au réchauffement climatique

Rapport d'étude 04/09/2019

a'urba. agence d'urbanisme Bordeaux métropole Aquitaine

Hangar G2 Bassin à flot n°1
Quai Armand Lalande
BP 71 F-33041 Bordeaux Cedex

Tél. : 33 (0)5 56 99 86 33
Fax : 33 (0)5 56 99 89 22
e-mail contact@aurba.org

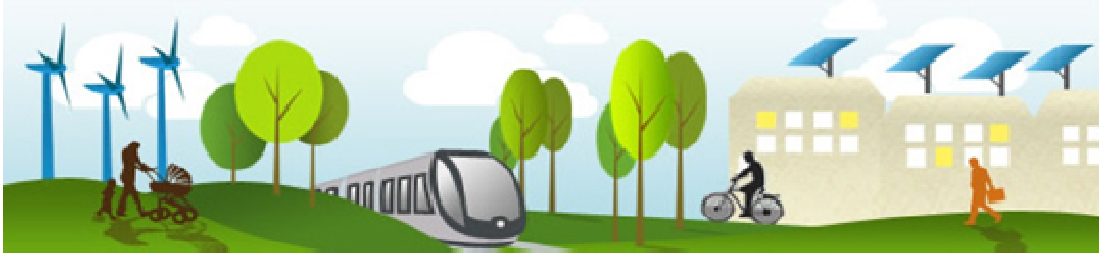
Alec Agence locale de l'énergie et du climat Métropole bordelaise et Gironde

30 cours Pasteur
33000 Bordeaux
www.aleab33.fr

Tel. : 33 (0)5 56 00 60 27
Fax : 33 (0)5 56 24 75 54
e-mail contact@aleab33.fr

Objet de l'étude

Cette étude vise à la fois à proposer une méthodologie d'adaptation des tissus urbains de la métropole au phénomène d'îlot de chaleur urbain et à formuler des recommandations de meilleure prise en compte de cet enjeu dans le PLU 3.1 de Bordeaux Métropole.



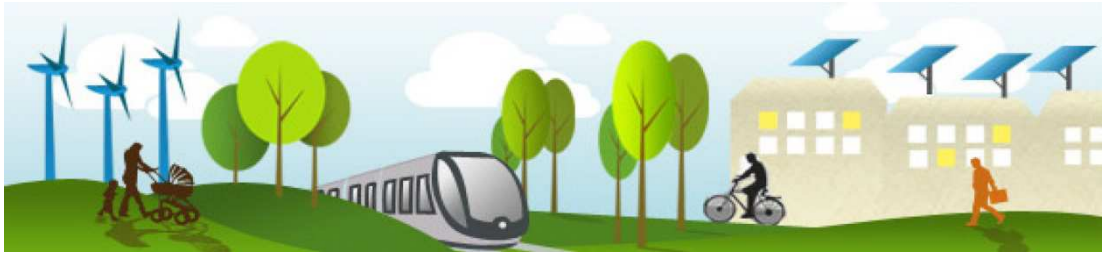
Équipe projet

Sous la direction de
Jean-Christophe Chadanson

Chef de projet
Bob Clément

Équipe projet
Nelson Correa
Béatrice Cuesta Gicquel
Vincent Laguille
Christine Primet
Maxime Tourtel

Sommaire



1 | L'îlot de chaleur urbain : comment ça marche ? 8
1.1 | Augmentation des capacités de stockage de la chaleur par les matériaux 9
1.2 | Augmentation du bilan radiatif solaire et infrarouge 12
1.3 | Diminution de l'évacuation de la chaleur par écoulement de l'air....15
1.4 | Diminution de l'évacuation de la chaleur par le végétal et l'eau 17
1.5 | Importance des dégagements de chaleur anthropiques....20
1.6 | Synthèse 22

2 | Les îlots de chaleur urbains sur le territoire de Bordeaux Métropole 26
2.1 | Contexte climatique et risque sanitaire sur la métropole bordelaise....26
2.1.1| Un territoire au confort thermique estival parfois critique 26
2.1.2| Un risque sanitaire identifié et des mesures de prévention existantes 27
2.2 | Bordeaux Métropole et l'adaptation au changement climatique....28
2.3 | L'étude « IFU et ICU : diagnostic et préconisations sur le territoire de la CUB » (2016)....29
2.4 | La nécessité d'une analyse complémentaire des ICU sur le territoire de la métropole....34

3 | Une approche par zonage du PLU 3.1....37
3.1 | Une méthode générique : la méthode LCZ....37
3.2 | Une méthode complémentaire : l'approche par zonages du PLU 39
3.3 | Les zones naturelles et agricoles du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole 39
3.4 | Les zones urbaines du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole 41
3.5 | Constitution de familles de zonages (zones urbaines) 43

4 | Analyse du niveau de risque sur le territoire de Bordeaux Métropole....48
4.1 | Analyse de l'aléa 48
4.1.1| Tissus patrimoniaux 49
4.1.2| Tissus d'habitats collectifs.... 50
4.1.3| Tissus pavillonnaires.... 51
4.1.4| Zones d'activités, zones commerciales et équipements 52
4.2 | Analyse de la population exposée....55
4.3 | Analyse du risque 59

5 | Approche par site test : recommandations....64
5.1 | Un nécessaire approfondissement du travail conduit à l'échelle macro-territoriale 64
5.2 | Méthodologie proposée pour l'analyse micro-territoriale 65
5.3 | Analyse de la famille « Tissu pavillonnaire compact » 67
5.3.1| Choix du site test 67
5.3.2| Analyse morphologique 70
5.3.3| Recommandations 74

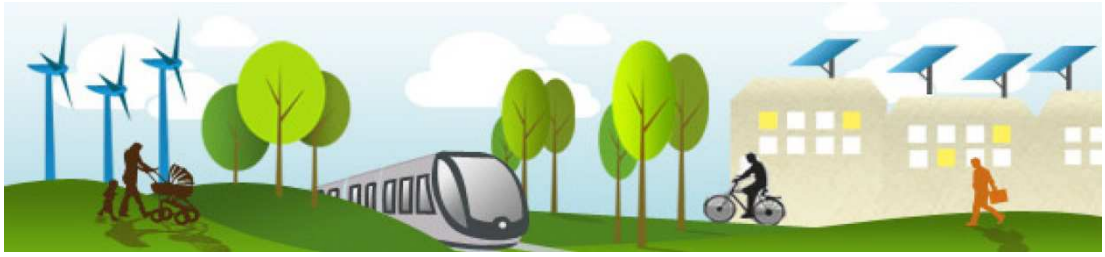
5.4 | Analyse de la famille « Immeubles de rapport » 78
5.4.1| Choix du site test 78
5.4.2| Analyse morphologique 78
5.4.3| Recommandations 84

6 | Propositions de traduction dans le PLU 3.1 de Bordeaux Métropole 91
6.1 | Le PLU : un outil réglementaire efficace pour diminuer l'effet d'ICU dans la fabrique de la ville 91
6.2 | Méthodologie de formulation des traductions réglementaires 92
6.3 | Propositions pour la famille « Tissu pavillonnaire compact » 94
6.3.1| Propositions relevant du règlement 94
6.3.2| Propositions relevant des dispositions relatives à l'environnement et aux continuités écologiques, aux paysages et au patrimoine 95
6.3.3| Propositions relevant d'une OAP sectorielle 95
6.4 | Propositions pour la famille « Immeubles de rapport » 96
6.4.1| Propositions relevant du règlement 96
6.4.2| Propositions relevant d'une OAP sectorielle 97

7 | Bibliographie 100

8 | Annexes 106
8.1 | Annexe 1 : Tableau de constitution des 21 familles de zonages 106
8.2 | Annexe 2 : Liste des paramètres d'analyse des sites-tests 109
8.3 | Annexe 3 : analyse morphologique détaillée du site-test « Tissu pavillonnaire compact » 111
8.4 | Annexe 4 : analyse morphologique détaillée du site-test « Immeubles de rapport » 114
8.5 | Annexe 5 : Traduction réglementaire des recommandations de la famille « Tissu pavillonnaire compact » 117
8.6 | Annexe 6 : Traduction réglementaire des recommandations de la famille « Immeubles de rapport » 122

Note de synthèse



La récurrence des épisodes de grande chaleur au niveau national, et sur la métropole bordelaise en particulier, met en évidence l'urgence d'intervenir sur les problématiques de surchauffe urbaine. Les impacts sanitaires du réchauffement climatique ne sont plus à démontrer, qu'il s'agisse des problèmes d'hyperthermie et de déshydratation (pouvant entraîner notamment le décès des personnes âgées) ou des conséquences sur la qualité de l'air (certains polluants atmosphériques se transformant en ozone par forte température). Des études vont jusqu'à établir des corrélations entre les épisodes caniculaires et la hausse du taux de suicide.

Le réchauffement climatique devient donc un enjeu de santé publique majeur et il n'est pas étonnant que la plupart des grandes métropoles françaises en aient fait l'une de leurs priorités d'action. En 2014, Bordeaux Métropole s'est saisi de cette question en commandant une étude visant à mieux comprendre le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU) sur son territoire. Des imageries satellitaires, associées à une campagne d'images thermiques aériennes et de mesures de température au sol, ont permis de disposer d'éléments de connaissance à différentes échelles. Un plan d'action, structuré en 34 fiches-actions, vient conclure l'étude.

La réflexion engagée par l'agence et restituée dans le présent rapport s'inscrit dans la continuité de cette étude, en répondant à un double objectif :

- d'une part, proposer une approche territorialisée des îlots de chaleur urbains, visant à analyser, à l'échelle des tissus urbains constitutifs de la métropole, les éléments de connaissance produits par l'étude précédemment citée ;

- d'autre part, mettre en œuvre l'action 8.1 du plan d'action : « Intégrer des éléments de lutte des ICU dans les documents de planification (PLU) ».

La version révisée du plan local d'urbanisme de Bordeaux Métropole a été approuvée le 16 décembre 2016. Son règlement comprend 140 zonages différents. Il n'était naturellement pas envisageable d'analyser le phénomène d'ICU à l'échelle de chacun de ces zonages. Un premier travail a donc à regrouper ces 140 zonages en familles morphologiquement cohérentes du point de vue des questions climatiques.

Cela a permis de définir 21 familles, qui présentent chacune un comportement spécifique au regard du phénomène d'ICU. La superposition des images

thermiques satellites avec les zonages de ces 21 familles a permis de comprendre, de façon « macroscopique » le fonctionnement climatique de chaque famille. En croisant ce niveau d'aléa avec la population présente au sein de chaque famille (résidents+emplois), a pu être qualifié le niveau de « risque climatique » de ces 21 familles.

Cette analyse macro-territoriale a donc permis, *in fine*, d'identifier les familles pour lesquelles le risque climatique est fort, c'est-à-dire celles pour lesquelles l'effet d'îlot de chaleur urbain est prégnant et la population exposée importante.

Afin d'aboutir à la formulation de recommandations réglementaires au sein du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole, il était cependant nécessaire d'approfondir les analyses conduites à l'échelle macro-territoriale par des approches plus fines, à l'échelle des différentes familles.

Pour cela, six familles à traiter prioritairement ont été identifiées, à partir d'une double entrée :

- avoir une représentativité au sein des grandes catégories de tissus urbains de la métropole (tissus patrimoniaux, tissus de grands ensembles, tissus pavillonnaires, zones d'activités économiques et commerciales) ;
- choisir des familles pour lesquelles le risque climatique est fort, ou à défaut, moyen.

Ont ainsi été retenus les tissus « **Immeubles de rapport** », **« Échoppes, faubourgs et maisons de ville à l'alignement** », « **Tissus pavillonnaires compacts** », **« Grands ensembles faisant l'objet d'une rénovation urbaine** », « **Zone d'aménagement commercial** » et « **Zone économique généraliste à prédominance de bureaux** ».

Pour chacune de ces familles, la méthodologie d'analyse a consisté à identifier un « secteur-test », qui soit particulièrement représentatif de la famille considérée. Sur ce secteur, sont alors conduites des analyses morphologiques au regard des paramètres urbains impactant l'effet d'îlot de chaleur (précisés dans la première partie du rapport). Ces analyses permettent d'identifier les qualités à conserver et les éléments à corriger sur le site d'étude en termes de micro-climat urbain. De là découlent des recommandations génériques pour améliorer l'effet d'îlot de chaleur urbain sur le tissu en question.

Lorsqu'elles s'y prêtent, ces recommandations sont traduites en propositions de traductions réglementaires (règlement écrit du PLU et orientations d'aménagement et de programmation), qui s'appliquent, *de facto*, à l'ensemble des zonages constitutifs de la famille étudiée.

Pour l'année 2018, deux familles parmi les six retenues ont fait l'objet d'une telle analyse : les tissus pavillonnaires compacts (avec un test sur le secteur de Saint-Médard-en-Jalles Hastignan) et les immeubles de rapport (test sur le secteur Tourny-Fondaudège à Bordeaux).

1 | L'îlot de chaleur urbain : comment ça marche ?

1 | L'îlot de chaleur urbain : comment ça marche ?

Si le phénomène d'effet de serre agit globalement à l'échelle de la planète, celui d'îlot de chaleur urbain (ICU) correspond à sa traduction locale, sous l'influence des caractéristiques morphologiques du milieu urbain.

Concrètement, l'effet d'îlot de chaleur urbain traduit le fait que les températures sont globalement plus élevées en ville qu'à la campagne. Ce phénomène est particulièrement accentué en cas d'épisode caniculaire et se traduit, dans ces conditions, de jour comme de nuit.

Schématiquement, de jour, l'environnement urbain, très artificialisé, va s'échauffer davantage que l'environnement plus végétalisé de la périphérie et de la campagne. En outre, la nuit, les matériaux constitutifs de la ville vont relarguer la chaleur emmagasinée le jour, chaleur qui va avoir d'autant plus de mal à s'évacuer qu'elle sera piégée dans des rues « canyons ».

La surchauffe urbaine constitue un défi urbain majeur aujourd'hui, du fait des enjeux qu'elle représente : vulnérabilité de certaines populations à une forte chaleur (personnes âgées, enfants…), dégradation de la qualité de l'air (transformation des NOx en ozone) ou encore aggravation de certains phénomènes et aléas (retrait-gonflement des argiles notamment).

Différents processus physiques sont en jeu dans la formation des ICU. Nous détaillons ci-après, pour chacun, la façon dont ils interagissent avec des phénomènes propres à l'espace urbain (piégeage de calories, brises thermiques…), eux-mêmes en lien avec les choix d'aménagement de l'espace public et de l'espace privé.

Cinq grands processus physiques sont ici analysés :

- augmentation des capacités de stockage de la chaleur par les matériaux ;
- augmentation du bilan radiatif solaire et infrarouge ;
- diminution de l'évacuation de la chaleur par écoulement de l'air ;
- diminution de l'évacuation de la chaleur par le végétal et l'eau ;
- importance des dégagements de chaleur anthropiques.

1.1 | Augmentation des capacités de stockage de la chaleur par les matériaux

Les comportements et les propriétés des matériaux composant les surfaces urbaines au sol ou celles des bâtiments participent à la formation des ICU par leur capacité d'absorption et de stockage de la chaleur.

Les matériaux urbains, utilisés dans la construction ou dans le revêtement de la voirie, ont des propriétés et des comportements variés entraînant un impact significatif sur les niveaux de température en ville, contrairement à la terre nue ou au végétal que nous aborderons plus tard.

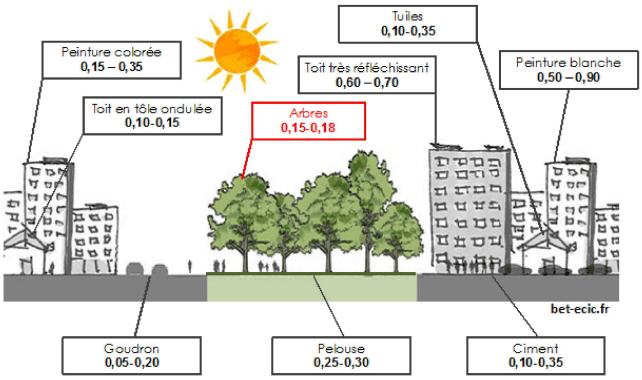
Les propriétés de surface des matériaux : le rôle de l'albédo

Concernant les propriétés de surface des matériaux utilisés dans la ville, elles varient notamment selon la couleur du revêtement.

En effet, les caractéristiques thermo-radiatives vont varier selon l'albédo des matériaux. Ce dernier, pouvant se définir comme la capacité de réflexion solaire d'une surface exposée à la lumière en fonction de la couleur de la surface, permet de connaître la capacité d'absorption et de réflexion de l'énergie solaire des matériaux urbains et donc son influence sur la température de ces derniers.

Cet indice peut être compris entre 0 (la surface absorbe la totalité de la lumière incidente sans réflexion des rayonnements) et 1 (la surface réfléchit la totalité de la lumière incidente). Ainsi, si l'albédo est inférieur à 0,03, le matériau sera noir et s'il est supérieur à 0,8, il sera alors considéré comme blanc. Par exemple, le goudron est un matériau à faible albédo, et par sa couleur foncée, il absorbe plus d'énergie, plus de chaleur, entraînant donc une température de surface plus élevée.

Exemples d'albédo d'éléments urbains



Source : ECIC, 2014

Le comportement des matériaux : inertie et capacité thermiques

Si les propriétés de surface des matériaux conditionnent la part de rayonnement réfléchi ou absorbé, les propriétés massives des matériaux vont conditionner leur capacité à stocker de la chaleur. On parle de capacité thermique pour désigner

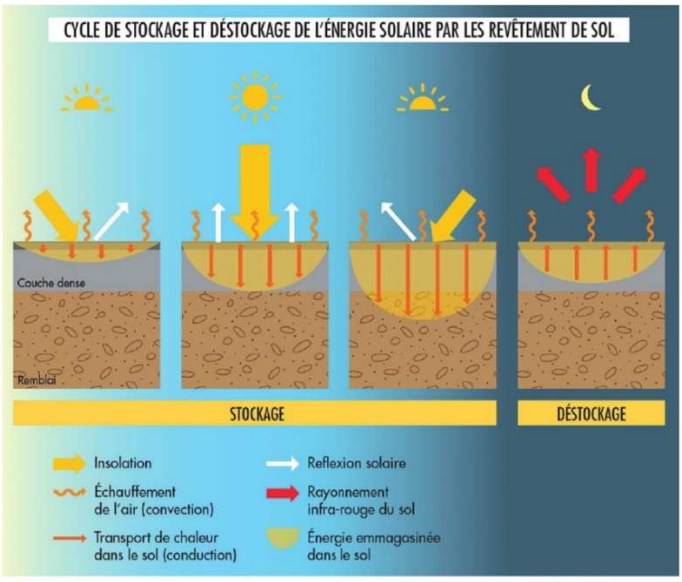
cette quantité de chaleur que le matériau peut stocker. Cette capacité varie selon trois paramètres propres à chaque matériau : la capacité à répartir la chaleur au sein du matériau (la conductivité), la capacité de réchauffement du matériau (la capacité thermique massive) et enfin la densité (soit le rapport entre volume et le poids du matériau en question).

En complément, l'inertie thermique qualifie la vitesse de réchauffement puis de refroidissement du matériau. Dans un matériau à forte inertie, la circulation de la chaleur est ralentie et la température mettra plus de temps pour devenir uniforme (le matériau met donc plus de temps pour se refroidir ou pour se réchauffer). Le matériau est considéré comme inerte thermiquement. Schématiquement, plus les matériaux sont lourds et épais, plus leur inertie est forte.

C'est l'effet combiné de l'ensemble des caractéristiques des matériaux (albédo, capacité thermique et inertie thermique) qui explique leur impact sur le climat local.

Prenons l'exemple de l'enrobé bitumineux utilisé sur la chaussée. Du fait de son faible albédo (couleur noire), il va absorber la quasi totalité des rayonnements solaires et atmosphériques. En outre, du fait de sa forte capacité thermique, il va pouvoir atteindre des températures élevées à l'absorption de ces rayonnements, capacité renforcée par la sous-couche de béton. Enfin, ayant une inertie thermique élevée, il va se réchauffer lentement la journée accumulant ainsi de la chaleur. Par la suite, la nuit, il se refroidira très lentement par rapport au rafraîchissement nocturne de l'air extérieur ambiant et contribuera ainsi au maintien d'une température relativement élevée la nuit.

Cycle de stockage et déstockage de l'énergie solaire par les revêtements de sol



Source : APUR, 2010

À l'inverse, les matériaux sablonneux (stabilisé, béton désactivé), en raison de leur couleur claire, auront un réfléchissement du rayonnement solaire presque total pendant la journée. En outre, leur faible capacité de stockage d'énergie, du fait de leur composition « aérée » (la couche superficielle est peu solidaire du support sur laquelle elle repose), leur confère une faible conductivité thermique, ce qui est un atout climatique supplémentaire.

1.2 | Augmentation du bilan radiatif solaire et infrarouge

Les échanges thermiques entre le Soleil, la Terre et l'atmosphère sont complexes. Le rayonnement solaire (infrarouge, visible et ultraviolet) atteint l'atmosphère, qui en renvoie une partie vers l'espace (environ 30 %). Le solde atteint la croute terrestre, qui, à son tour, renvoie vers l'atmosphère son propre rayonnement (sous forme infrarouge) afin de maintenir son équilibre thermique. L'atmosphère réfléchit alors une partie de ce rayonnement vers la Terre, ce qui contribue également au réchauffement de la croute terrestre.

La notion de bilan radiatif traduit le résultat, du point de vue de la Terre, de l'ensemble de ces échanges de rayonnements.

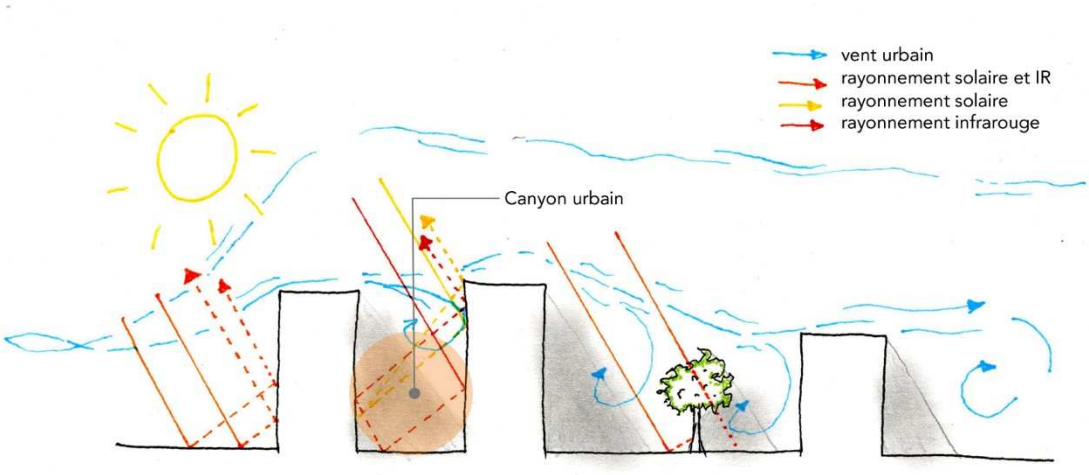
Ce qui nous importe, du point de vue de l'urbanisme, est de comprendre en quoi les formes urbaines vont potentiellement amplifier ce bilan radiatif au niveau « micro-local » d'une rue. Deux phénomènes sont ici en jeu : l'effet « canyon » de la forme urbaine, et le « facteur de vue du ciel ».

L'effet « canyon » de la forme urbaine

Le premier phénomène observable est ce que l'on appelle le piégeage radiatif, engendré par l'effet dit de « canyon urbain ». Dans les rues en forme de canyons, le rayonnement reçu par les façades et les surfaces au sol est renvoyé (en fonction de l'albédo de ces surfaces, cf. point précédent) et « ricoche » d'une façade à l'autre. Il en résulte un échauffement dit radiatif, où la chaleur, piégée entre les murs, est stockée et s'accumule dans des espaces de taille réduite. Cela a pour conséquence l'augmentation de la température de l'air ambiant extérieur.

La formation de micro-îlots de chaleur résulte donc ici d'un phénomène dépendant directement de la morphologie de la ville.

Piégeage radiatif des rayonnements : « effet canyon » de la forme urbaine



D'après IAU (2010) et Vivre en ville / Catherine Dubois (2014)

La diminution du rafraîchissement nocturne : le « facteur de vue du ciel »

L'autre phénomène, source d'un accroissement du bilan radiatif, est la diminution du rafraîchissement nocturne de la ville. En effet, comme on l'a vu précédemment, la chaleur s'est accumulée dans les matériaux, en fonction de leur capacité thermique, puis est « relarguée » plus ou moins vite selon leur inertie thermique. Or, à cause de la configuration des rues, la part de ciel observable depuis le sol est réduite, ce qui limite le processus de refroidissement naturel pendant la nuit.

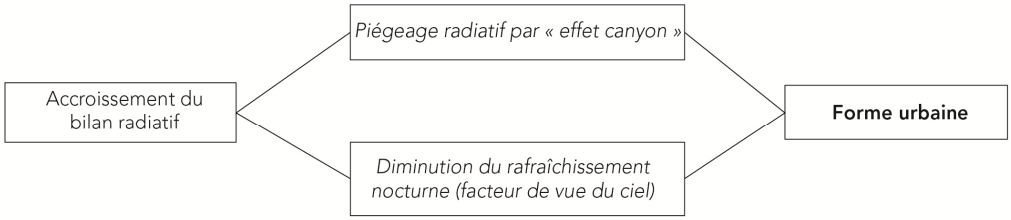
Afin d'évaluer ce phénomène, le « facteur de vue du ciel » (indice SVF[1] allant de 0 à 1) permet de comparer les capacités de refroidissement nocturne entre les tissus urbains. Par exemple, un faible indice SVF signifiera un faible rafraîchissement d'un îlot de quartier.

Diminution du rafraîchissement nocturne : le « facteur de vue du ciel »

D'après APUR, 2011

[1] « Le facteur de vue du ciel [Sky View Factor (SVF) en anglais] correspond à la portion de ciel observable à partir de la surface considérée. Ce facteur est égal à 1 dans le cas d'une surface plane sans obstacle et varie entre 0 et 1 ». (Colombert, 2008)

Ces deux phénomènes mettent donc en évidence l'impact des choix opérés en termes de forme urbaine sur l'effet d'îlot de chaleur urbain.



1.3 | Diminution de l'évacuation de la chaleur par écoulement de l'air

Un autre processus physique peut être à l'origine de la formation des ICU. Il s'agit de la diminution de l'évacuation de la chaleur par l'écoulement de l'air. La dynamique des masses d'air, à l'approche de la ville, va être plus ou moins perturbée en fonction de la forme urbaine. En effet, la circulation de l'air dans et au-dessus de la ville diffère de celle des espaces ruraux ou périurbains environnants du fait de différents facteurs et phénomènes propres au milieu urbain.

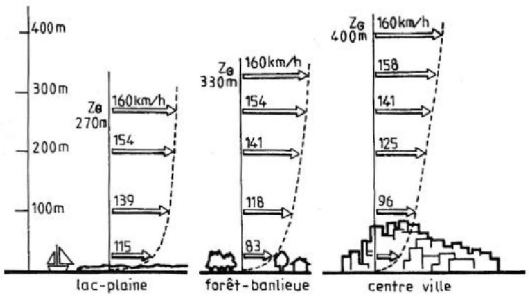
Ces perturbations de la dynamique des masses d'air qui s'observent par la modification de la couche limite urbaine (CLU) constituent des phénomènes favorables à la formation et à l'intensification de l'effet d'ICU.

L'impact des brises thermiques sur l'espace urbain

Les différences de température entre la campagne et la ville sont à l'origine de brises thermiques, qui s'écoulent des zones froides (campagne) vers les zones chaudes (ville).

Or, la morphologie de la ville fait varier les différents régimes de vent et leur vitesse par des obstacles de diverses natures qui composent l'espace urbain. Par exemple, les bâtiments, le mobilier d'aménagement, voire certaines essences d'arbres dans une moindre mesure, peuvent constituer des obstacles pour ces brises thermiques.

Profil de la vitesse de propagation du vent en milieu urbain



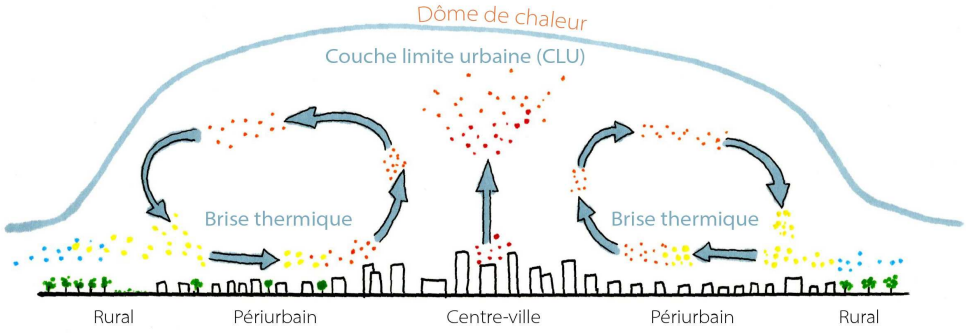
Source : Chatelet et al. 1998, in Colombert, 2008

Or, ces dernières permettent la dissipation d'une partie de la chaleur accumulée dans l'air, comme c'est le cas dans les campagnes environnantes. Les obstacles urbains, en rendant la surface ou le milieu rugueux, ont un impact sur les modalités d'écoulement de l'air.

Ainsi, plus la rugosité est forte, plus le frottement de l'air sur le sol est fort, ralentissant la masse d'air. Ce ralentissement empêche le rafraîchissement de la ville par le vent et donc l'évacuation de la chaleur en milieu urbain. Ce processus physique de rafraîchissement compromis, l'air chaud ambiant n'est ainsi plus refroidi ou dépollué par l'arrivée d'une nouvelle masse d'air. On parle de rugosité

urbaine pour désigner ce phénomène lié à la forme urbaine qui perturbe l'écoulement de l'air et donc sa fonction d'évacuation des différentes sources de chaleur accumulées dans l'environnement urbain. Ainsi, ces vents thermiques, en se heurtant à ces obstacles, vont remonter par convection dans la ville et dans les couches de l'atmosphère, faisant ainsi augmenter la température de l'air ambiant extérieur et donc participant à la surchauffe urbaine.

Phénomène de brise thermique en contexte urbain



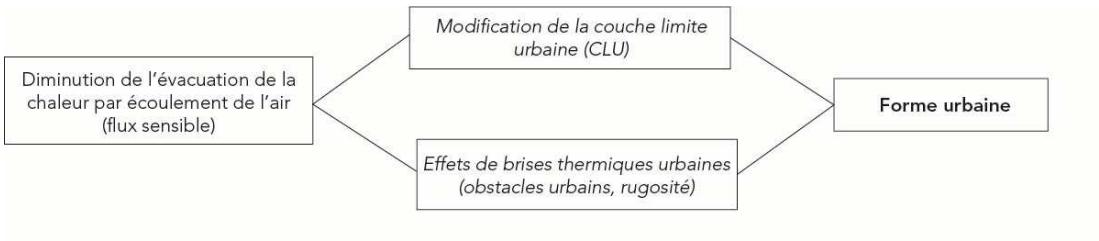
D'après IAU, 2010

Précisons à ce stade que, pour garantir un confort d'hiver des espaces urbains, il est également nécessaire de protéger les espaces les plus pratiqués des vents du nord et d'ouest (pour l'agglomération bordelaise).

La modification de la couche limite urbaine

Les turbulences des brises thermiques à l'approche de la ville, combinées aux déplacements de masses d'air au sein de la ville elle-même, induisent la création d'une couche atmosphérique instable, qui fonctionne « en circuit fermé ». C'est la « couche limite urbaine », qui prend la forme d'un dôme bloquant les masses chaudes (et polluées) au dessus de la ville. Par ce processus physique, le phénomène d'ICU peut se constater non seulement au sol ou au niveau des bâtiments, mais aussi dans les masses d'air atmosphériques au-dessus de la ville.

Ainsi, l'évacuation de la chaleur en ville par flux sensible (écoulement de l'air) se fera de façon différenciée selon les types de tissus urbains (une zone pavillonnaire présentera une rugosité beaucoup plus faible qu'un tissu de grands ensembles).



1.4 | Diminution de l'évacuation de la chaleur par le végétal et l'eau

L'évacuation de la chaleur dans l'environnement urbain peut aussi se faire par des processus liés à la présence de l'eau et du végétal. La diminution de cette évacuation par flux latent est aussi responsable de la formation de l'effet ICU. Cette diminution peut s'observer à travers la réduction des capacités d'évaporation et d'évapotranspiration de la végétation, mais aussi des masses d'eau. La diminution de l'effet rafraîchissant de ces processus physiques résulte de deux phénomènes propres à l'urbanité : d'une part la raréfaction des espaces de nature et des surfaces végétalisées, d'autre part l'imperméabilisation des sols.

En effet, les processus d'évapotranspiration et d'évaporation dépendent de l'importance des surfaces perméables en villes et donc de la place accordée au végétal, à la pleine terre et à l'eau. Ces processus naturels permettent le rafraîchissement de l'air ambiant, offrant ainsi des fonctions de régulation thermique.

Le rôle du végétal

La capacité de la végétation à réguler le microclimat urbain est liée à son action sur le cycle de l'eau ainsi qu'à l'ombrage apporté aux sols et aux bâtiments.

La végétation, dans ses différentes strates (herbacée, arbustive et arborescente) transfère l'eau prélevée dans le sol vers l'air ambiant par un processus d'évapotranspiration, qui nécessite une consommation d'énergie extérieure (donc de chaleur), qui refroidit donc l'air ambiant.

Cependant, la fonction de « climatiseur » de la végétation, et en particulier des arbres, peut être compromise à cause de la faible proportion d'espaces de rafraîchissement, moins nombreux et plus épars en milieu urbain et périurbain qu'en milieu rural. L'échauffement des microclimats urbains va donc varier selon la densité et le choix des plantations d'arbres dans la ville, les capacités d'évapotranspiration étant variables selon les essences.

La capacité d'ombrage dépend elle aussi du choix des essences, selon la volumétrie de leur canopée et selon leur densité foliaire.

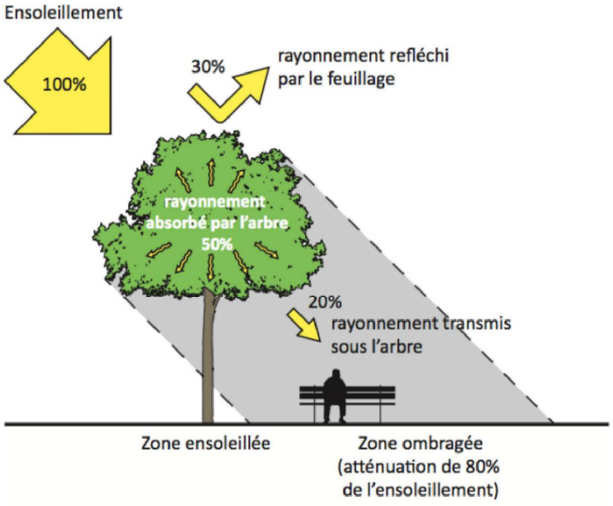
Types de végétaux et efficacité contre la chaleur

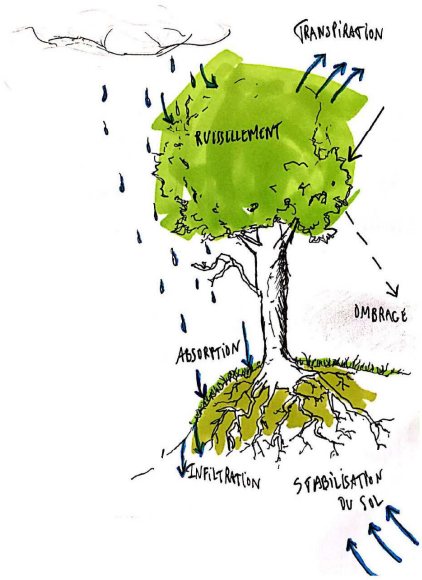
	Grands arbres matures (feuillus ou conifère) hauteur supérieure à 20 m exemples : chêne pédonculé, tilleul, platane, marronnier, frêne commun...	Arbres de seconde grandeur hauteur de 10 à 20 m exemples : érable sycomore, sophora du Japon...	Arbres de troisième grandeur hauteur inférieure à 10 m exemples : érable negundo, bouleau, mûrier blanc, petit conifère...	Arbres d'ornement, fruitiers	Cépées	Arbrisseaux, Arbustes	Couvre-sols	Graminées, prairies, vivaces	Gazon
Ombre	++++	++++	+++	++	+	+	o	o	o
Évapo-transpiration (biomasse)	+++++	+++++	++++	+++	+++	+++	++	++	+

L'ombrage procuré par le végétal apporte un confort aux usagers de la ville, mais il protège également les revêtements minéraux (sols et façades) des rayonnements solaires et leur évite donc de s'échauffer la journée (ce qui prévient d'un relargage de chaleur la nuit).

Le choix de l'essence est donc déterminant dans le niveau d'efficacité du végétal au regard de l'effet d'ICU. On trouvera sur le schéma de la page ci-contre des indications quant à l'effet comparé des différents gabarits de végétaux couramment utilisés.

Rôle de climatiseur du végétal dans l'espace urbain par les processus d'ombrage et d'évapotranspiration





D'après APUR (2012) et ECIC (2014)

Cependant, dans une moindre mesure, au-delà de procurer de l'ombre le jour et de la fraîcheur la nuit, l'arbre peut aussi perturber les écoulements d'air nocturnes (brises thermiques) en limitant la vitesse du vent et en perturbant son déplacement.

Il convient d'insister, pour être complet, sur le rôle de la strate herbacée (végétation entretenue ou spontanée). En effet, ce type de végétation, pour survivre au rayonnement solaire, adopte une température proche de celle de l'air ambiant et rafraîchit cet air pendant la nuit par le processus d'évapotranspiration. À titre d'exemple, la température d'une surface enherbée ombragée est généralement de 1 à 4 °C inférieure à la température de l'air ambiant. Il est donc essentiel de conserver dans l'espace urbain, autant que faire se peut, des espaces enherbés, y compris dans l'espace public.

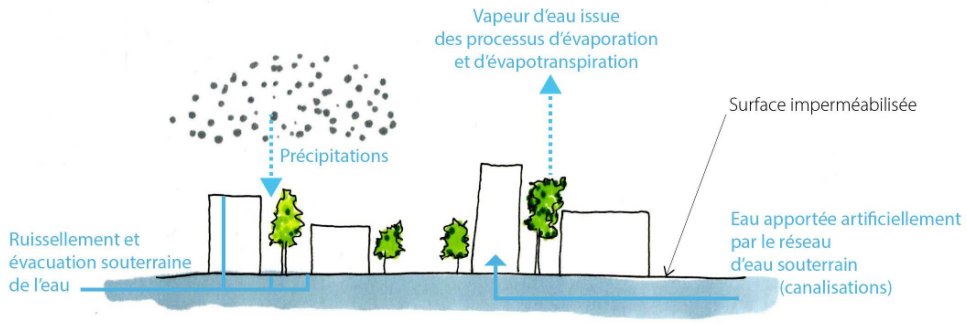
Enfin, la teneur en eau des sols impacte les services rendus par le végétal en termes climatiques. Si la quantité d'eau présente dans les sols est faible, on peut assister à des situations de stress hydrique pour les végétaux présents : la quantité d'eau puisée par la plante dans le sol devient inférieure à celle qu'elle transpire. La

teneur en eau des sols étant souvent pauvre en milieu urbain, cela pose la question de leur perméabilité et des perturbations hydrologiques qui en résultent.

Le rôle de l'eau
La perméabilité des sols questionne directement la place de l'eau dans la ville et les services de régulation thermique qu'elle peut offrir. Le niveau d'imperméabilisation des surfaces peut compromettre l'infiltration de l'eau dans le sol. L'adéquation des matériaux au sol en milieu urbain constitue un paramètre important dans la formation des ICU.

Du fait de la faible part de pleine terre et de la minéralisation excessive des sols urbains, les eaux de pluie arrivent directement dans des cours d'eaux busés ou dans les réseaux d'eau souterrains. Les eaux de ruissellement sont ainsi rapidement canalisées, ce qui compromet le processus d'évaporation qui assure le rafraîchissement de l'air ambiant. Le taux de vapeur d'eau en surface devient faible, voire quasi inexistant. La fraction du rayonnement solaire, absorbée à la surface du matériau urbain, est alors directement convertie en chaleur sensible plutôt qu'en chaleur latente (on parle d'échauffement des surfaces), c'est-à-dire que l'état physique de l'eau change sans pour autant qu'il y ait changement de température.

Perturbation du bilan hydrique dans l'espace urbain



D'après Colombert, 2008

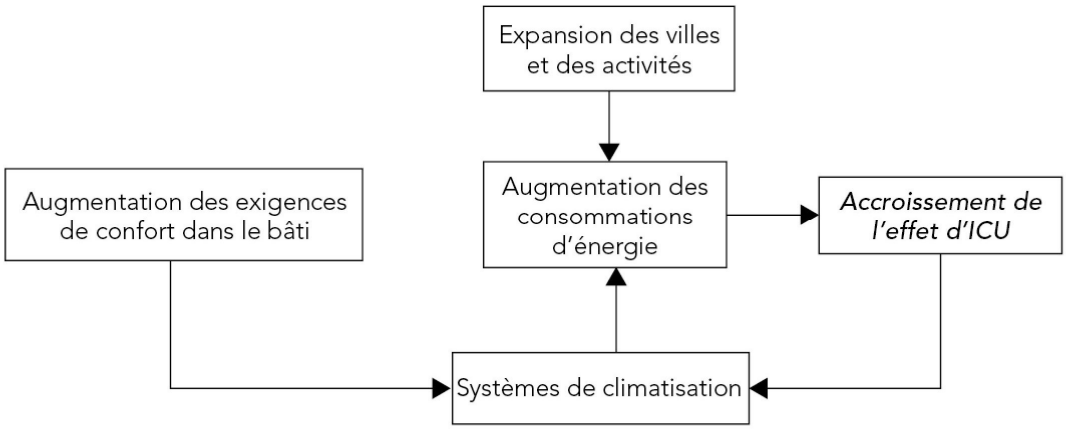
1.5 | Importance des dégagements de chaleur anthropiques

L'apparition du phénomène d'ICU peut aussi résulter de dégagements de chaleur dits anthropiques, c'est-à-dire ne dépendant pas d'un processus physique naturel comme la chaleur dégagée par le rayonnement solaire mais relevant des activités humaines. Selon l'APUR (2012), ce paramètre est responsable en moyenne de 20 % de la formation du phénomène d'îlots de chaleur urbains.

Ces émissions de chaleur dépendent avant tout des rejets d'activités liées au milieu urbain. Les sources de ces émissions sont de natures très diverses : motorisation des véhicules particuliers et de certains transports collectifs, rejets industriels, rejets

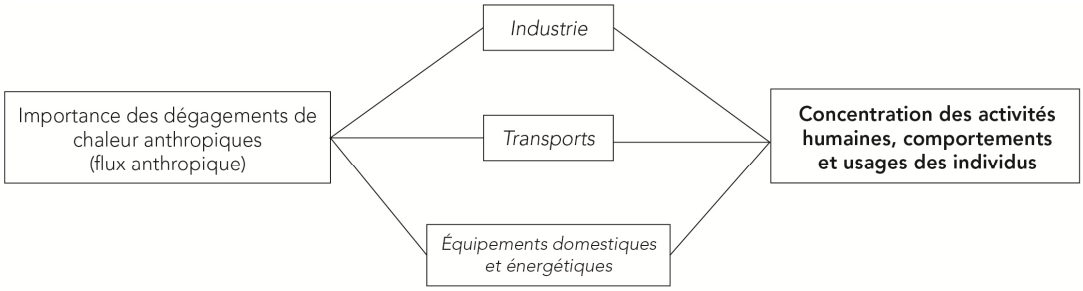
des systèmes de climatisation. Ce dernier point appelle une vigilance particulière dans la mesure où il est au centre d'un cercle vicieux. En effet, le sur-échauffement d'un espace urbain peu adapté aux fortes chaleurs va nécessiter un rafraichissement des bâtiments peu performants du point de vue des besoins de froid. Si des solutions bioclimatiques n'ot pas été retenues dans la conception des bâtiments, l'utilisateur aura recours à ces climatiseurs, qui rejetteront l'air chaud dans l'espace public, et en augmenteront ainsi la température, d'où des besoins de climatisation supplémentaires… !

Exemple de l'influence des activités humaines sur la formation des ICU



En termes d'aménagement, cette augmentation des températures dans l'espace urbain par les rejets anthropiques résulte de choix de gestion de la concentration des populations et des activités : si cette concentration se fait en laissant toute latitude à l'usage des véhicules particuliers, il en résultera des apports thermiques, et de concentrations de polluants, pouvant devenir insupportables. Si, au contraire, la densification est vécue comme une opportunité pour créer un tramway électrique et développer les modes doux, l'effet sur le climat urbain sera tout autre…

Précisons cependant, pour finir sur ce point, que les sources anthropiques de chaleur, quelle que soit leur nature, semblent plus accentuer l'effet d'ICU que participer à sa formation. En effet, ces rejets de chaleur vont plutôt avoir tendance à s'additionner à des chaleurs dites « naturelles », provenant de phénomènes tels que le rayonnement solaire ou le réfléchissement du rayonnement infrarouge.



1.6 | Synthèse

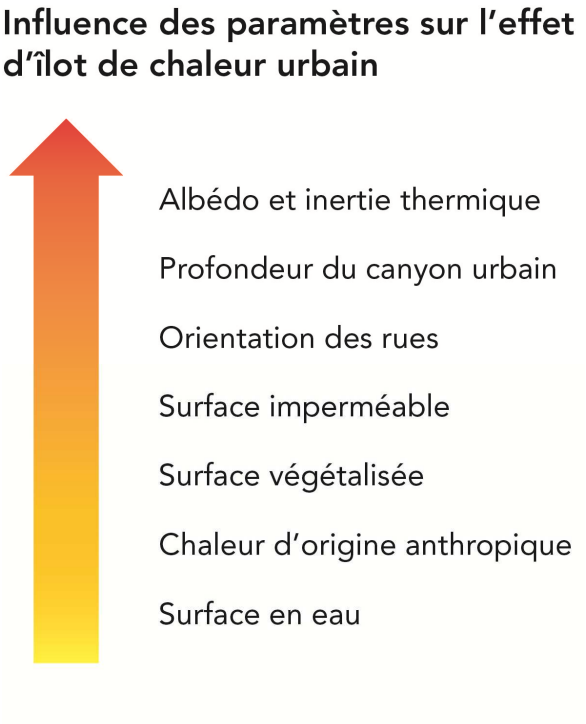
Le schéma de la page suivante synthétise les liens logiques entre :

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

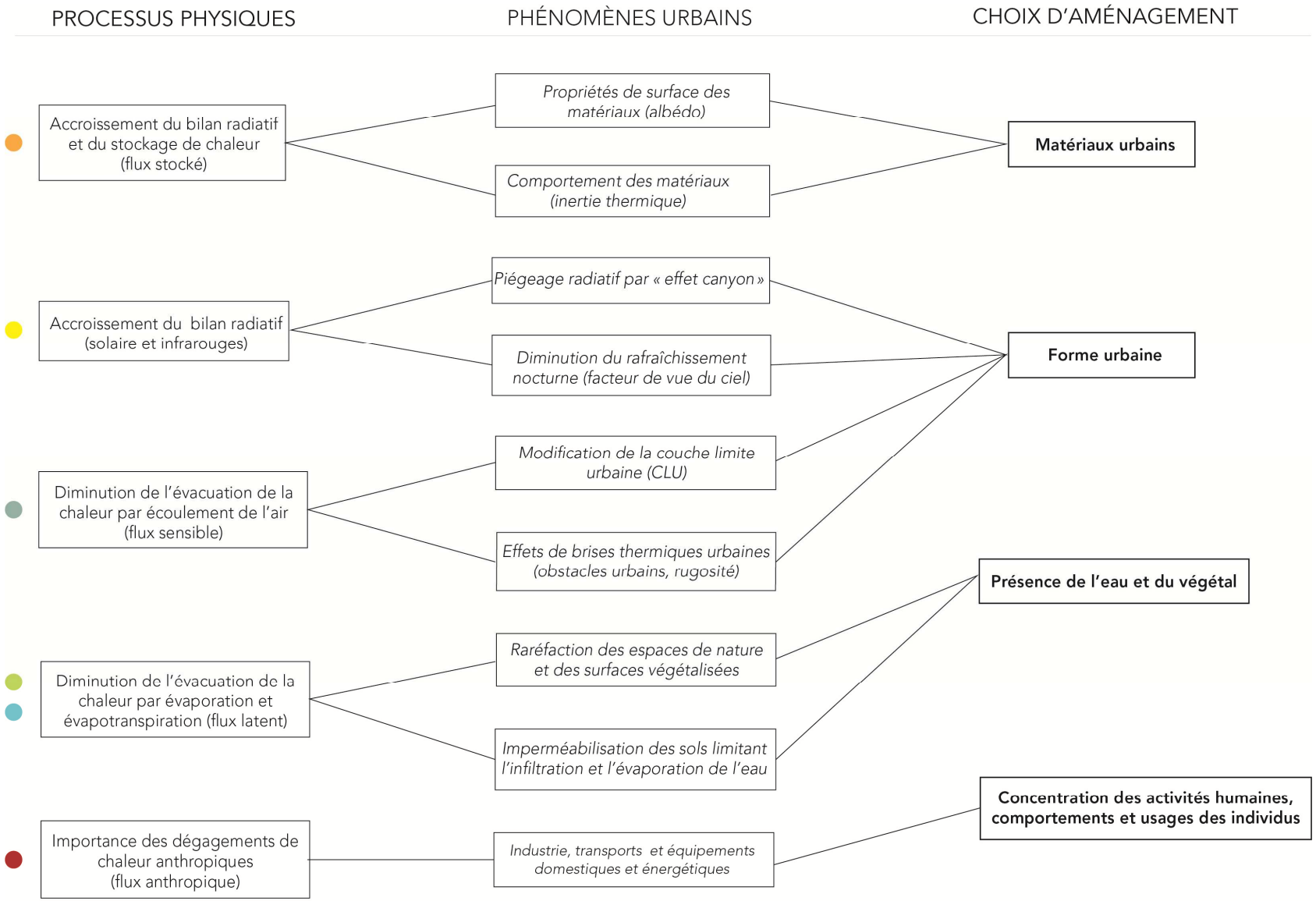
En lisant ce schéma « à l'envers » (de droite à gauche), on peut appréhender la façon dont chaque choix d'aménagement (c'est-à-dire chaque paramètre urbain) interagit avec les différents processus physiques constitutifs du phénomène d'ICU.

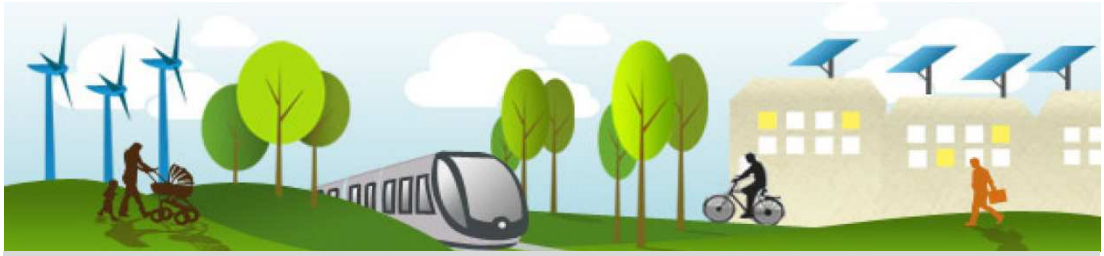
Il paraît important, en conclusion de cette partie, de noter que ces paramètres urbains ont une influence plus ou moins forte sur la formation de l'ICU et sur son intensité. Il existe une forme de « hiérarchie » dans l'impact de ces différents paramètres sur le phénomène d'ICU. Comme l'illustre le schéma ci-dessous, 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.

Influence des paramètres urbains sur l'effet d'ICU



D'après ECIC (2016)


PROCESSUS PHYSIQUES
PHÉNOMÈNES URBAINS
CHOIX D'AMÉNAGEMENT
Accroissement du bilan radiatif et du stockage de chaleur (flux stocké)
Propriétés de surface des matériaux (albédo)
Comportement des matériaux (inertie thermique)
Matériaux urbains
Accroissement du bilan radiatif (solaire et infrarouges)
Piégeage radiatif par « effet canyon »
Diminution du rafraîchissement nocturne (facteur de vue du ciel)
Forme urbaine
Diminution de l'évacuation de la chaleur par écoulement de l'air (flux sensible)
Modification de la couche limite urbaine (CLU)
Effets de brises thermiques urbaines (obstacles urbains, rugosité)
Présence de l'eau et du végétal
Diminution de l'évacuation de la chaleur par évaporation et évapotranspiration (flux latent)
Raréfaction des espaces de nature et des surfaces végétalisées
Imperméabilisation des sols limitant l'infiltration et l'évaporation de l'eau
Concentration des activités humaines, comportements et usages des individus
Importance des dégagements de chaleur anthropiques (flux anthropique)
Industrie, transports et équipements domestiques et énergétiques



2 | Les îlots de chaleur urbains sur le territoire de Bordeaux Métropole

2 | Les îlots de chaleur urbains sur le territoire de Bordeaux Métropole

Le territoire de la métropole bordelaise, comme le reste des villes françaises, est exposé au réchauffement climatique, qui se traduit par une augmentation des températures et par une intensification du phénomène d'îlot de chaleur urbain. Comme nous le verrons, l'inconfort thermique des habitants, ainsi que les problèmes de santé qui y sont liés, font de la lutte contre le phénomène d'ICU un enjeu majeur pour la métropole.

2.1 | Contexte climatique et risque sanitaire sur la métropole bordelaise

2.1.1 | Un territoire au confort thermique estival parfois critique

Bordeaux Métropole est un EPCI qui regroupe 28 communes, concentrant ainsi 783 081 habitants[2]. Son territoire s'étend sur 57 000 hectares et jouit d'un climat doux et tempéré avec notamment une influence océanique, du fait de sa proximité avec l'océan atlantique.
Sa situation géographique, au nord-ouest des Pyrénées, expose le territoire à l'effet de foehn. En effet, des remontées de masses d'air chaud issues du Maghreb et de l'Espagne vont, en se confrontant au relief montagneux des Pyrénées, se soulever en se refroidissant côté espagnol avant de redescendre et de se réchauffer côté français du fait d'une saturation de la vapeur d'eau liée à l'altitude. Par cette dynamique, l'air chaud et sec venant du côté espagnol va remonter les terres agricoles sèches du Sud-Ouest français et se réchauffer notamment en survolant des sols imperméabilisés, atteignant parfois 40°C sur certaines zones pendant l'été. Les masses d'eau environnantes comme la Garonne et l'estuaire de la Gironde ne limitent pas l'exposition du territoire à ces poussées d'air chaud, excepté d'une certaine manière l'océan atlantique et son effet de serre qui peut stocker une partie de la chaleur.

De manière plus générale, le climat de la métropole et ses alentours peut se caractériser par des situations météorologiques très variables, avec, entre autres, des épisodes de forte chaleur et des périodes de canicule pouvant atteindre, voire dépasser, les 35°C le jour, tandis que les minimales pendant la nuit peuvent être élevées, en étant proches ou supérieures à 18°C lors des périodes estivales. D'autre part, des brises thermiques venues de l'océan, rafraîchissent le territoire métropolitain lors des mois d'été. Cependant, des écarts de températures

[2] Estimation INSEE au 1er janvier 2016

journaliers importants peuvent apparaître lors de situations anticycloniques avec des amplitudes thermiques diurnes pouvant atteindre jusqu'à 20°C. Lorsque ces situations apparaissent, il est possible d'observer des températures très élevées, pouvant atteindre 39°C en 2011 et 40,3°C lors de la canicule d'août 2003. Des épisodes de forte chaleur ont ainsi pu être constatées ces dernières années sur le territoire bordelais en juin 2011, en juillet 2013 et au cours de l'été 2018.

Dans le cadre d'une étude sur les îlots de chaleur urbains du territoire commandée par Bordeaux Métropole en 2013, le bureau d'études ECIC (E6) et l'association ACMG[3] ont réalisé des analyses sur le climat du territoire bordelais et sur les tendances de ce dernier à partir de données fournies par MétéoFrance et par InfoClimat. Une tendance de réchauffement du climat a ainsi pu être constatée ces dernières décennies, avec des augmentations des températures moyennes en juillet et en août de l'ordre respectivement de 1,5°C et 2,5°C depuis les années 1980. Ce réchauffement a été observé aussi la nuit avec une augmentation du nombre de nuits « chaudes » par rapport au passé, c'est-à-dire des nuits dont la température est supérieure ou égale à 20°C. De plus, une hypothèse alarmante a été émise à partir de l'analyse de ces données : des situations similaires à celle de l'été 2003, c'est-à-dire 41 jours à plus de 30°C, 16 jours à plus de 35°C et 1 jour à plus de 40°C, sont amenées à se reproduire de manière régulière dans les prochaines années[4].

2.1.2 | Un risque sanitaire identifié et des mesures de prévention existantes

La vague de chaleur d'août 2003 a été responsable de 15 000 décès en France. Les vagues de chaleur comme celle de l'été 2003, lorsqu'elles sont couplées à un taux de pollution atmosphérique élevé, entraînent des dégâts sur les voies respiratoires (transformation des NOx en ozone) et accentuent ou créent certaines pathologies cardiovasculaires (InVS, 2003).
Contrairement à une autre métropole du sud-ouest comme Toulouse, la cause principale de mortalité observée sur le territoire de la métropole bordelaise lors de la canicule de 2003 est liée aux fortes températures et non à la concentration de l'ozone. Les causes de décès sont donc propres à celles liées aux canicules comme nous l'avons vu précédemment, telles que la déshydratation, les coups de chaleur ou encore l'hyperthermie.

En réponse aux conséquences humaines désastreuses de l'épisode caniculaire de 2003 et pour faire face à ce risque sanitaire émergent, un Plan National Canicule (PNC) a été mis en place afin de prévenir et limiter les effets sanitaires des périodes de forte chaleur. Quatre niveaux d'alerte ont ainsi été définis avec des dispositifs précis à appliquer par les différents échelons territoriaux.

---

[3] ACMG : Association Climatologique de la Moyenne-Garonne et du Sud-Ouest
[4] « *Entre 1976 et 1990, 14 années s'étaient écoulées, ce qui conduirait à des conditions équivalentes à 2003 de manière régulière à partir de 2017 ou 2018.* » Rapport Diagnostic climatologique estival, Îlots de chaleur et de fraîcheur urbains : diagnostic et préconisations sur le territoire de la CUB, Bordeaux Métropole, 2016.

À l'échelle du territoire métropolitain et en particulier de la commune de Bordeaux, lorsqu'un PNC est déclenché, une cellule canicule est mise en place afin notamment de sensibiliser, surveiller et assister des personnes âgées inscrites sur le « registre canicule ».

2.2 | Bordeaux Métropole et l'adaptation au changement climatique

Le territoire de Bordeaux Métropole, par sa position géographique et son contexte climatique, est donc particulièrement exposé aux effets liés au réchauffement climatique. Dans ses scénarios, le GIEC prévoit que le territoire de la métropole puisse avoir en 2050 un climat équivalent à celui de Séville.

La Communauté urbaine de Bordeaux (aujourd'hui Bordeaux Métropole) a adopté son Agenda 21 en 2011. Au sein de l'orientation « Prévenir les risques environnementaux sur la santé » et, plus précisément, de l'objectif « Favoriser le bien être des habitants » de l'Agenda 21, était prévue la réalisation d'une étude diagnostic sur les îlots de chaleur et de fraîcheur urbains du territoire communautaire.

C'est dans ce cadre que Bordeaux Métropole a commandé en 2013 une étude de diagnostic des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains sur son territoire, assortie de préconisations. Cette étude est détaillée dans la partie suivante.

En 2017, Bordeaux Métropole a actualisé son PCET en PCAET (Plan climat air énergie territorial) dans le cadre de l'élaboration de son « Plan d'action pour un territoire durable à haute qualité de vie ». Ce document fixe un cadre stratégique pour la période 2017-2050 et précise un plan d'action pour la période 2017-2022, structuré autour de trois axes et douze objectifs.

Il identifie l'adaptation au changement climatique, et en particulier la lutte contre les îlots de chaleur urbains, comme l'un des enjeux clés de l'aménagement et de l'urbanisme durables sur le territoire de la métropole. Ainsi peut-on trouver dans l'objectif 7 « Construire un territoire résilient face aux risques naturels et climatiques » des actions devant permettre de mieux comprendre la vulnérabilité du territoire face aux vagues de chaleur et d'anticiper l'augmentation des températures par des adaptations concrètes afin de protéger les populations.
Une des mesures opérationnelles, préconisées dans la fiche-action 24 « Contribuer à l'adaptation au changement climatique », propose la mise en œuvre d'un plan d'action spécifique au climat urbain. Cela doit passer par des actions de sensibilisation et d'accompagnement de projets d'aménagements majeurs sur le territoire métropolitain. Cependant, l'adaptation de l'environnement urbain ne

semble se concentrer que sur les grands projets, comme les Opérations d'Intérêt Métropolitain (OIM), et moins sur les tissus existants. En complément, la prise en compte de la lutte contre les îlots de chaleur urbains est abordée au sein d'autres thématiques environnementales, telles que le rôle de l'eau dans la lutte contre ce phénomène urbain.

Bordeaux Métropole s'est donc efforcée ces dernières années de s'intéresser à la problématique de l'augmentation des températures en ville et plus globalement à l'adaptation au changement climatique. L'intégration de la question du climat urbain au sein de l'Agenda 21 de la CUB a permis, à travers la commande d'une étude spécifique de diagnostic des ICU et des IFU (îlots de fraîcheur urbains), d'approfondir les connaissances sur le sujet et de préfigurer de premières solutions de rafraîchissement.

2.3 | L'étude « IFU et ICU : diagnostic et préconisations sur le territoire de la CUB » (2014-2015)

Suite à l'adoption de l'Agenda 21 de 2011, une étude a été commandée par la CUB en 2013 en vue de se saisir de la question de l'adaptation de la ville au changement climatique. Les objectifs principaux étaient, d'une part, d'améliorer la connaissance des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains sur le territoire de la métropole et, d'autre part, de s'intéresser au confort thermique des différents sites à enjeux afin d'initier des solutions pour une plus grande qualité de vie estivale. L'étude a été confiée au bureau d'étude ECIC[5], groupé avec l'ACMG et un paysagiste spécialisé dans l'adaptation au changement climatique.

La première phase de l'étude a consisté à identifier les zones de surchauffe et de fraîcheur du territoire à partir de plusieurs outils de diagnostic :

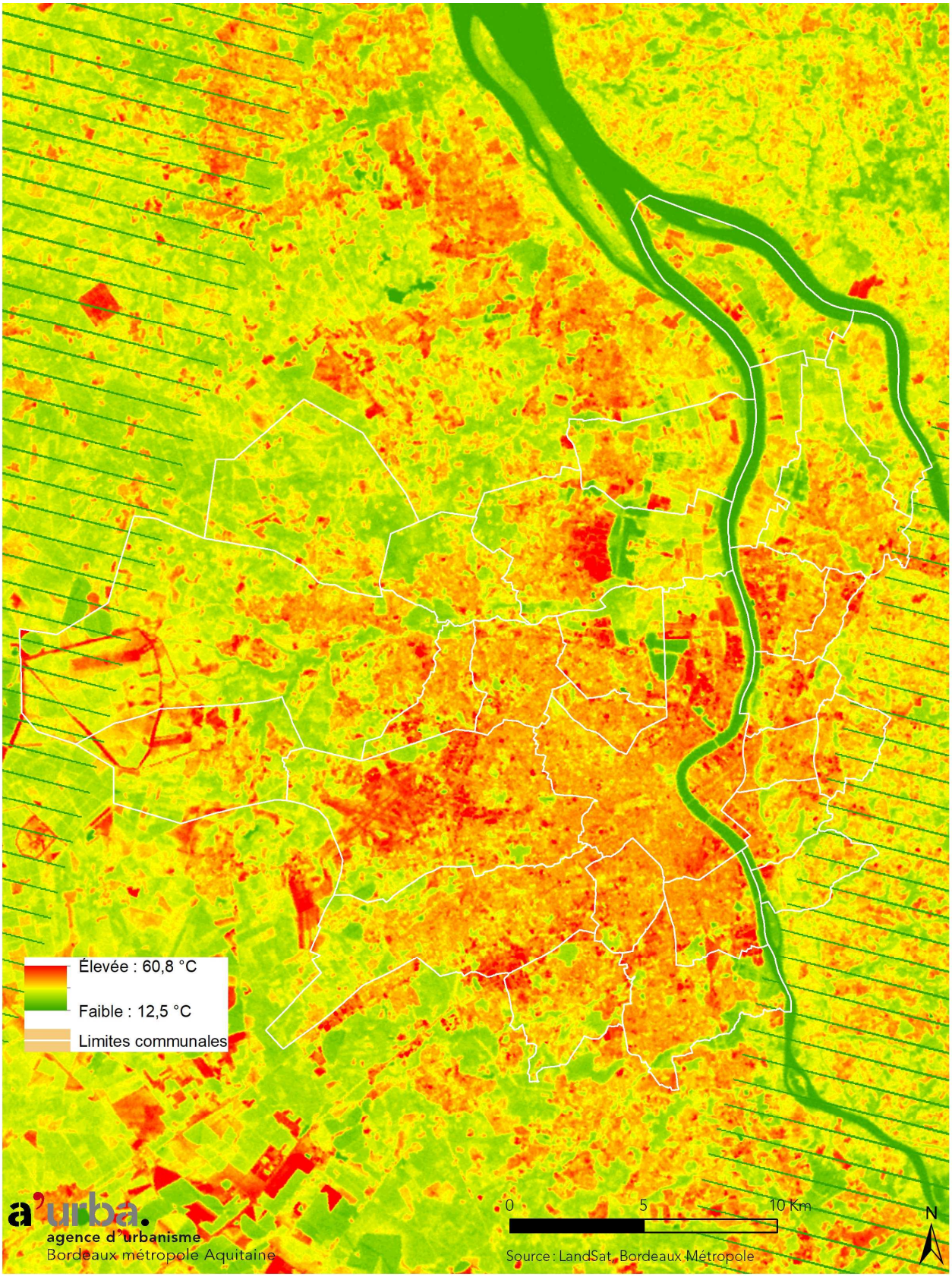
- des imageries provenant du satellite Landsat ;
- des photos aériennes réalisées lors d'une campagne de télédétection par un survol du territoire.

Plusieurs images satellites en milieu de journée et de nuit pendant des périodes estivales ont été acquises (cf. carte page suivante). Ces images sont des thermographies infrarouges, c'est-à-dire qu'elles visualisent en une prise de vue le rayonnement de chaleur des matériaux grâce à une palette de couleurs où le rouge indique que le matériau, le bâtiment ou le territoire est chaud, et inversement avec le bleu et le vert, qui indiquent, quant à eux, des zones plus fraîches.

Cet outil permet de connaître la température de surface des matériaux et non de la température ambiante.

[5] Actuellement E6

Température de surface du territoire métropolitain le 4 septembre 2013



L'analyse historique d'images satellites prises en 1987, 2003, 2006 et 2013 a permis d'identifier que le territoire s'est globalement réchauffé depuis les années 80 et que certains îlots de chaleur sont apparus, notamment à la suite de l'aménagement de nouvelles zones commerciales et industrielles, au détriment d'espaces naturels et donc de fraîcheur. Cependant, certains aménagements récents, tels que la requalification d'un certain nombre de sites en rive gauche et en rive droite (quais, friches industrielles...), ont permis de réduire l'effet d'ICU sur les parties nord et Est de Bordeaux, autrefois très marquées par ce phénomène.

Au regard des cartographies des températures de surface, les zones apparaissant comme les plus chaudes sont souvent des espaces plans comme les parkings en enrobés ou les toitures des bâtiments d'activité. La carte des températures de surface du 4 septembre 2013 (cf. carte page suivante) fait clairement apparaître **les zones d'activité économiques et commerciales et certains grands équipements comme étant les îlots de chaleur urbains majeurs à l'échelle du territoire de la métropole** (Zone de Bersol à Pessac, Bordeaux Nord, Site industriel de Bassens, Ecoparc de Blanquefort, Rives d'Arcins à Bègles, site aéroportuaire et site de Mérignac Soleil, sites ferroviaires…).

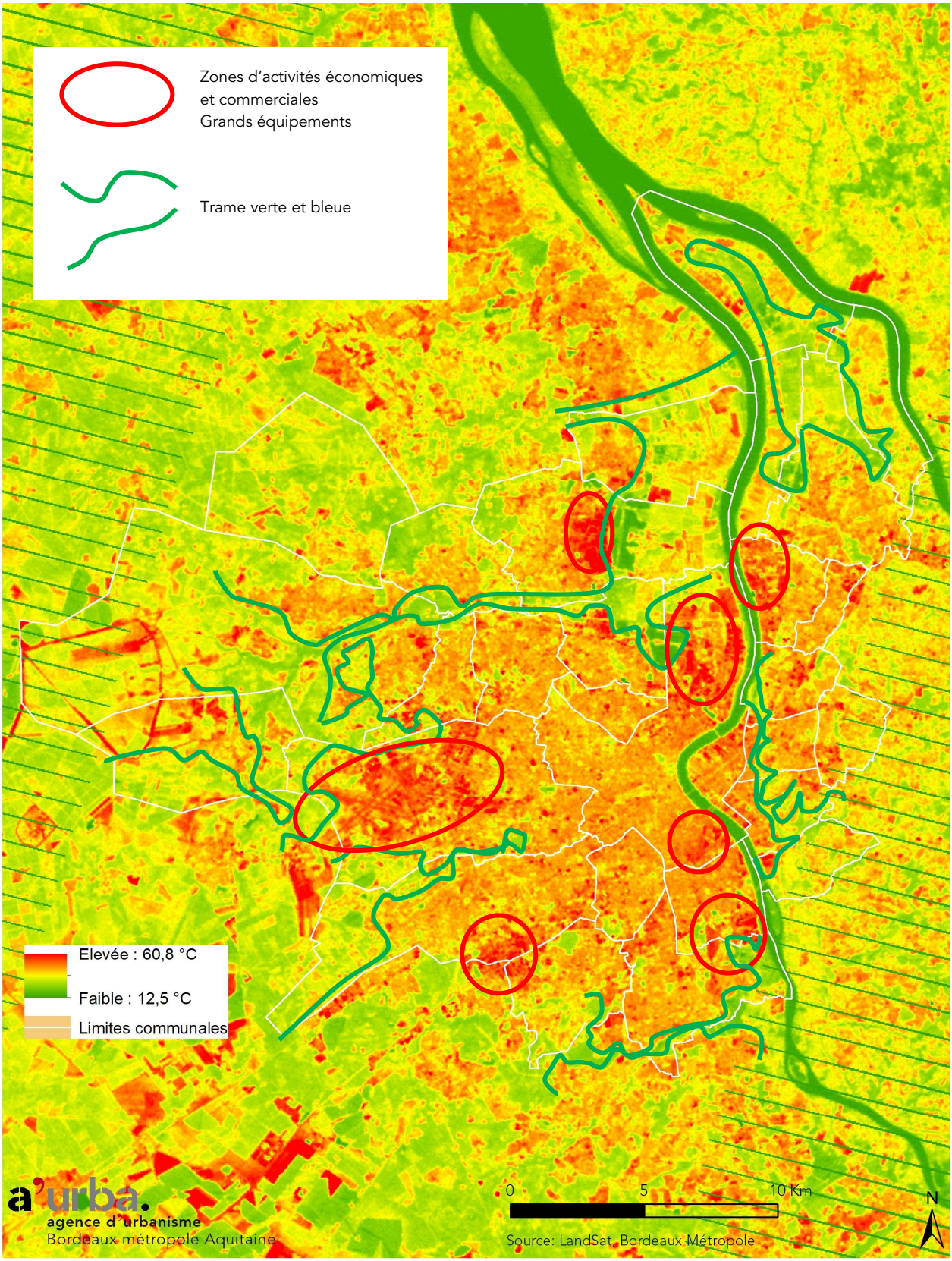
La campagne de prise d'images thermiques aériennes, offrant une définition du pixel plus importante que les images satellites (de l'ordre de 1 m contre 30 m), a, quant-à-elle, apporté plus de précisions sur la répartition des ICU et des IFU à l'échelle du quartier, mettant notamment en évidence **le rôle des places minérales (centre-ville de Mérignac par exemple) dans l'effet d'ICU localisé**.

A contrario, l'ensemble des cartographies satellites ou aériennes confortent **le rôle de la trame verte et bleue en tant qu'îlots de fraîcheur urbains.** Il s'agit à la fois des espaces en eau (Garonne, Lac de Bordeaux…) mais aussi des espaces plantés, naturels ou agricoles. En revanche, il convient de noter que les espaces de sols nus ou les champs secs peuvent atteindre des températures élevées, ce qui pose notamment la question de la déprise des espaces agricoles.

Les images satellites de nuit sont elles aussi intéressantes car elles mettent en évidence, à grande échelle, le processus d'évacuation différenciée des calories selon les morphologies urbaines. Par exemple, alors que les zones de Bersol (Pessac) et de Mérignac Soleil sont plus chaudes que le centre-ville de Bordeaux de jour, ce rapport s'inverse de nuit : ces zones deviennent plus fraîches que le centre-ville bordelais du fait d'un facteur de vue du ciel[6] plus important.

[6] CF. partie 1.3

Température de surface le 4 septembre 2013 : Analyse synthétique



À l'issue de cette première phase de l'étude, une campagne de mesure de la température de l'air ambiant, et non de la température des surfaces, comme cela a été le cas lors de l'élaboration du diagnostic climatologique, a été menée. Les moyens employés cette fois-ci ont été le recours à des capteurs de température d'air et d'humidité fixes et mobiles (à vélo). Ces mesures de l'air ambiant, par les capteurs fixes et mobiles (à 1,50 mètre à l'air libre au-dessus du sol), ont été employées dans le but de vérifier les différents écarts thermiques observés sur les images satellitaires. Par exemple, des amplitudes thermiques élevées ont été observées sur certains espaces, notamment de l'ordre de 15°C le 22 août 2013 entre un parking situé à proximité du chantier du nouveau stade et un îlot au milieu du jardin public de Bordeaux. En outre, l'installation de ces capteurs thermiques sur des zones classées chaudes, intermédiaires et froides a permis, d'une part, de mieux connaître le rôle de l'hygrométrie dans les sols par rapport à l'intensité de l'effet d'ICU et, d'autre part, de comprendre l'impact du vent sur la zone d'influence d'une zone fraîche ou chaude. En effet, la direction du vent peut entraîner une diminution de 50 à 100 mètres de l'influence de ces zones sur les espaces environnants.
Parallèlement, des mesures infrarouges ont été réalisées à l'aide d'une caméra thermique afin d'identifier les températures de surface des matériaux de certains espaces publics situés sur le territoire bordelais. Cet outil, croisé avec des modélisations 3D, a permis de cartographier, à l'échelle de l'espace public et de l'îlot, les zones chaudes et froides selon des tranches de température. Des sites pilotes ont par la suite été choisis afin de mieux comprendre et d'améliorer le confort thermique de ces espaces. Il s'agit de places publiques des centres-villes du Taillan-Médoc, de Mérignac, Pessac et Talence, d'une école primaire à Saint-Médard-en-Jalles, de l'îlot commercial Renault au Bouscat (faisant l'objet d'un projet d'aménagement à vocation résidentielle) et du centre commercial des Rives d'Arcins à Bègles. Ces sites pilotes ont fait l'objet d'un diagnostic des ICU et de préconisations de lutte contre ces derniers.

Pour la dernière phase de l'étude, l'ensemble de ces analyses a conduit à l'élaboration de 34 fiches-actions proposant notamment des expérimentations de lutte contre les ICU s'appuyant sur la nature en ville, l'eau dans la ville, le choix des couleurs… D'autres fiches relèvent d'actions de communication ou de suivi de la démarche. Deux fiches-actions traitent spécifiquement des questions de planification urbaine. En particulier, l'action 8.1 vise à « intégrer des éléments de lutte des ICU dans les documents d'urbanisme », ce qui est l'objet de la présente étude.

2.4 | La nécessité d'une analyse complémentaire des ICU sur le territoire de la métropole

L'étude réalisée par Bordeaux Métropole a permis d'apporter des éléments de connaissance essentiels à la caractérisation des ICU sur le territoire métropolitain, en mobilisant différentes données et différents outils. Elle a également permis d'envisager des solutions sur des sites à enjeux (places de centre-ville, centre commerciaux…).

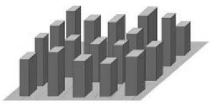
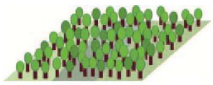
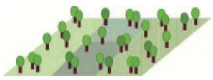
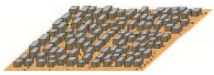
Pour autant, la mise en œuvre d'une stratégie d'action globale sur les ICU de Bordeaux Métropole nécessite de construire, à partir des données fournies par l'étude, une approche territorialisée « exhaustive » permettant de comprendre de façon globale et locale, le fonctionnement de chaque tissu urbain constitutif de la métropole au regard de la formation des ICU.

En effet, si des démarches ciblées sont conduites par la Métropole pour anticiper la création d'ICU sur certains sites de projet (Brazza, ZAC des Vergers du Tasta à Bruges…), un enjeu majeur de la lutte contre les ICU consiste en l'adaptation des tissus constitués. Or, l'analyse des paramètres impactant l'effet d'ICU conduite en première partie du rapport montre que les actions à réaliser seront nécessairement spécifiques à chaque tissu.

Une approche exhaustive et différenciée du phénomène d'ICU sur le territoire de la métropole s'avère donc indispensable en complément des éléments d'analyse fournis par l'étude de Bordeaux Métropole.

3 | Une approche par zonage du PLU 3.1

Les différents types de la classification des « Local Climate Zones »

Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise 	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
2. Compact midrise	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees 	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise 	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	**VARIABLE LAND COVER PROPERTIES**	
		Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
9. Sparsely built	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	*b. bare trees*	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
		s. snow cover	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
10. Heavy industry	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	*d. dry ground*	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Source : Stewart et Oke (2012)

3 | Une approche par zonage du PLU 3.1

3.1 | Une méthode générique : la méthode LCZ

Il existe une méthode générique pour appréhender de façon territorialisée la question des ICU à l'échelle d'un territoire communal ou intercommunal ; il s'agit de la méthode LCZ.

Les géographes canadiens Timothy R. Oke et Ian D. Stewart ont établi un système de classification géoclimatique des sites urbains et ruraux en fonction de leur différenciation thermique, appelé Zones Climatiques Locales (Local Climate Zones, LCZ). Cette méthode permet de qualifier les espaces ouverts et construits par le type d'influence climatique, en se basant sur leur typo-morphologie, leur comportement thermique et radiatif et leur capacité de rafraîchissement.
Ces LCZ peuvent se définir comme des entités spatiales de 100 à 1 000 mètres de côté. Chaque LCZ représente donc une géométrie de l'espace urbain ou rural et une occupation du sol spécifiques entraînant un climat particulier, c'est-à-dire avec des températures de surface homogène propre à chaque LCZ.

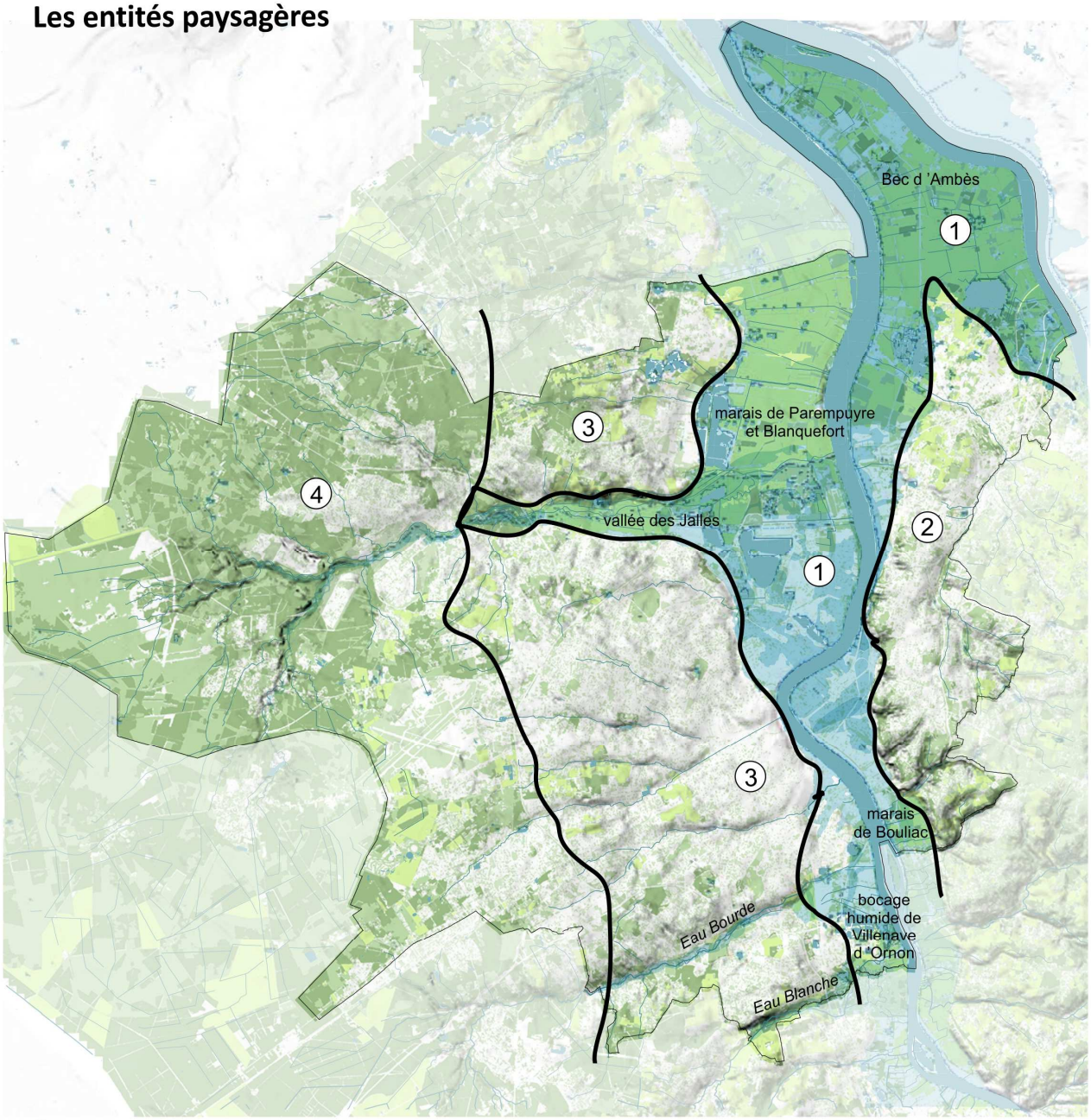
Pour les différencier, ces zones possèdent chacune un ensemble de propriétés déterminant la température de référence. Il s'agit des principaux paramètres urbains qui influent sur le climat urbain et donc potentiellement sur la formation de l'ICU comme la part de végétation, la hauteur et la forme du bâti, l'humidité du sol, la rugosité des arbres ou encore les émissions de chaleur humaine.
Par l'observation des villes d'Amérique du Nord, Stewart et Oke ont ainsi pu élaborer une hiérarchie de 17 zones climatiques selon leurs propriétés respectives. On compte ainsi dix LCZ de type « bâti » (« building ») référencées de 1 à 10 et sept LCZ de type « non bâti » (« land cover ») référencées de A à G (cf. illustration page ci-contre).

Parallèlement à cette classification, dix indicateurs (facteur SVF[7], albédo, indice d'imperméabilisation...), relatifs aux propriétés énoncées précédemment, ont été élaborés afin de qualifier les LCZ sur un territoire donné.

Utiliser cette méthode, internationalement reconnue, permet donc d'identifier rapidement sur un territoire le comportement climatique théorique des tissus urbains semblables d'un point de vue climatique à partir d'indicateurs morphologiques et de cartographier ces zones à l'aide d'un outil géomatique.

[7] Sky View Factor, cf. partie 1

Les entités paysagères



① Plaines alluviales de la Garonne et de la Dordogne

② Coteaux de Garonne et vallons de l'Entre-Deux-Mers

③ Terrasses alluviales du Médoc et des Graves

④ Landes Girondines

a'urba. agence d'urbanisme Bordeaux métropole Aquitaine

N

Fonds topographiques en provenance de SIGMA-Bordeaux Métropole ©

Source : rapport de présentation du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole

Bien que les tissus urbains des villes d'Amérique du Nord diffèrent beaucoup de ceux en Europe[8] par la forte hétérogénéité des tissus urbains, cette méthode de territorialisation des ICU est cependant transposable à des villes européennes et notamment françaises, en faisant correspondre certaines LCZ avec des classifications morphologiques existantes. Pour autant, cette méthode ne permet pas de rendre compte de spécificités locales, comme le tissu d'échoppes pour la métropole bordelaise. En outre, elle ne permet pas de valoriser les données de télédétection satellite (infrarouge thermique) offrant des descriptions fines des disparités spatiales des températures de surface.

3.2 | Une méthode complémentaire : l'approche par zonages du PLU

En alternative à la méthode LCZ, nous proposons de développer une approche fondée sur les zonages du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole. Ce choix résulte d'une double motivation :

- d'une part, les zonages du PLU permettent non seulement de disposer d'une clé de territorialisation intéressante des tissus urbains de la métropole, mais également d'appréhender ces tissus du point de vue de leur évolution dynamique (les règlements traduisant la plus ou moins forte mutabilité de chaque zone) ;
- d'autre part, l'approche par zonage du PLU permet de formuler des propositions d'évolution du règlement écrit en vue d'une meilleure adaptation du territoire aux ICU. Cela offre l'intérêt d'adapter le territoire en s'appuyant sur sa dynamique de construction « au fil de l'eau », encadrée par le PLU. Cela permet, en outre, de mettre en œuvre l'action « 8.1- Intégrer des éléments de lutte des ICU dans les documents de planification (PLU) » des fiches actions issues de l'étude de Bordeaux Métropole.

3.3 | Les zones naturelles et agricoles du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole

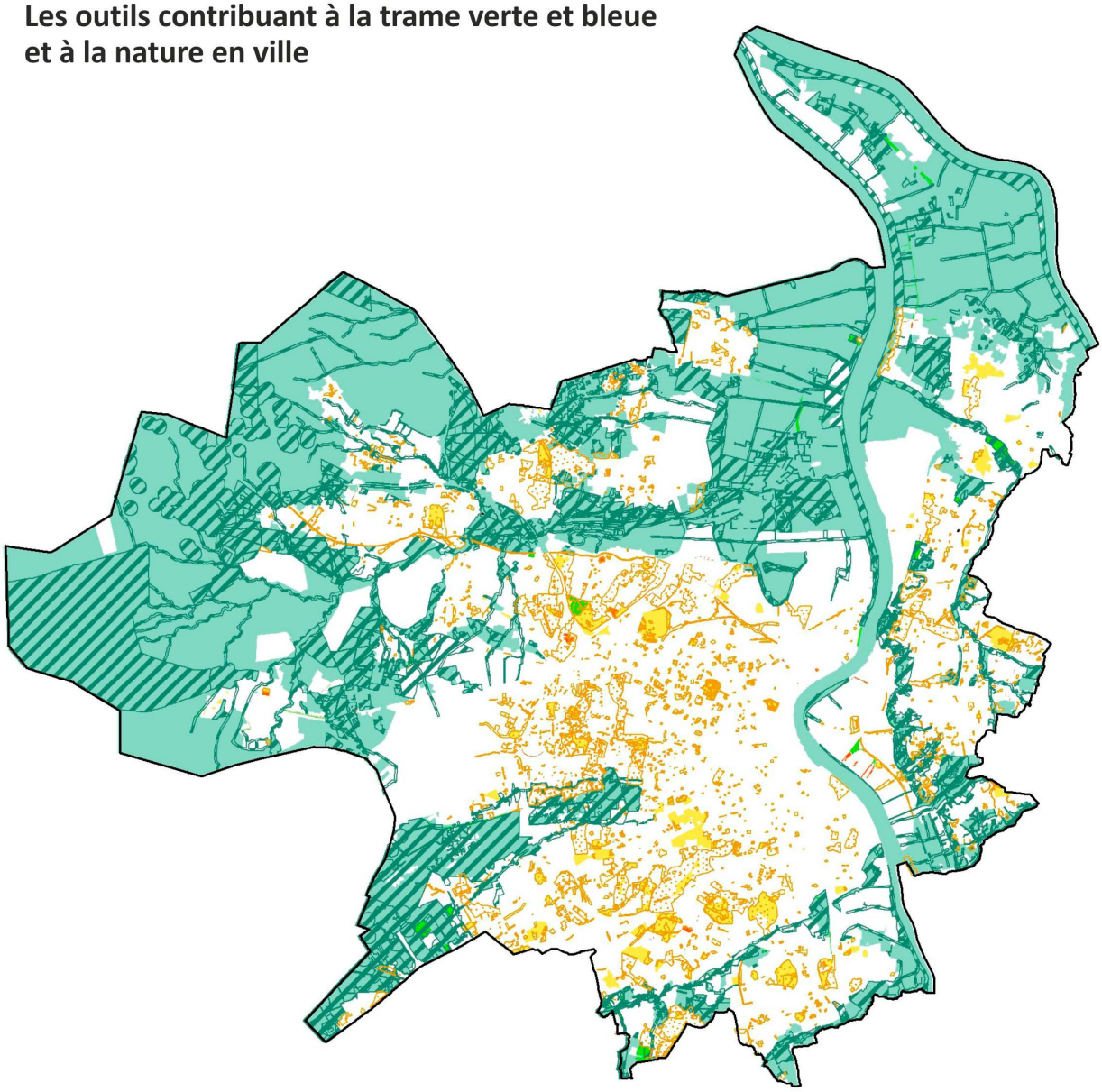
La version révisée du PLU de Bordeaux Métropole a été approuvée le 16 décembre 2016. Le rapport de présentation met en évidence, au sein du diagnostic, l'occupation naturelle, agricole et forestière des sols et identifie les quatre grandes entités paysagères du territoire (cf. carte ci-contre) :

- les plaines alluviales de la Garonne et de la Dordogne ;
- les côteaux de Garonne et vallons de l'Entre-Deux-Mers ;
- les terrasses alluviales du Médoc et des Graves ;
- les landes girondines.

[8] Par exemple le premier « building type » de la classification LCZ (« Compact highrise ») correspond à des quartiers d'affaires constitués d'immeubles très hauts (Central Business District, CBD), peu présents dans les villes européennes excepté les grandes métropoles.

PLAN LOCAL D'URBANISME PLU 3.1 BORDEAUX MÉTROPOLE

Les outils contribuant à la trame verte et bleue et à la nature en ville



Les outils contribuant à la trame verte et bleue

- Zonage
- Outils complémentaires de protection : les EBC et les dispositions relatives à l'environnement et aux continuités écologiques, aux paysages et au patrimoine
- Outils de projet : les emplacements réservés de superstructure, les servitudes de localisation et les plantations à réaliser

Les outils contribuant à la nature en ville

- Zonage
- Outils complémentaires de protection : les EBC et les dispositions relatives à l'environnement et aux continuités écologiques, aux paysages et au patrimoine
- Outils de projet : les emplacements réservés de superstructure, les servitudes de localisation et les plantations à réaliser

NB : Les outils 'arbre isolé' et 'terrain cultivé situé en zone urbaine' participent également à la trame verte et bleue ou à la nature en ville, mais ils ne sont pas intégrés à cette carte, du fait de leur emprise limitée et de leur utilisation ponctuelle.

a'urba. agence d'urbanisme Bordeaux métropole Aquitaine

N

Fonds topographiques en provenance de SIGMA-Bordeaux Métropole ©

BORDEAUX MÉTROPOLE

PLU 3.1 version présentée à l 'arrêt

Source : rapport de présentation du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole

Cette analyse morphologique et paysagère du territoire métropolitain fait ainsi ressortir un certain nombre de composantes naturelles essentielles pour le rafraichissement global de la métropole :

- d'une part, **les masses boisées** entourant les tissus urbains de la métropole offrent un potentiel important d'évapotranspiration et donc de baisse des températures. Elles permettent également, dans une certaine mesure, de rafraichir (ou *a minima* d'éviter de surchauffer) les vents chauds du Sud (cf. partie 2.1.1.) ;
- d'autre part, **le réseau hydrographique orienté Ouest-Est** (jalles, esteys) offre une opportunité importante de conduire jusqu'au cœur de la métropole les vents rafraichissants d'Ouest. Ce processus a été identifié dans la réponse formulée par l'équipe Bas Smets au dialogue compétitif « 55 000 ha de nature » lancé par la CUB en 2013.

Il convient enfin d'insister sur le rôle des parcs et jardins insérés dans les tissus urbains. Si ces entités naturelles sont certes plus petites que les grandes masses boisées précédemment citées, elles ont néanmoins une fonction importante en tant qu'îlots de fraicheur « refuge ». Elles permettent en effet aux citadins de trouver à proximité de leur lieu de vie (logement, lieu de travail) un espace bénéficiant d'une température supportable en cas de canicule. À ce titre, une réflexion mériterait d'être conduite sur les plages d'ouvertures de tels espaces lors d'épisodes caniculaires.

Ces analyses mettent en évidence l'importance de préserver, par des zonages (zones A et N) et des outils réglementaires adaptés, l'ensemble des entités naturelles, agricoles et forestières constitutives de la trame verte et bleue de la métropole bordelaise. Ces outils ont été mobilisés dans le cadre de la dernière révision du PLU (cf. carte ci-contre) et méritent donc d'être pérennisés au nom notamment du confort d'été des habitants et usagers de la métropole bordelaise.

3.4 | Les zones urbaines du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole

Le règlement écrit du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole comporte quatre grandes familles de zones urbaines :

- **Les zones multifonctionnelles (UM)** : comme leur nom l'indique, elles accueillent une diversité de fonctions (habitat, commerces, équipements), l'habitat étant généralement la destination dominante. Ces zones comprennent, à leur tour, cinq grandes familles :
  - les centralités anciennes et cœurs historiques ;
  - les tissus à dominante d'échoppes, faubourgs et maisons de ville ;
  - les tissus à dominante de grands ensembles collectifs et tissus mixtes ;
  - les tissus à dominante de maisons individuelles récentes ;
  - les secteurs urbains en lisière de zones naturelles ou agricoles.

On compte, au total, **39 zones UM**, ayant chacune leur règlement propre.

- **Les zones urbaines particulières (UP)** : ce zonage UP couvre essentiellement des sites faisant l'objet d'un projet urbain étudié et validé, favorisant notamment la production d'habitat, qui nécessitent la rédaction d'un règlement adapté. Ces projets sont de différentes natures :
  - les grands projets (OIN, ZAC…) ;
  - les projets liés à la redynamisation du tissu urbain (centres-villes et centres-bourgs…) ;
  - les projets en faveur de la diversité sociale (opérations « politique de la ville » …) ;
  - les sites de développement responsable (secteurs de lisière…).

  À ces secteurs de projet, s'ajoutent les zones UP liées à la préservation et la mise en valeur du patrimoine, notamment l'ensemble du secteur dit de « la ville de pierre ». On compte, au total, **79 zones UP**.

- **Les zones urbaines spécifiques (US)** : elles comprennent trois grandes catégories de zones :
  - les zones urbaines spécifiques à vocation d'équipement, qui accueillent les équipements publics et les grands services urbains (CHU, campus universitaire…) ;
  - les zones urbaines spécifiques à vocation économique (zones d'accueil des activités productives et logistiques, zones économiques généralistes…) ;
  - les zones urbaines particulières d'aménagement commercial, qui concernent les grands pôles commerciaux.

  On compte **13 zones US.**

- Enfin, **les zones UPZ**, qui viennent compléter les zones urbaines particulières d'aménagement commercial (US) pour les grands pôles commerciaux inscrits en tant que ZACOM (Zones d'aménagement commercial) au SCoT de l'aire métropolitaine bordelaise. On compte **9 zones UPZ.**

Ainsi, le règlement écrit du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole compte quatre grandes familles de zones urbaines pour un total de 140 zonages différents.

3.5 | Constitution de familles de zonages (zones urbaines)

Compte-tenu du nombre élevé de zonages composant le règlement du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole pour les zones urbaines, il n'était pas envisageable de procéder à une analyse des ICU pour chacun de ces zonages pris séparément. Aussi a-t-il été imaginé de procéder à un regroupement de ces zonages par famille.

Ont ainsi été regroupés au sein d'une même famille les zonages présentant des caractéristiques morphologiques proches au regard des enjeux énergie-climat. Quatre critères morphologiques – en lien avec le PLU – ont été retenus pour opérer cette classification :

- la morphologie du bâti : hauteurs, alignement sur rue… ;
- la typologie et la part des espaces libres (espaces non construits sur la parcelle, comprenant les espaces en pleine terre) ;
- la valeur patrimoniale du bâti ;
- la mutabilité des tissus.

En effet, la classification en familles doit permettre, à terme, d'analyser les zonages du PLU du point de vue des enjeux non seulement climatiques mais aussi énergétiques (rénovation énergétique, recours aux énergies renouvelables et de récupération). Ainsi, la valeur patrimoniale du bâti peut-elle avoir, par exemple, des impacts sur la capacité à isoler les bâtiments par l'extérieur. La part des espaces libres, si elle a des conséquences directes sur le climat local (cf. partie 1 du rapport) peut aussi conditionner le recours à la géothermie superficielle pour les besoins énergétiques du bâtiment. La mutabilité des tissus permet, quant-à-elle, d'apprécier les « marges de manœuvre » d'action sur la forme urbaine lors de la formulation des recommandations.

On trouvera ci-après, à titre illustratif, un extrait du tableau de constitution des familles à partir de ces quatre critères morphologiques, la version complète figurant à l'annexe 1 du rapport. À noter que :

- certaines zones (UP notamment) très spécifiques et très faiblement réparties sur le territoire n'ont pas été prises en compte dans le tableau ;
- les zones de la ville de pierre (UP1 et UP2), de caractéristiques morphologiques variables, ont dû être découpées en sous-secteurs redistribués au sein des différentes familles.

Les 21 familles de tissus urbains constituées à partir des zonages du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole

1 – *Tissus patrimoniaux*

- 1 – Tissus immeubles de rapport
- 2 – Centralités anciennes et cœurs historiques stables
- 3 – Centralités anciennes et cœurs historiques mutables
- 4 – Échoppes, faubourgs et maisons de ville avec présence de jardins sur rue
- 5 – Échoppes, faubourgs et maisons de ville à l'alignement

2 – *Tissus d'habitats collectifs*

- 6 – Grands ensembles et tissus mixtes faisant l'objet d'un programme de rénovation urbaine
- 7 – Grands ensembles et tissus mixtes stables, plan libre
- 8 – Grands ensembles et tissus mixtes stables, le long d'axes structurants
- 9 – Urbanisme sur dalle
- 10 – Opérations récentes à caractère « bioclimatique »
- 11 – Petit collectif périurbain

3 – *Tissus pavillonnaires*

- 12 – Pavillonnaire lâche
- 13 – Pavillonnaire compact
- 14 – Maisons marquées architecturalement
- 15 – Tissus urbains en lisières ou isolés en zone naturelle ou en zone agricole stables
- 16 – Tissus urbains en lisières ou isolés en zone naturelle ou en zone agricole mutables

4 – *Zones d'activités, zones économiques et équipements*

- 17 – Zone d'aménagement commercial
- 18 – Zone économique généraliste à prédominance de bureaux
- 19 – Artisanat et industrie légère
- 20 – Industries et plateformes logistiques
- 21 – Grands équipements comprenant du logement

Extrait du tableau méthodologique de construction des familles de zonages

(tissus patrimoniaux)

<table>
<tr><th>N°</th><th>Famille</th><th>Zonages concernés</th><th>Morphologie du bâti</th><th>Mutabilité des tissus</th><th>Valeur patrimoniale du bâti</th><th>Typologie et part des espaces libres</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Tissus immeubles de rapport</td><td>UP1-UP2 ; PSMV ; UP69</td><td>Bâti R+3 à R+5 sur voirie souvent multifonctionnel</td><td rowspan="2">Faible</td><td rowspan="3">Forte</td><td>N.R.</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Centralités anciennes et cœurs historiques stables</td><td>UM1 ; UM9</td><td rowspan="2">Bâti R à R+2 sur voirie souvent multifonctionnel</td><td rowspan="2">0.70/0.80 Petites cours ou jardins intérieurs de taille variable</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Centralités anciennes et cœurs historiques mutables</td><td>UM10</td><td>Forte</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Échoppes, faubourgs et maisons de ville avec présence de jardins sur rue</td><td>UM2 UM5 ; UM6 ; UM11 ; UM34 ; UP1</td><td>Maisons de ville R+1 constituant un front bâti petit jardin sur rue et grand jardin en arrière</td><td>Moyenne (mutation liée à l'évolution des besoins des ménages) à forte</td><td rowspan="2">Moyenne</td><td>0.60/0.80 Petit jardin sur rue et grand jardin en arrière</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Échoppes, faubourgs et maisons de ville à l'alignement</td><td>UM4 ; UM28 ; UP1-UP2 ; UP37 ; UP69</td><td>Maisons mitoyennes en RDC à R+1 à l'alignement sur la rue</td><td>Faible</td><td>0.60/0.65 Jardin à l'arrière</td></tr>
</table>

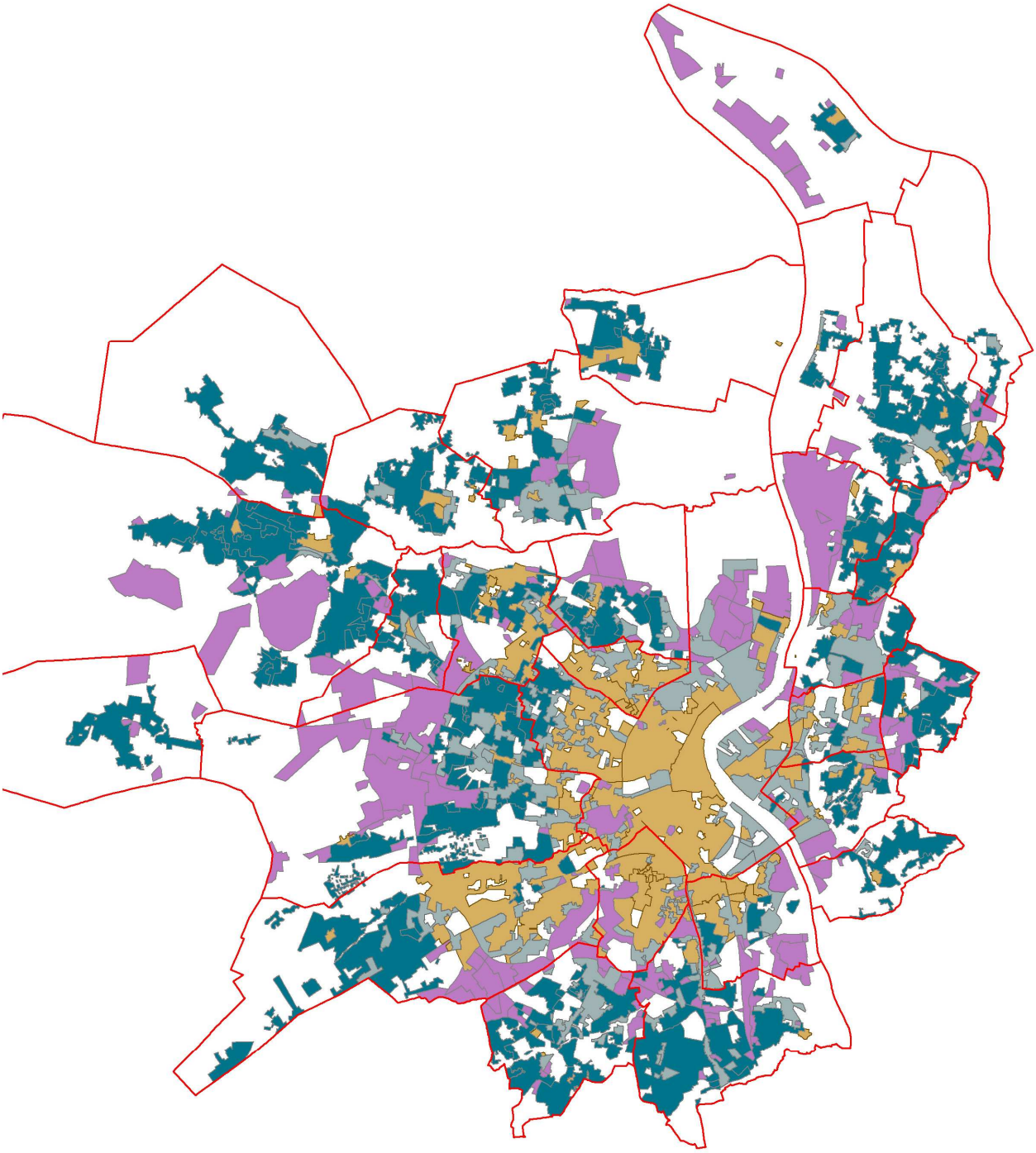
Au final, les regroupements ainsi opérés ont conduit à **la définition de 21 familles, pouvant être classées en quatre « macro-familles »** :

- les tissus patrimoniaux ;
- les tissus d'habitat collectif ;
- les tissus pavillonnaires ;
- les zones d'activités économiques et commerciales et les équipements.

Cette classification est synthétisée dans le schéma ci-contre. La spatialisation des familles à partir du plan de zonage du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole conduit à la carte figurant page suivante.

Ce travail de classification permet donc, *in fine*, de réduire l'analyse des 140 zonages du PLU à celle des 21 familles ainsi constituées. Cette analyse fait l'objet de la partie suivante.

Les tissus urbains de Bordeaux Métropole



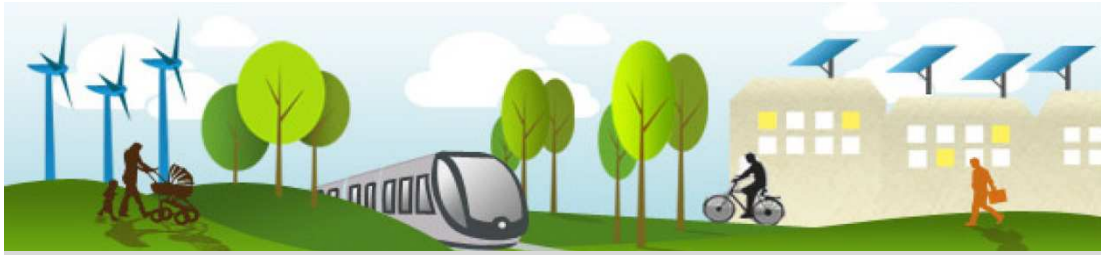
1-Tissus patrimoniaux
2-Tissus d'habitats collectifs
3-Tissus pavillonnaires
4-Zones d'activités, zones économiques et équipements
Limites communales

a'urba. agence d'urbanisme Bordeaux métropole Aquitaine

0 5 10 Km

N

Sources : Bordeaux Métropole, a'urba



4 | Analyse du niveau de risque sur le territoire de Bordeaux Métropole

4 | Analyse du niveau de risque sur le territoire de Bordeaux Métropole

Dans la suite du travail, nous nous concentrons sur les zones urbaines, qui sont à la fois les secteurs où se joue le plus le phénomène d'îlot de chaleur urbain et où réside/travaille le plus de population. En effet, afin d'analyser le niveau de risque sur Bordeaux Métropole, nous nous sommes appuyés sur une analyse du risque.

En environnement, le risque peut s'exprimer comme le croisement d'un aléa avec une population exposée, soit la formule : **« risque = aléa x population exposée »**.

L'aléa est ici l'intensité du phénomène d'îlot de chaleur urbain, caractérisé à partir des images satellitaires issues de l'étude de Bordeaux Métropole. La population exposée sera, quant-à-elle, estimée à partir de données de l'INSEE sur la répartition de la population résidente et de l'emploi sur un maillage carroyé à 200 mètres.

4.1 | Analyse de l'aléa

Nous avons retenu, pour l'analyse de l'aléa, l'image satellitaire de jour du 4 septembre 2013, provenant du satellite américain Landsat 8 et acquise dans le cadre de l'étude de Bordeaux Métropole sur le diagnostic des ICU et des IFU.

Cette carte est intéressante car, bien que la température de l'air fut comprise entre 29 et 33° à 13h le jour de la prise de vue, le vent dominant était orienté Sud-Est, ce qui est favorable à la formation des ICU sur la métropole. De plus, le fait qu'il n'y ait pas eu de pluies importantes lors des semaines précédentes a diminué le rafraîchissement par évaporation de l'eau des sols, nous permettant ainsi d'avoir à travers cette image des sols secs, une végétation parfois en stress hydrique, offrant donc des conditions naturelles propices à la formation des ICU.

En s'appuyant sur la cartographie satellitaire des températures de surface précédemment citée et en superposant les couches SIG des familles de zonages avec cette dernière, il est possible de qualifier globalement le niveau de température au sein de chaque famille de tissus. Cela permet ainsi de constater la présence ou non d'ICU, l'intensité des effets de ce dernier au niveau thermique et leur répartition dans chaque famille. Pourra également être identifié si certaines familles de tissus contiennent ou constituent des îlots de fraîcheur. L'analyse qui suit vise donc à renseigner l'ensemble de ces éléments pour chaque famille, à travers une approche « macro-territoriale ».

4.1.1 |Tissus patrimoniaux

Tissus d'immeubles de rapport
La température globale est moyenne à élevée, la chaleur est répartie de manière homogène sur des surfaces étendues. L'effet d'ICU constaté est donc moyen à fort, en particulier sur le secteur nord de ce tissu (quartier des Chartrons).
Il est aussi possible de constater des points de chaleur (à température élevée) répartis de manière inégale, ce qui contraste avec deux poches de fraîcheur (Quinconces et Jardin Public), refroidissant le bâti environnant (où la température est faible à moyenne).

Centralités anciennes et cœurs historiques stables
La température globale est élevée, la chaleur est quant à elle répartie de manière non homogène sur des surfaces de petite taille : ces tissus se caractérisent par une température plus élevée en leurs centres (effet d'ICU très élevé sur les cœurs de secteur), contrairement à la périphérie (effet de rafraîchissement aux franges). La température semble ainsi diminuer au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre (répartition de la chaleur de manière concentrique).

Centralités anciennes et cœurs historiques mutables
La température globale est élevée, la chaleur est répartie de manière non homogène sur des surfaces de taille moyenne. On peut observer des poches de chaleur où la température est très élevée, constituant ainsi des ICU forts à très forts sur le territoire de Bordeaux Métropole.
La température globale de ce tissu semble donc supérieure à celle des tissus précédents (centralités anciennes stables et immeubles de rapport).

Échoppes, faubourgs et maisons de ville avec présence de jardins sur rue
La température globale est moyenne à élevée, la chaleur est elle répartie de manière assez homogène sur des surfaces étendues. Il est possible de constater que les cœurs de secteurs sont souvent plus chauds que les franges de ces tissus, qui sont plus fraîches. On observe dans les cœurs de secteur des effets d'ICU moyens à forts et cependant peu, voire pas de points de fraîcheur dans cette famille (il existe des poches où la température est moyenne).
D'autre part, nous pouvons noter que les tissus situés en périphérie de la métropole ont une température globale moins élevée (en moyenne) que les tissus plus centraux dont la température globale est souvent élevée.

Échoppes, faubourgs et maisons de ville à l'alignement
La température globale est élevée, la chaleur est répartie de manière homogène sur de grandes surfaces, essentiellement autour des tissus d'immeubles de rapport. Des poches de chaleur dont la température est très élevée peuvent s'observer au sein de ces tissus, bien qu'elles soient peu nombreuses et réparties de manière éparse. L'effet d'ICU constaté au sein de cette famille est fort, notamment du fait de l'étendue et de l'homogénéité des surfaces dont la température est élevée.

4.1.2 |Tissus d'habitats collectifs

Grands ensembles et tissus mixtes faisant l'objet d'un programme de rénovation urbaine
La température globale est élevée, la chaleur est répartie de manière non homogène avec une amplitude thermique importante au sein de chaque secteur. En effet, on peut constater des poches de chaleur où la température est très élevée, constituant des ICU dont l'effet est très fort. À l'opposé, ces poches côtoient des puits de fraîcheur que l'on peut qualifier d'îlots de fraîcheur, souvent de petite taille mais dont la température est faible.

Grands ensembles et tissus mixtes stables, plan libre
La température globale peut être considérée comme moyenne, la chaleur est répartie de manière non homogène avec une amplitude thermique moins élevée que la famille de tissus précédente. L'effet d'ICU constaté est fort et se manifeste par des linéaires continus de poches de chaleur au sein de la majorité des secteurs, formant ainsi des « couloirs » de chaleur. D'autre part, les tissus situés en périphérie ont une température globale moyenne à faible avec des effets d'ICU moins notables et moins forts.

Grands ensembles et tissus mixtes stables, le long d'axes structurants
La température globale est moyenne à élevée, la chaleur est répartie de manière assez homogène sur des surfaces étendues en linéaire. Au sein de ces tissus, on peut constater des poches de chaleur importantes, dont la température est très élevée, formant ainsi des ICU aux effets forts à très forts. Il n'existe pas ou que très peu de points de fraîcheur au sein des secteurs de cette famille.

Urbanisme sur dalle
Cette famille est spécifique au centre directionnel de Mérideck. La température globale de ce tissu est moyenne à faible. La carte met en évidence l'îlot de fraîcheur correspondant au jardin central de la dalle, et des poches de chaleur au droit des zones plus minérales.

Opérations récentes à caractère « bioclimatique »
Cette famille concerne les zonages du PLU correspondant aux grands sites de projet de la métropole (Euratlantique, Bassins à flot, Brazza…), qui font, dans la majorité des cas l'objet d'une réflexion en termes de conception bioclimatique du projet. Cependant, ces opérations étant en projet ou en travaux à l'époque de l'image satellitaire retenue pour l'analyse, celle-ci ne rend pas compte de la transformation apportée par ces projets aux friches industrielles sur lesquelles ils prennent généralement place. Il est néanmoins intéressant de constater, qu'en l'état, ces friches ont une température globale moyenne à élevée avec des effets d'ICU forts à très forts observables sur des surfaces parfois étendues. Ces projets apportent donc une plus-value importante au territoire en matière de réduction des ICU.

De la même façon, les données de population et d'emploi sont amenées à évoluer fortement sur ces secteurs. Ainsi, pour l'ensemble de ces raisons, **nous n'étudierons pas ces secteurs dans le cadre de notre analyse du risque.**

Petit collectif périurbain
La température globale au sein de cette famille est faible à moyenne, la chaleur est répartie de manière non homogène avec les surfaces les plus chaudes souvent situées au cœur de ces tissus, qui contrastent avec des surfaces en lisière plus fraîches. L'effet d'ICU constaté est donc moyen au sein de ces tissus avec des températures moyennes, voire élevées dans de rares secteurs. D'autre part, les franges de ces secteurs ont une température faible à très faible du fait de leur proximité avec des îlots de fraîcheur majeurs à l'échelle de la métropole (forêt de pins essentiellement).

4.1.3 | Tissus pavillonnaires

Pavillonnaire compact
La température globale est moyenne à élevée, la chaleur est répartie de manière assez homogène sur ce type de tissus. Il est possible de constater que les cœurs de secteurs sont plus chauds que les franges de ces tissus. On observe dans les cœurs de secteur des effets d'ICU forts. Il existe peu de points de fraîcheur dans les secteurs de cette famille.
D'autre part, ces tissus étant nombreux sur la métropole, il paraît important de noter que le pavillonnaire situé en périphérie a une température globale moins élevée, soit moyenne, que les tissus plus centraux dont la température globale est souvent élevée.

Pavillonnaire lâche
La température globale est moyenne à élevée, la chaleur est répartie de manière peu homogène avec des différences thermiques parfois importantes au sein de certains tissus. Comme les tissus pavillonnaires compacts, les effets d'ICU se constatent au cœur des secteurs tandis que les franges sont plus fraîches. Cependant, l'effet d'ICU semble être plus fort que dans la famille précédente, avec donc des températures plus élevées. À cela, s'ajoutent des puits de fraîcheur plus marqués au niveau thermique que la famille de tissu pavillonnaire précédente.

Maisons marquées architecturalement
La température globale peut être qualifiée de moyenne, la chaleur est quant-à-elle répartie de manière peu homogène sur des surfaces de très petite taille, ne constituant ainsi pas réellement des ICU à l'échelle de la métropole bordelaise. Il est en outre possible d'observer au cœur de certains secteurs des puits de fraîcheur où la température est moyenne, voire faible dans certains cas.

Tissus urbains en lisières ou isolés en zone naturelle ou agricole stables
La température globale est moyenne à faible, la chaleur est répartie de manière peu homogène sur des surfaces de très petite taille. Il est difficile de dégager une tendance pour ces tissus car l'intensité de l'effet d'ICU, moyen à fort, varie beaucoup selon la position géographique des secteurs. En effet, les secteurs les plus excentrés en périphérie ont une température faible moyenne en étant situés à proximité d'IFU (forêts de pins essentiellement) tandis que ceux davantage centraux ont une température moyenne à élevée avec des ICU aux effets forts à très forts dans certains secteurs, notamment de petite taille.

Tissus urbains en lisières ou isolés en zone naturelle ou agricole mutables
La température globale est moyenne à élevée, la chaleur est répartie de manière très peu homogène sur des surfaces étendues. Comme d'autres tissus étudiés précédemment, les cœurs de secteurs de cette famille sont plus chauds que les franges, ayant un effet de rafraîchissement. Ainsi, on peut observer dans les cœurs de secteur des effets d'ICU forts qui contrastent avec les effets de fraîcheur environnants où la température est faible.

4.1.4 |Zones d'activités, zones commerciales et équipements

Zone d'aménagement commercial
La température globale est très élevée, la chaleur est répartie de manière assez homogène sur des surfaces étendues. L'effet d'ICU constaté au sein de ces tissus est donc très fort, les secteurs relevant de cette famille constituent ainsi les principaux îlots de chaleur de la métropole bordelaise, de par leur ampleur, leur intensité et leur nombre.

Zone économique généraliste à prédominance de bureaux
La température globale est élevée, la chaleur est répartie de manière très hétérogène sur des surfaces inégales en taille. Les effets d'ICU constatés sont souvent très forts, conférant à ces tissus des températures très élevées sur des surfaces parfois étendues. Ces poches de chaleur contrastent avec des puits de fraîcheur qui ont, dans la majorité des secteurs, une petite taille, avec des niveaux de température moyens à faibles.

Artisanat et industrie légère
La température globale est élevée à très élevée sur certains secteurs. La chaleur est répartie de manière peu homogène, souvent sur des surfaces étendues. Concernant cette famille de tissus, les effets d'ICU semblent être très forts et constituent parfois des poches de chaleur de taille importante ou des points chauds de petite taille. Par ailleurs, répartis de manière éparse et inégale, il est possible de trouver des points de fraîcheur, refroidissant les surfaces environnantes en leur conférant un niveau de température moyen.

Industries et plateformes logistiques
La température globale est très élevée, la chaleur est répartie de manière homogène sur des surfaces importantes. Ainsi, l'effet d'ICU, très fort, peut souvent se constater à l'échelle entière des tissus de cette famille. Sur les secteurs situés en périphérie de la métropole, la répartition de la chaleur est peu homogène, et il est possible de distinguer facilement les ICU très forts des franges des tissus, qui sont, quant-à-elles, fraîches, c'est-à-dire avec un niveau de température moyen à faible.

Grands équipements comprenant du logement
La température globale est élevée, la chaleur est répartie de manière hétérogène sur des surfaces de tailles diverses. Il est possible d'observer au sein de ces tissus des poches de chaleur dont la température est élevée, voire souvent très élevée. D'autre part, on peut remarquer que les tissus périphériques de cette famille ont un niveau de température moyen avec des cœurs de secteur où l'effet d'ICU est fort.

Leur situation géographique excentrée de la métropole bordelaise offre à ces tissus des puits de fraîcheur importants (température faible) à proximité ou en lisière de ces derniers.

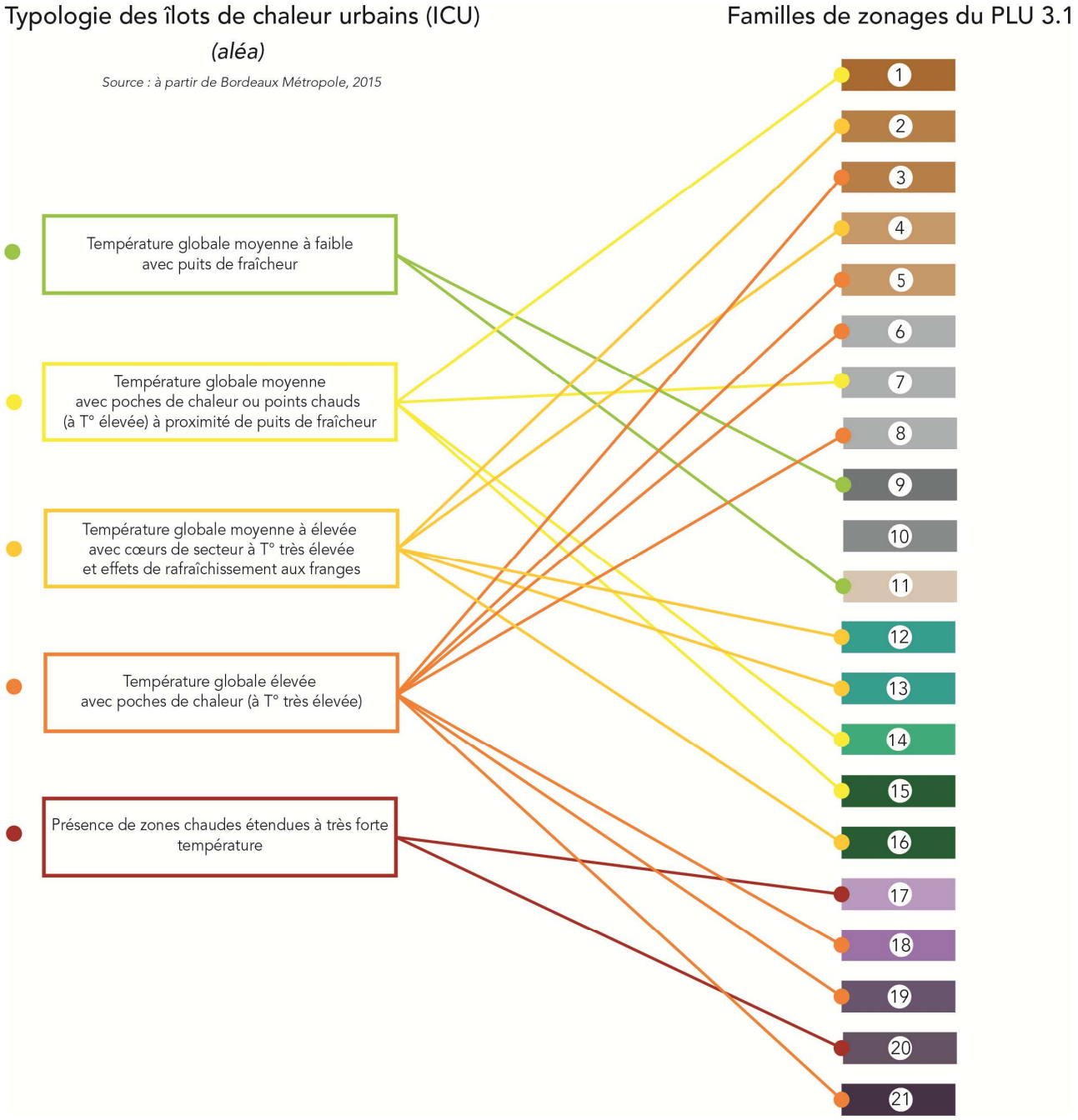
L'analyse systématique des 21 familles ainsi réalisée permet de mettre en évidence des configurations récurrentes, tant du point de vue des niveaux de température que de leur répartition spatiale.

Il est donc possible d'élaborer une typologie des îlots de chaleur urbains sur Bordeaux Métropole, allant de l'effet d'ICU le moins marqué à celui le plus fort et le plus étendu. La typologie suivante a été établie à partir de l'observation de l'ensemble des ICU présents sur la métropole :

Typologie des îlots de chaleur urbains sur le territoire de Bordeaux Métropole

Cette typologie permet de catégoriser l'aléa selon cinq niveaux d'intensité, affectés à chacune des 21 familles (cf. schéma page suivante

Application de la typologie des ICU aux 21 familles de tissus



4.2 | Analyse de la population exposée

L'aléa seul ne suffit pas à caractériser un risque. En effet, dans un secteur où l'aléa est fort mais aucune population ne vit, le risque peut être considéré comme nul. Inversement, un secteur d'aléa moyen mais qui accueillerait une population importante présente en réalité un niveau de risque élevé.

Pour qualifier la population exposée, nous avons retenu un indicateur cumulant la population résidente et le nombre d'emploi (population travaillant sur place). Le recensement permanent de la population (RPP) de l'INSEE fournit une **valeur estimée** de cette donnée (dite « P+E ») selon une maille relativement fine (carroyage de 200 m par 200 m). Cette donnée a en revanche l'inconvénient d'être assez ancienne (2010) mais, utilisée en valeur relative (part de chaque famille dans le P+E global), elle permet de cerner les grands équilibres de population exposée entre les 21 familles.

Le parti-pris ici retenu est donc d'apprécier la vulnérabilité à partir de volumes de population exposée. Pour autant, d'autres approches sont possibles, par exemple en focalisant les analyses sur les populations dites « sensibles » (personnes âgées, jeunes enfants). Cette donnée est cependant plus difficile à cartographier, sauf à se concentrer sur les établissements accueillant ces populations (établissements dits « sensibles » : crèches, écoles, résidences pour personnes âgées, centres médico-sociaux…). De telles analyses pourront être conduites dans des suites de l'étude.

Le tableau de la page suivante fournit la répartition du P+E au sein des 21 familles, à la fois en valeur absolue et en part relative. Il convient d'insister sur le fait qu'il s'agit de données estimées, qui résultent notamment du croisement d'un carroyage avec des zonages (non exhaustifs[9]) du PLU, ce qui explique notamment le fait que le nombre total d'habitants sur les 21 familles est inférieur à la population recensée à la même date (710 000 habitants).

Malgré les imperfections de la méthode, il est possible de dégager certaines tendances intéressantes pour la suite de l'analyse.D'une part, il ressort que 4 familles de zonages concentrent au minimum chacune 100 000 habitants et emplois cumulés. Il s'agit de la famille 4 « Échoppes, faubourgs et maisons de ville avec présence de jardins sur rue », la famille 5 « Échoppes, faubourgs et maisons de ville à l'alignement », la famille 7 « Grands ensembles et tissus mixtes stables, plan libre » et la famille 13 « Pavillonnaire compact ». À elles quatre, ces familles représentent 75 % des habitants et 36 % des emplois présents sur la métropole.

À l'inverse, certains tissus sont peu représentatifs de la métropole en termes d'habitants et d'emplois.

[9] Certains zonages, trop spécifiques, n'ont pas été considérés dans l'étude.

Analyse de la vulnérabilité (population + emploi) de chaque famille de zonages du PLU 3.1 *(source : à partir de INSEE RPP, 2011)*

N°	Famille de zonages du PLU 3.1	Population estimée en 2010	Emploi estimé en 2010	P+E	P+E (*en %*)
	Tissus patrimoniaux				
1	Tissus immeubles de rapport	21 644	23 331	44 975	***4,9***
2	Centralités anciennes et cœurs historiques stables	5 188	2 462	7 650	***0,8***
3	Centralités anciennes et cœurs historiques mutables	9 839	7 656	17 495	***1,9***
4	Échoppes, faubourgs et maisons de ville avec présence de jardins sur rue	92 905	18 425	111 330	***12,1***
5	Échoppes, faubourgs et maisons de ville à l'alignement	121 275	45 080	166 355	***18,0***
	Tissus d'habitats collectifs				
6	Grands ensembles et tissus mixtes faisant l'objet d'un programme de rénovation urbaine	15 224	5 536	20 760	***2,2***
7	Grands ensembles et tissus mixtes stables, plan libre	127 404	31 078	158 482	***17,2***
8	Grands ensembles et tissus mixtes stables, le long d'axes structurants	10 799	6 792	17 591	***1,9***
9	Urbanisme sur dalle	1 214	24 201	25 415	***2,8***
10	Opérations récentes à caractère bioclimatique	3 192	5 817	9 009	***1,0***
11	Petit collectif périurbain	486	373	859	***0,1***
	Tissus pavillonnaires				
12	Pavillonnaire lâche	62 546	6 938	69 484	***7,5***
13	Pavillonnaire compact	120 342	18 490	138 832	***15,0***
14	Maisons marquées architecturalement	1 531	336	1 867	***0,2***
15	Tissus urbains en lisières ou isolés en zones naturelle ou agricole stables	471	159	630	***0,1***
16	Tissus urbains en lisières ou isolés en zones naturelle ou agricole mutables	3 315	575	3 890	***0,4***
	Zones d'activités, zones commerciales et équipements				
17	Zone d'aménagement commercial	1 248	12 466	13 714	***1,5***
18	Zone économique généraliste à prédominance de bureaux	3 182	34 525	37 707	***4,1***
19	Artisanat et industrie légère	4 140	31 531	35 671	***3,9***
20	Industries et plateformes logistiques	959	13 048	14 007	***1,5***
1	Grands équipements comprenant du logement	7 679	19 551	27 230	***3,0***
	Total	614 583	308 370	922 953	***100,0***

On compte ainsi 10 familles qui, cumulées, concentrent seulement 6 % des habitants et 16 % des emplois totaux du territoire métropolitain. Chacune de ces familles affiche un « P+E » inférieur à 20 000 habitants et emplois cumulés.

Enfin, les 6 familles restantes ont un « P+E » situé entre les deux groupes de familles précédents.

Ainsi, à partir de ces analyses, il est possible de définir 3 classes de familles de zonages différentes en fonction de leur P+E, exprimé en part relative :

Classes de « P+E »

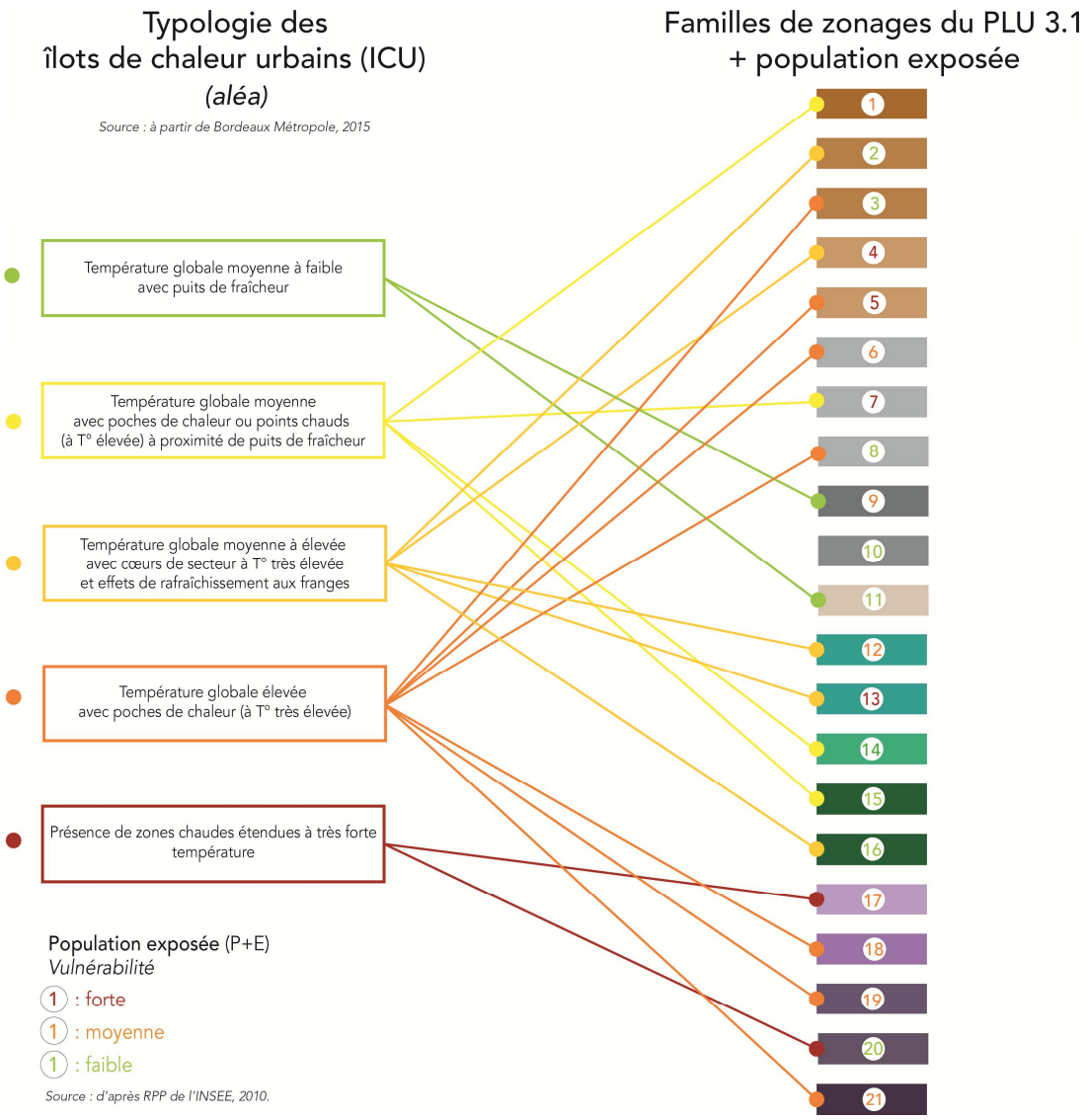
P+E (en %)	Niveau de population exposée
< 2 %	Faible
2 % <x< 10 %	Moyenne
> 10 %	Forte

Ces classes sont reportées sur chacune des familles dans le schéma de la page suivante : la couleur du numéro de famille dans la colonne de droite permet de qualifier le niveau de population exposée, en complément de la caractérisation du niveau d'aléa (représenté par la couleur de la flèche).

Deux remarques pour finir sur ce point :

- L'indice P+E ne permet pas de rendre compte du nombre de « visiteurs » sur un secteur. Cela est particulièrement important pour la famille de zonages 17 « Zone d'aménagement commercial ». Ainsi, même si c'est un tissu peu représentatif de la métropole en termes d'emplois et d'habitants, nous avons considéré la population exposée comme forte du nombre de visiteurs importants que ces zones peuvent recevoir.
- Rappelons que la famille de zonages 10 « Opérations récentes à caractère bioclimatique » a été exclue de ces analyses, du fait notamment d'un « P+E » 2010 qui ne rend pas compte de leur occupation une fois ces secteurs de projet achevés.

Niveau de vulnérabilité des 21 familles de tissus urbains



4.3 | Analyse du risque

L'analyse du risque consiste à croiser l'aléa avec la population exposée, c'est-à-dire, ici, croiser la typologie des îlots de chaleur urbains observés sur le territoire de la métropole bordelaise avec le gradient de P+E des familles de zonages du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole.

Pour ce faire, il a été nécessaire d'élaborer une matrice croisant ces deux paramètres. C'est l'objet du tableau ci-dessous. Trois niveaux de risque ont été définis :

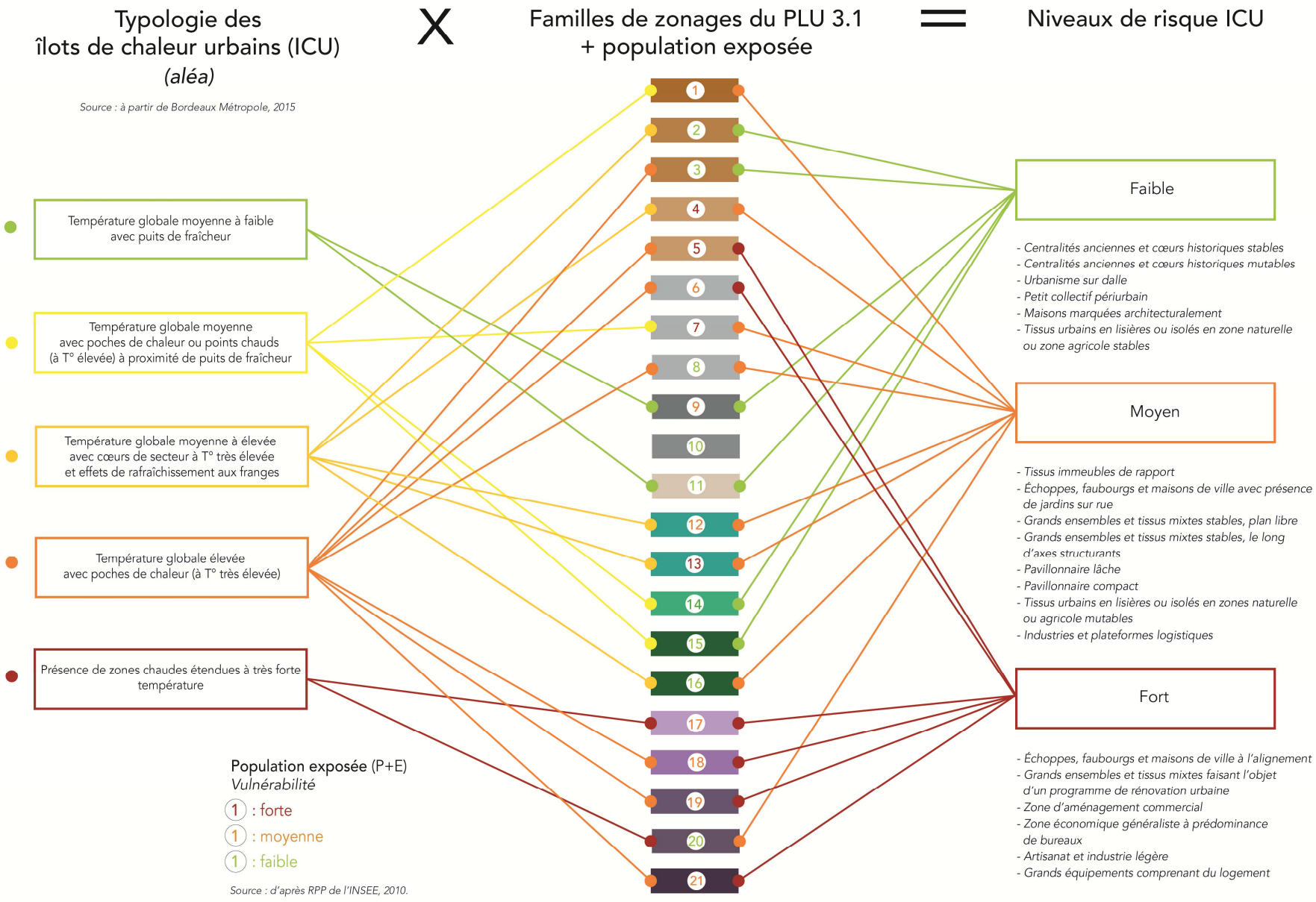
- un niveau de risque faible (en vert) quand l'aléa est faible (même si la population exposée est importante) ;
- un niveau de risque fort (en rouge) quand l'aléa est important avec une population exposée moyenne à forte ;
- enfin, un niveau de risque moyen (en orange) dans les autres cas.

Grille de définition du risque ICU

	Population exposée : P+E		
Aléa : typologie des ICU	**Faible**	**Moyenne**	**Forte**
Température globale moyenne à faible avec puits de fraîcheur			
Température globale moyenne avec poches de chaleur ou points chauds (à T° élevée) à proximité de puits de fraîcheur			
Température globale moyenne à élevée avec cœurs de secteurs (à T° très élevée) et effets de rafraîchissement aux franges			
Température globale élevée avec poches de chaleur (à T° très élevée)			
Présence de zones chaudes étendues à **très forte température**			

En appliquant cette grille à chaque famille de tissus urbains, on obtient une classification du niveau de risque pour l'ensemble des 21 familles. Cette classification est synthétisée dans le diagramme de la page suivante :

- dans la colonne de gauche, est rappelée la typologie d'ICU à laquelle est rattachée chacune des familles ;
- la colonne du centre précise, par un code couleur appliqué au numéro de la famille, le niveau de population exposée ;
- le niveau de risque résultant de ces deux informations est indiqué dans la colonne de droite.


Typologie des
îlots de chaleur urbains (ICU)
(aléa)
Source : à partir de Bordeaux Métropole, 2015
X
Familles de zonages du PLU 3.1
+ population exposée
=
Niveaux de risque ICU
Température globale moyenne à faible avec puits de fraîcheur
Température globale moyenne avec poches de chaleur ou points chauds (à T° élevée) à proximité de puits de fraîcheur
Température globale moyenne à élevée avec cœurs de secteur à T° très élevée et effets de rafraîchissement aux franges
Température globale élevée avec poches de chaleur (à T° très élevée)
Présence de zones chaudes étendues à très forte température
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
Faible
- Centralités anciennes et cœurs historiques stables
- Centralités anciennes et cœurs historiques mutables
- Urbanisme sur dalle
- Petit collectif périurbain
- Maisons marquées architecturalement
- Tissus urbains en lisières ou isolés en zone naturelle ou zone agricole stables
Moyen
- Tissus immeubles de rapport
- Échoppes, faubourgs et maisons de ville avec présence de jardins sur rue
- Grands ensembles et tissus mixtes stables, plan libre
- Grands ensembles et tissus mixtes stables, le long d'axes structurants
- Pavillonnaire lâche
- Pavillonnaire compact
- Tissus urbains en lisières ou isolés en zones naturelle ou agricole mutables
- Industries et plateformes logistiques
Fort
- Échoppes, faubourgs et maisons de ville à l'alignement
- Grands ensembles et tissus mixtes faisant l'objet d'un programme de rénovation urbaine
- Zone d'aménagement commercial
- Zone économique généraliste à prédominance de bureaux
- Artisanat et industrie légère
- Grands équipements comprenant du logement
Population exposée (P+E)
Vulnérabilité
1 : forte
1 : moyenne
1 : faible
Source : d'après RPP de l'INSEE, 2010.

Cette classification du risque a par ailleurs été spatialisée afin d'obtenir une cartographie du niveau de « risque ICU » sur la métropole (cf. Carte page suivante).

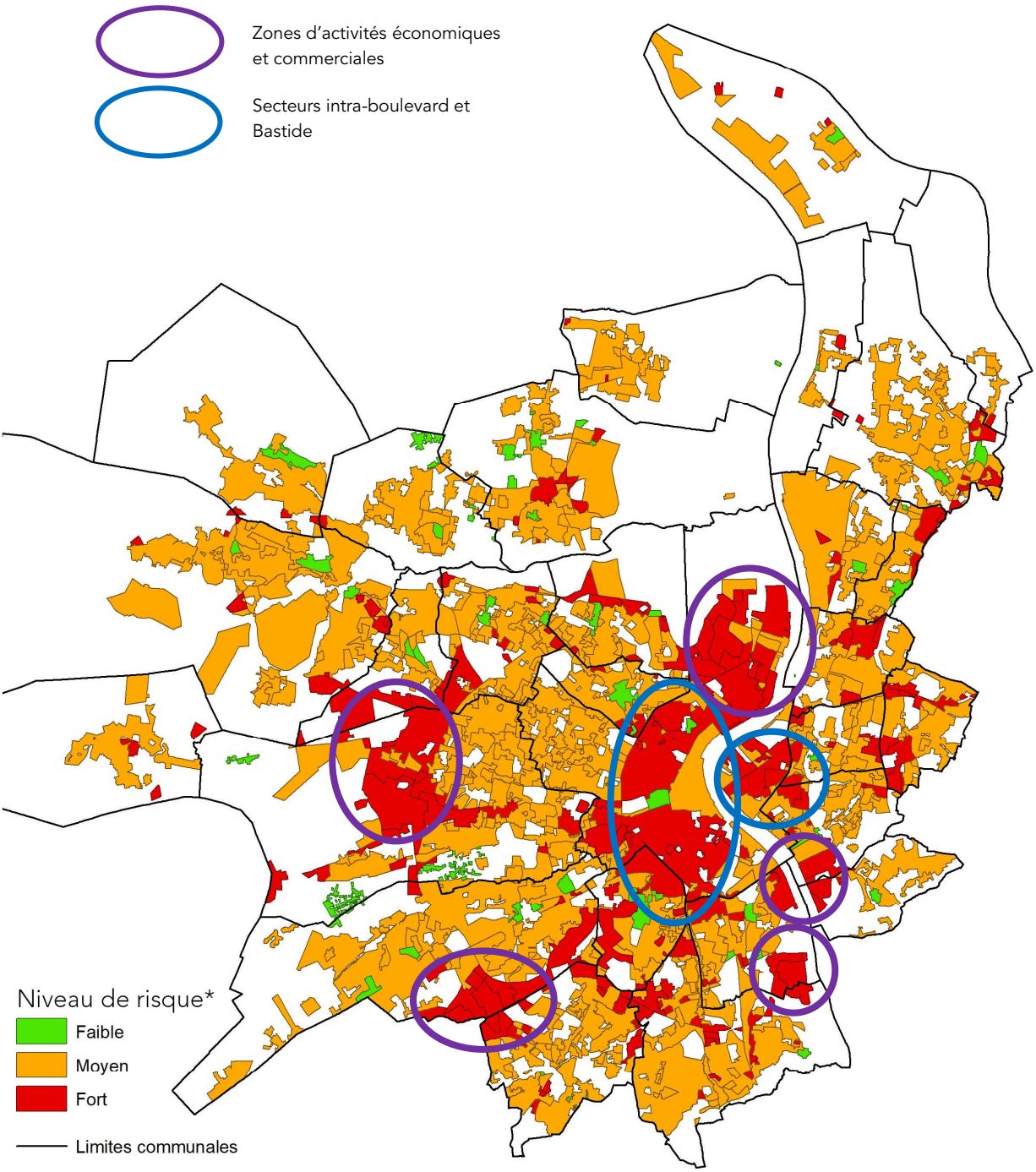
En comparaison avec la carte de l'aléa (p. 30), cette carte :

- **Confirme l'importance d'intervenir sur la majorité des zones d'activité économique et commerciale de l'agglomération** (zones extra-rocade et zone de Mérignac Soleil à l'ouest, zones de Bordeaux Nord, Bersol, Rives d'Arcins, Bouliac…) ;
- Minimise l'enjeu d'une intervention sur des zones d'activité logistique (plate-forme aéroportuaire, secteur de Bassens notamment), en dépit d'un aléa élevé (population exposée très faible) ;
- **Fait apparaître l'enjeu des secteurs intra-boulevard et Bastide**, du fait d'une population importante soumise à un aléa globalement « moyen » ;
- Met en évidence un risque globalement moyen sur l'ensemble du reste de la métropole, à l'exception de quelques poches de risque faible (tissus de lisière et secteur de Mériadeck principalement).

Ces constats confirment, globalement, l'importance du sujet des ICU sur la métropole bordelaise, préoccupation qui se voit renforcée par un double processus :

- D'une part, une augmentation des températures et de la fréquence des épisodes caniculaires (augmentation de l'aléa) ;
- D'autre part, une augmentation de la population de la métropole, associée à des processus de densification (légitimés par la préservation des espaces agricoles et forestiers, dont le rôle en matière de régulation climatique a été souligné à la partie 3.3.).

Îlots de chaleur urbains : niveaux de risque des tissus urbains de Bordeaux Métropole



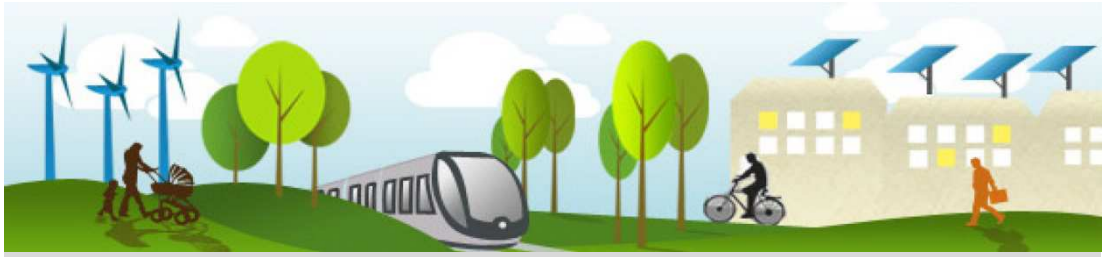
* Le niveau de risque est évalué en croisant les températures de surface avec la population et le nombre d'emplois à l'échelle de chaque famille de zonage du PLU 3.1

0 5 10 Km

N

a'urba. agence d'urbanisme Bordeaux métropole Aquitaine

Sources : Bordeaux Métropole, a'urba



5 | Approche par site test : recommandations

5 | Approche par site test : recommandations

5.1 | Un nécessaire approfondissement du travail conduit à l'échelle macro-territoriale

Afin d'aboutir à la formulation de recommandations pour l'atténuation de l'effet d'ICU au sein des différentes familles de zonages du PLU 3.1, l'analyse du risque conduite à l'échelle du territoire métropolitain (échelle macro-territoriale) nécessite d'être approfondie par des études morphologiques plus fines à l'échelle de chacune des familles (échelle « micro-territoriale »).

Compte-tenu du nombre important de familles identifiées, il est nécessaire, pour engager ce travail, de prioriser les familles sur lesquelles conduire les analyses.

Pour cela, une double entrée de priorisation paraît opportune :

- d'une part, sélectionner *a minima* une famille au sein de chacune des 4 « macro-familles », afin de disposer d'une représentativité sur les grands types de tissus constituant la métropole (tissus patrimoniaux, tissus d'habitat collectif, tissus pavillonnaires, tissus d'activités économiques et commerciales) ;
- au sein de ces macro-familles, sélectionner des familles ayant un niveau de risque fort, ou, à défaut, moyen.

Ainsi est-il proposé de travailler prioritairement sur les familles suivantes :

- au sein des tissus patrimoniaux, les familles « Immeubles de rapport » et « Échoppes, faubourgs et maisons de ville à l'alignement » ;
- pour les tissus pavillonnaires, la famille « Tissus pavillonnaires compacts » ;
- un tissu d'habitat collectif particulièrement exposé au risque ICU, « Les grands ensembles faisant l'objet d'une rénovation urbaine » ;
- enfin, pour les tissus d'activités économiques et commerciales, un secteur intégrant les familles « Zone d'aménagement commercial » et « Zone économique généraliste à prédominance de bureaux ».

5.2 | Méthodologie proposée pour l'analyse micro-territoriale

Afin de comprendre précisément comment s'opère l'effet d'îlot de chaleur urbain sur chacune des familles retenues pour engager l'approche micro-territoriale, il est nécessaire de revenir aux paramètres influençant l'effet d'ICU - détaillés dans la première partie du rapport - et de cerner comment « jouent » ces paramètres au regard de la morphologie urbaine des familles considérées.

Pour cela, pour chaque famille étudiée, il est proposé de conduire ces analyses morphologiques sur un secteur particulièrement représentatif de la famille considérée. Ces secteurs serviront ainsi de « site test » pour élaborer des recommandations et, le cas échéant, en proposer une traduction réglementaire dans le PLU 3.1 de Bordeaux Métropole.

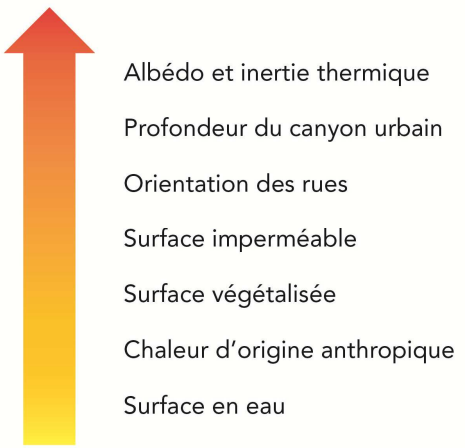
Nous détaillons ci-après les étapes retenues pour l'analyse de chaque site-test.

Étape 1 : analyse morphologique

Les différents facteurs influençant l'effet d'ICU sont analysés à la fois par des analyses de données et par des observations de terrain.

Cette analyse est conduite selon les sept paramètres listés dans le schéma ci-dessous :

Influence des paramètres sur l'effet d'îlot de chaleur urbain



D'après ECIC (2016)

Les propriétés thermo-radiatives tels que l'albédo et l'inertie thermique étant les paramètres urbains impactant le plus le phénomène de surchauffe de la ville, nous nous intéresserons donc aux **types de matériaux et de revêtements au sol** employés sur le site d'étude, **aux matériaux employés sur le bâti**, notamment pour les toitures, mais aussi à la perméabilité des surfaces et à la part de pleine terre.

Concernant la forme urbaine, il sera intéressant d'analyser, sur chaque site, le **gabarit des bâtiments et de la voirie** afin de constater un éventuel « effet canyon ». De plus, la **densité urbaine** du tissu observé ainsi que **l'orientation du bâti** peuvent être pertinentes à analyser au regard des phénomènes de piégeage et d'emmagasinement de la chaleur. **L'ombrage procuré par certains éléments urbains** peut aussi être utile à observer, notamment dans un souci de confort thermique des habitants.

Autre paramètre important, **la présence du végétal** devra être regardée à la fois dans l'espace privé et dans l'espace public. **L'accessibilité à des espaces de nature « refuges »,** les strates végétales dominantes ainsi que le potentiel d'évapotranspiration et la capacité d'ombrage de certaines essences sont des paramètres importants qui influent sur le microclimat urbain et sur le confort des habitants.

Comme évoqué dans la première partie du rapport, les dégagements de chaleur anthropiques participent eux aussi à l'effet d'ICU. **La proximité d'axes routiers** très fréquentés et **la présence de systèmes de refroidissement** (climatiseurs) constituent eux aussi des critères à analyser sur le secteur d'étude.

Enfin, la surface en eau peut permettre le refroidissement de l'air ambiant par différents processus physiques. La proximité ou la présence sur le site d'étude de **points d'eau (fontaines, bassins), de cours d'eau ou d'aménagements favorisant la rétention et le ruissellement des eaux**, notamment de pluie, sont eux aussi des paramètres à analyser pour leurs fonctions thermorégulatrices, bien que d'effet moindre que ceux précédemment décrits.

L'ensemble des paramètres à observer ainsi que les sources pouvant être mobilisées pour leur analyse sont récapitulés dans le tableau figurant en annexe 2.

D'un point de vue pratique, l'analyse morphologique est réalisée en remplissant une grille précisant, pour chaque paramètre influençant l'effet d'ICU :

- **les qualités à conserver** (contribuant à un effet d'îlot de fraîcheur) ;
- **les éléments à corriger** (contribuant à un effet d'îlot de chaleur).

Cette grille est par ailleurs illustrée à l'aide de planches graphiques, synthétisant sous forme de photos et schémas, les qualités à préserver d'une part, et les éléments à corriger d'autre part.

Étape 2 : formulation de recommandations

L'analyse morphologique qualitative permet de conclure à la formulation de recommandations génériques pour consolider les qualités identifiées et corriger les éléments défavorables au microclimat.

Les leviers d'actions ainsi identifiés s'appuient notamment sur les fiches actions réalisées par ECIC et l'ACMG dans le cadre de l'étude de diagnostic des ICU et

des IFU sur le territoire de Bordeaux Métropole, mais aussi sur des solutions proposées dans des guides figurant dans la bibliographie.

Ces recommandations sont synthétisées :

- sous forme d'**une grille** organisée selon les différents paramètres influençant l'effet d'ICU ;
- au sein d'**une planche graphique**, pouvant notamment servir de référence aux instructeurs des autorisations d'urbanisme dans l'analyse des projets qui leur sont proposés par les pétitionnaires.

Étape 3 : traduction réglementaire

Lorsqu'elles le permettent, les recommandations sont, *in fine*, traduites en propositions d'écriture réglementaire en vue d'une éventuelle intégration au sein d'une future révision du PLU 3.1 de Bordeaux Métropole. Ces traductions réglementaires s'appliquent alors potentiellement à l'ensemble des zonages constitutifs de la famille considérée.

Ce travail fait l'objet de la dernière partie du rapport.

Pour 2018, seules les familles « Tissu pavillonnaire compact » et « Immeubles de rapport » ont pu faire l'objet d'une analyse micro-territoriale.

5.3 | Analyse de la famille « Tissu pavillonnaire compact »

5.3.1 | Choix du site test

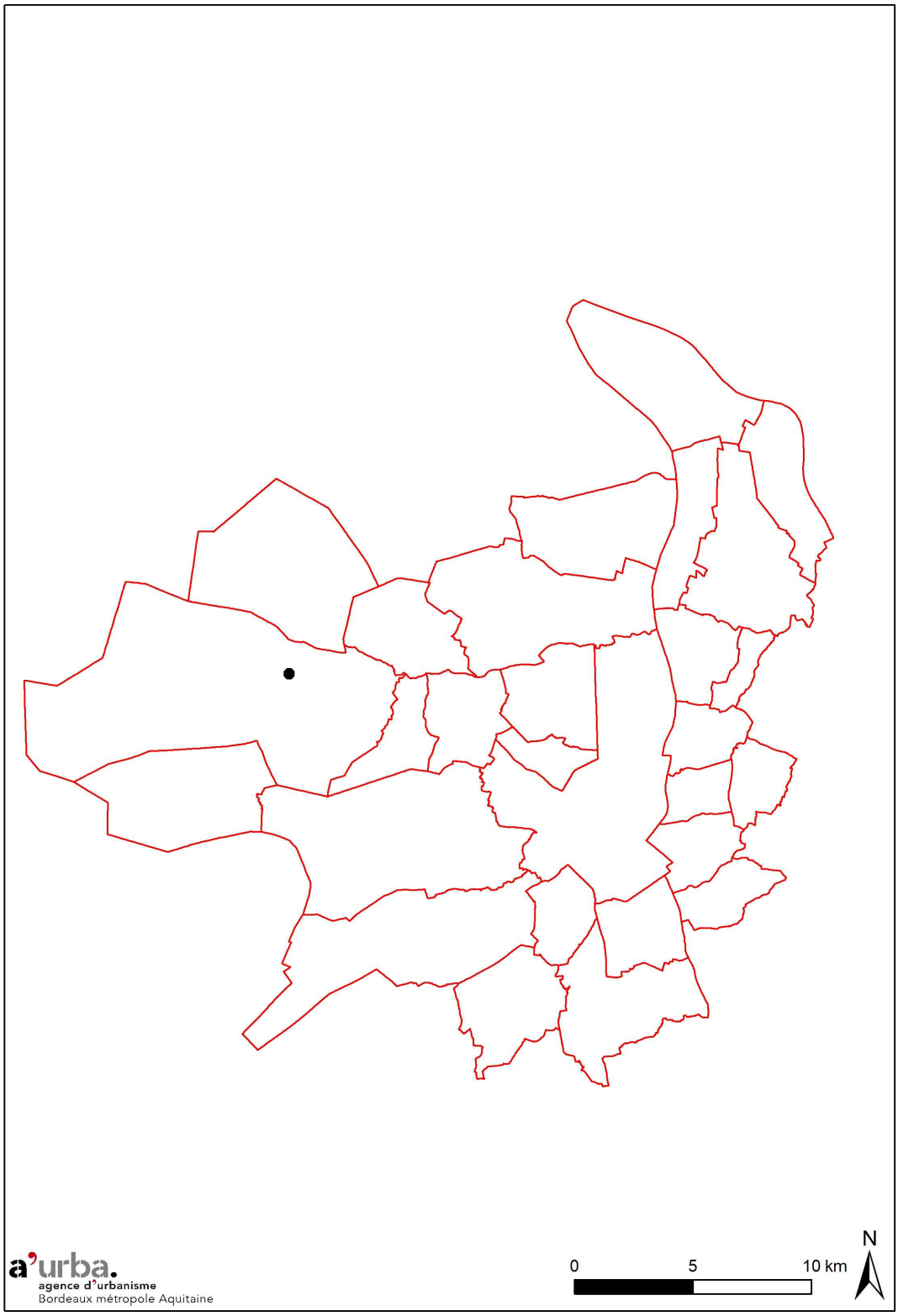
Le secteur retenu comme site-test pour le tissu pavillonnaire compact est un vaste îlot situé en limite du quartier Hastignan, sur la commune de Saint-Médard-en-Jalles, à l'ouest de l'agglomération.

Ce secteur est représentatif de ce type de tissu, au regard de la hauteur des constructions (RDC, ponctuellement à R+1), de la morphologie des parcelles et de la présence de bandes d'accès.

Il est bordé par des voies de desserte locale et par un axe de transit Nord-Sud important, la RD 211.

En outre, il fait partie des tissus pavillonnaires de la métropole où l'on observe un vieillissement de la population et sur lesquels l'agence conduit parallèlement une réflexion sur les « zones blanches » en matière de commerces, services et équipements de proximité. Les personnes âgées constituant une population particulièrement sensible aux canicules, il a paru opportun de retenir ce site au regard de cette caractéristique sociologique.

Plan de situation du site test « Tissus pavillonnaires compacts » à Saint-Médard-en-Jalles



Périmètre du site test « Tissus pavillonnaires compacts » à Saint-Médard-en-Jalles

Source: Orthophoto plan 2016 de Bordeaux métropole

5.3.2 |Analyse morphologique

Matériaux
Tout d'abord, il est à noter que les espaces publics, notamment les trottoirs, sont composés, pour partie, de matériaux ayant une bonne incidence sur la diminution des températures tels que des revêtements « stabilisés » de couleur beige doré et gris clair ainsi que, sur certaines portions, un mélange de végétation au stade herbacé avec de la terre nue et des pierres concassées. Il s'agit donc de revêtements à conserver du fait d'un faible albédo, d'une bonne perméabilité ainsi que d'une inertie thermique faible. Il conviendra cependant de veiller à ce que leur aspect général n'entrave pas la pratique de la marche à pied pour des personnes âgées déficientes du point de vue moteur.

A contrario, le recours à des matériaux sombres et imperméables peut s'observer sur la chaussée et les pistes cyclables. On trouve ainsi des matériaux qui ont une mauvaise incidence sur les températures comme le béton bitumineux noir ou des asphaltes gris, du fait de leur inertie thermique élevée, de leur imperméabilité et de leur teinte souvent foncée.

Sur les parcelles privées, une part importante des espaces libres est recouverte de gazon et de mélanges de terre-pierre et de stabilisé clair, notamment sur certaines voiries internes. Cependant, on peut remarquer qu'il existe des voiries internes, des aires de stationnement privées et des espaces libres très minéraux de couleur foncée, formant ainsi de grandes surfaces imperméabilisées. Ces revêtements participent grandement à l'échauffement des surfaces au sol.

Concernant les bâtiments, et notamment les habitations, on peut noter que certaines constructions neuves ont eu recours à des tuiles de couleur foncée, ce qui confère à certaines toitures un albédo élevé. De manière moins notable, on peut noter la présence de murets en aggloméré béton et de murs en briques, ces éléments étant peu recommandables pour limiter le réchauffement de l'air ambiant extérieur.

Forme urbaine
La forme urbaine de ce tissu pavillonnaire compact constitue, pour sa part, un atout climatique. En effet, les maisons pavillonnaires étant majoritairement de plain-pied ou ponctuellement à R+1, la chaleur accumulée la journée peut s'évacuer facilement pendant la nuit, contrairement à d'autres tissus urbains plus denses.

Morphologiquement, le site d'étude semble se rapprocher du modèle de tissu urbain espacé peu dense « LCZ Sparsely built » de la typologie LCZ (cf. partie 3.1), ce qui peut amener à penser que ce type de tissu est plutôt efficace dans la lutte contre la surchauffe urbaine. Cependant, les espaces libres du site d'étude semblent avoir tendance à se réduire du fait de la division de certaines parcelles et les voies d'accès privées sont, pour une large partie, goudronnées, ce qui invite à nuancer cette analyse.

Concernant l'ombrage créé par certains éléments urbains ou naturels, on peut observer la présence de débords de toiture et de terrasses couvertes sur certaines habitations. Au contraire, les façades Ouest ou Sud-Ouest de ces habitations sont souvent peu protégées (absence de végétation procurant de l'ombre) ou mal isolées.

Végétation
Les paramètres relevant du végétal sont plutôt favorables sur le site d'étude puisqu'une couverture arborée importante est située au centre de l'îlot, assurant ainsi une fonction d'îlot de fraîcheur. Le lierre grimpant recouvrant certains murets et clôtures en limite de parcelles et les alignements d'arbres le long de la chaussée dans l'espace public constituent eux aussi des éléments à valoriser et à préserver sur ce type de tissu.

Dégagements de chaleur anthropiques
Au niveau des dégagements de chaleur d'origine humaine, il ne semble pas y avoir - ou très peu - de systèmes de climatisation. En revanche, le site est bordé, au Nord et à l'Ouest, par des axes routiers très fréquentés, comme le confirme leur classement en catégorie 1 et 3 au « Réseau hiérarchisé de voirie » de Bordeaux Métropole.

Présence de l'eau
Enfin, bien qu'une continuité écologique liée à l'eau (identifiée au PLU 3.1 de Bordeaux Métropole) soit observable sur une partie de l'îlot, il n'existe pas d'ouvrage ou d'aménagement permettant le ruissellement ou la rétention extérieure des eaux de pluie tels que des noues paysagères ou des jardins de pluie. Les eaux pluviales semblent ainsi directement rejetées dans les réseaux souterrains. Le rôle de l'eau dans sa fonction thermorégulatrice pourrait être valorisé du fait de la proximité de l'îlot avec le réseau hydrographique de la jalle de Saint-Médard.

La présence de piscine sur certaines parcelles a l'inconvénient d'imperméabiliser les sols mais offre le double avantage d'une absorption de calories par évaporation et d'un confort d'usage pour les occupants de la parcelle.

Un tableau analysant de manière plus détaillée les caractéristiques du site au regard des différents paramètres impactant l'effet d'ICU est disponible à l'annexe 3.

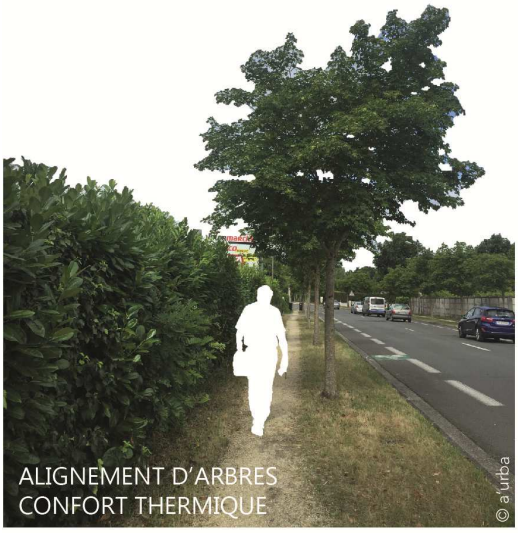
Les deux planches graphiques ci-après illustrent, de façon synthétique, les éléments urbains qui influent, de manière positive ou négative, sur la formation du phénomène d'ICU à l'échelle du site d'étude.

Analyse de l'existant

Qualités à préserver sur la zone d'étude

© a'urba, Guide de conception des espaces publics, cahier n°8, Bordeaux Métropole-a'urba

© a'urba



© a'urba

© a'urba

COUVERTURE VÉGETALE DENSE

LIERRE GRIMPANT RAFRAÎCHISSANT

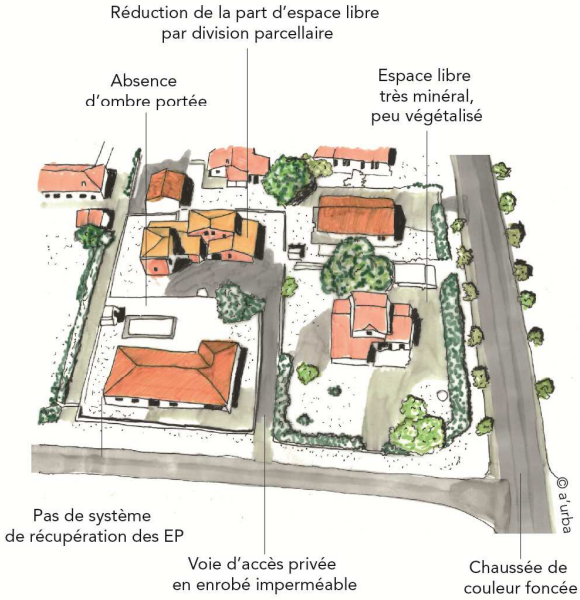
© a'urba

© a'urba

AVANT-TOIT

Analyse de l'existant
Éléments à corriger sur la zone d'étude

© a'urba



© a'urba

© a'urba

UNE MAUVAISE INCIDENCE THERMIQUE
DES MATÉRIAUX ET DES REVÊTEMENTS AU SOL

© a'urba

© a'urba

5.3.3 |Recommandations

Les analyses conduites à la partie précédente ont permis d'élaborer des recommandations pour améliorer le « confort climatique » sur des tissus de type pavillonnaire compact. Elles sont présentées dans le tableau qui suit, organisé selon les grands paramètres urbains impactant l'effet d'ICU.

Ce tableau est complété par un schéma de synthèse, qui rassemble les principales recommandations pour l'espace public et les espaces privés (bâti et espaces libres).

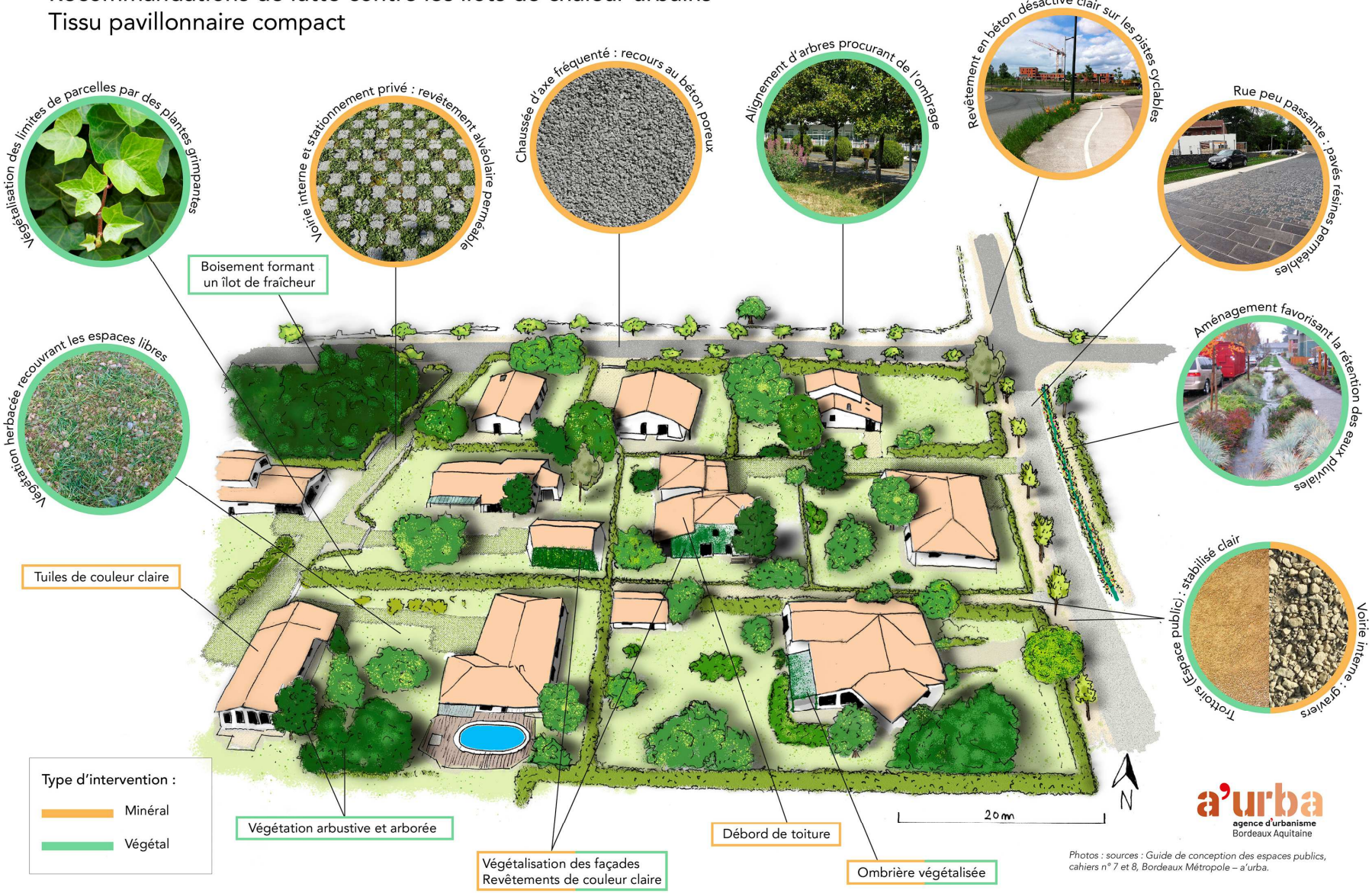
Il convient, à ce stade, de préciser que les recommandations ici formulées concernent des tissus à mutabilité faible. En effet, les règles des zonages constitutifs de la famille « Tissus pavillonnaires compacts » autorisent une évolutivité modérée des parcelles (densification par surélévation ou extension du bâti existant). **Ainsi, les recommandations ici formulées ne sont pas en contradiction avec cette dynamique. Des difficultés peuvent néanmoins se poser quant à la préservation des qualités de fraicheur en cas de division parcellaire** (imperméabilisation des sols, disparition du végétal présent sur la parcelle…). Un travail spécifique sera donc conduit, dans un second par temps, par l'agence pour étudier les conditions d'une division parcellaire permettant de préserver, voire de renforcer, les qualités climatiques du tissu urbain impacté.

Recommandations pour le site d'étude de Saint-Médard-en-Jalles (tissu pavillonnaire compact)

Matériaux urbains	**Espace public**	
	1	Éviter le recours aux asphaltes gris et aux matériaux de couleur sombre sur la chaussée de rues peu empruntées ainsi que sur les trottoirs et les pistes cyclables au sein des tissus pavillonnaires.
	2	Encourager l'utilisation de matériaux clairs et perméables sur la chaussée : Le béton poreux et/ou clair peut constituer aussi une autre solution à l'utilisation de matériaux de couleur sombre, tout en ayant une résistance à des flux routiers plus importants (rues, avenues, cours). Les emprises de voirie étant parfois impossibles à réduire, l'utilisation d'enrobés clairs dans les rénovations de chaussée, ou la mise en peinture des enrobés existants, peuvent permettre d'amoindrir leur effet (prépondérant dans la formation des ICU). L'utilisation de pavés perméables peut être une alternative aux asphaltes de couleur sombre pour les ruelles peu passantes.
	3	Consolider l'usage de stabilisé de couleur claire (beige doré et gris clair) et de mélanges terre-pierre (graviers)-végétation herbacée pour les trottoirs.
	4	Recourir à des matériaux alternatifs comme le béton désactivé pour les pistes cyclables.
	Espace privé	
	5	Limiter l'utilisation ou la présence de béton bitumineux foncé et rouge brun, de pavés bétons foncés et d'asphalte gris foncé et plus généralement de matériaux imperméables et de couleur sombre dans l'espace privé : en particulier pour les parkings (clinique vétérinaire sur le site d'étude notamment) et autres espaces dédiés au stationnement ainsi que pour les voiries internes.
	6	Encourager l'utilisation de revêtements alvéolaires engazonnés (béton avec garnissage végétal), de pavés perméables ou de pierres concassées en bandes de roulement pour les voiries internes et pour les espaces affectés au stationnement. Ces espaces, ayant en général une fréquentation faible à moyenne de voitures et un usage piétonnier, le recours à ce type de revêtement peut être pertinent. Si cela n'est pas possible (parkings de commerces et services formant d'importantes surfaces imperméabilisées), se reporter à la recommandation n°18.
	7	Renforcer la part de terre pleine, de sol nu et de surfaces engazonnées (végétation herbacée) sur les espaces libres des parcelles privées.
	Façades verticales	
	8	Limiter le recours à des matériaux sombres ou à mauvaise incidence sur la température pour la construction de murets en limite de parcelles et pour les revêtements de façade (notamment les bardages accompagnant l'isolation par l'extérieur lors de la rénovation énergétique des constructions).
	9	Encourager l'utilisation de peintures et de revêtements de couleur claire sur les surfaces verticales du bâti ainsi que sur les murets, notamment ceux en limite de parcelle.
	Toitures	
	10	Limiter l'installation de tuiles en terre cuite de couleur foncée (pourpre foncé, brun-rouge) sur les toitures du bâti des parcelles privées. Privilégier l'utilisation de tuiles de couleur claire.

Forme urbaine	11	Consolider la forme urbaine existante avec des maisons pavillonnaires de hauteur homogène afin de permettre une évacuation de la chaleur la nuit.
	12	Conserver une part (% à définir) d'espace libre importante (idéalement occupée par une couverture végétale importante et par des matériaux clairs et perméables).
	13	Privilégier une implantation du bâti sur la partie ouest de la parcelle afin de créer un ombrage efficace en fin de journée pendant les périodes estivales.
	14	Consolider et encourager la construction de débords de toits, de pare-soleil et d'ombrières végétalisées pour les ouvertures et les façades des bâtiments orientés Sud et Sud-Ouest, dans une logique de procurer de l'ombrage aux habitants.
Surface végétalisée	15	Pérenniser l'accès à un îlot de fraîcheur « refuge » et sensibiliser les habitants (notamment les populations vulnérables) à la proximité de ces espaces de nature avec les habitations (dans un rayon de moins de 500 m).
	16	Conforter et développer la présence d'arbres, d'arbustes et d'une végétation isolée (en bosquet ou en alignement) en limite ou à proximité de surfaces dont les matériaux ont une mauvaise incidence sur la diminution des températures (asphalte et béton bitumineux de la chaussée et des pistes cyclables par exemple) et planter les trottoirs des voies les plus pratiquées par les piétons.
	17	Pérenniser la présence d'arbres au-dessus ou à proximité de surfaces minérales imperméabilisées importantes telles que des parkings, afin d'apporter un confort thermique aux usagers et de limiter l'échauffement de ces matériaux par l'ombre portée naturelle.
	18	Assurer le maintien d'arbres à feuillage caduc de première et deuxième grandeur en façade et devant les murs les plus ensoleillés (orientés Sud et Sud-Ouest).
	19	Encourager la plantation et le maintien d'arbres de première, de seconde et de troisième grandeur (Cf. p.18) sur les espaces libres des parcelles privées afin de préserver et de densifier la couverture arborée déjà existante dans ces tissus. Inciter notamment les habitants à végétaliser les clôtures et les treillis par l'utilisation de plantes grimpantes (lierre) ou par une végétation arbustive afin de délimiter les parcelles et les jardins des habitations. L'élaboration d'un coefficient de biotope (variant selon les familles de tissus urbains) peut permettre d'encourager les habitants à valoriser et à accroître la part du végétal existant sur leurs parcelles.
	20	Assurer la pérennité, le bon développement et la valorisation d'une végétation bordant les cours d'eau (ripisylve, végétation rivulaire) ou de noues paysagères le long d'axes routiers importants, en y associant des itinéraires de marche à pied (déplacement doux) le long de ces micro trames vertes et bleues et autres corridors écologiques. Sur certains tronçons, rendre accessibles les berges et la ripisylve qui les composent permettrait de valoriser ces espaces tout en apportant de la fraîcheur aux usagers.
Chaleur anthro-pique	21	Limiter le trafic routier sur les axes les plus fréquentés.
	22	Limiter le recours à des systèmes de climatisation afin d'éviter le rejet d'air chaud dans l'air ambiant extérieur.
Surface en eau	23	Reconquérir des sections de cours d'eau busés, en les rouvrant et en les renaturant notamment le long des voies de circulation, afin de rafraîchir l'air ambiant et d'améliorer le confort thermique des habitants.
	24	Préférer des aménagements favorisant la rétention d'eau (jardin de pluie, noue paysagère, bassin de rétention) à des bordures minérales imperméables canalisant directement les eaux pluviales et de ruissellement. Concernant les espaces libres des parcelles privées, une mise à disposition de récupérateurs d'eau de pluie peut encourager et sensibiliser les habitants aux services thermiques de l'eau et leur permettre de réduire le coût d'entretien du patrimoine végétal de leur parcelle.

Recommandations de lutte contre les îlots de chaleur urbains
Tissu pavillonnaire compact



Photos : sources : Guide de conception des espaces publics, cahiers n° 7 et 8, Bordeaux Métropole – a'urba.

5.4 | Analyse de la famille « Immeubles de rapport »

5.4.1 |Choix du site test

Le secteur retenu comme site test pour le tissu d'immeubles de rapport se situe à Bordeaux, de part et d'autre de la rue Fondaudège, dans la partie basse de la rue (Cf. Plan de situation et périmètre d'étude pages suivantes). Caractéristique du tissu d'immeubles anciens du centre de Bordeaux (immeubles en pierre de taille à R+2 à R+4), il intègre des espaces publics intéressants du point de vue climatique :

- la place Tourny au sud-est (en cours de travaux) ;
- la place du champ de mars, en frange du jardin public (actuellement utilisé comme parking) ;
- la place Charles Gruet au croisement de la rue Fondaudège et de la rue Lafaurie Monbadon, plantée d'arbres de grand gabarit.

Il présente également une diversité de voies, du large cours de Verdun (orientée N/S) aux plus ruelles plus étroites et d'orientations variées.

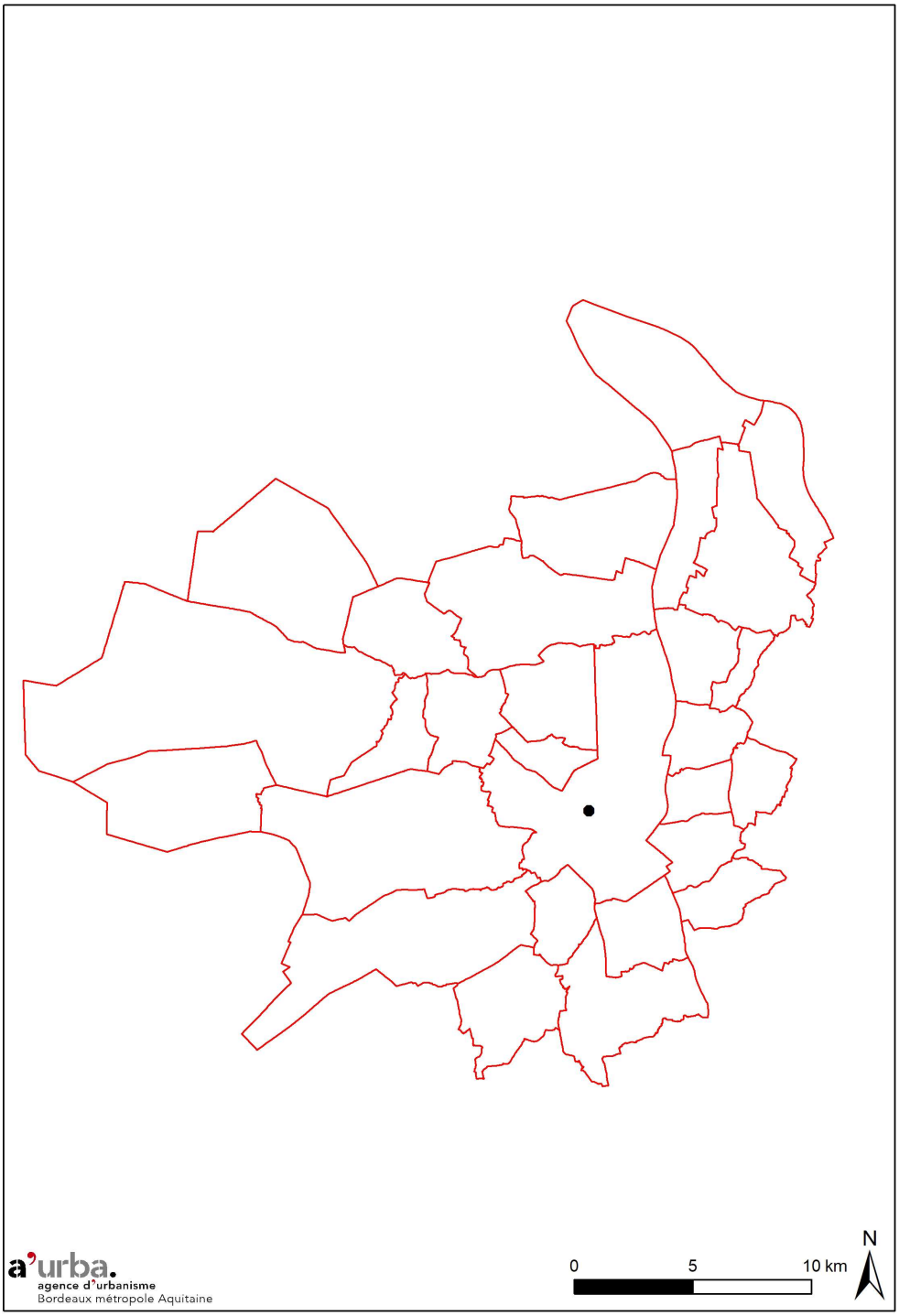
5.4.2 |Analyse morphologique

Matériaux

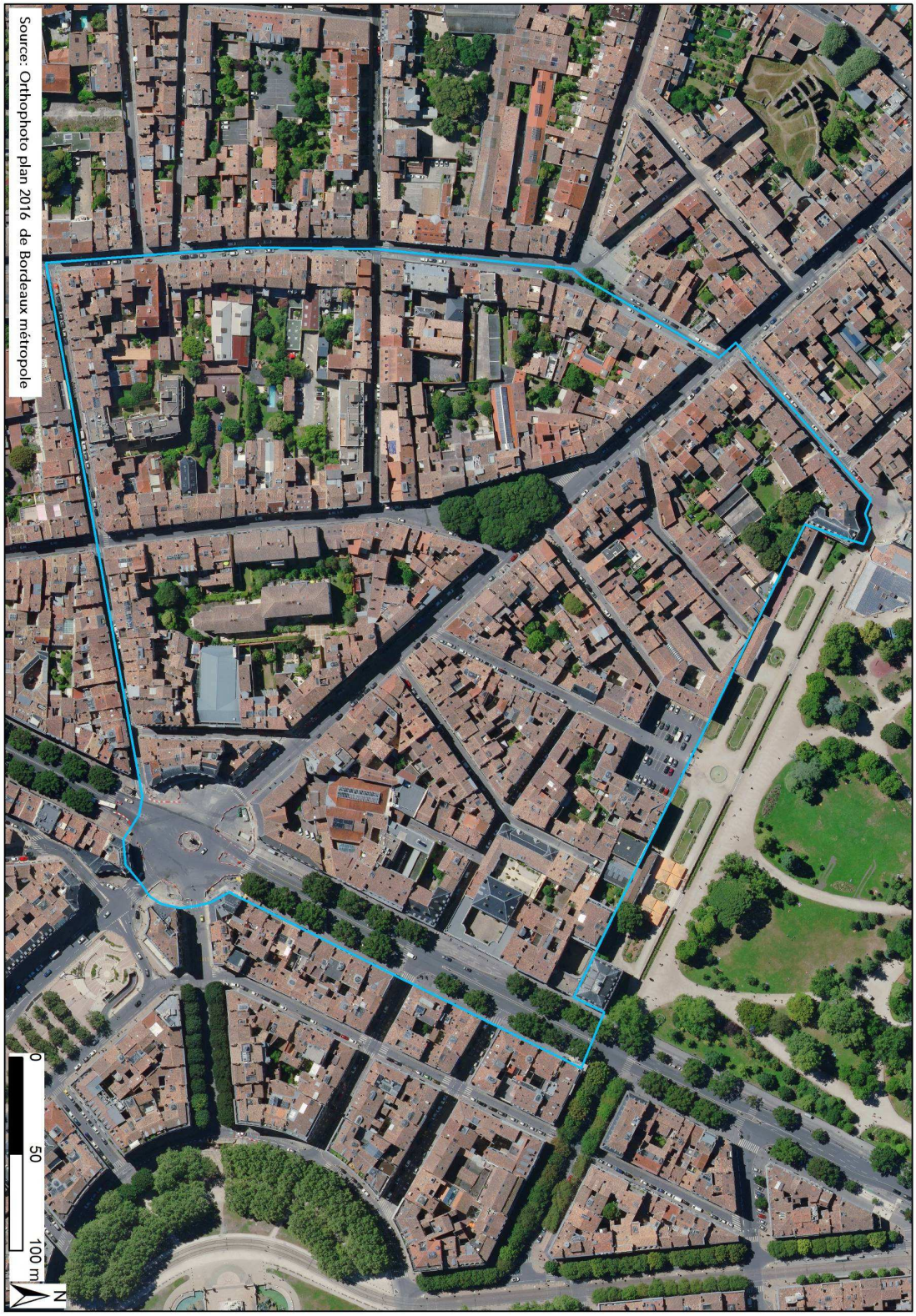
Les matériaux employés dans l'espace montrent une grande diversité, conduisant à des effets tantôt bénéfiques (cales en calcaire sur le trottoir par exemple), tantôt défavorables (enrobés et asphaltes de couleur foncée) sur le microclimat local.
Les revêtements sont globalement imperméables, à l'exception d'espace enherbés en cœur d'îlots et de pavage non jointif dans l'espace public. La pierre de taille des immeubles peut avoir des effets très contrasté sur les températures selon qu'elle est ravalée ou non[10].

[10] Des écarts de 15 °C ont ainsi pu être observés entre les deux configurations lors de mesures effectuées par le bureau d'études ECIC pour Bordeaux Métropole.

Plan de situation du site test « Immeubles de rapport » à Bordeaux



Périmètre du site test « Immeubles de rapport » à Bordeaux



Source: Orthophoto plan 2016 de Bordeaux métropole

Forme urbaine
La complexité du réseau viaire offre des situations contrastées entre de larges voies plantées et au gabarit équilibré et des rues relativement étroites davantage soumises au piégeage des rayonnements et donc à un rafraichissement nocturne plus tardif.

Végétation
Le secteur bénéficie de la présence du jardin public comme vaste îlot de fraicheur refuge, ainsi que d'espaces plantés avec de beaux sujets, offrant un ombrage important (Place Charles Gruet, cours de Verdun). Certains cœurs d'îlots accueillent également des sujets importants. En revanche, l'implantation du bâti en limite d'espace public contraint fortement les possibilités de végétaliser l'interface public/privé.

Chaleur anthropique

Les rejets de chaleur liées aux activités humaines proviennent principalement des climatiseurs (notamment climatiseurs individuels aux portes des commerces) et de la combustion thermique des moteurs, même si la requalification de la rue Fondaudège en vue d'accueillir le tramway atténuera à terme ce phénomène.

Présence de l'eau
Pas de fontaine sur l'espace public (condamnation de la fontaine (Font d'Audège) place Charles Gruet). Revêtements très imperméables (à l'exception de la place C. Gruet), perturbant le cycle naturel de l'eau.

Un tableau analysant de manière plus détaillée les caractéristiques du site au regard des différents paramètres impactant l'effet d'ICU est disponible à l'annexe 4.

Les deux planches graphiques ci-après illustrent, de façon synthétique, les éléments urbains qui influent, de manière positive ou négative, sur la formation du phénomène d'ICU à l'échelle du site d'étude.

Immeubles de rapport | Analyse de l'existant |

Qualités à préserver

Pavé d'argile « cale bordelaise »

Joints enherbés

Association pavé d'argile / pavé granit

Façade en pierre ravalée

Volets clairs

Fraicheur d'un passage sous porche

Matériaux clairs et végétalisation dans les cœurs d'îlots

Ombrage apporté par le végétal sur l'espace public

Plantations denses en limite public/privé

Immeubles de rapport | Analyse de l'existant |

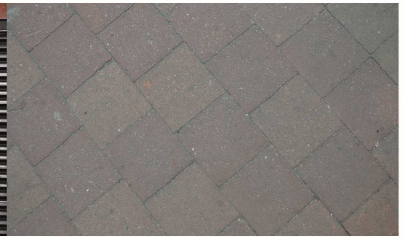
Éléments à corriger

Enrobé bitunimeux noir

Asphalte noir

Façade non ravalée

Pavé ciment foncé

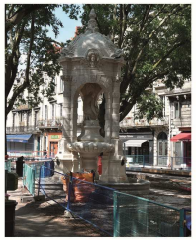


Gabarit de voie contribuant au « piégeage radiatif »

Soupirail condamné et utilisé pour la climatisation

Rejets de chaleur dans la rue

Fontaine condamnée



Surfaces imperméables – absence de plantations

5.4.3 |Recommandations

Les analyses conduites à la partie précédente ont permis d'élaborer des recommandations pour améliorer le « confort climatique » sur des tissus de type « immeubles de rapport ». Elles sont présentées dans le tableau qui suit, organisé selon les grands paramètres urbains impactant l'effet d'ICU.

Ce tableau est complété par un schéma de synthèse, qui rassemble les principales recommandations pour l'espace public et les espaces privés (bâti et espaces libres).

Recommandations pour le tissu « Immeubles de rapport »

Matériaux urbains	**Espace public**	
	1	Limiter le recours à des revêtements imperméables aux teintes foncées (tels que le béton bitumineux noir) sur la chaussée de voies peu empruntées, sur les places publiques et sur les parkings à ciel ouvert. Préférer l'utilisation de matériaux aux teintes beiges ou gris clairs (tels que les pavés en grès beige naturel et les bétons désactivés ou balayés beige ou gris clair) pour ce type d'espaces.
	2	Privilégier, sur les trottoirs, l'utilisation de matériaux aux teintes claires et dont les joints peuvent être perméables pour laisser passer une végétation interstitielle spontanée (type pavé d'argile « cale bordelaise ») ou les matériaux clairs et lisses (type dalle calcaire). Eviter le recours aux asphaltes gris foncé et aux autres matériaux (granit, béton) aux teintes foncées sur ce type d'espace.
	Espace privé	
	3	Limiter le recours à des revêtements imperméables de couleur foncée (noir, gris foncé, rouge brun) sur les voiries internes, les espaces affectés au stationnement dans les cœurs d'îlots. Encourager l'utilisation de matériaux aux joints enherbés (pavés, dalles, modules alvéolaires) aux teintes claires (beige, beige doré, gris clair) pour ce type d'espace.
	4	Préférer des surfaces engazonnées à des surfaces minérales et renforcer la part de terre pleine sur les espaces libres des cœurs d'îlots.
	Surfaces verticales	
	5	Encourager le ravalement des façades en pierre noircies par la pollution.
	6	Encourager l'utilisation de revêtements et de peintures de couleur claire sur les surfaces verticales du bâti, notamment sur les volets.
	Toitures	
	7	Limiter l'utilisation de tuiles en terre cuite de couleur foncée (pourpre foncé, brun-rouge) sur les toitures des bâtiments publics ou privés. Privilégier l'utilisation de tuiles de couleur claire.
	8	Renforcer l'isolation des toitures et brisis en zinc ou en ardoise.

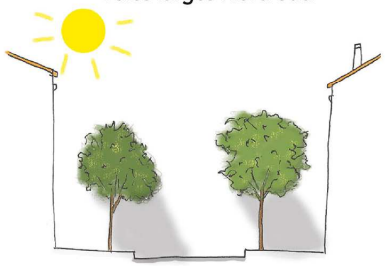
Forme urbaine	9	Envisager, lors de projets neufs, un retrait des façades afin, d'une part, de créer une dissymétrie pour mieux faire circuler l'air et, d'autre part, de créer une « double peau » végétalisée.
	10	Si un élargissement des trottoirs est envisagé, préférer un élargissement du trottoir Sud pour une voie moyenne à large orientée Est-Ouest. Cette mesure peut être complétée par la recommandation n°18.
	11	Encourager l'installation de mobilier urbain apportant de l'ombre et de la fraîcheur sur les places très minérales ou les trottoirs exposés à une insolation intense durant la journée.
	12	Préserver la part existante d'espace libre au sein des cœurs d'îlots.
	13	Encourager l'installation de pare-soleil de couleur claire sur les trottoirs de commerces exposés à une orientation Sud ou Sud-Ouest.
	14	Valoriser la fraîcheur des sous-sols des caves d'immeubles en préservant la perméabilité de l'air des soupiraux (ventilation nocturne).
Surface végétalisée	15	Pérenniser l'accès à un îlot de fraîcheur « refuge » (jardin public, place plantée) et sensibiliser les habitants (notamment les populations sensibles et les usagers du quartier) à la proximité de ces espaces de nature.
	16	Encourager la plantation et le maintien d'arbres d'alignement de première et de seconde grandeur à feuillage dense et caduc sur les voies moyennes et larges orientées Est-Ouest, en traitant en priorité les trottoirs Nord de ces voies afin de limiter l'insolation du sol et des surfaces verticales et d'améliorer le confort thermique des habitants. Lorsque cela est possible, planter des arbres d'alignement de première et de seconde grandeur à feuillage dense et caduc sur les deux côtés des voies larges orientées Nord-Sud.
	17	Préserver la couverture arborée déjà satisfaisante de certaines places publiques et améliorer celle de places et placettes très minérales de manière ciblée, en particulier sur les extrémités les plus exposées (orientées Sud et Sud-Ouest) et sur les espaces recevant du mobilier urbain (bancs…).
	18	Lorsqu'il existe une bande de retrait du bâti par rapport à la rue, encourager le développement d'essences végétales autres qu'au stade herbacé.
	19	Consolider et encourager la végétalisation des balcons donnant sur la rue, en particulier ceux ayant une exposition Sud ou Sud-Ouest. Cela peut notamment passer par le recours à des plantes grimpantes comme le lierre.
	20	Préserver et densifier l'emprise végétale des cœurs d'îlots en développant la strate arborée de ces derniers, notamment à proximité ou au-dessus des espaces dédiés au stationnement, afin de limiter l'échauffement de ces espaces par l'ombre portée naturelle.
Chaleur anthropique	21	Limiter le recours à des systèmes de climatisation afin d'éviter le rejet d'air chaud dans l'espace public.
	22	Limiter le trafic routier sur les axes les plus fréquentés et réduire les espaces dédiés au stationnement (ou les planter pour apporter une ombre aux véhicules stationnés)
Surface en eau	23	Préserver et encourager l'installation de brumisateurs, plans d'eau, fontaines et de jeux d'eau sur les places, notamment sur celles étant très minérales.
	24	Préférer des revêtements perméables, avec notamment des joints enherbés ou remplis de granulats, afin de permettre une infiltration de l'eau dans la sous-couche de sable. Lorsqu'il s'agit de matériaux minéraux, préférer des pavés à des dalles, ces dernières, par leurs joints plus petits, offrant une infiltration moindre de l'eau.

Recommandations de lutte contre les îlots de chaleur urbains
Tissu immeubles de rapport

Espaces publics

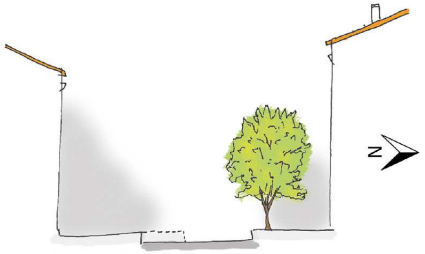
Matériaux

Voies larges Nord-Sud



Planter sur les deux trottoirs

Voies Est-Ouest



Elargir le trottoir exposé Sud

et/ou

Planter le trottoir exposé Nord

Cœurs d'îlots

Matériaux

Préserver et densifier l'emprise végétale
Développer la strate arborée
au-dessus des surfaces minérales échauffées

Places

Préserver la couverture arborée existante
Préserver les points d'eau

Traitement des façades

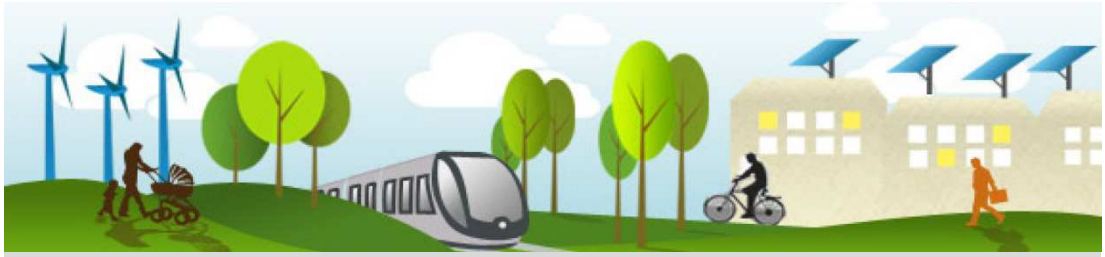
Ravalement des façades

Perméabilité des bouches d'aération des caves

Stores et volets clairs des commerces/habitations

Balcons végétalisés

Plantations des retraits d'alignement



6 | Propositions de traduction dans le PLU 3.1 de Bordeaux Métropole

6 | Propositions de traduction dans le PLU 3.1 de Bordeaux Métropole

6.1 | Le PLU : un outil réglementaire efficace pour diminuer l'effet d'ICU dans la fabrique de la ville

L'échelle communale et intercommunale est pertinente pour lutter contre la surchauffe urbaine, notamment à travers les compétences qui relèvent des communes et des intercommunalités (urbanisme, transport et environnement). Ces collectivités possèdent des outils (urbanisme réglementaire, aménagement, gestion des espaces publics, campagnes de communication ou de sensibilisation…) qui peuvent être pertinents dans la lutte contre les îlots de chaleur.

En matière d'urbanisme, le Plan local d'urbanisme (PLU) constitue un levier intéressant dans la lutte contre les ICU, à travers la mobilisation des différentes pièces constitutives de ce document.

Le rapport de présentation peut, dans l'état initial de l'environnement et le diagnostic, mettre en évidence les données locales sur le climat ainsi qu'une cartographie des îlots de chaleur lorsqu'elle est disponible. Dans le cas de Bordeaux Métropole, l'ensemble des analyses conduites sur le niveau de risque à l'échelle de l'EPCI (partie 5 du rapport) pourra utilement compléter le diagnostic du PLU à l'occasion d'une future révision.

Le projet d'aménagement et de développement durable (PADD) peut faire de la lutte contre les ICU un enjeu stratégique pour le parti d'aménagement général qui sera retenu pour le territoire concerné, et, plus finement, dans les choix d'aménagement de secteurs urbanisés ou à urbaniser.

Le règlement (pièces écrites et pièces graphiques) est le lieu privilégié d'action sur l'aménagement des parcelles (qu'elles soient de domanialité privée ou publique). Il offre un large spectre de leviers pour atténuer l'effet d'ICU à cette échelle, en définissant des prescriptions ou des recommandations sur bon nombre des paramètres influençant le phénomène de surchauffe urbaine.

Les orientations d'aménagement et de programmation (OAP) sectorielles peuvent « Porter sur des quartiers ou des secteurs à mettre en valeur, réhabiliter, restructurer ou aménager » (Art. L. 151-7 du Code de l'urbanisme). Ces OAP peuvent, contrairement au règlement, fixer des orientations concernant l'aménagement des espaces publics et la composition d'ensemble du secteur. Elles

peuvent aussi compléter le règlement sur des principes d'aménagement à la parcelle.

Les dispositions relatives à l'environnement et aux continuités écologiques, aux paysages et au patrimoine permettent de mettre en valeur et de protéger des éléments remarquables du point écologique, paysager ou patrimonial. Elles figurent sur les plans de zonage.

Enfin, **les annexes** peuvent utilement compléter les dispositions opposables, à deux niveaux :

- en proposant, à titre incitatif, un nuancier sur certains secteurs à enjeu. Un tel document doit naturellement croiser de multiples enjeux tels que l'intégration paysagère, l'approche sensible de l'espace et la lutte contre les ICU ;
- en mettant à disposition du public et des acteurs locaux des préconisations techniques, notamment sur l'adéquation des essences végétales avec les enjeux du climat local (précisions sur leur comportement thermique et leur capacité de régulation du microclimat : capacités d'évapotranspiration, stress hydrique, les différents types de feuillage adaptés au confort d'été et/ou d'hiver…).

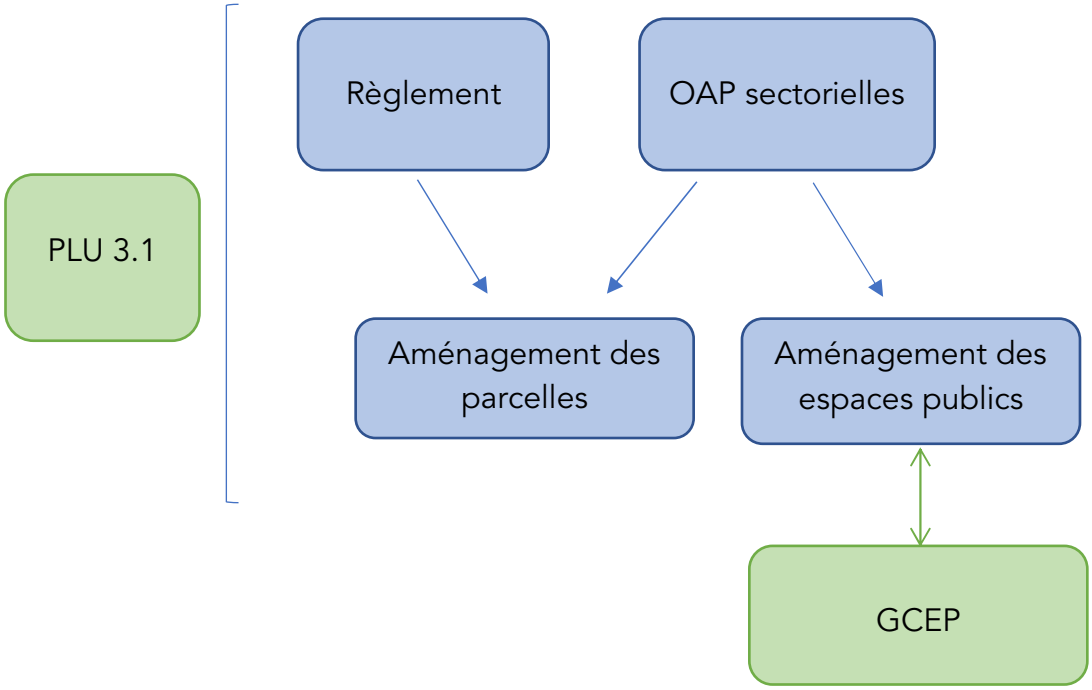
Dans la suite de l'étude, les propositions se sont concentrées sur les pièces opposables, règlement et OAP sectorielles.

6.2 | Méthodologie de formulation des traductions réglementaires

En matière de traduction réglementaire, des propositions ont été élaborées, pour chacune des familles faisant l'objet d'une étude de secteur :

- des propositions de rédaction du **règlement écrit**, qui s'appliquent à l'ensemble des règlements des zones constituant ladite famille ;
- des propositions de rédaction génériques pour des **OAP sectorielles**, qui pourront s'appliquer, soit à des zones AU correspondant à la morphologie de la famille traitée, soit à des zones existantes de cette famille et faisant l'objet d'un projet global de requalification urbaine. Ici, les orientations porteront :
    - soit sur **l'aménagement des parcelles**, en complément du règlement écrit (par ex. orientations en matière d'implantation ou d'orientation du bâti sur la parcelle),
    - soit sur **l'aménagement des espaces publics et des espaces verts**. Les orientations formulées sur l'aménagement des espaces publics s'inspirent pour partie du « Guide de conception des espaces publics », qu'elles pourront également enrichir le cas échéant,
- plus ponctuellement, des propositions relatives aux **dispositions relatives à l'environnement et aux continuités écologiques, aux paysages et au patrimoine** (prescriptions paysagères).

Soit le schéma suivant :



Pour la formulation des traductions réglementaires, on citera, comme source documentaire intéressante, les fiches méthodologiques « Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme » élaborées dans le cadre du projet de recherche ANR-MApUCE :

- fiche outil : Règlement du PLU(i)[11] ;
- fiche outil : PLU(i) Orientations d'aménagement et de programmation[12].

[11] Marie-Laure Lambert, Coralie Demazeux, Gallafrio Manon. Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme – Règlement du PLU(i). 2016.
https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01354285

[12] Marie-Laure Lambert, Coralie Demazeux, Manon Gallafrio. Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme – PLU(i) – Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP). 2016.
https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01354288

6.3 | Propositions pour la famille « Tissu pavillonnaire compact »

L'annexe 5 détaille, pour chaque recommandation formulée à la partie 5.3.3, les propositions de traduction réglementaire, quand celles-ci sont possibles.

Ces propositions ont été regroupées ci-après, pour celles relevant du règlement d'une part, puis pour celles pouvant relever d'une OAP d'autre part.

6.3.1 | Propositions relevant du règlement

Elles s'appliquent potentiellement à l'ensemble des zonages constitutifs de la famille « Tissu pavillonnaire compact », soit les zones UM16, UM22, UM32, UM35, UM36, UM39, UP10, UP11, UP26.

2.4.1.1. Aspect extérieur des constructions (Dispositions générales : toitures)

Ajouter un paragraphe à caractère incitatif : « Privilégier l'utilisation de tuiles de couleur claire afin de limiter l'effet d'ICU. »

2.4.1.1. Aspect extérieur des constructions (Dispositions générales : façades)

Ajouter un complément :

– « Toutes les façades des constructions d'angle ou établies sur un terrain riverain de plusieurs voies, ainsi que les pignons de toutes les constructions doivent recevoir un traitement de qualité équivalente, en privilégiant notamment les teintes claires afin de lutter contre l'ICU. »

2.4.2.2. Clôtures nouvelles

Ajouter un complément :

– « Les dispositifs de clôture, les matériaux utilisés à cette fin, leur aspect et leur teinte doivent permettre une bonne intégration dans les séquences urbaines et paysagères, en privilégiant notamment les teintes claires afin de lutter contre l'ICU. »

2.4.4.1. Espaces affectés au stationnement, voiries, constructions semi-enterrées

Ajouter un complément :

« De façon générale, assurer la présence d'arbres au-dessus ou à proximité de surfaces minérales imperméabilisées importantes telles que des parkings, afin d'apporter un confort thermique aux usagers et de limiter l'échauffement de ces matériaux par l'ombre portée naturelle. »

Ajouter un paragraphe :

« Privilégier l'utilisation de revêtements alvéolaires engazonnés (béton avec garnissage végétal), de pavés perméables ou de pierres concassées en bandes de roulement pour les voiries internes et pour les espaces affectés au stationnement. »

2.4.4.4. Aménagement paysager et plantations

Ajouter un complément :

« Lorsqu'un arbre de moyen ou grand développement est coupé lors du projet, un sujet qui aura un gabarit équivalent à l'âge adulte doit être replanté sur le terrain, **en cherchant notamment à protéger les façades les plus ensoleillées par la plantation d'arbres à feuillage caduc**. »

Autres

Potentiellement, le PLU a la faculté d'interdire le recours à des systèmes de climatisation, au titre de l'aspect extérieur des constructions. Cf. Marie-Laure Lambert, Coralie Demazeux, Gallafrio Manon. *Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme – Règlement du PLU(i)*. 2016.

Intégrer un coefficient de végétalisation au sein du règlement des zonages concernés par cette famille, à l'instar de ce qui existe déjà au sein de certains zonages du PLU 3.1.

6.3.2 | Propositions relevant des dispositions relatives à l'environnement et aux continuités écologiques, aux paysages et au patrimoine

- Assurer la pérennité, le bon développement et la valorisation d'une végétation bordant les cours d'eau (ripisylve, végétation rivulaire) ou de noues paysagères le long d'axes routiers importants, en y associant des itinéraires de marche à pied (déplacement doux) le long de ces micro-trames vertes et bleues et autres corridors écologiques. Sur certains tronçons, rendre accessibles les berges et la ripisylve qui les composent permettrait de valoriser ces espaces tout en apportant de la fraîcheur aux usagers.

- Sous réserve de la bonne gestion du risque inondation par débordement de cours d'eau, reconquérir des sections de cours d'eau busés, en les rouvrant et en les renaturant notamment le long des voies de circulation, afin de rafraîchir l'air ambiant et d'améliorer le confort thermique des habitants.

6.3.3 |Propositions relevant d'une OAP sectorielle

- Privilégier l'usage de matériaux clairs et perméables pour la voirie (chaussée, trottoirs et pistes cyclables).

- Créer un îlot de fraîcheur refuge (square, parc …) ou renforcer le jalonnement à ses abords s'il existe déjà.

- Les arbres seront positionnés de sorte à réduire les incidences thermiques négatives des matériaux tels que l'asphalte et le béton bitumineux utilisés pour les trottoirs, la chaussée et les pistes cyclables.

- Sous réserve de compatibilité avec le Plan de déplacements urbains (POA Mobilité), limiter le trafic routier sur les axes les plus fréquentés.
- Dans les nouveaux quartiers pavillonnaires (zones AU), créer un réseau de cheminements doux, dissocié des grands axes de déplacements routiers et offrant des qualités d'ombrage et de végétalisation.

6.4 | Propositions pour la famille « Immeubles de rapport »

L'annexe 6 détaille, pour chaque recommandation formulée à la partie 5.4.3, les propositions de traduction réglementaire, quand celles-ci sont possibles.

Ces propositions ont été regroupées ci-après, pour celles relevant du règlement d'une part, puis pour celles pouvant relever d'une OAP d'autre part.

6.4.1 |Propositions relevant du règlement

UP69

2.2.1. Constructions, installations et aménagements neufs

Règlementer la pleine terre dans la bande B

Modifier Recul (R) / Bande A : « Reculs partiels des constructions autorisés sous réserve de plantations (lutte contre les îlots de chaleur urbains). »

Retrait fond parcelle (L2) : augmenter la distance minimale à respecter pour L2.

2.4.4.3. Aménagement paysager et plantations

Ajouter un paragraphe :

« Dans les marges de recul supérieures ou égales à 3 m, les plantations doivent comporter des arbustes, et, quand l'épaisseur le permet, des arbres de moyen à grand développement en privilégiant les espèces endogènes, dépolluantes et non allergènes. »

UP1 / UP2

2.2.2.1. Implantation des constructions par rapport aux voies et emprises publiques

Ajouter un complément :

« - Cas d'un terrain ayant une largeur de façade de plus de 15 m de large :

Des reculs non enclos peuvent être autorisés pour des raisons architecturales ou d'accès ou **de plantations (lutte contre les îlots de chaleur urbains)** sous de réserve de respecter les dispositions schématiques suivantes : (…) »

2.4.4.2. Aménagements dans la marge de recul

Réduire le seuil minimal de 6 m.

UP1 / UP2, UP 69

2.4.4.1 Espaces affectés au stationnement, voiries, constructions semi-enterrées

Ajouter un paragraphe :

« Limiter le recours à des revêtements imperméables de couleur foncée (noir, gris foncé, rouge brun) sur les voiries internes, les espaces affectés au stationnement dans les cœurs d'îlots. Privilégier l'utilisation de matériaux aux joints enherbés (pavés, dalles, modules alvéolaires) aux teintes claires (beige, beige doré, gris clair) pour ce type d'espace. »

2.4.1.1.2. Toitures

Ajouter un paragraphe :

« Privilégier l'utilisation de tuiles de couleur claire. »

2.4.1.1.3. Façades

Ajouter des paragraphes :

« Encourager l'utilisation de revêtements et de peintures de couleur claire sur les surfaces verticales du bâti. »

Autres

Potentiellement, le PLU a la faculté d'interdire le recours à des systèmes de climatisation, au titre de l'aspect extérieur des constructions. Cf. Marie-Laure Lambert, Coralie Demazeux, Gallafrio Manon. *Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme – Règlement du PLU(i).* 2016.

6.4.2 |Propositions relevant d'une OAP sectorielle

- Privilégier l'utilisation de matériaux aux teintes beiges ou gris clairs (tels que les pavés en grès beige naturel et les bétons désactivés ou balayés beige ou gris clair) pour la chaussée de voies peu empruntées, pour les places publiques et pour les parkings à ciel ouvert.

- Privilégier, sur les trottoirs, l'utilisation de matériaux aux teintes claires et dont les joints peuvent être perméables pour laisser passer une végétation

interstitielle spontanée (type pavé d'argile « cale bordelaise ») ou les matériaux clairs et lisses (type dalle calcaire).

- Si un élargissement des trottoirs est envisagé, préférer un élargissement du trottoir Sud pour une voie moyenne à large orientée Est-Ouest.
- Encourager l'installation de mobilier urbain apportant de l'ombre et de la fraîcheur sur les places très minérales ou les trottoirs exposés une insolation intense durant la journée.
- Encourager la plantation et le maintien d'arbres d'alignement de première et de seconde grandeur à feuillage dense et caduc sur les voies moyennes et larges orientées Est-Ouest, en traitant en priorité les trottoirs Nord de ces voies afin de limiter l'insolation du sol et des surfaces verticales et d'améliorer le confort thermique des habitants.
- Lorsque cela est possible, planter des arbres d'alignement de première et de seconde grandeur à feuillage dense et caduc sur les deux côtés des voies larges orientées Nord-Sud.
- Planter les places et placettes de manière ciblée, en particulier sur les extrémités les plus exposées (orientées sud et sud-ouest) et sur les espaces recevant du mobilier urbain (bancs…).
- Sous réserve de compatibilité avec le Plan de déplacements urbains (POA Mobilité), limiter le trafic routier sur les axes les plus fréquentés et réduire les espaces dédiés au stationnement (ou les planter pour apporter une ombre aux véhicules stationnés).
- Préserver et encourager l'installation de brumisateurs, plans d'eau, fontaines et de jeux d'eau sur les places, notamment sur celles étant très minérales.
- Préférer des revêtements perméables, avec notamment des joints enherbés ou remplis de granulats, afin de permettre une infiltration de l'eau dans la sous-couche de sable. Lorsqu'il s'agit de matériaux minéraux, préférer des pavés à des dalles, ces dernières, par leurs joints plus petits, offrant une infiltration moindre de l'eau.

7 | Bibliographie

7 | Bibliographie

Ouvrages

- Salomon, Th., Aubert C., *Fraîcheur sans clim : le guide des alternatives écologiques*, Ed. Terre Vivante, 2004. 160 p.

- 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*, Ed. Parenthèses, 2015, Marseille. 285p.

Travaux universitaires

- Besancenot J.P., « Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines », *Environnement, Risque et Santé*, vol.1, n°4, pp. 1-26.

- Champiat C., Deguen S. et Potelon J-L., Prévention des effets sanitaires des vagues de chaleur – élaboration d'une méthodologie d'identification des îlots de chaleur urbains sur le territoire du Grand Lyon – 2008. *École Des Hautes Études en Santé Publique*, 2008. 63 p.

- Colombert, M., « Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville » Thèse. *École doctorale Ville et Environnement*, Université Paris-Est, 2008. 540 p.

- CNRM-GAME, CNAM-LGP²ES (EA21), CLIMESPACE, Projet CLIM² : « Climat urbain et climatisation » – Rapport final. 2010. 85 p.

- 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. 77 p.

- Haouès-Jouve S. et Hidalgo J. (dir.), « Villes et climat : au carrefour de la recherche, de l'action et de la participation » Les Cahiers des Ateliers de dialogue Recherche-Action-Expertise Adirea, n°6. 2016.

- Masson, V., « Modélisation Urbaine et Stratégie d'adaptation au Changement climatique pour Anticiper la Demande et la production Énergétique » (MUSCADE). Rapport final. 2014.

- Marie-Laure Lambert et alii. « Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme – Règlement du PLU(i) ». Projet de recherche ANR-MApUCE. 2016. <halshs-01354285>

- Marie-Laure Lambert et alii. « Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme – PLU(i) – Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) ». Projet de recherche ANR-MApUCE. 2016. <halshs- 01354288>

- Marie-Laure Lambert et alii, « Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme – Fiche exemple Agen » Projet de recherche ANR-MApUCE. 2016. <halshs-01354293>

- Naegelen J., Arnaud A., « Entre gestion et perception des îlots de chaleur urbains : quels leviers d'action pour les acteurs du territoire du Grand Lyon ? » *Institut d'Urbanisme et d'Aménagement Régional Aix-Marseille Provence*. Architecture, aménagement de l'espace. 2016 <dumas-01237562> 61 p.

Rapports

- AcclimaTerra, Le Treut, H. (dir)., Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine. Pour agir dans les territoires. Éditions Région Nouvelle-Aquitaine, 2018, 488 p. [en ligne]. Disponible sur : http://www.acclimaterra.fr/rapport-page-menu/

Études

- Agence d'Urbanisme Bordeaux métropole Aquitaine (a'urba), « *Guide PLU et santé environnementale* ». 2015. [en ligne]. Disponible sur : *https://www.aurba.org/productions/guide-plu-et-sant%C3%A9-environnementale/*

- Agence de l'Environnement de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), « *Diagnostic de la surchauffe urbaine* » - Recueil de méthodes de diagnostic et d'expériences territoriales – Décembre 2017. [en ligne]. Disponible sur : *http://www.ademe.fr/surchauffe-urbaine-recueil-methodes-diagnostic-dexperiences-territoriales*

- Agence de l'Environnement de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), « Guide de recommandations pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain à destination des collectivités territoriales » – Octobre 2012. [en ligne]. Disponible sur : https://www.actu-environnement.com/media/pdf/dossiers/786-guide-lutte-icu.pdf

- Agence d'Urbanisme et d'Aménagement (AUA) Toulouse aire métropolitaine, « Confort urbain : fiche n°2 : îlot de chaleur urbain » – Décembre 2015. [en

ligne]. Disponible sur : http://www.aua-toulouse.org/sites/www.aua-toulouse.org/IMG/pdf/fiche_no2_icu.pdf

- Agence d'Urbanisme de Lille Métropole (ADULM), « Les îlots de chaleur urbains (ICU) » – Juin 2017. [en ligne]. Disponible sur : http://www.adu-lille-metropole.org/ilots-de-chaleur-urbains/

- Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR), Cahier n°1 « *Les îlots de chaleur urbains à Paris* » – Décembre 2012. [en ligne]. Disponible sur : *https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-paris-cahier-ndeg1*

- Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR), Cahier n°2 « *Simulations climatiques de trois formes urbaines parisiennes et enseignements* » - Les îlots de chaleur urbains à Paris – Mai 2014. [en ligne]. Disponible sur : *https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-paris-cahier-2-simulations-climatiquestrois-formes-urbaines*

- Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR), Cahier n°4 « *Influence climatique des revêtements de sol à Paris* » - Les îlots de chaleur urbains à Paris – Juillet 2017. [en ligne]. Disponible sur : *https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-paris-cahier-ndeg4-influenceclimatique-revetements-sol-paris*

- Bordeaux Métropole, « *Îlots de chaleur et de fraîcheur urbains : diagnostic et préconisations sur le territoire de Bordeaux Métropole* » – ECIC, ACMG – 2014-2016.

- De Laburthe, C., « *Planification et adaptation au changement climatique* », EDT & ADEME, 2014 [en ligne]. Disponible sur : *http://www.sysdau.fr/actualites/planification-et-adaptation-au-changement-climatique*

- Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU), « *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]. Disponible sur : *https://www.iau-idf.fr/savoir-faire/nos-travaux/edition/adapter-lile-de-france-a-la-chaleur-urbaine.html*

- Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU), « *Les îlots morphologiques urbains (IMU) : Délimitation et caractérisation des « IMU 2012 en Île-de-France* » – Avril 2016. [en ligne]. Disponible https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1270/Les_ilots_morphologiques_urbains.pdf

- Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU), *« Les îlots de chaleur urbains* » – Répertoire de fiches connaissance – Novembre 2010. [en ligne]. Disponible sur : *http://www.iau-idf.fr/savoir-faire/nos-travaux/edition/les-ilots-de-chaleur-urbains.html*

- Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France (IAU), « *Les îlots de chaleur urbains - L'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines* » – Novembre 2010. [en ligne]. Disponible sur : *http://www.iau-idf.fr/savoir-faire/nos-travaux/edition/les-ilots-de-chaleur-urbains-1.html*

- Lyon Métropole, « *Îlots de chaleur : premières pistes pour réinventer la ville* » – Dossier Îlot de chaleur urbain, Réinventer la ville, 2016.

- Vivre en ville, « *Densification verte : des fiches de bonnes pratiques pour les milieux de vie en santé* » – Milieux de vie et santé. Mars 2017 en ligne]. Disponible sur : https://vivreenville.org/notre-travail/densification-verte-des-fiches-de-bonnes-pratiques-pour-des-milieux-de-vie-en-sante/

Articles de périodiques et revues

- Christa Aue, « *Les jardins verticaux et murs végétalisés – ils prennent leur place dans Paris* », Biotope City Journal. [en ligne]. Disponible sur : *http://www.biotope-city.net/article/les-jardins-verticaux-et-murs-v-g-talis-s-ils-prennent-leurplace-dans-paris*

- Cantat, Olivier (2004), « *L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps* », Norois, n°191, février 2004, Norois environnement, aménagement, société. Septembre 2008 [en ligne]. Disponible sur : http://norois.revues.org/index1373.html

- InVS, « Numéro thématique : Plan National Canicule », BEH – n°30-31. 6 Juillet 2004. pp. 133-139 [en ligne]. Disponible sur : *www.invs.sante.fr/beh/2004/30_31/beh_30_31_2004.pdf*

- InVS, « Numéro thématique : après la vague de chaleur d'août 2003, une meilleure connaissance au service d'une meilleure prévention », BEH – n°19-20. pp. 129-140 [en ligne]. Disponible sur : *www.invs.sante.fr/BEh/2006/19_20/beh_19_20_2006.pdf*

- InVS, « Impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003 en France : Bilan et perspectives » 2003, [en ligne]. Disponible sur : http://invs.santepubliquefrance.fr/publications/2003/bilan_chaleur_1103/vf_invs_canicule.pdf

- Le Moniteur, « *Pour en finir avec les îlots de chaleur* ». n°5978. Juin 2018. 195 p.

- Stewart, I.D., Oke T.R. *Local climate zones for urban temperature studies*. Bulletin of the American Meteorological Society, 2012, vol 93, n°12, p.1879-1900.

Colloque

- 2ème Colloque national PCET Atelier n° 9 « Adapter les villes aux ICU » – E. Cordeau (IAU Île-de-France) – 10 octobre 2010 [en ligne]. Disponible sur : https://fr.slideshare.net/IAUIDF/le-phnomne-dlot-de-chaleur

Documents de référence

- Bordeaux Métropole, a'urba, « Guide de conception des espaces publics » – Cahiers n° 7 et n° 8 – 2018.

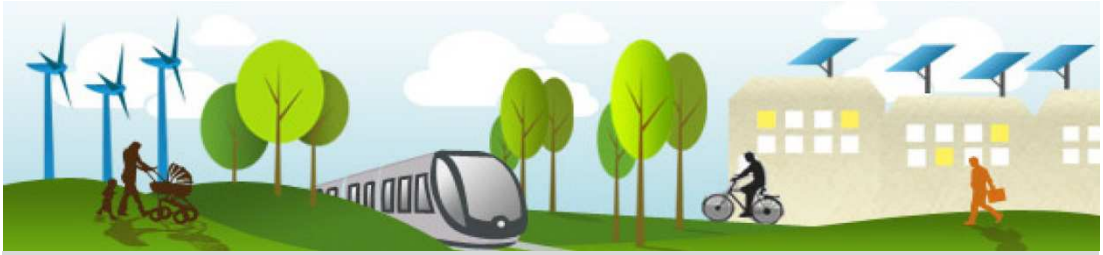
- Bordeaux Métropole, **«** Plan d'action pour un territoire durable à haute qualité de vie » – 2017.

- Bordeaux Métropole, « Plan local d'urbanisme 3.1 **»** – version révisée de 2016. [en ligne]. Disponible sur : http://www.bordeaux-metropole.fr/Vivre-habiter/Construire-et-renover/Plan-local-d-urbanisme-PLU/Consulter-le-PLU-en-vigueur

- Comité Régional Environnement de Montréal (CREML), « Guide de verdissement pour les propriétaires institutionnels » 2010. [en ligne]. Disponible sur : http://cremtl.qc.ca/publication/guides-depliants/2010/guide-verdissement-pour-les-proprietaires-institutionnels

- Communauté Urbaine de Bordeaux, « Plan Climat » – 2011.

- Ville de Saint-Médard-en-Jalles, Charte architecturale, environnementale et paysagère – 2015. [en ligne]. Disponible sur : http://www.saint-medard-en-jalles.fr/cadre-de-vie/urbanisme/879-charte-architecturale-environnementale-et-paysagere.html



8 | Annexes

8 | Annexes

8.1 | Annexe 1 : Tableau de constitution des 21 familles de zonages

<table>
<tr><th rowspan="2">N°</th><th rowspan="2">Famille</th><th rowspan="2">Zonages concernés</th><th colspan="4">Caractéristiques morphologiques</th></tr>
<tr><th>Morphologie du bâti</th><th>Mutabilité des tissus</th><th>Valeur patrimoniale</th><th>Typologie et part des espaces libres</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Tissus immeubles de rapport</td><td>UP1-UP2
PSMV
UP69</td><td>Bâti R+3 à R+5 sur voirie souvent multifonctionnel</td><td rowspan="2">Faible</td><td rowspan="3">Forte</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Centralités anciennes et cœurs historiques stables</td><td>UM1
UM9</td><td rowspan="2">Bâti R à R+2 sur voirie souvent multifonctionnel</td><td rowspan="2">0.70/0.80
Petites cours ou jardins intérieurs de taille variable</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Centralités anciennes et cœurs historiques mutables</td><td>UM10</td><td>Forte</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Échoppes, faubourgs et maisons de ville avec présence de jardins sur rue</td><td>UM2
UM5
UM6
UM11
UM34
UP1</td><td>Maisons de ville R+1 constituant un front bâti petit jardin sur rue et grand jardin en arrière</td><td>Moyenne (mutation liée à l'évolution des besoins des ménages) à forte</td><td rowspan="2">Moyenne</td><td>0.60/0.80
Petit jardin sur rue et grand jardin en arrière</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Échoppes, faubourgs et maisons de ville à l'alignement</td><td>UM4
UM28
UP1-UP2
UP37
UP69</td><td>Maisons mitoyennes en RDC à R+1 à l'alignement sur la rue</td><td>Faible</td><td>0.60/0.65
Jardin à l'arrière</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Grands ensembles et tissus mixtes faisant l'objet d'un programme de rénovation urbaine</td><td>UP3
UP13
UP14
UP18
UP33
UP39
UP49</td><td rowspan="2">Habitat mixte, individuel et collectif, disposé librement sur la parcelle</td><td>Forte</td><td rowspan="3">Faible</td><td rowspan="3">0.75/0.85</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Grands ensembles et tissus mixtes stables, plan libre</td><td>UM8
UM12
UM13
UP19
UP24
UP25
UP34</td><td>Faible</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Grands ensembles et tissus mixtes stables, le long d'axes structurants</td><td>UM14
UP9
UP22
UP27
UP32
UP33
UP52</td><td>Habitat mixte, individuel et collectif, constituant un front bâti en bordure des axes structurants</td><td>Faible</td></tr>
</table>

9	Urbanisme sur dalle	UP15	Concerne Mériadeck : immeubles et circulation piétonne sur dalle	Faible	Faible	Jardin central sur dalle
10	Opérations récentes à caractère « bioclimatique »	UP12 UP17 UP20 UP21 UP23	Projets urbains présentant des dispositions « bioclimatiques » (venelles, plans d'eau, …) Ex : BAF, Ginko…	Faible une fois les projets réalisés	À définir	
11	Petit collectif périurbain	UP54 UP55 UP65 (AU17)	Petit collectif de hauteur variable caractéristique des centres-bourgs ou tissus périphériques	Faible	Faible	
12	Pavillonnaire lâche	UM3 UM7 UM15 UM17 UM18 UM19 UM20 UM21 UM23 UM24 UM26 UM30 UM31 UM33 UP44 UP45 UP46 UP47 UP67	Maisons individuelles en implantation libre sur la parcelle	Moyenne (dents creuses + densification horizontale + division parcellaire)	Faible	0.85/0.90
13	Pavillonnaire compact	UM16 UM22 UM32 UM35 UM36 UM39 UP10 UP11 UP26				0.75/0.80 Espaces libres entourant généralement la construction
14	Maisons marquées architecturale-ment	UP8 UP40 UP41 UP42 UP43 UP62	Maisons ayant un caractère architectural spécifique (années 20, années 50, auto construction…)	Faible	Forte	
15	Tissus urbains en lisières ou isolés en zones naturelles ou agricoles stables	UM38		Faible		
16	Tissus urbains en lisières ou isolés en zones naturelles ou agricoles mutables	UM25 UM29 UM37 UP4 UP5 UP6	Maisons individuelles établies sur du parcellaire lâche	Modérée (dent creuse, division parcellaire, avec faible emprise au sol)	Variable	0.90 Espaces libres entourant généralement la construction

17	**Zone d'aménagement commercial**	UPZ1 UPZ2 UPZ3 UPZ4 UPZ5 UPZ6 UPZ7 UPZ8 UPZ9 US6	Bâti en structure et bardage métal, accompagné de nappes de stationnement	Variable	Faible	Espaces libres généralement en enrobé et dédiés au stationnement
18	**Zone économique généraliste à prédominance de bureaux**	US5 US7 US9	Bâti de typologie variable associé à des espaces de stationnement	Variable	Généralement faible	Espaces libres dédiés à du stationnement et des espaces verts d'agrément
19	**Artisanat et industrie légère**	US4 US8	Bâti de typologie variable (R à R+1) associé à des espaces de stationnement	Variable	Faible	Espaces libres généralement en enrobé et dédiés au stationnement
20	**Industries et plateformes logistiques**	US3	Bâti en structure et bardage métal, accompagné de nappes de stationnement et de circulation sur des emprises foncières importantes	Variable	Faible	Espaces libres généralement en enrobé et dédiés au stationnement et à la circulation
21	**Grands équipements comprenant du logement**	US2	Bâti de typologie variable associant nappes de stationnement et espaces plantés (campus, CHU…)	Variable	Variable	Espaces libres dédiés à du stationnement et des espaces verts d'agrément

8.2 | Annexe 2 : Liste des paramètres d'analyse des sites-tests

Familles influant sur l'effet d'ICU	Paramètres urbains	Critères	Source du critère
Matériaux urbains	Types de matériaux et revêtements du sol employés dans l'espace public (revêtements chaussée et trottoirs) et dans l'espace privé	Propriétés et caractéristiques thermo radiatives : – Albédo (couleur) – Inertie thermique (absorption de la chaleur)	– Guide de conception des espaces publics « matériaux » (BxM) – Cahier n°4 « Influence climatique des revêtements de sol à Paris » Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR) – Guide recommandation pour lutter contre l'effet d'ICU (ADEME)
	Types de matériaux employés dans les bâtiments (toitures principalement)		
	Perméabilité du sol et des surfaces Part de pleine terre (sol nu)	– Perméabilité des matériaux et des revêtements au sol – Part des surfaces imperméabilisées – Part de terre nue	– Observations terrain – Guide de conception des espaces publics « matériaux » (BxM)
Forme urbaine	Gabarit des bâtiments et de la voirie : « effet canyon »	– Rapport hauteur du front bâti/largeur de la voie – Facteur de vue du ciel (indice SVF)	– Google Maps, observation terrain – Cahier n°1 Îlots de chaleur urbains à Paris (APUR)
	Morphologie urbaine du tissu	– Dissymétrie du front bâti – Part d'espace libre – Typologie LCZ mobilisable	– Observation terrain – Méthode LCZ de Stewart & Oke (2012)
	Ombrage et fraîcheur apportés par les éléments urbains	Présence d'aménagement ou de mobilier urbains procurant de l'ombrage et de la fraîcheur	– Observation terrain – Observation cartographique (Google Maps)
	Orientation des façades et du bâti (optionnel) : ombrage ou piégeage et emmagasinement de la chaleur	Est-Ouest ou Nord-Sud et exposition des trottoirs	Observation cartographique qualitative (Google Maps)

Surface végétalisée	Présence d'espace de nature dans l'espace privé	Distance d'accès à des îlots de fraîcheur « refuges » et signalisation	– Observation terrain – Observation cartographique – Carte de l'aire d'influence espaces verts CUB
	Présence ou accessibilité à un espace de nature public		
	Type de végétation : – Capacité d'ombrage (transparence de la canopée/du feuillage et hauteur de la tige) – Potentiel d'évapotranspiration (biomasse)	– Strates végétales présentes : herbacée, arbustive ou arborée – Âge, densité et répartition des arbres en fonction de l'exposition des voies, du bâti et des espaces libres – Essences présentes ou dominantes : estimation de la hauteur et silhouettes de la végétation arborée	– Observation terrain – Schéma des gabarits d'arbres p.18 – Guide de conception des espaces publics « Végét-eau » (BxM) – Application arbres.bordeaux.fr (seulement pour la ville de Bordeaux) – Fiches de bonnes pratiques : densification verte - milieux de vie en santé (Vivre en ville Québec) – Cahier n°2 Les îlots de chaleur urbains à Paris (APUR)
Chaleur anthropique	Rejets thermiques de systèmes de climatisation ou de chauffage urbain réversibles	Présence de climatiseurs/branchements de chauffage urbains observés au sein du secteur d'étude	– Observation terrain – Étude ALEC sur les besoins de frais Recensement RCU (OPERA)
	Flux de trafic (pollution) Dégagements de chaleur des véhicules motorisés	– Présence ou proximité d'axes routiers majeur ou très fréquentés – Espaces dédiés au stationnement	– Classement des infrastructures bruyantes (État initial de l'environnement du PLU 3.1 de BxM) – Réseau Hiérarchisé de Voirie RHV (OpenData de BxM)
Surface en eau	Présence ou proximité d'un point d'eau ou d'un cours d'eau (busé ou non)	– Présence de brumisateurs, fontaines ou autres plans d'eau – Continuités liées à l'eau du PLU 3.1	– Observation terrain – Réseau hydrographique SIG – Trames bleues et micro trames du PLU 3.1
	Cycle de l'eau dans l'espace urbain : Rétention, infiltration et ruissellement de l'eau	– Présence d'aménagement favorisant la rétention des eaux de pluie – Configuration du réseau de gestion des eaux pluviales (EP) – Infiltration (des EP) sur les surfaces perméables – Ruissellement (des EP) sur les surfaces du secteur d'étude	– Observation terrain – Guide de conception des espaces publics « Végét-eau » (BxM) – Fiches de bonnes pratiques : densification verte - milieux de vie en santé (Vivre en ville Québec)

8.3 | Annexe 3 : analyse morphologique détaillée du site-test « Tissu pavillonnaire compact »

Familles influant sur l'effet d'ICU	Paramètres urbains	+	–
Matériaux urbains	Types de matériaux et revêtements du sol employés dans l'espace public (revêtements chaussée et trottoirs) et dans l'espace privé	**Espace public (trottoirs)** Mélange de : - Sol nu (brun) : albédo de 0,2 et perméabilité - Stabilisé beige doré/gris clair : bonne incidence sur la diminution des températures - Végétation herbacée mélangée à de la terre-pierre (bonne incidence sur la diminution des températures (couleur claire et perméabilité des matériaux) **Parcelles privées** - Mélange terre-pierre-stabilisé (graviers, gravillons) : bonne incidence sur la diminution des températures - Végétation herbacée (gazon) dans les jardins	**Espace public (voies de circulation) : routier et pistes cyclables** - Revêtement d'asphalte gris foncé ou de goudron : incidence forte et inertie élevée (albédo de 0,93 et coef d'absorption de 0,07) - Béton bitumineux noir : mauvaise incidence sur la diminution des températures (inertie thermique élevée, teinte foncée et imperméabilité) - Enduits superficiels gris : incidence élevée et - Béton brut en bordure (matériau d'interface) : impact négligeable **Parcelles privées** - Béton bitumineux rouge/brun abîmé (voirie interne) - Parkings en asphalte gris foncé ou enrobé bitumineux noir - Grandes surfaces imperméabilisées (notamment clinique vétérinaire) - Matériaux des murets en limite de parcelles : aggloméré béton, parfois de couleur foncée
	Types de matériaux employés dans les bâtiments (toitures et surfaces verticales)	Peinture/revêtement de couleur claire sur les surfaces verticales	- Tuile en terre cuite de couleur foncée (noir, pourpre foncé ou brun-rouge) - Murs en briques (échauffement du matériau)
	Perméabilité du sol et des surfaces ou Part de pleine terre (sol nu)	- Mélange de terre-pierre/stabilisé/végétation herbacée sur le trottoir : perméabilité élevée - Surface libre des parcelles (non bâtie) engazonnée	Enduits superficiels gris abîmé, asphalte gris foncé, béton bitumineux : matériaux imperméables (notamment au sein des parkings privés et espaces libres en enrobé classique)
Forme urbaine	Gabarit des bâtiments et de la voirie : « effet canyon »	Maisons pavillonnaires plain-pied ou R+1 : facteur de vue du ciel élevé (et donc pas de piégeage de la chaleur pendant la nuit)	
	Morphologie urbaine du tissu	Tissu pavillonnaire espacé peu denses (« sparsely built »)	- Division d'un terrain bâti avec part importante de surface libre en deux parcelles avec deux habitations (densification et réduction des espaces libres) - Voies d'accès de la rue aux habitations en cœur d'îlot dont le revêtement est souvent très minéral et imperméabilisé

	Ombrage ou fraîcheur apportés par les éléments urbains	- Avant-toits et terrasses couvertes de certains bâtiments (ombrage créé) - Pare-soleil sur la voirie (abris-bus)	Nouvelles constructions, sans dépassement de la toiture sur la surface libre (et donc pas d'ombrage créé en limite du bâti)
	Orientation des façades et du bâti : ombrage ou piégeage et emmagasinement de la chaleur	Orientation des bâtiments nord-ouest	Façades de maisons orientées à l'ouest et au sud-ouest, en particulier les logements mal isolés (mauvaise étanchéité) ou mal protégés (absence de brise-soleil, de végétation et/ou d'ombre portée)
Surface végétalisée	Présence d'espace de nature dans l'espace privé	Surface libre des parcelles privées souvent occupée sous forme de jardins (végétation herbacée et différentes essences d'arbres)	Parcelles bâties dont une part importante des surfaces libres est composée de matériaux/revêtements minéraux imperméables et donc non végétalisées
	Présence ou accessibilité à un espace de nature public	Proximité de l'îlot avec un boisement de feuillus situé au sud (450 m)	
	Type de végétation : – Capacité d'ombrage (transparence de la canopée/du feuillage et hauteur de la tige) – Potentiel d'évapotranspiration (biomasse)	Couverture arborée importante sur certaines parcelles bâties : - Deux arbres de première grandeur (+20 m) en bonne santé - Ensemble d'arbres de seconde grandeur (10 à 20 m) regroupés sur plusieurs parcelles, formant une couverture végétale dense, notamment au-dessus de surfaces très imperméables (parking) - Nombreux arbres de troisième grandeur (-10 m) et végétation arbustive (arbrisseaux, cépées, fruitiers) dispersés sur les parcelles privées - Présence de graminées, plantes vivaces et végétation « couvre sols » sur la plupart des parcelles privées - Présence de lierre grimpant sur des limites de parcelles (clôtures et murets) - Alignement de jeunes arbres d'ornement et d'arbres fruitiers, conifère de petite taille et végétation herbacée sur l'espace public - Présence d'une ripisylve le long d'un axe routier très fréquenté	- Espace libre (jardins) presque entièrement minéral sur certaines parcelles - Présence d'une végétation seulement herbacée « couvre sol » donc pas de graminées vivaces ou arbustive sur certaines parcelles privées - Peu ou pas d'ombrage sur les trottoirs de certaines voies très fréquentées et très minérales (pas de plantation d'arbres) - Végétation dans l'espace public souvent seulement au stade herbacé peu ou pas entretenue - Arbres d'ornement et cépées en mauvaise santé, cernés par des voies de circulation très fréquentées et donc très échauffées.
	Rejets thermiques de systèmes de climatisation ou de chauffage urbain réversibles	Peu ou pas de systèmes de climatisation visibles depuis la rue (observation terrain)	

Chaleur anthropique	Flux de trafic (pollution) Dégagements de chaleur des véhicules motorisés	Rues reliant les différents îlots et lotissements peu passantes (fréquentation résidentielle, locale *a priori*)	- Rue Pierre Ramond (catégorie 1 : voie primaire à l'échelle départementale RD211 contournement sud et catégorie 3 des voies terrestres bruyantes : 100 m d'influence) - Avenue Anatole France (catégorie 3 : voie secondaire inter quartier, structurante locale et catégorie 4 des IB : 30 m d'influence)
Surface en eau	Présence ou proximité d'un point d'eau ou d'un cours d'eau (busé ou non)	- Continuité écologique liée à l'eau (issue de la Jalle de Blanquefort) avec ripisylve d'un côté de la chaussée (pas dédié à un usage doux/piéton) le long d'un axe routier très fréquenté - Proximité du réseau hydrographie des Jalles de St Médard et d'Eysines	Continuité écologique liée à l'eau (cours d'eau de petite taille) est busée à partir de l'entrée d'un parking
	Cycle de l'eau dans l'espace urbain : rétention, infiltration et ruissellement de l'eau	- Section du cours d'eau (noue) avec ripisylve ouvert sur axe routier majeur (rue Pierre Ramond) Espaces verts boisés (coef de ruissellement = 0,1) Espaces verts engazonnés (pleine terre) et cheminements en stabilisé coef de ruissellement de 0,2 et 0,6)	- Pas de noues paysagères, de jardins de pluie, de fossé/bande planté ou de bassins excepté le cours d'eau ouvert puis busé sur la rue Pierre Ramond - Pas d'ouvrage d'infiltration des eaux de ruissellement : les EP sont directement rejetées dans les réseaux (via bordures imperméables) Voirie ou parking en enrobé imperméable (coefficient de ruissellement = 1) Chaussée en revêtement imperméable (coef de ruissellement = 1)

8.4 | Annexe 4 : analyse morphologique détaillée du site-test « Immeubles de rapport »

Familles influant sur l'effet d'ICU	Paramètres urbains	+	–
Matériaux urbains	Types de matériaux et revêtements du sol employés dans l'espace public (revêtements chaussée et trottoirs) et dans l'espace privé	**Espace public** – Trottoirs : cales en calcaire beige ou gris clair perméables, dont les joints sont ponctuellement végétalisés (végétation interstitielle spontanée) - Chaussées localement en pavés granit sciés **Parcelles privées** – Surfaces engazonnées dans certains cœurs d'îlots	**Espace public** – Chaussée en béton bitumineux foncé – Trottoirs en asphalte gris ou foncé (imperméable), pavés granit sciés gris foncé, cales béton gris/rouge (imperméable) : problématique surtout la nuit (déstockage de la chaleur) – Places dont les matériaux employés sont quasi exclusivement des enrobés de couleur foncée **Parcelles privées** – Revêtements dans les cœurs d'îlots de couleur foncée (noir, rouge/brun), à forte inertie thermique et imperméables
	Types de matériaux employés dans les bâtiments (toitures et surfaces verticales)	– Façades en pierre ayant fait l'objet d'un ravalement récent – Couverture + brisis en ardoise et en zinc : matériaux très réfléchissants = atout contre l'ICU à l'échelle de la ville	– Façades en pierre de couleur foncée (pollution) – Couverture + brisis en ardoise et en zinc: inconfort thermique lorsque les espaces sous-comble sont habités
	Perméabilité du sol et des surfaces Part de pleine terre (sol nu)	Certains revêtements dont les joints sont enherbés (végétation interstitielle spontanée)	Surfaces très minérales : matériaux de revêtement imperméables
Forme urbaine	Gabarit et orientations des voies	La majorité des voies ont une largeur « équilibrée » par rapport à la hauteur du bâti, limitant le piégeage des rayonnements Orientation Est-Ouest de certaines voies primaires permettent d'avoir la rive sud à l'ombre (hauteur des bâtiments) Plantation des voies primaires orientées Nord-Sud permet de limiter leur insolation	Effet canyon important de certaines rues (voies secondaires) : bâtiments hauts et voie étroite : ombre importante la journée mais refroidissement plus difficile la nuit Pas de retrait des façades : limite les turbulences de l'air (réduisant ainsi un possible refroidissement) Voies primaires orientées Nord-Sud non

			plantées
	Morphologie des cœurs d'îlot	Espaces libres parfois importants dans les cœurs d'îlots	Tissu urbain continu dense type « Compact mid-rise » (Cf. partie 3.1) Voirie interne et espaces dédiés au stationnement privé occupant la totalité de certains cœurs d'îlot (entièrement minéralisés)
	Effets d'éléments urbains spécifiques	– Pare-soleil de certains commerces – Bouches d'aération des caves de certains immeubles collectifs (refroidissement de l'air ambiant extérieur) – Fraîcheur apportée par l'entrée d'un parking souterrain donnant sur la rue	Place du Champ de mars très minérale (enrobé bitumineux noir) et sans ombre
Surface végétalisée	Présence d'espace de nature dans l'espace privé	Emprise végétale importante dans certains cœurs d'îlots (végétation herbacée, arbustive et arborée)	
	Présence ou accessibilité à un espace de nature public	– Parc public de taille importante à proximité (Jardin public) – Place plantée (Place Charles Gruet) – Place Galiène partiellement plantée	
	Type de végétation : – Capacité d'ombrage (transparence de la canopée/du feuillage et hauteur de la tige) – Potentiel d'évapotranspiration (biomasse)	**Espace public** – Arbres de taille importante (15 à 20m) efficaces contre la chaleur sur la place C. Gruet (micocoulier d'Europe) – Arbres d'alignement (frêne à feuilles étroites) de seconde grandeur (15 à 20m) sur le cours de Verdun (assez fréquenté), prozcurant confort d'été et d'hiver – Arbres d'alignement de troisième grandeur (<10m) bien orientés sur une petite place **Parcelles privées** – Arbres de première et seconde grandeur dans certains cœurs d'îlots	– Pas de retrait d'implantation du bâti : empêche plantations denses en limite espace privé / espace public. – Palmiers plantés sur place Galiène : procurent peu de confort thermique

		–Balcons densément végétalisés donnant sur la rue (lierre par exemple)	
Chaleur anthropique	Rejets thermiques de systèmes de climatisation ou de chauffage urbain réversibles		– Commerces : présence de climatiseurs « sauvages » – Systèmes de climatisation rejetant de l'air chaud dans l'espace public
	Flux de trafic (rejets thermiques) Dégagements de chaleur des véhicules motorisés en stationnement	Apaisement de la rue Fondaudège par les aménagements liés au tramway, réduisant le volume de circulation automobile	– Cours de Verdun, large assez fréquenté : dégagements de chaleur de la combustion des moteurs – Places affectées au stationnement : dégagements de chaleur des véhicules stationnés
Surface en eau	Présence ou proximité d'un point d'eau ou d'un cours d'eau (busé ou non)		Absence ou condamnation des fontaines existantes sur les places (cf. fontaine Place C. Gruet)
	Cycle de l'eau dans l'espace urbain : rétention, infiltration et ruissellement de l'eau	Stabilisé sur place C. Gruet : rafraîchissement temporaire du sol après épisode d'orage	Cycle de l'eau très perturbé : revêtements très imperméables rejetant l'eau directement dans le réseau souterrain

8.5 | Annexe 5 : Traduction réglementaire des recommandations de la famille « Tissu pavillonnaire compact »

Recommandations pour le site d'étude de Saint-Médard-en-Jalles (tissu pavillonnaire compact)			Propositions de traductions réglementaires Zonages concernés : UM16, UM22, UM32, UM35, UM36, UM39, UP10, UP11, UP26	
Matériaux urbains	Espace public		OAP	« Privilégier l'usage de matériaux clairs et perméables pour la voirie (chaussée, trottoirs et pistes cyclables). »
	1	Eviter le recours aux asphaltes gris et aux matériaux de couleur sombre sur la chaussée de voies et de rues moins empruntées ainsi que sur certaines pistes cyclables au sein des tissus pavillonnaires. Ces asphaltes gris étant aussi employés sur certains trottoirs et bordures dans l'espace public.		
	2	Encourager l'utilisation de matériaux clairs et perméables sur la chaussée : Le béton poreux et/ou clair peut constituer aussi une autre solution à l'utilisation de matériaux de couleur sombre, tout en ayant une résistance à des flux routiers plus importants (rues, avenues, cours). Une autre solution intéressante peut être d'intégrer des revêtements de couleurs claires sur les enrobés de voirie existants récents. Les emprises de voirie étant parfois impossibles à réduire, l'utilisation d'enrobés clairs dans les renouvellements et extensions de voirie, notamment en peignant les plus récents, peut permettre d'amoindrir leur effet (prépondérant dans la formation des ICU). L'utilisation de pavés perméables peut être une alternative aux asphaltes de couleur sombre pour les ruelles peu passantes.		
	3	Consolider l'usage de stabilisé de couleur claire (beige doré et gris clair) et de mélanges terre-pierre (graviers)-végétation herbacée pour les trottoirs autour de différents axes de circulation plus ou moins fréquentés.		
	4	Recourir des matériaux alternatifs comme le béton désactivé pour les pistes cyclables.		
	Espace privé		Règlement	
	5	Limiter l'utilisation ou la présence de béton bitumineux foncé et rouge brun, de pavés bétons foncés et d'asphalte gris foncé et plus généralement de matériaux imperméables et de couleur sombre dans l'espace privé : en particulier pour les parkings (clinique vétérinaire sur le site d'étude notamment) et autres espaces dédiés au stationnement ainsi que pour les voiries internes.		Ajouter un paragraphe supplémentaire à l'article 2.4.4.1 Espaces affectés au stationnement, voiries, constructions semi-enterrées : « Privilégier l'utilisation de revêtements alvéolaires

6	Encourager l'utilisation de revêtements alvéolaires engazonnés (béton avec garnissage végétal), de pavés perméables ou de pierres concassées en bandes de roulement pour les voiries internes et les pour les espaces affectés au stationnement. Ces espaces, ayant en général une fréquentation faible à moyenne de voitures et un usage piétonnier, le recours à ce type de revêtement peut être pertinent. Si cela n'est pas possible (parkings de services formant d'importantes surfaces imperméabilisées), se reporter à la recommandation n°18.		**engazonnés (béton avec garnissage végétal), de pavés perméables ou de pierres concassées en bandes de roulement pour les voiries internes et les pour les espaces affectés au stationnement. »**
7	Renforcer la part de terre pleine, de sol nu et de surfaces engazonnées (végétation herbacée) sur les espaces libres des parcelles privées.		Traduction réglementaire déjà prise en compte : le Règlement du PLU impose déjà une part de terre pleine (EPT) satisfaisante (35%) sur ce tissu à l'article 2.1.4. Espaces en pleine terre.
Façades verticales		Règlement	
8	Limiter le recours à des matériaux sombres ou à mauvaise incidence sur la température pour la construction de murets en limite de parcelles et pour les revêtements de façade (visant à l'isolation par l'extérieur lors de rénovation énergétique d'un bâti neuf ou en réhabilitation). Eviter les murets en brique, en aggloméré béton, les tôles métalliques foncées ou grises et privilégier d'autres solutions alternatives (recommandations n°9).		Ajouter un complément aux articles suivants : 2.4.1.1. Aspect extérieur des constructions (Dispositions générales) : – « Toutes les façades des constructions d'angle ou établies sur un terrain riverain de plusieurs voies, ainsi que les pignons de toutes les constructions doivent recevoir un traitement de qualité équivalente, **en privilégiant notamment les teintes claires afin de lutter contre l'ICU.** » 2.4.2.2. Clôtures nouvelles : **– « Les dispositifs de clôture, les matériaux utilisés à cette fin, leur aspect et leur teinte doivent permettre une bonne intégration dans les séquences urbaines et paysagères, en privilégiant notamment les teintes claires afin de lutter contre l'ICU. »**
9	Encourager l'utilisation de peintures et de revêtements de couleur claire sur les surfaces verticales du bâti ainsi que sur les murets, notamment ceux en limite de parcelle.		

	Toitures			
	10	Limiter l'installation de tuiles en terre cuite de couleur foncée (pourpre foncé, brun-rouge) sur les toitures du bâti des parcelles privées. Privilégier l'utilisation de tuiles de couleur claire.	Règlement	Ajouter un paragraphe à caractère incitatif à l'article 2.4.1.1 Aspect extérieur des constructions (dispositions générales : façades) : **« Privilégier l'utilisation de tuiles de couleur claire afin de limiter l'effet d'ICU. »**
Forme urbaine	11	Consolider la forme urbaine existante avec des maisons pavillonnaires de hauteur homogène afin de permettre une évacuation de la chaleur la nuit.	Règlement	Traduction réglementaire déjà prise en compte : le Règlement du PLU impose déjà une hauteur maximale correspondant aux hauteurs existantes sur ce type de tissu (Articles 2.2.1. et 2.2.2.)
	12	Conserver une part (% à définir) d'espace libre importante (idéalement occupée par une couverture végétale importante et par des matériaux clairs et perméables).	Règlement	Traduction réglementaire déjà prise en compte : l'Emprise bâtie (EB) est très limitée sur ce tissu pavillonnaire (EB ≤ 30 % superficie du terrain), avec en outre, une part minimale d'emprise en pleine terre (35 %) et l'inscription d'un cercle de 10 m de diamètre dans la partie du terrain en pleine terre (Articles 2.2.1. et 2.2.2.).
	13	Privilégier une implantation du bâti sur la partie ouest de la parcelle afin de créer un ombrage efficace en fin de journée pendant les périodes estivales.		Disposition à étudier au cas par cas et pouvant avoir un caractère trop précis pour figurer dans le règlement.
	14	Consolider et encourager la construction de débords de toits, de pare-soleil et d'ombrières végétalisées pour les ouvertures et les façades des bâtiments orientés sud et sud-ouest, dans une logique de procurer de l'ombrage aux habitants.	Règlement	Traduction réglementaire déjà prise en compte : le Règlement du PLU encourage ces dispositifs en ne pénalisant pas leur mise en œuvre à travers l'article 2.1.1. Emprise bâtie (Définition).

Surface végétalisée	15	Pérenniser l'accès à un îlot de fraîcheur « refuge » et sensibiliser les habitants (notamment les populations vulnérables) à la proximité de ces espaces de nature avec les habitations (dans un rayon de moins de 500m).	OAP	**« Créer un îlot de fraîcheur refuge (square, parc…) ou renforcer le jalonnement à ses abords s'il existe déjà. »**
	16	Conforter et développer la présence d'arbres, d'arbustes et d'une végétation isolée (en bosquet ou en alignement) en limite ou à proximité de surfaces dont les matériaux ont une mauvaise incidence sur la diminution des températures (asphalte et béton bitumineux de la chaussée et des pistes cyclables par exemple).	OAP	**« Les arbres seront positionnés de sorte à réduire les incidences thermiques négatives des matériaux tels que l'asphalte et le béton bitumineux utilisés pour les trottoirs, la chaussée et les pistes cyclables. »**
	17	Pérenniser la présence d'arbres au-dessus ou à proximité de surfaces minérales imperméabilisées importantes tels que des parkings, afin d'apporter un confort thermique aux usagers et de limiter l'échauffement de ces matériaux par l'ombre portée naturelle.	Règlement	Ajouter un complément à l'article 2.4.4.1. Espaces affectés au stationnement, voiries, constructions semi-enterrées : **« De façon générale, assurer la présence d'arbres au-dessus ou à proximité de surfaces minérales imperméabilisées importantes tels que des parkings, afin d'apporter un confort thermique aux usagers et de limiter l'échauffement de ces matériaux par l'ombre portée naturelle. »**
	18	Assurer le maintien d'arbres à feuillage caduc de première à troisième grandeur à proximité des façades les plus ensoleillés (orientés sud et sud-ouest).	Règlement	Ajouter un complément à l'article 2.4.4.4. Aménagement paysager et plantations : « Lorsqu'un arbre de moyen ou grand développement est coupé lors du projet, un sujet qui aura un gabarit équivalent à l'âge adulte doit être replanté sur le terrain, **en cherchant notamment à protéger les façades les plus ensoleillées par la plantation d'arbres à feuillage caduc**. »
	19	Encourager la plantation et le maintien d'arbres de première, de seconde et de troisième grandeur (Cf. p. 18) sur les espaces libres des parcelles privées afin de préserver et de densifier la couverture arborée déjà existante dans ces tissus. Inciter notamment les habitants à végétaliser les clôtures et les treillis par l'utilisation de plantes grimpantes (lierre) ou par une végétation arbustive afin de délimiter les parcelles et les jardins des habitations. L'élaboration d'un coefficient de biotope (variant selon les familles de tissus urbains) peut permettre d'encourager les habitants à valoriser et à accroître la part du végétal existant sur leurs parcelles.	Règlement	Intégrer un coefficient de végétalisation au sein du règlement des zonages concernés, à l'instar de ce qui existe déjà au sein de certains zonages du PLU 3.1.

	20	Assurer la pérennité, le bon développement et la valorisation d'une végétation bordant les cours d'eau (ripisylve, végétation rivulaire) ou de noues paysagères le long d'axes routiers importants, en y associant des itinéraires de marche à pied (déplacement doux) le long de ces micro trames vertes et bleues et autres corridors écologiques. Sur certains tronçons, rendre accessibles les berges et la ripisylve qui les composent permettrait de valoriser ces espaces tout en apportant de la fraîcheur aux usagers.	Prescriptions paysagères (PP)	**« Assurer la pérennité, le bon développement et la valorisation d'une végétation bordant les cours d'eau (ripisylve, végétation rivulaire) ou de noues paysagères le long d'axes routiers importants, en y associant des itinéraires de marche à pied (déplacement doux) le long de ces micro-trames vertes et bleues et autres corridors écologiques. Sur certains tronçons, rendre accessibles les berges et la ripisylve qui les composent permettrait de valoriser ces espaces tout en apportant de la fraîcheur aux usagers. »**
Chaleur anthropique	21	Limiter le trafic routier sur les axes les plus fréquentés.	OAP	**« Sous réserve de compatibilité avec le Plan de déplacements urbains (POA Mobilité), limiter le trafic routier sur les axes les plus fréquentés. »**
	22	Limiter le recours à des systèmes de climatisation afin d'éviter le rejet d'air chaud dans l'air ambiant extérieur.	Règlement	Potentiellement, le PLU a la faculté d'interdire le recours à des systèmes de climatisation, au titre de l'aspect extérieur des constructions. Cf. Marie-Laure Lambert, Coralie Demazeux, Gallafrio Manon. *Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme – Règlement du PLU(i).* 2016.
Surface en eau	23	Sous réserve de la bonne gestion du risque inondation par débordement de cours d'eau, reconquérir des sections de cours d'eau busés, en les rouvrant et en les renaturant notamment le long des voies de circulation, afin de rafraîchir l'air ambiant et d'améliorer le confort thermique des habitants.	PP	**« Sous réserve de la bonne gestion du risque inondation par débordement de cours d'eau, reconquérir des sections de cours d'eau busés, en les rouvrant et en les renaturant notamment le long des voies de circulation, afin de rafraîchir l'air ambiant et d'améliorer le confort thermique des habitants. »**
	24	Préférer des aménagements favorisant la rétention d'eau (jardin de pluie, noue paysagère, bassin de rétention) à des bordures minérales imperméables canalisant directement les eaux pluviales et de ruissellement. Concernant les espaces libres des parcelles privées, une mise à disposition de récupérateurs d'eau de pluie peut encourager et sensibiliser les habitants aux services thermiques de l'eau et leur permettre de réduire le coût d'entretien du patrimoine végétal de leur parcelle.	Règlement	Traduction réglementaire déjà prise en compte : - Art. 3.3.2.1 Eaux pluviales (Généralités) : « […] le débit est rejeté gravitairement au réseau public. Il est plafonné à 3 l/s/ha par la mise en œuvre de toutes les solutions susceptibles de limiter et d'étaler les apports pluviaux. » - Art. 2.4.4.2. Aménagement dans les marges de recul : « Les aménagements réalisés dans les marges de recul doivent favoriser l'infiltration naturelle de l'eau de pluie, dans le respect des normes en vigueur. »

8.6 | Annexe 6 : Traduction réglementaire des recommandations de la famille « Immeubles de rapport »

	Recommandations pour le tissu « Immeubles de rapport »		Propositions de traductions réglementaires Zonages concernés : UP1-UP2 -UP69 - PSMV	
Matériaux urbains	Espace public		OAP	« Privilégier l'utilisation de matériaux aux teintes beiges ou gris clairs (tels que les pavés en grès beige naturel et les bétons désactivés ou balayés beige ou gris clair) pour la chaussée de voies peu empruntées, pour les places publiques et pour les parkings à ciel ouvert. . Sur les trottoirs, privilégie l'utilisation de matériaux aux teintes claires et dont les joints peuvent être perméables pour laisser passer une végétation interstitielle spontanée (type pavé d'argile « cale bordelaise ») ou les matériaux clairs et lisses (type dalle calcaire). »
	1	Limiter le recours à des revêtements imperméables aux teintes foncées (tels que le béton bitumineux noir) sur la chaussée de voies peu empruntées, sur les places publiques et sur les parkings à ciel ouvert. Préférer l'utilisation de matériaux aux teintes beiges ou gris clairs (tels que les pavés en grès beige naturel et les bétons désactivés ou balayés beige ou gris clair) pour ce type d'espaces.		
	2	Privilégier, sur les trottoirs, l'utilisation de matériaux aux teintes claires et dont les joints peuvent être perméables pour laisser passer une végétation interstitielle spontanée (type pavé d'argile « cale bordelaise ») ou les matériaux clairs et lisses (type dalle calcaire). Eviter le recours aux asphaltes gris foncé et aux autres matériaux (granit, béton) aux teintes foncées sur ce type d'espace.		
	Espace privé		Règlement	
	3	Limiter le recours à des revêtements imperméables de couleur foncée (noir, gris foncé, rouge brun) sur les voiries internes, les espaces affectés au stationnement dans les cœurs d'îlots. Encourager l'utilisation de matériaux aux joints enherbés (pavés, dalles, modules alvéolaires) aux teintes claires (beige, beige doré, gris clair) pour ce type d'espace.		Ajouter un paragraphe supplémentaire à l'article 2.4.4.1 Espaces affectés au stationnement, voiries, constructions semi-enterrées : **« Limiter le recours à des revêtements imperméables de couleur foncée (noir, gris foncé, rouge brun) sur les voiries internes, les espaces affectés au stationnement dans les cœurs d'îlots. Privilégier l'utilisation de matériaux aux joints enherbés (pavés, dalles, modules alvéolaires) aux teintes claires (beige, beige doré, gris clair) pour ce type d'espace. »**
	4	Préférer des surfaces engazonnées à des surfaces minérales et renforcer la part de terre pleine sur les espaces libres des cœurs d'îlots.		**UP1 / UP2 :** le règlement actuel prend en compte un pourcentage de pleine terre **UP69 :** Chapitre 2.2.1. Constructions, installations et aménagements neufs : **Règlementer la pleine terre dans la bande B**
	Surfaces verticales			
	5	Encourager le ravalement des façades en pierre noircies par la pollution.		Obligation de ravaler les façades sur rue tous les 10 ans à Bordeaux (arrêté municipal).

	6	Encourager l'utilisation de revêtements et de peintures de couleur claire sur les surfaces verticales du bâti, notamment sur les volets.	Règlement	Ajouter un paragraphe supplémentaire à l'article 2.4.1.1.3. Façades : **« Encourager l'utilisation de revêtements et de peintures de couleur claire sur les surfaces verticales du bâti. »**
	Toiture			
	7	Limiter l'utilisation de tuiles en terre cuite de couleur foncée (pourpre foncé, brun-rouge) sur les toitures des bâtiments publics ou privés. Privilégier l'utilisation de tuiles de couleur claire.	Règlement	Ajouter un paragraphe supplémentaire à l'article 2.4.1.1.2. Toitures : **« Privilégier l'utilisation de tuiles de couleur claire. »**
	8	Renforcer l'isolation des toitures et brisis en zinc ou en ardoise.		Pris en compte par la RT 2012 pour les projets neufs. Relève de la réhabilitation pour l'ancien.
Forme urbaine	9	Envisager, lors de projets neufs, un retrait des façades afin, d'une part, de créer une dissymétrie pour mieux faire circuler l'air et, d'autre part, de créer une « double peau » végétalisée.	Règlement	**UP1 / UP2** : Compléter l'article 2.2.2.1. Implantation des constructions par rapport aux voies et emprises publiques : « - <u>Cas d'un terrain ayant une largeur de façade de plus de 15 m de large :</u> Des reculs non enclos peuvent être autorisés pour des raisons architecturales ou d'accès ou **de plantations (lutte contre les îlots de chaleur urbains)** sous de réserve de respecter les dispositions schématiques suivantes : (…) » **UP 69 :** Modifier l'article 2.2.1. Constructions, installations et aménagements neufs / Recul (R) / Bande A : **« Reculs partiels des constructions autorisés sous réserve de plantations (lutte contre les îlots de chaleur urbains). »**
	10	Si un élargissement des trottoirs est envisagé, préférer un élargissement du trottoir Sud pour une voie moyenne à large orientée Est-Ouest. Cette mesure peut être complétée par la recommandation n°18.	OAP	**« Si un élargissement des trottoirs est envisagé, préférer un élargissement du trottoir Sud pour une voie moyenne à large orientée Est-Ouest. »**
	11	Encourager l'installation de mobilier urbain apportant de l'ombre et de la fraîcheur sur les places très minérales ou les trottoirs exposés à une insolation intense durant la journée.		**« Encourager l'installation de mobilier urbain apportant de l'ombre et de la fraîcheur sur les places très minérales ou les trottoirs exposés une insolation intense durant la journée. »**
	12	Préserver la part existante d'espace libre au sein des cœurs d'îlots.	Règlement	UP1 / UP2 : les cœurs sont préservés par le règlement actuel UP69 : Chapitre 2.2.1. Constructions, installations et aménagements neufs / Retrait fond parcelle (L2) **: augmenter la distance minimale à respecter pour L2.**

	13	Encourager l'installation de pare-soleil de couleur claire sur les trottoirs de commerces exposés à une orientation Sud ou Sud-Ouest.		Les stores ne sont pas réglementés par le PLU.
	14	Valoriser la fraîcheur des sous-sols des caves d'immeubles en préservant la perméabilité de l'air des soupiraux (ventilation nocturne).		A étudier au cas par cas.
Surface végétalisée	15	Pérenniser l'accès à un îlot de fraîcheur « refuge » (jardin public, place plantée) et sensibiliser les habitants (notamment les populations sensibles et les usagers du quartier) à la proximité de ces espaces de nature.		Relève du plan canicule.
	16	Encourager la plantation et le maintien d'arbres d'alignement de première et de seconde grandeur à feuillage dense et caduc sur les voies moyennes et larges orientées Est-Ouest, en traitant en priorité les trottoirs Nord de ces voies afin de limiter l'insolation du sol et des surfaces verticales et d'améliorer le confort thermique des habitants. Lorsque cela est possible, planter des arbres d'alignement de première et de seconde grandeur à feuillage dense et caduc sur les deux côtés des voies larges orientées Nord-Sud.	OAP	**« Encourager la plantation et le maintien d'arbres d'alignement de première et de seconde grandeur à feuillage dense et caduc sur les voies moyennes et larges orientées Est-Ouest, en traitant en priorité les trottoirs Nord de ces voies afin de limiter l'insolation du sol et des surfaces verticales et d'améliorer le confort thermique des habitants. Lorsque cela est possible, planter des arbres d'alignement de première et de seconde grandeur à feuillage dense et caduc sur les deux côtés des voies larges orientées Nord-Sud. »**
	17	Préserver la couverture arborée déjà satisfaisante de certaines places publiques et améliorer celle de places et placettes très minérales de manière ciblée, en particulier sur les extrémités les plus exposées (orientées sud et sud-ouest) et sur les espaces recevant du mobilier urbain (bancs…).		**« Planter les places et placettes de manière ciblée, en particulier sur les extrémités les plus exposées (orientées sud et sud-ouest) et sur les espaces recevant du mobilier urbain (bancs…). »**
	18	Lorsqu'il existe une bande de retrait du bâti par rapport à la rue, encourager le développement d'essences végétales autres qu'au stade herbacé.	Règlement	UP1 / UP2 : Modifier l'article 2.4.4.2. Aménagements dans la marge de recul : **réduire le seuil minimal de 6 m.** UP69 : Ajouter un paragraphe dans l'article 2.4.4.3. Aménagement paysager et plantations : **« Dans les marges de recul supérieures ou égales à 3 m, les plantations doivent comporter des arbustes, et, quand l'épaisseur le permet, des arbres de moyen à grand développement en privilégiant les espèces endogènes, dépolluantes et non allergènes. »**

	19	Consolider et encourager la végétalisation des balcons donnant sur la rue, en particulier ceux ayant une exposition Sud ou Sud-Ouest. Cela peut notamment passer par le recours à des plantes grimpantes comme le lierre.		
	20	Préserver et densifier l'emprise végétale des cœurs d'îlots en développant la strate arborée de ces derniers, notamment à proximité ou au-dessus des espaces dédiés au stationnement, afin de limiter l'échauffement de ces espaces par l'ombre portée naturelle.	Règlement	Déjà pris en compte dans les règlements UP1 et UP69.
Chaleur anthropique	21	Limiter le recours à des systèmes de climatisation afin d'éviter le rejet d'air chaud dans l'espace public.		Potentiellement, le PLU a la faculté d'interdire le recours à des systèmes de climatisation, au titre de l'aspect extérieur des constructions. Cf. Marie-Laure Lambert, Coralie Demazeux, Gallafrio Manon. Climat urbain, énergie et droit de l'urbanisme – Règlement du PLU(i). 2016.
	22	Limiter le trafic routier sur les axes les plus fréquentés et réduire les espaces dédiés au stationnement (ou les planter pour apporter une ombre aux véhicules stationnés).	OAP	« Sous réserve de compatibilité avec le Plan de déplacements urbains (POA Mobilité), limiter imiter le trafic routier sur les axes les plus fréquentés et réduire les espaces dédiés au stationnement (ou les planter pour apporter une ombre aux véhicules stationnés). »
Surface en eau	23	Préserver et encourager l'installation de brumisateurs, plans d'eau, fontaines et de jeux d'eau sur les places, notamment sur celles étant très minérales.		« Préserver et encourager l'installation de brumisateurs, plans d'eau, fontaines et de jeux d'eau sur les places, notamment sur celles étant très minérales. »
	24	Préférer des revêtements perméables, avec notamment des joints enherbés ou remplis de granulats, afin de permettre une infiltration de l'eau dans la sous-couche de sable. Lorsqu'il s'agit de matériaux minéraux, préférer des pavés à des dalles, ces dernières, par leurs joints plus petits, offrant une infiltration moindre de l'eau.		« Préférer des revêtements perméables, avec notamment des joints enherbés ou remplis de granulats, afin de permettre une infiltration de l'eau dans la sous-couche de sable. Lorsqu'il s'agit de matériaux minéraux, préférer des pavés à des dalles, ces dernières, par leurs joints plus petits, offrant une infiltration moindre de l'eau. »

30 cours Pasteur

33000 Bordeaux

tél. : 33 (0)5 56 00 60 27 | fax : 33 (0)5 56 24 75 54

contact@alec-cub33.fr| www.alec-cub33.fr

Agence d'urbanisme Bordeaux Métropole Aquitaine

Hangar G2 – Bassin à flot n°1 BP 71 – F-33041 Bordeaux cedex

tél.: 33 (0)5 56 99 86 33 | fax : 33 (0)5 56 99 89 22

contact@aurba.org | www.aurba.org

© aurba l septembre 2019