



HAL
open science

Dans quelles mesures l'aménagement de l'espace public urbain peut-il contribuer à combattre et adapter les villes au changement climatique? Étude de cas de la requalification de la rocade du Jarret à Marseille

Nans Braccalenti

► To cite this version:

Nans Braccalenti. Dans quelles mesures l'aménagement de l'espace public urbain peut-il contribuer à combattre et adapter les villes au changement climatique? Étude de cas de la requalification de la rocade du Jarret à Marseille. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02388938

HAL Id: dumas-02388938

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02388938>

Submitted on 2 Dec 2019

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

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

AGROCAMPUS
OUEST

CFR Angers

CFR Rennes



Année universitaire : 2018 - 2019

Spécialité/Mention :

PAYSAGE

Spécialisation/Parcours :

Paysage : Opérationnalité et Projet (POP)

Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Dans quelles mesures l'aménagement de l'espace public urbain peut-il contribuer à combattre et adapter les villes au changement climatique ? Etude de cas de la requalification de la rocade du Jarret à Marseille.

Par : Nans BRACCALENTI



Soutenu à Angers le 12/09/19

Devant le jury composé de :

Président : Pierre-Emmanuel BOURNET

Maître de stage : Charles MOLLANDIN

Enseignant référent : Christophe MIGEON

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier toute l'équipe du bureau d'étude d'INGEROP-Marseille pour son accueil, le cadre de travail qu'elle m'a offert et son partage de connaissances tout au long de mon stage de fin d'études.

Je remercie tout particulièrement l'équipe du projet de requalification de la rocade du Jarret, auprès de laquelle j'ai pu acquérir de nombreuses compétences nouvelles. Quel plaisir de travailler au sein d'une équipe dynamique et solidaire, provenant de différents horizons et ayant des connaissances plurispécifiques. Alix Vallier, Jean-Yves Albergès, Eric Vince, Benoit Djivelekian, Edouard Rauline, Florian Bonnard, Christian Faron, merci !

Un merci tout particulier à Charles Mollandin, mon tuteur et directeur de projet. Merci de m'avoir donné l'opportunité de travailler sur un projet d'une telle dimension et de m'avoir fourni les conseils utiles à la définition de ma problématique et à la rédaction de ce mémoire de fin d'études.

Je voudrais également remercier chaleureusement Christophe Migeon pour son aide, ses conseils et sa réactivité qui ont contribué à ordonner mes idées pour réaliser ce document.

Je souhaite enfin remercier mon entourage, famille et amis pour leur soutien et leur implication dans la fastidieuse tâche de relecture !

Enfin, je remercie mes camarades de promotion sans qui toutes ces années passées à Agrocampus Ouest- Angers n'auraient pas été aussi passionnantes.

GLOSSAIRE

- Démarche participative

« Dispositif participatif dont l'objectif est de recueillir l'ensemble des avis des parties prenantes et/ou du grand public sur un projet, avant que la décision ne soit prise. L'autorité, qui veut prendre une décision, présente son projet aux personnes concernées et engage un dialogue avec eux. L'autorité reste libre de sa décision, mais s'engage néanmoins généralement à la justifier et à l'explicitier au regard du résultat de la concertation. La concertation peut être engagée très en amont de la décision, dès les études préalables. Les formes prises par la concertation peuvent être très variables ainsi que la méthode d'animation » (Commission Nationale de Débat Public).

- Eco-efficacité

« L'Eco-efficacité consiste à offrir des biens et des services à des prix compétitifs qui répondent aux besoins des hommes et leur apportent une qualité de vie, tout en réduisant progressivement les impacts environnementaux et la quantité des ressources naturelles nécessaires tout au long du cycle de vie des produits pour atteindre finalement un niveau qui soit en harmonie avec ce que peut supporter durablement la planète ». (WBCSD)

- Îlot de chaleur urbain (ICU)

« L'îlot de chaleur urbain est un phénomène à l'échelle du climat local qui se caractérise par la différence de température, le plus généralement de la température d'air, entre la ville et la campagne ou entre la ville et une moyenne régionale. L'enjeu le plus important de l'îlot de chaleur est relatif à un rafraîchissement nocturne des surfaces plus lent en été, qui provoque des températures ambiantes élevées durant la nuit. » (Jean-Jacques Terrin, 2015)

- Evapotranspiration

« L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des végétaux. Toute évaporation implique une absorption de chaleur et crée un rafraîchissement de la température d'air à proximité. » (Plante&Cité, Juillet 2018)

- Rugosité aux vents

« La rugosité définit la résistance au vent : plus il y a d'obstacles face à l'écoulement de l'air, plus la rugosité est élevée, et plus le mouvement de l'air est lent. La rugosité relative correspond à la rugosité dans une direction, à partir d'un point central.» (MitekFrance Support)

- Albédo

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

- Inertie thermique

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

- Convection

« La convection (thermique) désigne le transfert d'énergie thermique au sein d'un fluide en mouvement ou entre un fluide en mouvement et une paroi solide. Ce transfert d'énergie est réalisé

par deux modes de « transfert élémentaire » combinés que sont l'advection et la diffusion. (Energétiques et procédés) » (BBS Slama)

LISTE DES ABREVIATIONS

VISAS : Visa d'étude d'exécution

DCE : Dossier de Consultation des Entreprises

GES : Gaz à Effet de Serre

SFV : Facteur Vue du Ciel (Sky Factor View)

PLU : Plan Local d'Urbanisme

ICU : Ilots de chaleurs urbains

PNACC : Plan National d'Adaptation au Changement Climatique

LISTE DES FIGURES

Fig.1 – Interaction et fonctionnement de l'espace public - Source : (ADEUS, Décembre 2014)	4
Fig.2 – L'espace public comme scène d'échange – Les nuits debout - Source : (Mediapart 2016)	4
Fig.3 – Montpellier – Promenade du Peyrou - Source : (K.Gorbachova 2017)	5
Fig.4 – Une qualité de vie recherchée - Source : (Harris interactive 2016)	8
Fig.5 – Melbourne- La ville en partage - Source : (Jes 2017)	9
Fig.6 - Augmentation des températures en Europe - Source : (M.Santamouris, IASA-NkUA)	10
Fig.7 – Courbe de température et effet des ICU - Source : (MED-MAIN 2018)	11
Fig.8 – Beijing - Omniprésence automobile - Source : (Dorothea Schnid Laid)	12
Fig.9 – Bilan carbone de l'arbre dans six villes américaines - Source : (Mc Pherson et .al 2005)	13
Fig.10 – L'eau en contexte variable - Source : (Livingston, Mc Carron 1992)	14
Fig.11 – Bentley UK - Inondation en milieu urbain - Source : (Ashley)	14
Fig.12 – Schéma d'une chaussée réservoir type - Source : (GUIDEnR)	15
Fig.13 – Schéma- coupe d'une tranchée drainante - Source : (DPE)	15
Fig.14 – Passage de St.Joan - Revêtement perméable - Source : (Lyanne van Diepen)	16
Fig.15 – Les Mureaux -Tranchée végétal de récupération des eaux de voirie - Source : (Agence Quatrevingtdouze)	16
Fig.16 – Clamart – Bassin enterré de récupération des eaux pluviales - Source : (APUR, 2016)	17
Fig.17 – Romainville – L'espace public inondable - Source : (ETP Est Ensemble, Gael Kerboal)	17
Fig.18 – Effet rafraichissant de la végétation - Source : (APUR, 2017)	18
Fig.19 – Schéma de l'évapotranspiration végétal - Source : (ADEME, Octobre 2018)	19
Fig.20 – Valeurs moyennes de l'albédo dans une ville - Source : (MED-MAIN 2018)	20
Fig.21 – Paris – Thermographie infrarouge d'un tramway - Source : (APUR, Juillet 2017)	20
Fig.22 – Morphologie contraignante pour le refroidissement des villes - Source : (APUR, Juillet 2011)	21
Fig.23 – L'eau dans les lieux publics - Source : (APUR, Juillet 2017)	22
Fig.24 – Marseille – Projets urbains de restructuration de la ville - Source : (TANGRAM Architecture)	23
Fig.25 – Marseille – Perspective du projet de requalification de la rocade du Jarret - Source : (TANGRAM Architecture)	24
Fig.26 – Marseille – Perspective du projet de transformation du cours Lieutaud - Source :	

(TANGRAM Architecture)	24
Fig.27 – Marseille – Perspective du projet de requalification du centre-ville - Source : (Michel Desvigne Paysagiste)	24
Fig.28 – Plan masse du projet de requalification de la rocade du Jarret - Source : (DEVILLERS Associés)	25
Fig.29 – Schéma de planification urbaine et de développement- Source : (Institut national de la santé du Québec)	26
Fig.30 – Coupe de gestion des eaux par infiltration locale- Source : (APUR, 2014)	30

LISTE DES TABLEAUX

Tab.1 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) des surfaces (m ²) allouées à chaque usage du projet - Source : (Production personnelle, 2019)	27
Tab.2 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) du comptage de voitures (véhicules/jour) associé à leur impact carbone (kg.CO2/km) - Source : (Production personnelle, 2019)	27
Tab.3 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) des surfaces (m ²) de type de matériaux sur la zone étudiée - Source : (Production personnelle, 2019)	28
Tab.4 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) des surfaces (m ²) de matériaux perméables et imperméables sur la zone étudiée - Source : (Production personnelle, 2019)	28
Tab.5 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) du nombre d'arbres (U) sur la zone étudiée- Source : (Production personnelle, 2019)	29
Tab.6 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) de la surface d'ombre projeté (m ²) sur la zone étudiée- Source : (Production personnelle, 2019)	29

LISTE DES ANNEXES

Annexe I – Comment l'eau est-elle évacuée dans le sol ? (Source : Centre de recherches routières – Annexe au Bulletin CRR n°77 – 2008)

Annexe II – Plan d'aménagement de la Zone 6 de la requalification de la rocade du Jarret (Source : DCE – INGEROP)

Annexe III – Carte de variation du trafic actuel/futur - Projet de requalification de la rocade du Jarret (Source : AVP - INGEROP)

Annexe IV – Coupes transversales du projet de requalification de la rocade du Jarret – Zone 6 (Source : DCE - INGEROP)

AVANT-PROPOS

Structure d'accueil

J'ai effectué mon stage de fin d'études de six mois, dans le bureau d'études en ingénierie : Ingérop. Acteur de référence en France et significatif à l'international, Ingérop est une entreprise conseil en mobilité durable, de la transition énergétique, en passant par l'amélioration du cadre de vie et l'aménagement du territoire au sens large.

Missions principales

Durant mon stage, au sein du pôle Infrastructures, Ville et Mobilité j'ai essentiellement travaillé sur le projet de requalification de la rocade du Jarret à Marseille (60M€).

Ce projet, dont les deux premiers marchés sont en cours de réalisation et les deux suivants en cours d'étude, m'a permis de participer à des missions de suivi d'exécution des travaux :

- Rédaction de constats et contrôles d'exécution de travaux
- Application des principes de coordination prévus
- Suivi des attachements mensuels de travaux
- Rédaction de comptes rendus de réunions de chantier
- Assistance à la réalisation de VISAS

Mais aussi d'aborder des missions de phases d'études pour les prochains marchés de cette même opération :

- Rédaction des différentes pièces d'un DCE

L'ensemble de ces missions m'a permis de découvrir le rôle d'un maître d'œuvre à différentes phases d'un chantier, et m'a surtout donné l'opportunité d'approfondir mes connaissances techniques de l'aménagement urbain.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 L'ESPACE PUBLIC, OBJET ÉVOLUTIF ET ADAPTABLE	3
1.1 Ossature complexe du milieu urbain	3
1.1.1 Espace indéfini aux acteurs multiples	3
1.1.2 Structure multifonctionnelle au service de la ville	3
1.1.3 Lieu de transparence et de sociabilité	4
1.2 Lieu d'histoire et d'instantanéité	5
1.2.1 Espace de contacts et d'échanges (II - VIII -ème siècle)	5
1.2.2 Espace visuel et rationalisé (XIV- XVIII -ème siècle)	5
1.2.3 Espace efficace et « progressiste » (XVIII – XX -ème siècle)	6
1.2.4 Espace composite en réinvention (XXI -ème siècle)	6
1.3 La quête d'un nouvel équilibre	6
1.3.1 Enjeux émergents : L'énergie d'action	6
1.3.2 Demandes et usages nouveaux, moteur d'imagination	8
2 BÂTIR LA RÉSILIENCE CLIMATIQUE PAR LE BIAIS DE L'ESPACE PUBLIC	10
2.1 Un constat qui sonne l'alarme	10
2.1.1 Ville vulnérable mais adaptable	10
2.1.2 Envisager l'adaptation comme une opportunité	11
2.2 Concevoir pour combattre et s'adapter	
2.2.1 Instaurer un bilan positif des émissions de gaz à effet de serre	12
2.2.2 Appréhender la menace de l'eau en ville	14
2.2.3 Lutter contre la surchauffe urbaine	18
3 ETUDE DE CAS : PROJET DE REQUALIFICATION DE LA ROCADE DU JARRET À MARSEILLE	23
3.1 Marseille, une approche urbanistique nouvelle	23
3.1.1 L'encombrement d'une ville	23
3.1.2 Grands projets de contournement	23
3.1.3 Des axes requalifiés	24
3.1.4 Un centre-ville apaisé	24
3.2 Le projet du Jarret est-il inscrit dans la logique d'adaptation au réchauffement climatique ?	25
3.2.1 Une autoroute urbaine transformée en boulevard intégré	25
3.2.2 Un aménagement, un bilan	25
3.2.3 Que faire pour aller plus loin ?	30
CONCLUSION	31

BIBLIOGRAPHIE

32

SITOGRAFIE

35

INTRODUCTION

La ville est aujourd'hui l'espace de vie le plus courtisé par la population mondiale. Le nombre de citadins à travers le monde ne cesse d'augmenter, et atteindra environ 70% de la population mondiale (9,5 milliards d'individus) en 2050 (ADEUS, Juillet 2017). Le constat démographique n'est pas le seul défi d'adaptation face auquel la ville est confrontée. Les villes dans lesquelles nous vivrons demain seront radicalement différentes de celles que nous connaissons aujourd'hui. Sous l'effet de mouvements de fonds puissants comme le changement climatique, les possibles catastrophes naturelles, la raréfaction des ressources, la transformation des modes de vie, le changement des pratiques sociales ou bien encore, la perte d'attractivité économique, la pauvreté, et la préservation de la santé... imposent à l'avenir des villes la mise en place de stratégies de résilience par les voies de l'adaptation et de la réinvention.

Trois grands axes d'actions se dégagent de ce constat général et devront être pris en considération pour aménager nos villes, leurs formes, leur structure et leur fonctionnement :

- La ville pour tous
- La ville durable
- La qualité de vie

Ces trois critères qui rassemblent énormément de thématiques et de notions participent à la construction d'une ville saine et résiliente face aux nombreux enjeux émergents de l'espace urbain (Apur, Juillet 2015).

La menace ayant le plus de transversalité sur les axes précédemment cités est le changement climatique. Par sa force de bouleversement de nos environnements, le changement climatique menace tout particulièrement le milieu urbain. De l'augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes et des inondations, à l'élévation des températures et aux problèmes de santé publique, le changement irréversible de notre climat doit être pris en considération dans la planification de nos zones urbaines. Pour exemple la canicule de 2003 en France, qui a provoqué une surmortalité de plus de 15 000 personnes, démontre de l'inadaptation de l'organisation des services publics et des modes de vie urbains actuels aux climats nouveaux (ONERC, 2006).

Au cours de ma mission de stage, qui m'a quotidiennement mené sur le lieu de chantier de la requalification de la rocade du Jarret à Marseille, des questionnements m'ont interpellés au fur et à mesure de l'avancée des travaux. Réaménageons-nous les villes et leurs espaces avec pour unique but d'embellissement et d'hygiénisme ? Ou trouvons-nous derrière cela une logique bien plus profonde et durable ?

C'est alors que nous prenons conscience que nos métiers qui interviennent directement sur l'aménagement de nos territoires ont un rôle d'importance à jouer pour transformer la ville. Aménager autrefois avait peut-être pour rôle majeur l'esthétisme et la fonctionnalité. Face aux enjeux auxquels nous concourons nous ne devons pas arrêter notre réflexion à ces 2 paramètres.

L'espace public, surface commune qui constitue en grande partie la ville, représente le lieu d'action qui peut faire œuvre de grand changement si la volonté politique d'aménagement est affirmée. Il est vraisemblablement le lieu ayant le plus de marge de manœuvre pour reconstruire notre environnement urbain et les collectivités commencent à œuvrer en ce sens. Le renouvellement urbain est donc au cœur des préoccupations d'aménagement des villes et la notion d'espace public est alors soudainement concernée.

Dans quelles mesures l'aménagement de l'espace public urbain peut-il contribuer à combattre et adapter les villes au changement climatique ? Etude de cas de la requalification de la rocade du Jarret à Marseille.

Il s'agira dans un premier temps de définir ce qu'est l'espace public et de mieux comprendre le rôle qu'il endosse dans nos villes. Pour cela nous tenterons de comprendre les interactions qui s'effectuent dans l'espace public et quelle importance a-t-il dans l'équilibre et le fonctionnement global d'une ville. A partir de ces explications, nous tenterons de définir les perspectives vers lesquelles ces espaces se dirigent pour répondre aux enjeux émergents du 21^e siècle.

La deuxième partie définira la menace du changement climatique sur l'environnement urbain, puis proposera les nouvelles techniques et logiques d'aménagement de l'espace public permettant de bâtir la résilience climatique. De nouvelles solutions et préconisations d'aménagements seront abordées pour essayer de redéfinir nos logiques de conception et ainsi rendre la ville adaptée à son futur.

Dans une troisième partie, nous réaliserons une analyse du projet de la requalification de la rocade du Jarret, sur lequel j'ai travaillé pendant 6 mois en suivi d'exécution. Nous analyserons l'impact du réaménagement en comparaison avec son état existant, pour juger de l'efficacité de l'aménagement sur les questions d'adaptation climatique.

1. L'ESPACE PUBLIC URBAIN, OBJET ÉVOLUTIF ET ADAPTABLE

1.1 Ossature complexe du milieu urbain

L'espace public est à la fois vaste et flou, mais si concret et visible. Difficile de saisir ses limites, mais si facile à vivre, à observer... Nous l'empruntons tous, chaque jour de différentes manières.

1.1.1 Espace indéfini aux acteurs multiples

La notion d'espace public prend naissance dans les années 1970 et s'est banalisée dans les années 90. Il découle d'une double acception, d'une part, la métaphore relative à l'art de gérer la cité (polis) « espace politique », et d'autre part, la désignation des espaces physiques de la ville (urbs) accessibles au public (R.Auzelle, Art Urbain, Mai 2014).

Son étude peut être perçue sous différents angles : politique, juridique, sociologique, architectural, paysagère, urbanistique, technique... Là réside la complexité de sa définition.

Acteur d'actions concrètes ou non, l'espace public est façonné et animé par :

- **Les acteurs économiques** : Entreprises, propriétaires fonciers, marchands et restaurants... sont responsables de l'attractivité économique d'une ville et indirectement de son dynamisme. Ils s'étalent sur l'espace commun pour offrir un morceau de terrasse, faire de la publicité, vendre...

- **Les acteurs politiques** : Communes, métropoles... les élus de nos collectivités publiques décident, financent et accompagnent le devenir de la ville et des aménagements de nos espaces publics.

- **Les professionnels de l'espace** (architectes, paysagistes, urbanistes, ingénieurs) : Ils sont les porte-paroles des collectivités et possèdent l'expertise de l'urbain et de ses problématiques. Leur savoir-faire est censé être force de propositions adaptées et durables à la commande publique.

- **Les habitants-usagers-citoyens** : Ils sont les acteurs majeurs au sens propre de l'action dans l'espace. Ils s'approprient les lieux conçus au plus proche de leurs envies, les font vivre et les pratiquent. De nos jours, l'usager peut être acteur du devenir des espaces dans lequel il vit au côté de professionnels par le biais de démarches participatives et consultatives (Florian Bercault, Mai 2015).

1.1.2 Structure multifonctionnelle au service de la ville

Espace partagé qui est affecté à l'usage direct du public. Celui-ci appartient au domaine public, il nous appartient à tous et offre la liberté, l'égalité et la gratuité de son utilisation. Ce lieu incarne la pluralité au sein même d'un espace réduit (Aur, Juin 2012).

Le rôle de l'espace public ne se résume pas à sa seule fonction spatiale. Il permet le lien physique entre les différents tissus, le lien temporel entre les différentes époques et le lien social entre ses pratiquants (F. Bédarida, 1992). Il est société, identité, culture. Il est ressenti, déplacement, espace. Il est ouvert, fermé, aux formes variées. Il est aménagé, redessiné, adapté. Il innove, il expérimente et évolue. Il est la structure sur laquelle la ville espère et se repose.

Mais de quoi est réellement composé l'espace public ? Situons les éléments les uns par rapport aux autres pour comprendre la place qu'ils occupent dans "l'objet" ville.

Tout d'abord le large domaine englobant :

- les rues, ruelles, boulevards, avenues (chaussées et trottoirs);
- les galeries publiques et les passages couverts;
- les escaliers, terrasses, belvédères ...;
- les quais, à quoi l'on peut ajouter cette zone intermédiaire entre la rue et la place que constituent les allées ou le mail.

-les diverses morphologies de places, points de rencontres aux regroupements plus vastes et nombreux. Cet espace que l'on peut caractériser de vide est carré, rectangulaire, circulaire ou ovale; les forums et les agoras; les esplanades, parvis, ronds-points, piazza; les promenades. On peut y ajouter les squares, lieux intermédiaires entre les places et les jardins.

-Les espaces naturels anthropisés, tels que les jardins publics et parcs urbains. S'y rattachent les cimetières et autres lieux calmes et verdoyants aménagés en promenades publiques (F.Bédarida,1992).

Il assume des rôles variés dans l'urbain (fig.1). Ce dernier contribue au fonctionnement de la ville dans l'ensemble de ses strates. C'est un lieu où se côtoient et se confrontent différentes fonctions (transit, circulation, commerce, flânerie, repos), différents modes de déplacements, différentes échelles (proximité, quartier, ville), réseaux, vitesse...

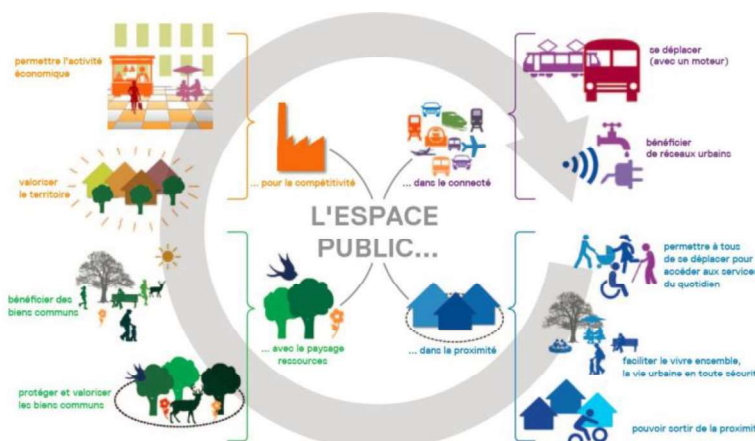


Fig.1 – Interaction et fonctionnement de l'espace public - Source : [4] (ADEUS, Décembre 2014)

Il est le reflet de la complexité urbaine, à la fois espace technique, social et culturel. Il est porteur d'enjeux économiques, porteur d'une part de l'attractivité des villes, et gardien de l'équilibre social et du dynamisme culturel. (APUR, Juin 2014). Il est l'ossature de l'organisation urbaine. Loin d'être un vide résultant de l'espace intouché après les constructions, cet espace est aujourd'hui voulu et réfléchi. Il comble les manques de la ville dense.

1.1.3 Lieu de transparence et de sociabilité

Il est vrai que l'aménagement de l'espace public est aujourd'hui un lieu de vie important où reposent en partie la dynamique économique d'une ville, la qualité de vie quotidienne du citoyen et l'identité comprenant les particularités d'un lieu.

Espaces de rencontres où se façonnent cohésion, solidarité ou conflit (fig.2), l'utilisateur s'accapare ces lieux pour faire la fête, contester, manifester, contempler, attendre, discuter, jouer... Les appropriations individuelles et collectives que les citoyens font de ces espaces sont nombreuses (CHOAY Françoise, 2003).



Fig.2 – L'espace public comme scène d'échange – Les nuits debout - Source : [4] (Mediapart 2016)

Lieu d'extériorité qui dévoile la vie urbaine dans tout ce qui la compose, l'espace public rend visible, donne à voir les groupes sociaux et leurs revendications. Les espaces publics, comme des lieux de vie et d'échange, sont aujourd'hui le principal point de focalisation des interventions sur la ville.

1.2 Lieu d'histoire et d'instantanéité

Dans la continuité, comprendre comment les transformations de nos modes de vie urbains s'inscrivent dans l'espace public et influent sur sa pratique et ses usages paraît nécessaire. L'espace public a énormément évolué au cours des civilisations et s'est adapté aux nécessités qui ont traversé les époques. Villes en développement, espaces urbains remaniés, formes urbaines inventées... En mutation permanente, cherchant à s'adapter continuellement à la société contemporaine et ses valeurs émergentes, l'espace public s'adapte aux nouveaux modes de vie, qui eux aussi sont en perpétuelle évolution (Y.GENDRON, Décembre 2014).

1.2.1- Espace de contact et d'échange (II - VIII -ème siècle)

Le forum, qui date de la fondation même de la ville est considéré comme l'ancêtre majeur de l'espace public et plus spécifiquement de la place. Le forum est pour les Romains, au même titre que l'agora pour les Grecs, un lieu public, central et vivant où les citoyens se réunissaient pour marchander, traiter d'affaires politiques ou économiques et exercer des pratiques spirituelles. Les fonctions politique, religieuse, sociale et commerciale s'établissaient sur un espace dégagé bordé par des monuments publics et sacrés (F.Choay, 2004). Cet espace public révèle des espaces centraux de rassemblement, connectés par de petites ruelles, le tout étant essentiellement piéton. Ces lieux assuraient des fonctions d'échanges et permettaient à la population d'établir des liens sociaux et de forger une force commune importante à l'équilibre d'une société menacée par l'instabilité de conquête des territoires (F.Bédarida, 1992).

1.2.2- Espace visuel et rationalisé (XIV- XVIII -ème siècle)

La notion de conception de l'espace architectural et urbain (le goût d'esthétique commence à voir le jour) émane petit à petit. L'espace urbain est sujet à une réflexion théorique et voit apparaître la notion de planification des villes (plans, ébauches, écrits et perspectives de développements...).

Une urbanité géométrique, symétrique et rationnelle fait son apparition (principes dictés par les règles de la perspective centrale). Les rues sont subordonnées à un centre et distribuées symétriquement par rapport à lui. L'extension de la ville ne se fait plus au fil de l'eau, mais commence à s'effectuer à partir d'éléments clés (places, rues principales, bâtiments publics) à partir d'une conceptualisation préalable (R.Auzelle, Art Urbain, Mai 2014).

Mais celle-ci n'est pas conçue pour la valeur d'usage de son espace public, mais pour sa capacité à servir de scène à d'autres éléments architecturaux ou figuratifs, renvoyant à la symbolique du pouvoir. Elle est en effet démesurée par rapport aux nécessités de la vie urbaine réelle.

Ces nouvelles formes d'espaces publics marquent un changement profond dans la façon de vivre la rue et les axes notamment par la séparation des usages. La ville commence à être conçue comme lieu à parcourir, offre des espaces de promenade et assume la dimension de grande échelle



Fig.3 – Montpellier – Promenade du Peyrou - Source : [5] (K.Gorbachova 2017)

urbaine. L'espace urbain est aéré et les rues sont élargies (F.Choay, 2004). La mode des grands cours plantés, les jardins publics et le principe des esplanades et des jeux de terrasses sont de

nouvelles formes d'espaces publics (fig.3).

1.2.3- Espace efficace et "progressiste" (XVIII – XX -ème siècle)

Le modèle d'urbanisme intègre les normes modernes de l'hygiénisme et les transports mécanisés se propagent. De là, la création de grands boulevards à unique fonction des gestions des flux de mobilité traverse la ville. La chaussée centrale et ses trottoirs latéraux organisent ainsi l'arrivée du Tramway et de l'automobile dans l'espace de la voie publique. Cette expansion rapide se fera au prix de tous les autres usages de la voie. Ce choix d'aménagement a un impact majeur sur la structure de la ville et le devenir de l'espace public. En effet, l'importance donnée à la voirie, fait que les nœuds deviennent des carrefours de circulation ou des parkings à ciel ouvert et non des places (R.Auzelle, Art Urbain, Mai 2014).

Cette restructuration n'est plus capable de fournir le support territorial à l'interaction humaine et sociale au sein de la ville, le mouvement du véhicule prime sur la déambulation piétonne. En revanche elle offre une efficacité de déplacement certaine.

Des conséquences imprévues de ce modèle se font ressentir : coupure et dévalorisation de certains espaces, ségrégation sociale, étalement urbain, dépendance à la voiture... (Comité 21, 2011-2012).

1.2.4- Espace composite en réinvention (XXI -ème siècle)

La fin des années 70 amorce le début d'une politique de reconquête des espaces publics. Les chaussées sont remodelées pour créer de larges trottoirs plantés. La question des usages de l'espace public est posée à partir de la question des modes de déplacements et de la place qui leur est réservée dans l'espace public.

La baisse du trafic automobile est au cœur de la politique municipale. Cette nouvelle politique de l'espace public est partie d'un constat simple. En moyenne, les chaussées occupent 60 à 80% de l'espace public. Il s'agissait alors de négocier la place de chacun (APUR, Mai 2019). Dès lors, la voirie, comme espace public autant que comme infrastructure des flux, devient un enjeu majeur pour penser et concevoir la ville. L'idée ici défendue est que l'urbanisme doit réapprendre à combiner mouvement et sédentarité, liens et lieux (F.Bédarida,1992).

L'image de la ville moderne avec son efficacité et sa circulation facilitée est devenue le contre-modèle à combattre : rendre l'espace public au piéton et aux mobilités douces, l'apaiser, le verdir et surtout chasser la voiture seraient les recettes d'une urbanité renouvelée.

C'est donc le début d'une prise de conscience lente mais réelle, considérer la qualité de vie. L'espace public, bien commun des citoyens devient un des enjeux majeurs de notre société et devient l'élément fondamental de conception et d'articulation du tissu urbain.

Il est aujourd'hui le lieu sur lequel le débat est fort pour trouver la justesse d'intervention qui allie durabilité, esthétique, adaptativité et réponse aux besoins de nos villes et de leurs citoyens.

1.3 La quête d'un nouvel équilibre

1.3.1 Enjeux émergents : L'énergie d'action

Notre environnement de vie urbain de demain, devra combiner trois facteurs larges et indépendants mais dont la possibilité d'agir sur ces facteurs est transversale :

La ville pour tous - La ville durable - La qualité de vie.

Garant de la qualité de vie et de l'intégration sociale. Il est le véritable espace du (bien) vivre-

ensemble, de la mixité sociale et des réponses aux changements climatiques. L'espace public est le levier de transformation des territoires dans l'atteinte de ces objectifs.

Une ville pour tous, socialement et économiquement

Nos villes devront très rapidement faire face à une pression démographique importante (vieillesse démographique, décroissance urbaine, intensification des processus d'étalement urbain, densification...) tout en assurant une qualité élevée de vie et de bien-être. Un haut niveau de cohésion sociale, d'équilibre et d'intégration, de sécurité et de stabilité dans la ville et ses quartiers devra être envisagé (Union européenne, Octobre 2011). Cela dans l'objectif d'atténuer les phénomènes d'inégalité traduits par la paupérisation et la gentrification de quartiers et ainsi envisager l'inclusivité et la solidarité de notre espace urbain.

L'espace public a les capacités de faire office de lien inter-quartiers et les ressources pour offrir des lieux d'échanges et de mélange social. Le réaménagement de nos trames circulatoires et des axes de connexion participe à la diminution de la ségrégation sociale, économique et spatiale en offrant l'opportunité de défragmenter les villes et les rendre connectées (Union européenne, Octobre 2011). L'aménagement de transports en commun qui s'étalent hors du périmètre propre des villes diffuse celles-ci pour qu'elles soient accessibles et évite le phénomène d'isolation. Les différentes strates sociales peuvent ainsi se croiser sans s'être donné rendez-vous.

On voit émerger une demande sociale de vie collective et de solidarité qui appelle des réponses en termes d'aménagement et de forme urbaine adaptée pour qu'une vie collective soit possible, choisie et non subie. Cette question interroge l'espace public (Harris interactive, Juin 2017).

Moteur économique, la ville devra être capable de stimuler le développement d'une économie neutre en carbone et innovante. La compétitivité dans l'économie mondiale devra être combinée à l'intégration des économies locales rendues durables par l'ancrage de compétences clés et de ressources dans le tissu économique local et le soutien à la participation sociale. La proximité des services, des commerces, du travail... est perçue comme un véritable atout par les habitants. Cela pose la question de la mixité fonctionnelle et de la diversité programmatique au sein d'un quartier (ADEUS, Novembre 2016).

La transition vers ces échanges participera à la création d'une économie résiliente et destinée aux habitants de la ville. L'espace public a ses cartes d'action pour dynamiser, favoriser et encourager de nouveaux modèles de consommation en ville réduisant les déplacements et permettant un gain de temps pour les citoyens. L'espace public est la structure du tissage commercial d'une ville et son aménagement a la capacité d'agir très fortement sur le modèle de consommation des habitants (APUR, Juillet 2015).

La ville durable et adaptée

Lieu de réhabilitation verte, écologique et environnementale, la ville devra être saine avec pour objectif de réduire les émissions de CO2 et d'intégrer la nature en ville. Une approche globale des problèmes environnementaux et énergétiques doit être adoptée, les différents éléments de l'écosystème naturel étant intrinsèquement liés à ceux du système social, économique, culturel, politique et urbain doivent être davantage considérés. La ville doit s'adapter à un environnement protégé, où l'éco-efficacité est grande et l'empreinte écologique faible, où les ressources et les flux sont gérés de manière durable et où le progrès économique est dissocié de la consommation irraisonnée des ressources (Union Européenne, Octobre 2011).

Ainsi, les villes seront des acteurs clés de la réduction des émissions de CO2, de la lutte contre le changement climatique et la préservation de la biodiversité. L'espace public représente le levier de réintroduction de la nature en ville et de gestion raisonnée de nos ressources pour renforcer son fonctionnement face aux nouvelles menaces environnementales.

Suite à ces nouvelles demandes, l'espace public s'articule aujourd'hui autour des besoins de partage (en particulier celui du piéton) et des enjeux environnementaux :

- Améliorer le confort d'usage ;
- Créer une meilleure adéquation entre les dimensions des espaces et leurs usages ;
- Une meilleure adaptation aux épisodes climatiques externes et aux effets négatifs des îlots de chaleurs urbains ;
- Répondre à la demande sociale de renforcer le rôle de la nature en ville ;
- Permettre que de nouvelles pratiques se déroulent dans l'espace public partagé (sport, culture...)



Fig.5 – Melbourne- La ville en partage - Source : [9] (Jes 2017)

Cette première partie a défini l'objet même sur lequel le mémoire se penche : l'espace public. Puis définit l'impact qu'a eu, a et aura celui-ci sur la ville. Cette partie introduit également notre société, ses attentes et le contexte dans lequel elle vit pour construire un environnement urbain meilleur par le prisme de l'espace public (fig.5).

En prenant du recul sur les trois grands axes qui semblent définir les enjeux majeurs de la ville de demain, une notion forte et urgente les concerne de façon transversale : Le réchauffement climatique. En adaptant la ville au réchauffement climatique, l'amélioration se fait ressentir sur chacun de ces axes, car ces derniers sont interconnectés et dépendent étroitement les uns des autres. La justesse climatique participe à notre bien-être, détermine nos activités économiques, leurs stabilité et pérennité et permet surtout l'équilibre de l'écosystème parmi lequel nous faisons partie.

2. BÂTIR LA RÉSILIENCE CLIMATIQUE PAR LE BIAIS DE L'ESPACE PUBLIC

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité. Compte tenu de l'inertie du système climatique, le réchauffement va s'amplifier durant les décennies à venir, ceci même si les émissions anthropiques de gaz à effet de serre pouvaient cesser ou diminuer (ONERC, Paris 2005). L'action que nous avons menée jusqu'à présent est irréversible. Les conséquences seront notables dans notre environnement et nos modes de vie. Il paraît donc nécessaire de les anticiper afin de réduire nos vulnérabilités et minimiser les impacts sur nos quotidiens de vie et sur l'équilibre socio-économique de nos villes.

Ce n'est pas la première fois que l'humanité est confrontée à la nécessité de s'adapter à de nouvelles conditions de vie, et de nombreuses sociétés ont su surmonter des difficultés considérables grâce à une évolution de leurs pratiques ou une adaptation de leur environnement. Même si fortement pressée par le temps, notre société a la chance de pouvoir anticiper les changements et organiser son adaptation. Il faut saisir cette chance et planifier dès à présent les modifications à apporter à l'espace public (PUCA, Décembre 2015).

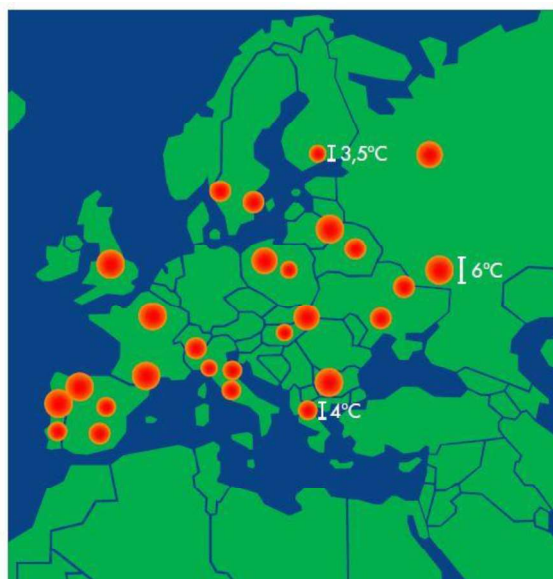


Fig.6 - Augmentation des températures en Europe -
Source : [9] (M.Santamouris, IASA-NkUA)

2.1 Un constat qui sonne l'alarme

Le réchauffement climatique agit sur de nombreux facteurs de notre planète, comme la raréfaction de la ressource en eau, les épisodes naturels extrêmes augmentés (inondation, forte pluie...), les périodes de canicule récurrentes et toujours plus chaudes, la menace de la santé publique et son impact direct sur la qualité de vie (ONERC, 2007). Le territoire européen connaît des étés plus secs et des hivers plus pluvieux. D'après les projections de Météo France, cette tendance se poursuivra et s'accroîtra tout au long du XXI^e siècle. La hausse des températures moyennes pourrait atteindre 2 à 2,5 °C à l'horizon 2050 (fig.6) et l'aggravation des phénomènes pluvieux extrêmes ne cesseraient d'augmenter (ONERC, 2003).

Partant de ce constat large et quelque peu effrayant, des actions adaptatives et atténuatives sont à mettre en œuvre et un changement de notre fonctionnement et de nos comportements est nécessaire afin de renforcer la résilience de la ville par le biais des espaces publics.

2.1.1 Ville vulnérable mais adaptable

Dans les villes, ce constat est d'autant plus alarmant et nécessite d'avoir un traitement particulier pour ne pas rapidement voir la vie en ville et son mode de vie menacés. Ces milieux anthropisés et quasi intégralement gérés par l'homme nécessitent aujourd'hui une nouvelle approche dans leur conception et leur gestion.

La surchauffe urbaine est causée par différents paramètres à l'appartenance propre au milieu urbain que sont la forme urbaine (paramètres morphologiques des volumes de la ville), les caractéristiques des revêtements et la part de végétal (paramètres surfaciques de nos espaces publics), et bien évidemment les différentes activités humaines qui y contribuent (paramètres anthropiques) (ADEUS, Septembre 2012).

- **Les paramètres morphologiques** : Nos volumes urbains créent obstruction et rugosité face aux vents (densification des constructions et hauteur de bâti importante). La réduction des vitesses et des circulations du vent dans les villes réduit significativement le refroidissement de l'espace par convection. Dans cette même logique, la morphologie urbaine piège le rayonnement solaire et l'absorbe sans le restituer à cause du peu d'ouverture que les formes bâties offrent vers le ciel (ADEME, Septembre 2017).
- **Les paramètres surfaciques** : Les phénomènes d'évapotranspiration (végétal), d'évaporation et de pénétration de l'eau dans le sol sont quasi inexistantes à cause de la forte proportion des surfaces imperméables qui ont remplacé la végétation, le sol naturel et les cours d'eau. Cette raréfaction des surfaces humides et perméables, diminue les possibilités de refroidissement et d'assainissement de la ville. Ces matériaux de faible albédo, et de forte inertie thermique entraînent une plus forte absorption solaire pendant la journée stockant ainsi la chaleur dans un sol effusif (asphalte, béton, pierre, enrobé) et favorisent sa restitution nocturne (ADEME, Septembre 2017).
- **Les paramètres anthropiques** : L'utilisation de nos climatisations l'été, ou encore nos modes de transport à moteur thermique qui en plus d'être producteur de GES sont sources d'émission de chaleur contribuent à l'élévation de la température localement (Apur, Avril 2019).

C'est ainsi que les villes font subir au climat des modifications sensibles et font apparaître un microclimat urbain caractérisé par les ICU (fig.7) (excès des températures de l'air observées régulièrement, près du sol, dans les zones urbaines en comparaison avec les zones rurales qui les entourent) et la menace des inondations.

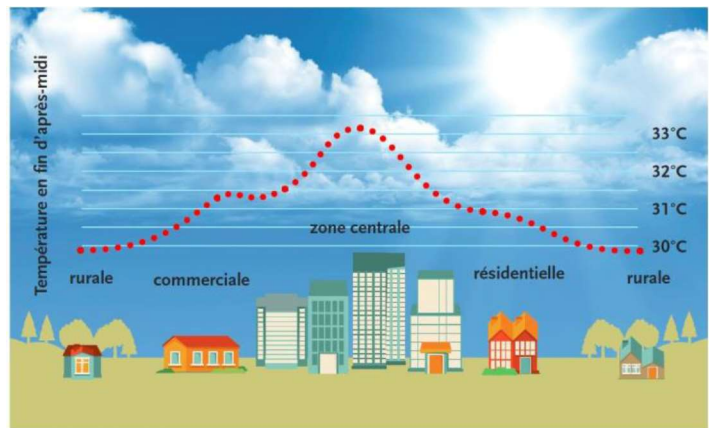


Fig.7 – Courbe de température et effet des ICU - Source : [11] (MED-MAIN 2018)

Pour cela de nombreuses adaptations peuvent être envisagées. D'ordre urbanistique et de planification urbaine, de découpage territorial, de stratégie d'aménagement urbain rafraîchissant, de lutte contre la montée des eaux, de réhausse d'infrastructure routière... Cela implique des actions à l'échelle restreinte de nos espaces publics, ou un travail plus large et global à l'échelle de nos territoires. Ces adaptations devront se faire en parallèle de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, source majeure des conséquences.

L'objectif est donc de pouvoir apporter des réponses spécifiques aux facteurs d'augmentation des risques, et s'attaquer à leurs causes originelles.

2.1.2 Envisager l'adaptation comme une opportunité

Le changement climatique est le plus souvent présenté comme une nouvelle source de contraintes. Or l'adaptation consiste en un « ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques » (PUCA, Décembre 2015).

Les décideurs et acteurs de la ville possèdent une certaine expérience de la gestion de ces catastrophes naturelles (en termes d'échecs ou de réussites) et cette expérience peut être vue comme un levier formidable pour mettre en place une démarche proactive face aux menaces du

changement climatique. Donner l'opportunité aux professionnels de réinventer la ville esthétiquement, techniquement et dans ses pratiques pour lui offrir un nouvel élan qui s'inscrit dans une logique durable aux générations futures. Le challenge est de grandeur, mais tant excitant à l'idée d'y contribuer.

La responsabilité oblige aujourd'hui à penser la ville du futur en y intégrant le climat futur, question de sécurité collective et de bien-être urbain. Et, si nous tentions de mettre en œuvre la technique et les connaissances acquises pour rendre l'emprise large de l'espace public comme "zone de fraîcheur et de résilience" pour la ville ?

2.2 Concevoir pour combattre et s'adapter

Les enjeux du changement climatique stimulent le développement de nouvelles approches des processus de l'aménagement et offrent des innovations techniques, urbanistiques et architecturales. Pour parvenir au défi cité, de nouvelles formes sont à intégrer dans l'aménagement de nos espaces publics et de nouveaux éléments sont à introduire pour pouvoir le relever .

2.2.1 Instaurer un bilan positif des émissions de GES

L'aménagement de l'espace public est capable de définir/influencer le fonctionnement d'une ville. Par son aménagement, le concepteur choisit l'avenir et les usages du lieu en composant l'espace. La consommation d'énergie fossile dans les zones urbaines, principalement liée aux transports est responsable d'une grande partie des émissions de CO₂. Environ deux tiers de la demande finale en énergie est liée aux consommations urbaines et jusqu'à 70 % des émissions de CO₂ sont générées dans les villes (Urban Lab, Aout 2018). Le mode de vie urbain fait partie à la fois du problème et de la solution.



Fig.8 – Beijing - Omniprésence automobile - Source : [12] (Dorothea Schnid Laid)

La mobilité urbaine facteur de réduction des émissions :

Afin de réduire les émissions de GES, la ville peut agir sur un secteur qui y contribue lourdement : La mobilité urbaine. Avec $\frac{1}{4}$ des émissions totales de CO₂ dont $\frac{3}{4}$ produite par les routes, le transport est le deuxième contributeur de gaz à effet de serre derrière la production d'énergie et d'électricité (fig.8) (IBGE. ,2013).

A son échelle, l'espace public a donc la possibilité de changer la situation en réduisant la place de la voiture et offrir de nouveaux modes de déplacements durables et écologiques. En offrant l'opportunité de transports collectifs, actifs et efficaces, la ville réduit drastiquement ses émissions de gaz à effet de serre. L'espace public et ses emprises sont redistribués plus justement, en faveur de modes de déplacements propres et permet indirectement de redonner aux citoyens la possibilité de reconquérir la ville autrement et de profiter d'un centre-ville décongestionné.

Espace nouveaux, habitudes changeantes :

Dans la continuité d'une redéfinition des déplacements, l'aménagement de l'espace public agit sur la façon dont nous nous comportons et vivons l'espace dans la ville. En offrant des espaces publics piétons, des lieux redynamisés, et un transport métropolitain efficace pour tous, la vie de quartier reprend du service et offre des commerces de proximité et une activité économique locale. Cela permet d'agir sur nos modes et nos lieux de consommation et de réduire la ségrégation spatiale, étant une des causes d'utilisation systématique de la voiture. Le bilan se tourne encore vers nos

modes de déplacements, qui finissent par agir sur nos habitudes et comportements quotidiens.

L'environnement naturel comme limiteur de concentration de GES :

L'espace public et son aménagement passent par des phases de programmation, de choix et de conception. Lors de ces phases, il paraît de nos jours primordial de composer avec l'existant et protéger les éléments capteurs de carbone (végétal et sols naturels entre autres).

Cela est possible en réduisant le nombre d'abattages d'arbres existants pour réaliser le projet, ou bien en limitant l'artificialisation excessive des sols. Ensuite, les décisions que nous pouvons mettre en œuvre sont de favoriser la plantation dans l'espace public et de redonner à la ville des sols capteurs de carbone par le biais du nouvel aménagement.

- Par le processus de la photosynthèse, la végétation pour créer du glucose puise le carbone de l'atmosphère, sous forme de CO₂. Une grande partie de ce carbone est rendu à l'atmosphère également sous forme de CO₂ via la respiration des plantes et une petite partie est stockée dans les tissus des parties aériennes et souterraines sous forme de matière organique vivante (biomasse végétale). Cette action participe à la limitation de concentration en GES dans l'atmosphère. De plus, le végétal contribue à une réduction de consommation d'énergie pour le confort thermique dans les bâtiments, grâce à sa capacité de rafraîchissement de l'air ambiant.

Selon une étude menée dans sept villes aux Etats-Unis par une équipe de chercheurs (USDA), la séquestration de carbone des arbres urbains varie de 16 à 135 kg éq. CO₂ /arbre/an. Un bilan net des émissions de GES sur cycle de vie de l'arbre qui s'établit de -34 à -252 kg éq. CO₂ /arbre/an (moyennes, 6 villes aux Etats-Unis). Cette fourchette assez large varie en fonction du genre et de l'espèce, de l'âge (il faut 3 à 10 ans pour qu'un arbre devienne un puits net de GES), du climat et de l'environnement de l'arbre.

Nous pouvons constater par ces données que le bilan des émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie de l'arbre est donc positif. Si l'on considère en plus les émissions de GES évitées grâce à l'ombre portée sur les bâtiments en été (économie d'énergie pour la climatisation), le bilan est encore meilleur. Pour avoir un ordre d'idée, la séquestration de carbone par les arbres compense seulement une part des émissions annuelles de GES des villes : soit un à dix jours d'émissions par an (fig.9) (BRUYAT G., 2011).

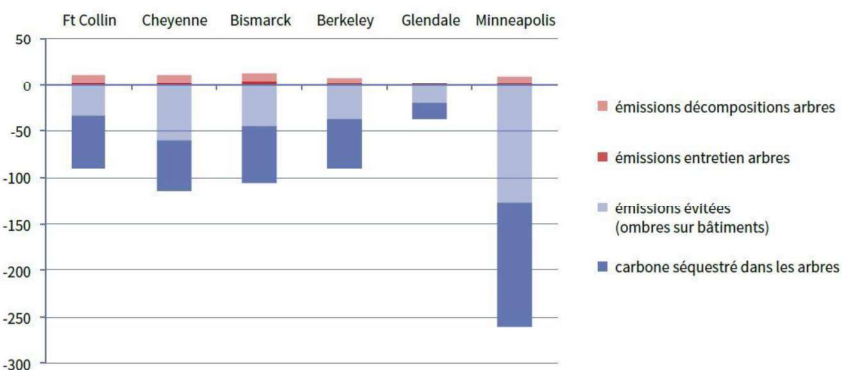


Fig.9 – Bilan carbone de l'arbre dans 6 villes américaines - Source : [13] (Mc Pherson et al 2005)

- Au même titre que la végétation, le sol est un capteur important de carbone. Il représente le deuxième poste de stockage de carbone sur la planète après les océans (ADEME, 2018). Ce stock présent sous forme de matières organiques est 2 à 3 fois plus important que dans l'atmosphère et 4 à 5 fois plus que dans la végétation (VASENEV V.I., 2014). La stabilisation du stock de carbone dans les sols est assurée par deux mécanismes, l'un biotique (végétale, micro-organisme, macro faune) et l'autre abiotique (structure, constituant du sol, nature des minéraux, matière organique...).

L'imperméabilisation liée à l'étalement, à la densification urbaine ou à la construction d'infrastructures variées empêche les mécanismes précédemment cités et engendre une diminution du stock de carbone dans les sols. Pour comparaison, une étude américaine a analysé le stock de

carbone d'un sol imperméabilisé qui est de 83,9 t CO₂/ha à celui d'un sol végétalisé qui est de 207,7 t CO₂/ha et la différence est nette. Il en ressort même qu'à l'échelle des Etats-Unis, les pertes de stocks de carbone des sols dues à l'imperméabilisation seraient du même ordre de grandeur que les stocks de carbone dans les arbres urbains ou dans les sols de pelouses urbaines (RACITI S.M., 2012).

Pour préserver, voire augmenter, le potentiel d'atténuation du changement climatique, il est au moins aussi important de préserver les arbres en ville que d'en planter de nouveaux (ESCOBEDO F., 2010), de préserver des espaces verts plutôt que de les imperméabiliser, et plus généralement de limiter la consommation de sols naturels, forestiers et agricoles par l'urbanisation, car cela risque d'annuler les efforts de réduction des émissions de GES faits dans d'autres secteurs (les transports par exemple).

2.2.2 Appréhender la menace de l'eau en ville

L'amplification du phénomène des crues par les effets de l'urbanisation (artificialisation du territoire et imperméabilisation des sols) et les épisodes de fortes pluies dus au changement climatique est un constat. Parallèlement, la menace d'une réduction sensible de la ressource en eau pendant des épisodes de sécheresse plus nombreux et intenses impose de penser au mieux la gestion du cycle de l'eau en milieu urbain.

Un changement de paradigme dans la gestion de l'eau de pluie est en cours. Il offre l'opportunité de penser la place de l'eau dans l'espace public à l'heure du changement climatique.

La solution classique de gestion des eaux pluviales consiste à recueillir l'ensemble des précipitations tombées sur les surfaces imperméables (toitures, voiries, etc.) et de les diriger vers un réseau d'eaux pluviales souterrain afin de les évacuer le plus rapidement possible. Cette gestion des eaux et de traitement des sols a pour conséquence d'augmenter le ruissellement de l'eau, ce qui consécutivement induit :

- une augmentation des volumes d'eau collectés et à gérer, de la vitesse d'écoulement et de fait, un risque d'inondation et de ruissellement accru (fig.10),
- une perte d'usage de l'eau et de son intérêt en surface terrestre,
- une diminution de l'infiltration et un assèchement des sols et des nappes,
- une concentration de la charge polluante des eaux avec un risque accru de pollution des milieux récepteurs en aval (Apar, Novembre 2018).

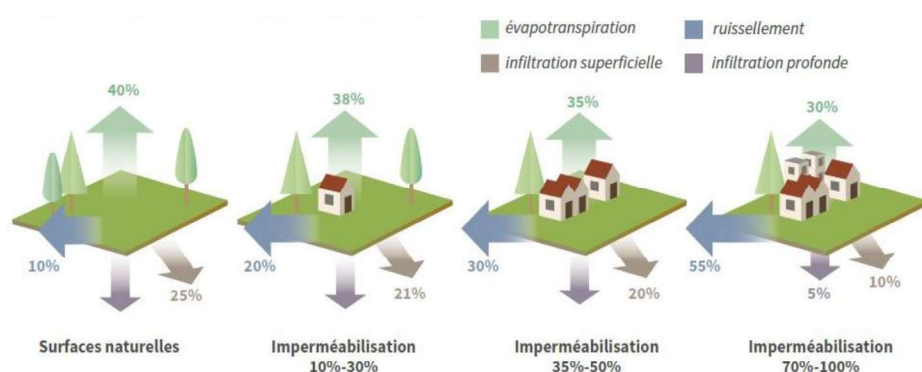


Fig.11 – Bentley UK - Inondation en milieu urbain - Source : [14] (Ashley)

Fig.10 – L'eau en contexte variable - Source : [14] (Livingston, Mc Carron 1992)

L'imperméabilisation des sols diminue de plus de la moitié l'infiltration superficielle et profonde dans les sols et augmente considérablement les quantités d'eau en ruissellement (fig.11).

Le développement de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales pour éviter les risques de saturation des égouts ou d'inondation paraît donc de nos jours inévitable. La philosophie du tout à l'égout et aux réseaux est à réinventer pour laisser place à des techniques moins lourdes et moins onéreuses remettant l'eau au cœur de l'aménagement urbain tout en l'inscrivant davantage dans le cycle hydrologique.

Cela en concevant des systèmes qui s'appuient sur une gestion locale des eaux de pluie, au plus près du lieu où elle tombe (infiltration sur place). Mais aussi par le ralentissement des flux et le stockage temporaire, tout en favorisant l'évaporation du sol et l'évapotranspiration des plantes. Cela permet de limiter les impacts des nouveaux aménagements sur le cycle local de l'eau et de contribuer aux objectifs d'économie de la ressource, d'une meilleure gestion des inondations et d'une optimisation des ouvrages (Apur, Novembre 2018).

L'espace public perméable :

Le développement de la gestion à la source des eaux de pluie implique que la ville existante et les nouveaux aménagements doivent voir leur part de surfaces imperméables diminuer au profit de surfaces de pleine terre et de zones avec une épaisseur de substrat assez importante pour pouvoir absorber puis infiltrer ou évaporer l'eau (Annexe I).

Les espaces publics (square, place, parvis...) et la voirie représentent une part non négligeable du territoire de nos milieux urbains : en moyenne 15-20 % des surfaces. Pour une ville comme Paris (sans les bois) les espaces publics de voirie représentent 25 % de la surface (Apur, Novembre 2018). Ces espaces constituent une emprise d'action non négligeable pour favoriser et instaurer une gestion nouvelle des eaux de pluie.

Dans un premier temps il s'agirait de réinventer le nivellement du projet et des limites d'emprises de zones pour stocker les eaux en surface. Enfin adapter le profil de la voirie et des trottoirs à un écoulement dirigé vers les zones perméables. Ces zones perméables dans lesquelles l'eau sera acheminée peuvent être traitées par différents procédés :

- Des techniques minérales sous forme de tranchées infiltrantes et stockantes pouvant venir remplacer les caniveaux habituels (fig.12). Appelées chaussées à structure réservoir, elles sont construites avec des matériaux poreux permettant à l'eau d'être récupérée sous la chaussée puis de percoler doucement dans les sous-sols. Cette structure poreuse peut être réalisée de différentes manières comme en GNT tassé, gravier, ou encore avec des structures alvéolaires ultralégères (SAUL, en matière plastique). En espaces contraints, ce procédé à l'avantage de tout de même infiltrer une quantité d'eau sur une emprise limitée (fig.13) (Apur, Décembre 2012).

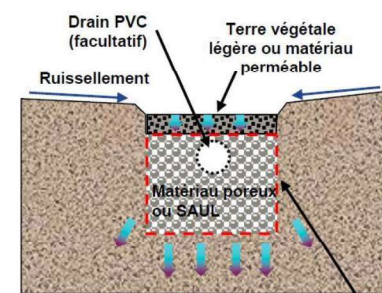
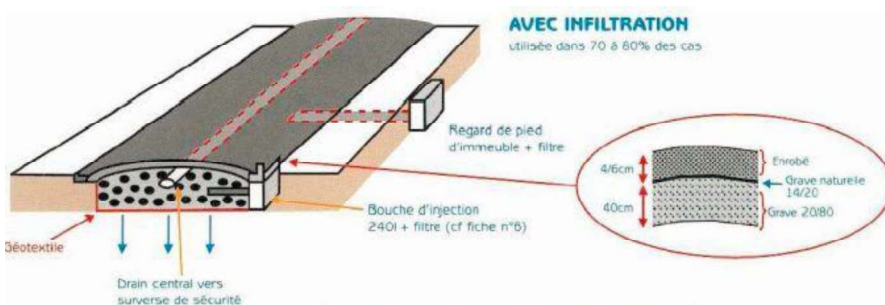


Fig.12 – Schéma d'une chaussée réservoir type - Source : [15] (GUIDEnR)

Fig.13 – Schéma-coupe d'une tranchée drainante- Source : [15] (DPE)



Fig.14 – Passage de St.Joan - Revêtement perméable - Source : [15] (Lyanne van Diepen)

- L'utilisation de revêtements perméables infiltrant par la mise en œuvre de pavés à joints poreux, enrobé ou béton perméable ou encore l'intégration de bandes infiltrantes (dalles enherbées ou dalles stabilisatrices de gravier, revêtements poreux et résinés) (fig.14).

Pour imaginer l'impact, si seulement appliquée aux places de stationnements, la désimperméabilisation peut représenter jusqu'à 50 % de la chaussée. La transformation des places de stationnement peut également être envisagée dans le cas de politiques de réduction de la place de la voiture en ville. Dans ces situations les places supprimées peuvent être remplacées par des emprises en pleine terre susceptibles d'être végétalisées.

- À travers ce renouvellement de la gestion des eaux pluviales, c'est donc aussi un nouveau paysage urbain qui se dessine, plus végétal avec vocation d'espace « éponge ». L'implantation de bandes enherbées permettant d'infiltrer l'eau des trottoirs ou encore le décaissement des pieds d'arbres plantés pour offrir une capacité de mise en charge d'eau dans l'emprise plantée sont des techniques efficaces et simples à mettre en œuvre.

Pour exemple, en bord de voirie, des zones plantées reliées entre elles, constituent des linéaires végétalisés continus permettant la maîtrise du ruissellement, l'infiltration de ses propres pluies et d'assumer celles du trottoir qui la borde (fig.15). La constitution de ces continuités végétales contribue à un changement qualitatif du paysage urbain et prévoit des seuils minimums d'eaux pluviales à évacuer directement par infiltration, évaporation et évapotranspiration. Les noues paysagères en sont l'exemple parfait. Fossé large et peu profond, dont les rives sont en pente douce. La collecte des eaux se fait par ruissellement sur les surfaces adjacentes ou par connexion de canalisations recevant l'eau pluviale, issue des gouttières de toitures ou d'un réseau pluvial traditionnel (Le Paris pluie, 2017).



Fig.15 – Les Mureaux -Tranchée végétal de récupération des eaux de voirie - Source : [16] (Agence Quatrevingtdouze)

Les dessous de l'espace public :

Un autre dispositif peut compléter la gamme de solutions abordées : un système de rétention souterrain. Quelque peu semblable aux tranchées d'infiltration de voirie, ce système est en revanche capable d'assumer des volumes d'eau bien plus importants. Composées de caquettes installées sous les revêtements de surface, celles-ci se remplissent d'eau lors d'événements pluvieux, et permettent de stocker



Fig.16 – Clamart – Bassin enterré de récupération des eaux pluviales - Source : [17] (APUR, 2016)

l'eau et ralentir son infiltration dans le sol (fig.16). La lente infiltration de l'eau à travers un filtre à sable permettra le traitement des pollutions chroniques.

Rediriger vers ce "réservoir de stockage", cette eau de pluie favorise une diversité d'usages possibles (arrosage d'espaces végétalisés de proximité, utilisation d'eau pour le lavage de trottoir ou chaussée...) permettant une économie d'eau avant son infiltration ou son éventuel rejet au réseau d'assainissement (IAU, Septembre 2014).

Eau et réversibilité de l'espace public :

L'intégration de l'eau de pluie localement et la visibilité des ouvrages qui en assurent sa gestion sont un bon moyen de faire prendre conscience aux citoyens des enjeux liés aux risques d'inondations ou de surcharge des réseaux d'évacuations. Le principe étant de concevoir des espaces dont la capacité de rétention en eau



Fig.17 – Romainville – L'espace public inondable - Source : [17] (ETP Est Ensemble, Gael Kerboal)

temporaire en surface permet d'assumer les fortes pluies (fig.17). De nombreux aménagements ont intégré le principe de « superposition des usages » c'est-à-dire d'une capacité de gestion des eaux pluviales (pluie décennale et au-delà) tout en servant au quotidien à d'autres pratiques (notion de réversibilité d'un lieu). Cela peut être envisagé sur différents types d'espaces : places, parvis, terrains de sport, squares et jardins. Leur inondation en période de fortes pluies peut même valoriser le paysage urbain (miroirs d'eau, plans d'eau...). Après un épisode pluvial, l'eau stagnante en surface fini par s'évaporer ou s'infiltrer en fonction de la nature du revêtement (jardin de pluies, espaces publics réversibles).

Cette contribution des espaces du quotidien à la gestion de la pluie peut être rendue lisible par une pédagogie sur site (panneaux de sensibilisation à proximité des ouvrages) : elle permet une prise de conscience et l'acceptation des contraintes d'usage liées à la transformation temporaire des espaces.

Pour conclure, certaines collectivités sont réticentes à l'idée de mettre en place ce type de dispositif pour des questions d'acceptation citoyenne et/ou des raisons techniques de faisabilité. La crainte la plus courante est celle d'une déstabilisation du sous-sol due à l'infiltration d'eau. En pratique, ces ouvrages sont systématiquement pensés dans leur épaisseur pour recevoir les eaux de pluie (trottoir ou voirie : structure à base de graves qui permet de conserver du vide destiné à l'eau tout en étant très solide une fois tassée). Si les réseaux enterrés (transports, électricité, communication etc.) peuvent rajouter des contraintes à la réalisation d'ouvrages pour l'infiltration, ils ne représentent pas un facteur rédhibitoire. Les réseaux des différents concessionnaires sont en principe protégés de la présence toujours possible d'eau dans le sol.

Enfin ce que nous devons ressortir outre les réponses que ces modèles apportent aux changements du climat par le biais du respect du cycle de l'eau, sont les répercussions économiques positives (passage d'une ingénierie lourde à des dispositifs plus légers, utilisation de la ressource gratuite que constitue l'eau de pluie...), sociales (partage des usages des espaces publics et privés, sensibilisation à la gestion de l'eau et à sa visibilité dans la ville...), environnementales (rafraîchissement de la ville, renforcement de la biodiversité...) (Apur, Avril 2019).

2.2.3 Lutter contre la surchauffe urbaine

Les grands facteurs d'influence du climat appliqués à l'espace public sont divers : la présence de l'eau, de la végétation, le choix des revêtements du sol, des murs et des toits, les formes urbaines et nos comportements humains dans la ville. Nous aborderons point par point comment nous pouvons mettre en place dans l'espace public ces leviers de lutte locale contre la chaleur.

Le végétal comme régulateur du climat urbain :

Selon les simulations du modèle météorologique MM5, l'influence de la végétation sur le climat urbain, s'avère plus importante que l'influence de l'albédo des surfaces construites. Le végétal a un rôle déterminant à jouer dans nos villes futures.

D'un point de vue thermique et climatique, l'arbre est un élément essentiel. Non seulement il apporte de l'ombre et de la fraîcheur localement par évapotranspiration, mais il absorbe aussi une grande quantité de l'énergie solaire qui le traverse (fig.18).

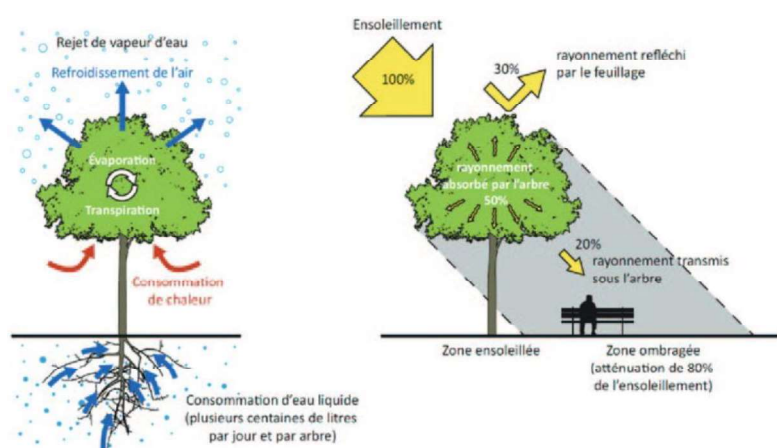


Fig.18 – Effet rafraichissant de la végétation - Source : [18] (APUR, 2017)

Lorsque le rayonnement solaire provenant du ciel atteint le houppier de l'arbre, celui-ci va subir plusieurs processus. Premièrement la partie interceptée par le feuillage est soit absorbée par les feuilles (albédo de 0,3 capable d'absorber 70% du rayonnement solaire qu'elle reçoit), soit directement réfléchi en direction du ciel (environ 30% de l'énergie). Par ce phénomène, les surfaces

des rues, places... sont protégées et se réchauffent moins. De plus, l'arbre intercepte également une partie de l'énergie du rayonnement infrarouge ce qui limite les échanges de chaleur entre les différentes surfaces (VegDUD, Septembre 2014).

En période estivale, les arbres et en particulier leurs houppiers sont des surfaces radiatives « fraîches » par rapport aux surfaces urbaines minérales. Les échanges entre le houppier et les éléments de la rue (façades et sol) contribuent à diminuer les températures des surfaces. Ainsi, par rapport à une rue sans végétation, les surfaces se réchauffent moins et donc réchauffent moins l'air de la rue par convection thermique, limitent le stockage de chaleur dans les matériaux pendant la journée et réduisent la quantité de chaleur libérée la nuit.

Pour favoriser au maximum le phénomène, il est recommandé de planter des arbres à feuille caduques et denses ayant un grand port pour favoriser un ombrage important en journée. *“L'écart de température de l'air à 1,20m au-dessus de trottoirs recouverts d'asphalte, entre les rues sans et avec arbres, est de 0,7°C en moyenne, avec un maximum à 2°C, apportant un réel confort aux piétons”.*(VINET J. (2000)).

Le second effet avantageux du végétal sur le climat urbain est l'évapotranspiration qui rafraîchit l'air ambiant et augmente son humidité. Le végétal transpire de l'eau issue de son organisme en journée au cours de la réalisation de la photosynthèse, pour en partie permettre au feuillage de rester à une température proche de celle de l'air. La transpiration foliaire des végétaux dépend des stimuli climatiques et environnementaux, ainsi que de la présence d'eau dans le sol. Les stomates constituent le dispositif de régulation de la transpiration. Ils rejettent davantage d'eau au contact d'un air sec et d'une température élevée. Cette transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau, consommatrice d'énergie, rafraîchit l'environnement immédiat des plantes.

En revanche, lorsque l'humidité du sol diminue, l'absorption racinaire est réduite car l'eau est plus difficilement extractable (notion de potentiel hydrique). Les stomates se ferment alors progressivement et la transpiration diminue pour limiter le déficit hydrique (phénomène de protection du végétal), ce qui contribue à diminuer considérablement la transpiration. Pour une "bio climatisation" optimale, le végétal doit donc disposer de suffisamment d'eau lui permettant ses activités d'évapotranspiration et ne doit donc pas être en condition de stress hydrique (IAU, Septembre 2014).

En imposant un arrosage suffisant, on obtient un impact très important. Cet impact est d'autant plus important que le taux de végétation est élevé et est plus fort en journée (fig.19). *“Un arbre mature au sein d'une plantation d'arbres peut évaporer jusqu'à 450 L d'eau par jour, ce qui rafraîchit autant que 5 climatiseurs fonctionnant 20 h/j”.* (JOHNSTON J., NEWTON J. (2004)).

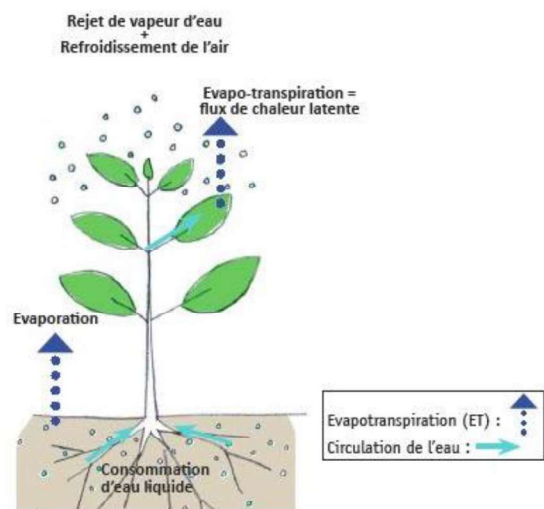


Fig.19 – Schéma de l'évapotranspiration végétal - Source : [19] (ADEME, Octobre 2018)

En revanche, le fonctionnement du végétal, système vivant, dépend d'un très grand nombre de facteurs fortement variables en ville (orientation de l'arbre, plantation en pleine terre ou non, quantité de végétation) et du type de dispositifs végétalisés implantés : arbres d'alignement, massifs herbacés ou arbustifs dans les rues, surfaces engazonnées, enveloppes végétales pour les bâtiments, parcs, friches, noues végétalisées... Ils présentent des caractéristiques différentes et n'induisent donc pas les mêmes effets.

Un choix de revêtement tactique :

Le type de matériaux employé sur l'espace public a un impact direct sur la température urbaine. Physiquement, ce sont les caractéristiques liées à l'albédo (capacité de réflexion de l'insolation directe) et à l'émissivité (capacité à émettre du rayonnement infrarouge) des matériaux qui nous importent (fig.20). Autrement dit, deux critères majeurs permettent de classer les matériaux : leur couleur et leur rugosité. Plus les matériaux sont lisses et clairs, plus ils sont "froids", à l'inverse plus les matériaux sont sombres et rugueux plus ils seront considérés comme "chaud".

Nous pouvons "globalement" regrouper les types de sols rencontrés dans l'espace public et émettre un jugement sur leur impact sur l'ICU :

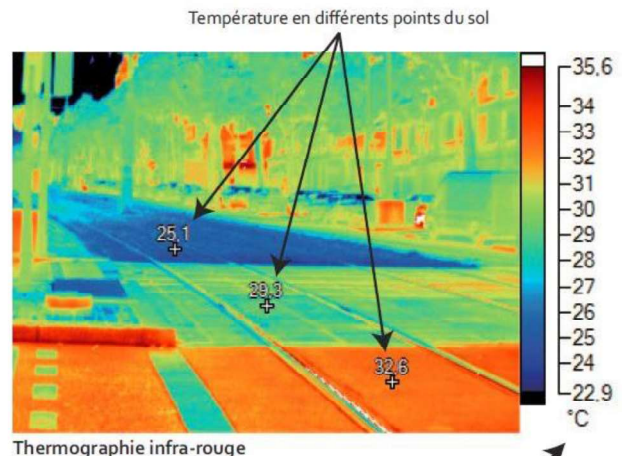
- Les matériaux minéraux (granit, grès) et dérivés du pétrole (asphalte, bitume): Par leur teinte sombre ces matériaux réfléchissent très peu l'énergie solaire et au contraire ont une très bonne capacité de stockage de cette même énergie. Cette capacité est renforcée par la couche de béton sur laquelle ils reposent en fonction des choix techniques établis.
- Les matériaux sablonneux ou pulvérulents (stabilisé, béton désactivé...): la teinte de ces matériaux est relativement claire, ils réfléchissent en partie le rayonnement solaire en journée et stockent très peu d'énergie du fait de leur composition "aérée" en fonction de la formule employée. La couche superficielle constituée de sable ou de pierre concassée est peu solidaire du support sur laquelle elle repose. De ce fait, la conductivité thermique entre les couches est mauvaise et le stockage de chaleur s'effectue très mal dans le sol (Apur, Juillet 2017).
- Les surfaces végétales arasantes (pelouse, prairie, friche): naturellement, le végétal tend à se rapprocher des températures de l'air pour ne pas dépérir face au rayonnement solaire. Il a la capacité de dissiper l'énergie par évapotranspiration (phénomène inexistant sur les autres types de revêtements lors de temps sec). Grâce à ce phénomène, les surfaces ont un stockage limité de chaleur et ne réchauffent quasiment pas l'air par convection thermique



Fig.20 – Valeurs moyennes de l'albédo dans une ville - Source : [20] (MED-MAIN 2018)



Photo « réelle »



Thermographie infra-rouge

Échelle de température

Fig.21 – Paris – Thermographie infrarouge d'un tramway - Source : [20] (APUR, Juillet 2017)

Il semblerait légitime de réaliser une classification des matériaux de sol selon les critères de couleur (réflectivité) et rugosité afin d'adapter nos aménagements et trouver les matériaux qui répondent tant à cette problématique, qu'aux enjeux techniques (résistance mécanique, pérennité, réparabilité et sécurité) et esthétiques (aspect, compatibilité à l'identité de la ville, intégré...). Ainsi, par le choix judicieux de matériaux adaptés, des gains de température allant jusqu'à 4°C peuvent être ressentis (fig.21).

Les formes urbaines :

L'influence des formes urbaines sur le climat sont certaines et agissent notamment sur l'obstruction des mouvements de masse d'air et des vents qui diminuent le rafraîchissement mais aussi et surtout sur le piège radiatif dû au manque d'ouverture directe avec le ciel. Ces enjeux dépendent davantage des formes bâties que de l'espace public à proprement parler.

Le « facteur de vue du ciel » (SVF) est un indicateur qui permet d'évaluer la facilité avec laquelle se produit le refroidissement nocturne par échange radiatif avec le ciel. En zone rurale ce refroidissement est maximum (SVF=1), en ville il est contraint par la présence des bâtiments (SVF<1) (APUR, Juillet 2011) (fig.22).

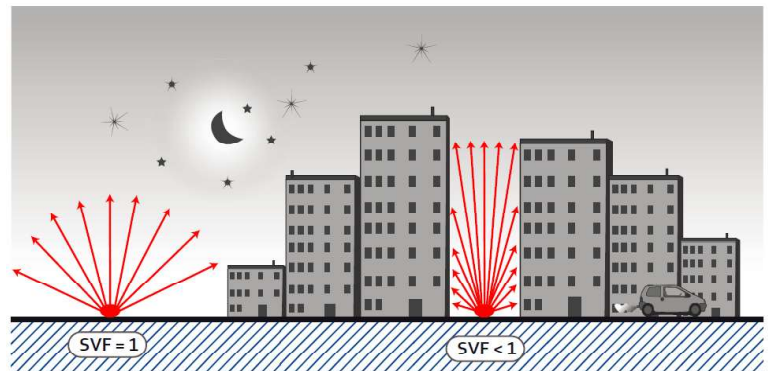


Fig.22 – Morphologie contraignante pour le refroidissement des villes - Source : [21] (APUR, Juillet 2011)

Il est donc important dans nos futures conceptions d'espaces publics de veiller à ce que les prescriptions d'aménagements garantissent une circulation optimale de l'air dans la ville. Il faut encourager l'introduction d'espaces libres (places, esplanades... sont fortement ensoleillées la journée, mais se refroidissent vite la nuit grâce à l'absence d'éléments d'obstructions du ciel) ou au mieux résister à la densification et la construction de ces espaces, et enfin éviter de mettre en œuvre des éléments d'obstruction.

Les activités humaines, source de chaleur anthropique :

Dès que nous consommons de l'énergie, nous procédons en réalité à une transformation physique de l'énergie dont le stade ultime se traduit par un dégagement de chaleur qui participe à la surchauffe urbaine. L'espace public ne peut remettre en réflexion ce bilan et cette réalité qui dépend plus de l'ordre de la transition énergétique et l'exploitation d'énergie nouvelle plus propre, moins consommatrice et dont le dégagement de chaleur est moindre.

En revanche, comme abordé dans la sous partie 2.3.1, l'espace public est un levier de transformation de notre ville en matière de mobilité et de rafraîchissement local pour réduire la dépendance aux climatisations et à l'utilisation de la voiture. Le premier effet de la circulation automobile est de réchauffer l'air ambiant du fait de la combustion et du frottement des pneumatiques sur la chaussée. La réduction de la circulation automobile est donc une priorité pour la lutte contre l'ICU en réduisant leur emprise et en favorisant l'utilisation de modes actifs de déplacement non dépendant d'énergie combustible et donc ayant un bilan de rejet de chaleur nettement inférieur (ADEUS, Décembre 2015).

Concernant l'utilisation de climatiseurs, ils sont un moyen facile d'abaisser la température intérieure, mais rejettent une importante quantité de chaleur vers l'extérieur participant ainsi à l'augmentation de la température de l'air ambiant. En aménageant l'espace public avec toutes les préconisations émises dans ce chapitre (notamment la végétalisation des pieds d'immeuble), l'utilisation de ces systèmes se ferait plus rare.

L'eau et son évaporation

L'eau participe au refroidissement de l'air par évaporation. L'évaporation est le phénomène physique de transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau, l'évaporation consomme de l'énergie et donc prélève de la chaleur dans l'environnement permettant ainsi de diminuer la température ambiante.

Nous avons abordé dans la partie 2.3.2 les notions de perméabilité et de stockage favorisant le phénomène d'évaporation ou de l'évapotranspiration, mais le levier d'action de l'espace public ne s'arrête pas uniquement à ces nouvelles formes de traitement de l'eau pluviale.

Le rôle de l'espace public dans cette mission est de développer la présence de l'eau sous d'autres formes pour contribuer à l'élévation de l'humidité relative, qui couplée au vent permet de réduire sensiblement la température de l'air ambiant. Il s'agit de favoriser dans la conception des espaces l'intégration des bassins, rivières, jets d'eau, miroir d'eau... même de petites tailles, tamponnent les fluctuations thermiques de l'air ambiant et permettent ainsi la création de véritables zones de fraîcheur.

Les brumisateurs sont également un bon moyen d'amener l'eau au centre des espaces minéralisés. Liébard et DeHerde (2005) ont ainsi mis en évidence que la brumisation favorise sensiblement le rafraîchissement de l'air ambiant qui fournit à l'eau la chaleur nécessaire à son évaporation. Santamouris a montré que les aménagements de jets d'eau et de bassins mis en place dans les aménagements pour l'exposition universelle de Séville en 1992 ont permis un gain de fraîcheur de 5 °C, le même type d'aménagement a permis un gain de 4 °C au sein du village olympique d'Athènes en 2004 (Colombert 2008).



Fig.23 – L'eau dans les lieux publics - Source : [22] (APUR, Juillet 2017)

Ces éléments pouvant être intégrés dans l'espace public (fig.23) ; ils permettent d'offrir à la population des installations esthétiques et récréatives ayant pour but de rafraîchir, d'humidifier l'atmosphère et le sol. L'eau potable peut donc elle aussi faire partie des dispositifs ponctuels de rafraîchissement, elle demeure néanmoins une ressource qu'il est nécessaire de protéger et dont l'utilisation doit se faire de façon modérée et raisonnée.

Les interactions complexes qui existent entre la végétation, l'eau, les matériaux et la forme urbaine conditionnent l'émergence d'un microclimat sur un secteur donné. En essayant de combiner certaines notions abordées qui peuvent être hautement compatibles, nous permettons ainsi de rendre une portion diffuse de la ville (l'espace public) adaptée et résiliente face au réchauffement climatique. Les aménagements de l'espace public doivent aujourd'hui considérer ces éléments comme des piliers d'accompagnement de la fonctionnalité et de l'esthétisme de la création

A cela pourra s'ajouter tout autre adaptation appliquée aux autres unités de la ville, notamment les bâtiments, pour créer une résilience transversale, forte et globale.

3. ETUDE DE CAS : PROJET DE LA ROCADE DU JARRET A MARSEILLE

3.1 Marseille, une approche urbanistique nouvelle

3.1.1 L'encombrement d'une ville

Cette ville ancienne aux particularités bien ancrées et à l'identité forte s'étale sur un territoire extrêmement vaste. La morphologie urbaine accidentée, avec des rues pentues et étroites définit l'importance des enjeux des mobilités urbaines et de l'adaptation des espaces publics pour reconquérir la ville. Pour faire office de court constat, la douceur de vivre et l'invitation de Marseille à déambuler est paradoxale avec son espace public. Celui-ci est pauvre, éclaté et envahi par l'automobile. La politique urbaine des années 50 a eu raison de l'espace public de Marseille. Trottoirs réduits, arbres coupés, tramway supprimé, et lieux publics envahis par la voiture.

Partant de ce constat, Marseille est en cours de restructuration de sa zone urbaine pour redéfinir la façon de se déplacer dans la ville et réinvestir des espaces publics délaissés. Depuis plusieurs années, Marseille a engagé une véritable mutation de ses infrastructures routières pour faire de son centre-ville un cadre de vie apaisé, où voitures et modes de déplacements doux trouvent leur place aux côtés des piétons.

Ces choix politiques d'aménagement ont été pris pour contribuer à l'adaptation sociale, économique, urbanistique et environnementale de l'agglomération.

3.1.2 Grands projets de contournement

Cette restructuration profonde de la ville s'établit dans un premier temps autour d'une logique de contournement et notamment autour d'un projet de périphérique urbain qui permet aujourd'hui d'envisager une nouvelle approche des boulevards de la ville et de leurs espaces publics.

Le projet de la L2 (fig.24, **indice 1**), draine en première couronne urbaine un nombre de passages motorisés important et a pour but de réduire la congestion en centre-ville et jouer le rôle primordial de desserte inter-quartiers.

Dans la continuité de ce projet, le prolongement naturel de la L2 jusqu'à la mer affirme et concrétise la logique de contournement sur l'ensemble de l'agglomération. Le boulevard urbain Sud (fig.24, **indice 2**) est pensé comme un espace de circulation à l'étiquette multimodale. Plusieurs modes de transport cohabitent : trottoirs et cheminements piétons, pistes cyclables sur la totalité du linéaire, voies réservées aux transports en commun (site propre) s'étendent dans les deux sens.



Fig.24 – Marseille – Projets urbains de restructuration de la ville - Source : [23] (TANGRAM Architecture)

Le flux routier dense qui avait l'habitude de traverser la ville s'est aujourd'hui déporté sur ce nouveau périphérique urbain et offre à Marseille la possibilité de redéfinir ces espaces en s'adaptant aux nouvelles formes d'aménagements utiles à la ville.

3.1.3 Des axes requalifiés

L'ouverture de la L2 a induit une baisse de 10 à 15 % du trafic sur deux grandes traversées routières Nord-Sud interne à la ville. Cette diminution de la circulation justifie la requalification de ces deux artères en un boulevard urbain pour la rocade du Jarret (fig.24, **indice 3** ; fig.25) et en une avenue pour le cours Lieutaud (fig.24, **indice 4** ; fig.26).



Fig.25 – Marseille – Perspective du projet de requalification de la rocade du Jarret - Source : [24] (TANGRAM Architecture)



Fig.26 – Marseille – Perspective du projet de transformation du cours Lieutaud - Source : [24] (TANGRAM Architecture)

Ces deux projets de requalification se veulent plus intégrés et adaptés au centre-urbain et profiteront d'une plantation d'arbre, d'une revalorisation de l'espace public praticable et d'une mise en valeur esthétique des lieux traversés. De là peut émerger la diversité des usages et la mutabilité des espaces tout en conservant un écoulement satisfaisant de la circulation et en assurant des itinéraires confortables, sécuritaires et continus pour les autres types de mobilités urbaines. Ces aménagements sont l'aboutissement d'une volonté politique de changement des pratiques en ville.

3.1.4 Un centre-ville apaisé

L'opération de redynamisation du centre-ville de Marseille (fig.23, indice 5) répond à deux objectifs complémentaires : améliorer le cadre de vie des habitants et renforcer un urbanisme à la fois tourné vers l'avenir étant en phase avec les enjeux environnementaux de notre siècle et respectueux de l'histoire de ces quartiers.

Cela en réorganisant les transports en commun et en assurant une continuité cyclable. La végétalisation et le développement de la nature en ville est encore et toujours favorisé. La mise en valeur patrimonial et l'harmonisation du traitement de l'espace public est fortement considéré (matériaux, plantation, mobilier urbain, éclairage, gestion des espaces...) (fig.27).



Fig.27 – Marseille – Perspective du projet de requalification du centre-ville - Source : [24] (Michel Desvigne Paysagiste)

Ce schéma de restructuration n'est pas propre à la ville de Marseille. Toutes les villes européennes sont à la recherche d'un cadre de vie meilleur et sont inscrites dans cette dynamique d'aménagement. Marseille a tardé à initier sa métamorphose mais aujourd'hui son espace public est en pleine reconquête. L'idée générale de ces réaménagements est de continuer d'offrir un mobilité motorisée efficace en périphérie, encourager les transports en commun et la mobilité douce en centre-ville, et permettre ainsi aux habitants de réellement pratiquer l'espace public.

3.2 Le Jarret : Un projet de boulevard inscrit dans la logique d'adaptation au réchauffement climatique ?

3.2.1 Une autoroute urbaine transformé en boulevard intégré

La rocade du Jarret est un axe routier important de 3.6 Km (du carrefour St-Just à la Place de Pologne) situé à l'est de Marseille traverse les 4^{ème}, le 5^{ème} et le 10^{ème} arrondissements du Nord vers le Sud.



Fig.28 – Plan masse du projet de requalification de la rocade du Jarret - Source : [25] (DEVILLERS Associés)

Au fil du temps cet axe est devenu l'itinéraire principal de contournement de l'hypercentre de la ville et assure majoritairement la distribution entre le centre-ville et les quartiers proches.

Cet axe supporte aujourd'hui des trafics importants et fait de ce lieu une rocade très circulée, encombrée, bruyante et polluée. Configurée en 2x3voies, la voiture prime au détriment de l'espace piéton. En effet, cet axe fait partie des plus empruntés de Marseille où le trafic peut atteindre 80 000 véhicules/jour.

Du fait de sa sur-fréquentation et de sa dimension routière, la rocade du jarret est très peu compatible avec des modes actifs de déplacement (Cycliste, piéton...). L'omniprésence de la voiture, les trottoirs étroits et obstrués n'invitent pas à la déambulation et à l'appropriation de l'espace public.

C'est pourquoi, le projet de requalification de la rocade a été lancé pour transformer l'utilisation de ce site. Le développement des nouveaux enjeux de mobilité (douce et partagée), de végétal en ville (lutte contre les îlots de chaleur) et de partage de l'emprise de l'espace public (nouvelles formes d'usages et d'appropriation de l'espace) font partie intégrante de cette requalification. Cela, dans l'objectif d'améliorer la qualité de vie de 50 000 habitants dans un secteur en mutation et d'offrir aux habitants de nouvelles alternatives de déplacements urbains.

Le projet composé de 4 marchés d'interventions différents est aujourd'hui en cours de réalisation pour une livraison complète de l'axe en 2021 (fig.28).

3.2.2 Un aménagement, un bilan

La finalité portée à cette étude est de réaliser une analyse de cet aménagement pour comprendre en quoi la reconfiguration de cet axe permet de répondre aux enjeux de l'aménagement public face au changement climatique.

L'expérimentation du projet s'effectuera par le biais de la comparaison Existant-Projet pour pointer les leviers d'amélioration que l'aménagement effectue. Cette approche se fera en suivant la structure des différentes parties et sous parties de la figure ci-dessous (fig.29).

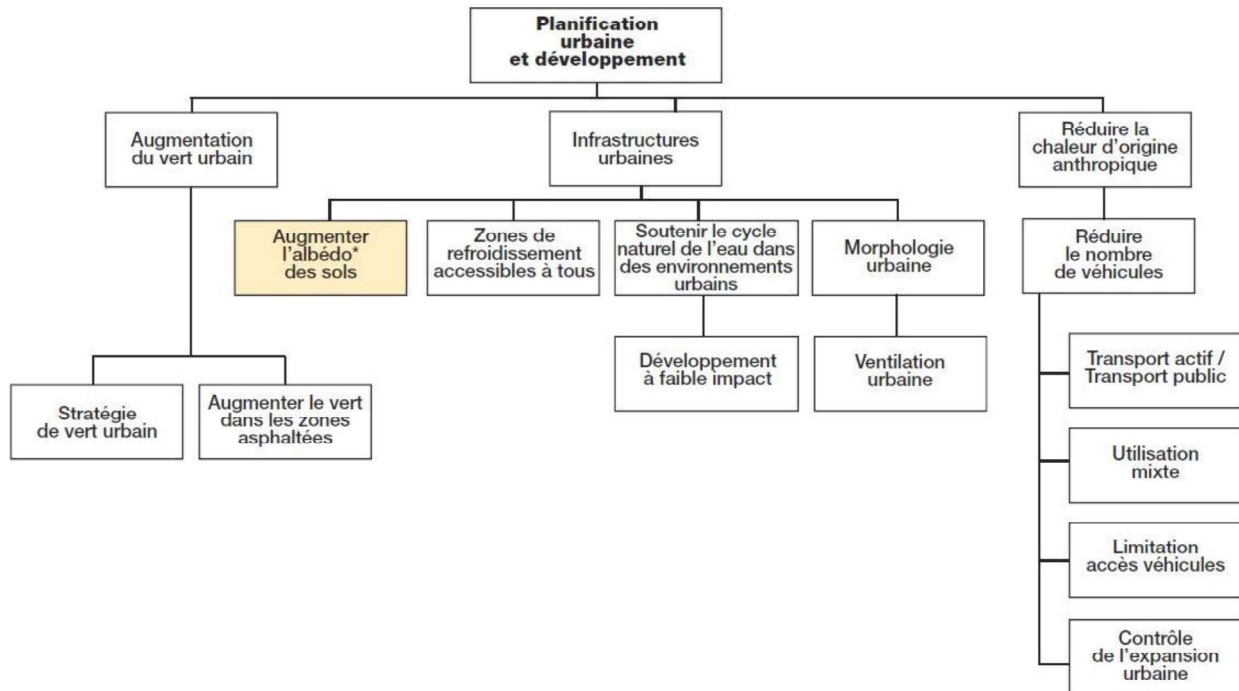


Fig.29 – Schéma de planification urbaine et de développement- Source : [26] (Institut national de la santé du Québec)

D'un linéaire d'importance, l'axe a été divisé en différentes zones de travaux. Nous effectuerons ce bilan sur la Zone 6 (Bd.Chave – Rue Granoux) du projet. D'un linéaire de plus ou moins 300m, le choix de cette zone d'étude nous permettra de tirer un bilan représentatif de l'ensemble de l'aménagement car il se compose de l'ensemble des logiques d'aménagement dont le futur boulevard est parcouru (Annexe II).

Réduire la chaleur d'origine anthropique

Afin d'agir sur ce premier élément, la requalification de la rocade du Jarret redéfinit les emprises de déplacements alloués à chaque type de mobilité afin d'envisager une réduction de l'emprise voiture et à contrario, une augmentation des emprises destinées aux mobilités actives.

L'action concrète qui agit sur l'organisation de l'axe est la suppression du terre-plein central permettant ainsi la réduction du profil de voirie de 2x3 voies à 2x2 voies pour les voitures sur l'ensemble du linéaire sauf exceptions ponctuelles. Cette action permet ainsi l'élargissement des trottoirs avec l'intégration d'une piste cyclable unidirectionnelle de chaque côté. Cette nouvelle configuration offre une perception et une utilisation différente de l'espace. Comme le démontre en chiffres le tableau ci-dessous, les emprises allouées à une utilisation mixte (Piéton/Vélo) ont augmenté de près de 20% de la surface totale, au prix de l'emprise voirie qui a été réduite de 18% (tab.1). Le réaménagement favorise les transports actifs et collectifs, et réduit la place et le nombre de voitures qui empruntent l'axe.

Dans cette logique de désencombrement de l'espace et de déplacements durables, une rationalisation des stationnements (tous confondus) a permis de diminuer de 1,56% les stationnements sur l'emprise de cette zone.

Tab.1 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) des surfaces (m²) allouées à chaque usage du projet – Source : (Production personnelle, 2019)

	Surface piétonisée		Surface circulée		Stationnement	
EXISTANT	8 476 m ²	39,14%	10 212 m ²	55,98%	958 m ²	4,88%
PROJET	11 523 m ²	58,65%	7 470 m ²	38%	653 m ²	3,32%
BILAN	+ 3 047m ²	+ 19,5%	- 2 742 m ²	- 17,98%	- 305 m ²	-1,56%

Selon les estimations prédites par le service mobilité du bureau d'ingénierie Ingerop, le réaménagement permettra une réduction significative des flux sur le boulevard du Jarret. Actuellement, entre 70 000 et 80 000 véhicules jour passent sur la rocade du Jarret. La réduction du nombre de voies induira naturellement une diminution des flux qui selon les estimations s'établiront entre 25% et 35% grâce à un phénomène de congestion souhaité qui « force » le report de circulation sur de nouveaux itinéraires (tab.2) (Annexe III).

En partant d'une valeur moyenne d'émission de CO₂ par une voiture (150 g de CO₂ par Km), nous pouvons grossièrement estimer l'impact du réaménagement sur le rejet de GES sur cet axe.

Tab.2 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) du comptage de voiture (véhicule/jour) associé à leur impact carbone (kg.CO₂/km) - Source : (Production personnelle, 2019)

	Flux de voiture (véhicule/j)	Estimation d'émissions de kg/CO₂/km
EXISTANT	75 000 véhicule/j	11 250 kg/CO ₂ /km
PROJET	52 500 véhicule/j	7875 kg/CO ₂ /km
BILAN	- 22 500 véhicule/j	- 3 375 kg/CO ₂ /km

Nous pouvons constater par ces chiffres, que l'aménagement de cet axe circulé répond globalement bien aux enjeux de mobilité urbaine et de lutte contre les GES en milieu urbain. Du moins, celui-ci contribue à la réduction de rejet de CO₂ et diminue le rejet local de chaleur. En effet, tout ce qui ne part pas en énergie mécanique se transforme en chaleur et s'évacue soit par le radiateur, soit par l'échappement, soit par frottement dans la transmission (c'est à dire 70 à 80% de l'énergie contenue dans le carburant). Cette donnée reste difficile à estimer en température chiffrée.

Augmenter l'albedo des sols :

Le projet vient apporter de nouveaux revêtements de surface et modifie les proportions existantes de revêtements utilisés. Avant son réaménagement, la totalité de l'espace public était (voirie + trottoir) revêtu par un enrobé classique de couleur noire (97,5% de la surface totale). Ce type de matériau à faible albédo (0,098) et forte émissivité (0,99) est remplacé sur les trottoirs par un béton désactivé de teinte claire (49% de la surface totale) à albédo plutôt élevé (0,3) et émissivité plus faible (0,92). Ces changements de revêtements permettent ainsi de réduire la captation et la restitution de chaleur du sol et de rendre la température locale inférieure.

En revanche, nous constatons que par la suppression du terre -plein central végétalisé, la proportion de surfaces plantées diminue légèrement (diminution de 0,4%). Le végétal, outre sa capacité de

rafraîchissement, à un albedo de haute valeur (0,3-0,35) pouvant être très intéressant en « revêtement » de surface à vocation rafraîchissante (tab.3).

Tab.3 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) des surfaces (m²) de type de matériaux sur la zone étudiée - Source : (Production personnelle, 2019)

	Béton désactivé		Enrobé		Surface plantée	
EXISTANT	0 m ²	0%	14 823,1 m ²	97,5%	373,8 m ²	2,5%
PROJET	7 473 m ²	49,1%	7 360 m ²	48,43%	363,75 m ²	2,39%
BILAN	+ 7 473m ²	+ 49,1%	- 7 463 m ²	- 49,07%	- 10 m ²	- 0,1%

L'aménagement attribue une nette amélioration quant aux revêtements de surfaces employés. La diminution de la surface d'enrobé reste le premier levier d'action. Un travail de teinte de l'enrobé aurait pu être effectué pour sensiblement augmenter l'albedo et diminuer l'émissivité du matériau.

Soutenir le cycle naturel de l'eau :

La logique de traitement des eaux du projet est inscrite dans le « tout aux réseaux ». La voirie, les trottoirs et la piste cyclable bénéficient d'une pente pour une évacuation par ruissèlement dans un réseau unitaire pour certaines sections et en séparatif pour d'autres. Peu ou pas de démarche alternative de traitement des eaux n'a été mise en place.

Il en est de même pour les revêtements de surface, qui sont tous imperméables et ne permettent pas l'infiltration de l'eau en sa zone de chute. Aussi, les surfaces de terre naturelle comportant du végétal sont très faibles. Les chiffres projet démontrent qu'aucune infiltration naturelle d'eau ne sera assurée, le projet a d'ailleurs un bilan très légèrement négatif. Les surfaces d'infiltration naturelle de l'eau sont la surface en pied d'arbre (2,56 m²/arbre) et les massifs sur le square Sidi Brahim. Nous constatons encore une fois que la suppression de la bande plantée sur le terre-plein central réduit la surface d'infiltration locale, cela malgré les nombreuses plantations effectuées (tab.4).

Tab.4 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) des surfaces (m²) de matériaux perméable et imperméable sur la zone étudiée - Source : (Production personnelle, 2019)

	Surface imperméable		Surface perméable	
EXISTANT	14 823,1 m ²	97,5%	373,8 m ²	2,5%
PROJET	14 833 m ²	97,6%	363,75 m ²	2,4%
BILAN	- 10 m ²	-0,1 %	- 10 m ²	-0,1 %

Le projet présente donc une grande marge d'amélioration quant au traitement des eaux pluviales. Il est important de préciser que le boulevard du Jarret présente en sous-terrain un ouvrage des années 50 qui canalise un ancien ruisseau « Le Jarret ». L'étude a donc sûrement été réalisée dans une démarche de facilité et d'efficacité pour raccorder l'ensemble à cet ouvrage existant. Certaines alternatives additionnelles auraient pu être intégrées.

Zone de refroidissement :

De part la reconquête des espaces publics, le projet permet une continuité affirmée de l'espace public sans obstruction et offre des squares et jardins (Square Sidi Brahim- Zone 6). Ces zones ponctuelles le long de l'axe sont aménagées pour s'y installer et se détendre (bancs, fontaines...). Des arbres y sont plantés pour apporter de l'ombre et assurer une zone de fraîcheur. Le profil de l'axe offre une forme urbaine globalement ouverte permettant les échanges de chaleur vers le ciel (Annexe IV).

L'augmentation du vert urbain :

La volonté du projet est d'assurer une végétalisation continue des deux rives par la plantation d'arbres d'alignement et la végétalisation de jardins et d'espaces publics le long du parcours. En addition à ce nouvel apport de végétal, la grande volonté était de conserver un maximum d'arbres existants pour offrir un double alignement d'arbre par trottoir et ainsi densifier le boulevard. Certaines places de stationnements ont même été supprimées pour y implanter des arbres.

Nous constatons la conservation de 72% des arbres existants sur la Zone 6 et une plantation dense et nombreuse atteignant prêt de 86 % de l'ensemble des arbres de la zone. Cette végétalisation affirmée compte un total de 91 U sur la zone en fin d'aménagement (tab.5).

Tab.5 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) du nombre d'arbre (U) sur la zone étudiée- Source : (Production personnelle, 2019)

	Arbres abattus (U)		Arbres conservés (U)		Arbres plantés (U)	
EXISTANT	5 U	27,8%	13 U	72,2%		
PROJET			13 U	14,3 %	78 U	85,91 %
BILAN	Sur l'ensemble de la zone, nous constatons 91 arbres, dont 78 nouveaux.					

L'apport d'ombre assuré par la nouvelle plantation n'est pas négligeable. En considérant un houppier adulte de 4m de rayon, la surface approximative projetée au sol par l'arbre s'établit autour de 50 m². En considérant les arbres adultes, nous pouvons constater une augmentation de 3 667 m² de zone ombragée sur les trottoirs. Cette augmentation permettra à 40 % de l'emprise des nouveaux trottoirs d'être située à l'ombre (tab.6).

Tab.6 : Tableau comparatif (Avant-Après projet) de la surface d'ombre projeté (m²) sur la zone étudiée- Source : (Production personnelle, 2019)

	Arbres (U)	Ombre projeté au sol (m²)	
EXISTANT	18 U	904,32 m ²	10,67 %
PROJET	91 U	4 571,84 m ²	40%
BILAN	+ 73 U	+ 3 667,5 m ²	+ 29,33 %

Le projet répond très correctement à l'enjeu de végétalisation du milieu urbain. Cela en étant dans une zone fortement encombrée par les réseaux. Les rôles de rafraichissement du végétal pourront agir efficacement. De plus, un système d'arrosage sera mis en place ce qui assurera un apport hydrique à l'arbre qui pourra effectuer continuellement son rôle de bio-climateur.

Pour conclure, en resituant l'objectif initial du projet qui n'est pas celui d'adaptation absolu au réchauffement climatique, nous pouvons constater une nette amélioration avant-après sur la question du confort thermique local. Par le biais de l'amélioration esthétique et fonctionnelle du lieu, cet axe se voudra davantage résilient face aux éventuels pics de chaleur que nous rencontrerons. En revanche, la pleine efficacité de l'aménagement sera perceptible d'ici une vingtaine d'années, lorsque l'ensemble des végétaux se seront développés.

Il est évident que ce réaménagement aurait pu répondre de façon bien plus forte aux enjeux climatiques, mais cela nécessiterait de s'affranchir des questions de circulation et de contraintes techniques propres au contexte de la rocade du Jarret.

3.2.3 Que faire pour aller plus loin ?

Les actions concernant le traitement de l'eau et les bénéfices d'une gestion alternative auraient pu être considérés de façon plus intense dans le projet. Pourtant Marseille est une ville au climat méditerranéen qui fait régulièrement face à des précipitations violentes. Ces épisodes de pluie peuvent très rapidement encombrer les réseaux et ainsi causer des dommages de natures diverses par les inondations.

Nous proposerons deux principes d'actions « envisageables » à appliquer au projet :

- La perméabilité des zones non contraintes : pour les pistes cyclables et les stationnements, l'emploi de revêtements perméables sur les emprises créées permettrait l'infiltration des eaux de pluie (fig.30). Ces voies ont l'avantage de ne pas avoir à supporter de lourdes charges et de peu se colmater, ce qui peut constituer des contraintes pour la désimperméabilisation des chaussées circulées. Le revêtement en enrobé (stationnement) et béton désactivé (piste cyclable/Trottoir piéton) pourraient donc être remplacés par un béton drainant, capable d'absorber jusqu'à 5 cm d'eau par seconde et de stocker l'eau avant que celle-ci ruisselle. Ce type de matériau permet une infiltration diffuse, avec peu d'impact pour le sous-sol.

- Végétaliser la bande fonctionnelle : le projet est constitué d'une bande fonctionnelle continue qui sépare la voirie de la piste cyclable. Cette bande fonctionnelle de 1,6 m de large abrite du mobilier (mât d'éclairage public, potelets de séparation de voirie, arceaux vélos, panneaux publicitaires...), les armoires diverses permettant l'alimentation des différents systèmes nécessitant une alimentation électrique, et l'alignement d'arbre. Actuellement, cette bande est totalement perméable à l'exception de la surface de pied d'arbre (2,56 m²). Une logique de continuité plantée, sur le linéaire de l'alignement pourrait faire office de déversement et de stockage d'eau (eau de voirie + eau de trottoir + eau d'immeuble).

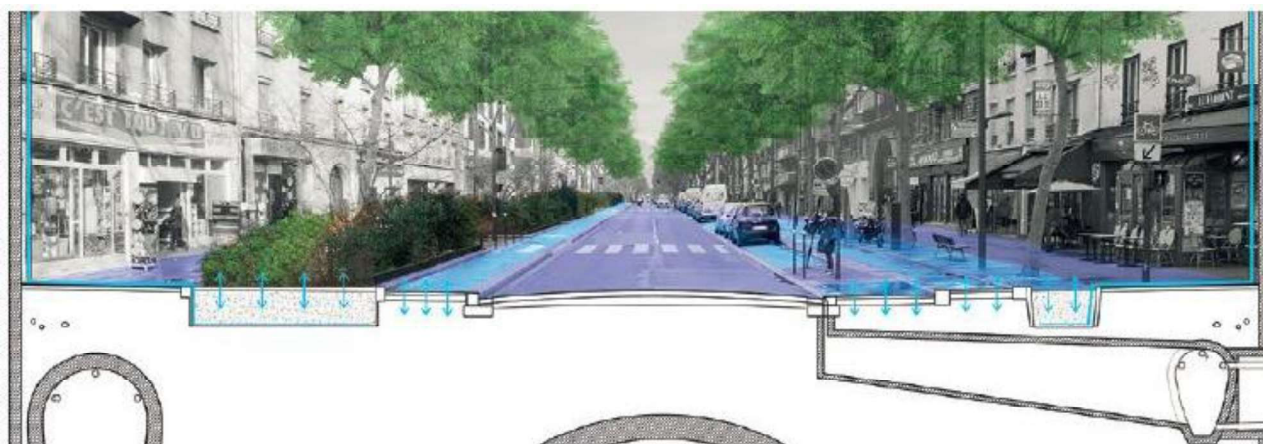


Fig.30 – Paris - Coupe de gestion des eaux par infiltration locale- Source : [30] (APUR, 2014)

CONCLUSION

La réalité de l'impact du réchauffement climatique est réelle et n'a plus à faire l'objet de quelconque débat. L'enjeu est aujourd'hui de renverser cette conscience qui nous anime en énergie d'action. Les décideurs publics doivent à présent initier la métamorphose. Dans les grandes villes, nous constatons de nombreux aménagements, un changement des volontés de déplacement urbain, un verdissement des lieux public et réinvestissement des centres-villes pour les piétons. Cependant la mise en œuvre profonde et technique de l'adaptation dans les villes en est encore à un stade exploratoire et parfois embryonnaire.

Comme nous avons pu l'aborder au cours de ce mémoire, plusieurs leviers d'actions s'offrent à nos professions. Tout d'abord, l'intégration des caractéristiques physiques d'un site, et l'adaptation au contexte local de l'aménagement sont des composantes primordiales. Nous devons davantage réfléchir l'aménagement à travers les concepts de réversibilité et flexibilité qui doivent trouver leur sens dans la particularité du lieu ou de son climat.

Ensuite, nous pourrions avoir une action directe sur la conception architecturale et le devenir d'un lieu. Définir les bons usages permettra d'adapter le fonctionnement de la ville par ses pratiques quotidiennes. Puis interviennent les choix des constituants de l'aménagement, que ce soit les choix des matériaux, la sélection d'une palette végétale adaptée, la recherche d'alternatives techniques nouvelles ... L'aménagement doit être poussé au-delà de la notion architecturale et esthétique. L'objectif étant donc de concilier esthétique et efficacité de lutte contre les îlots de chaleurs par exemple.

Certes, ces actions identifiées peuvent être mises en œuvre et grandement concourir à l'adaptation, mais il ne s'agit pas encore de stratégies globales et transversales. Le facteur « changement climatique » lui-même n'étant pas toujours pleinement pris en compte dans la politique et les processus d'aménagement. Les décisions que nous prenons aujourd'hui ne doivent pas seulement être sélectionnées comme le meilleur compromis trouvé "à un moment donné" mais devront rester pertinentes au fil du temps et adaptables dans un climat qui évolue. Or, force est de constater que le problème de la hausse des températures urbaines peine à être pris en compte et traité de manière efficace par les documents de planification dont disposent les collectivités, alors même qu'il est identifié comme un enjeu à venir pour les villes dans le PNACC français.

Les documents de planifications urbaines doivent et peuvent agir pour imposer les nouvelles bonnes pratiques adaptatives aux changements climatiques lors de nouveaux aménagements. Les documents de planification doivent proposer des recommandations, tant en termes de conception et composition urbaines, que de prescription technique et alternative ou encore de conseil d'ingénierie dans l'utilisation du végétal par exemple. Mais aussi des réglementations d'aménagement et de programmation dédiées à l'intégration de prescription sur le maintien de l'existant, la plantation d'essences locales, ou minimiser l'apport de matériaux lointains. Adapter la ville est un défi, mais réussir à rendre le processus « chantier » moins énergivore et consommateur de ressources en est un autre que nous devons aussi considérer.

Le changement climatique n'entre pas dans le champ consensuel pour certains élus, en raison, notamment, d'une culture du risque insuffisante. Cela est d'autant plus présent dans les territoires n'ayant pas connu d'aléa climatique fort dans une période récente, qui ont tendance à considérer le sujet de l'adaptation comme marginal. Ainsi, les politiques d'adaptation ne figurent que très rarement à l'agenda des élus en charge des politiques de planification. S'ajoute à cela une échelle de temps de plusieurs décennies à prendre en compte puis à décliner en actions et en investissements nécessaires, ce qui peut également éloigner certains élus locaux de cette préoccupation (SERRE Damien, 2017).

Il est donc l'heure de sensibiliser les maîtres d'ouvrages, les concepteurs et les gestionnaires de prendre en compte ces aspects dans leurs pratiques professionnelles, pour aménager durable et adapté.

BIBLIOGRAPHIE

ALBA, Dominique. **Mieux vivre à Paris pendant la canicule** [en ligne]. Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, Juillet 2011. Disponible à : <URL : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/mieux-vivre-paris-pendant-canicule>>.

AUZELLE, Robert. **De l'espace public** [en ligne]. Disponible à : <URL : https://www.arturbain.fr/arturbain/dossiers/documents/G_2016_de_l_espace_public.pdf>.

BAROIN, Paul. **Grammaire pour une ville neutre en carbone et résiliente** [en ligne]. Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, avril 2019. Disponible à : <URL : https://www.union-habitat.org/sites/default/files/articles/pdf/201904/grammaire_ville_neutre_carbone_resiliente_2019-1.pdf>.

BEDARIDA Francois, **L'espace collectif urbain à travers l'histoire** [en ligne], Monumentum, Vol XVIII-XIX 1979. Disponible à l'adresse : https://www.icomos.org/monumentum/vol18-19_2.pdf

BERCAULT, Florian. **Les villes de demain** [en ligne].: Cartes sur table, mai 2015. Disponible à : <URL : <http://www.assemblee-nationale.fr/14/evenements/mardi-avenir/2015-05/CST-les-villes-de-demain.pdf>>.

BERTRAND, Frédéric. **Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole** [en ligne]. Rapport n°2. Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, novembre 2018. Disponible à : <URL : https://www.apur.org/sites/default/files/documents/publication/etudes/referentiel_gestion_source_eaux_pluviales_metropole_cahier2.pdf>.

BERTRAND, Frédéric. **Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole** [en ligne]. Rapport n°1. Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, novembre 2018. Disponible à : <URL : https://www.apur.org/sites/default/files/documents/publication/etudes/referentiel_gestion_source_eaux_pluviales_metropole_cahier1.pdf>.

BIGORGNE, Julien. **Les îlots de chaleur urbains à Paris** [en ligne]. Rapport n°1. [S. I.] : Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, décembre 2012. Disponible à : <URL : https://www.apur.org/sites/default/files/documents/ilot_chaleur_urbains_paris_cahier1.pdf>.

BIGORGNE, Julien. **Les îlots de chaleur urbains à Paris - Influence climatique des revêtements de sol à Paris** [en ligne]. Rapport n°4. Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, juillet 2017. Disponible à : <URL : https://www.apur.org/sites/default/files/documents/ilots_chaleur_urbains_paris_revetements_sol_paris.pdf>.

BOUISSOU, Arnaud. **Changements climatiques, comment les villes s'adaptent** [en ligne]. Rapport n°33. [S. I.] : PUCA Plan Urbanisme Construction Architecture, décembre 2015. Disponible à : <URL : http://www.urbanisme-puca.gouv.fr/IMG/pdf/PP33_dossier_changement_climat_BAT.pdf>.

COMITÉ DE PROSPECTIVE DU COMITÉ 21. **La ville, nouvel écosystème du XXI^e siècle - Ville, réseaux, développement durable** [en ligne]. 2012 2011. Disponible à : <URL : <http://www.comite21.org/docs/actualites-comite-21/2012/rapport-la-ville-nouvel-ecosysteme-du-21eme-siecle-06-04-12.pdf>>.

COMMESSIE, Fabienne. **Modes de vie et formes urbaines... une adéquation à construire ?**

[en ligne]. Rapport n°243. ADEUS, juillet 2017. Disponible à : <URL : http://www.adeus.org/productions/les-notes-de-ladeus-ndeg243-amenagement-de-lespace/files/note-243_modes_vie_forme_urbaine-web.pdf>.

CHOAY Françoise, *Espacements : l'évolution de l'espace urbain en France*, Skira, 2003, 127p.

D'ANSELME, Alix. *S'adapter au changement climatique* [en ligne]. [S. l.] : Urban Lab, Aout 2018. Disponible à : <URL : https://fr.slideshare.net/Paris_And_Co/sadapter-au-changement-climatique-urban-lab-septembre-2018-114492171>.

DE MUNCK, Cécile. *Les stratégies de végétalisation pour aider la ville à faire face à la canicule*. « IAU Institut d'Aménagement et d'Urbanisme ». Septembre 2014, n° 662, p. 6.

FEIX, Isabelle. *Aménager avec la nature en ville* [en ligne]. [S. l.] : ADEME Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, octobre 2018. Disponible à : <URL : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/amenager-avec-la-nature-en-ville-8873.pdf>>.

GENDRON, Yves. *Les espaces publics sont-ils adaptés aux grands enjeux de société ?* [en ligne]. Décembre 2014. Disponible à : <URL : http://www.adeus.org/productions/les-espaces-publics-sont-ils-adaptes-aux-grands-enjeux-de-societe/files/espaces_publics-enjeux_societe-web-1.pdf>.

GSELL-EPAILLY, Anaïs. *Et si on plantait des arbres pour adapter les villes au changement climatique ?* [en ligne]. Rapport n°190. ADEUS, décembre 2015. Disponible à : <URL : http://www.adeus.org/productions/les-notes-de-ladeus-ndeg190-energie-environnement/files/note-190_ilots_fraicheur_2016-web.pdf>.

La métropole transforme le centre-ville de Marseille. Métropole Aix Marseille Provence, Mars 2019.

Les villes de demain - Défis, visions et perspectives [en ligne]. Union européenne - Politique régionale, octobre 2011. Disponible à : <URL : https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/citiesoftomorrow/citiesoftomorrow_final_fr.pdf>.

LÉVY, Jean-Daniel. *L'indice du bien-être en ville* [en ligne]. Harris interactive, Juin 2017. Disponible à : <URL : <https://harris-interactive.fr/wp-content/uploads/sites/6/2017/06/Rapport-Harris-Lindice-du-bien-etre-en-ville-Guy-Hoquet-1.pdf>>.

Marseille [en ligne]. [S. l.] : POSPU Plate-forme d'Observation des Projets et Stratégies Urbaines, Juillet 2013. Disponible à : <URL : <http://www.popsu.archi.fr/sites/default/files/nodes/document/971/files/marseille-posu2-2.pdf>>.

MARIE, Héloïse. *Diagnostic de la surchauffe urbaine* [en ligne]. Angers : ADEME Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, septembre 2017. Disponible à : <URL : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/diagnostic_de_la_surchauffe_urbaine-ademe_ils_l_ont_fait_recueil_bd_010307.pdf>.

MARIE, Jean-Baptiste. *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*. Marseille, France : Parenthèses, DL 2015, DL , cop. 2015 2015. ISBN 978-2-86364-243-6.

MEZIANI, Mehand. *L'espace public parisien : nouvelles pratiques, nouveaux usages* [en ligne].

Paris: Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, Juin 2012. Disponible à: <URL : http://50ans.apur.org/data/b4s3_home/fiche/102/06_pratiques_usages_espace_public_50276.pdf>

Mise en œuvre d'un observatoire de la circulation pour le projet du Jarret. Rapport n°1. Ingerop. Mars 2019.

Nouvelles approches de l'espace public parisien. [S. I.]: Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, juin 2014.

OFFNER, Jean-Marc. **Inventer les voiries du XXI^e siècle** [en ligne]. ADEUS, 24 mai 2018, p. 12. Disponible à: <URL : http://www.adeus.org/productions/inventer-les-voiries-du-xxie-siecle/files/actes-rencontres_offner-web.pdf>.

POMMIER, Guillaume. **Impact du végétal en ville** [en ligne]. Plante & Cité - VegDUD, septembre 2014. Disponible à: <URL : <https://www.plante-et-cite.fr>>.

PONS, Anne. **Espaces publics, à la recherche d'indicateurs pour les documents cadre de planification** [en ligne]. Rapport n°164. ADEUS, novembre 2015. Disponible à: <URL : http://www.adeus.org/productions/les-notes-de-ladeus-ndeg164-amenagement-de-lespace/files/note-164_espaces_publics-web.pdf>.

PONS, Anne. **Imaginer des politiques urbaines favorable à la santé** [en ligne]. Rapport n°255. [S. I.]: ADEUS, décembre 2017. Disponible à: <URL : http://www.adeus.org/productions/les-notes-de-ladeus-ndeg255-environnement/files/note-255_politique_urbaine_sante-web.pdf>.

RUFF, Valentine. **Adaptation au changement climatique par l'urbanisme** [en ligne]. Rapport n°71. ADEUS, septembre 2012. Disponible à: <URL : http://www.adeus.org/productions/les-notes-de-ladeus-ndeg71-environnement/files/note-71_environnement_adaptation-climat_web-1.pdf>.

SERRE, Damien. **Concevoir la résilience urbaine : un défi face à des complexités** [en ligne]. PARIS DIDEROT, [S. d.]. Disponible à: <URL : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01250351/document>>.

S'adapter aux changements climatiques - Mener la transition avec la nature en ville. Rapport n°4. Plante & Cité, juillet 2018.

Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique [en ligne]. ONERC Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, 2007. Disponible à: <URL : https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2006_Strategie_Nationale_WEB.pdf>.

VAULÉON, Yann-Franch. **Evolution du stationnement et nouveaux usages de l'espace public** [en ligne]. Rapport n°154. Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, mai 2019. Disponible à: <URL : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/evolution-stationnement-usages-espace-public>>.

VIROT, Pauline. **Un nouveau regard sur la métropole parisienne à travers la qualité de vie** [en ligne]. Rapport n°92. Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme, juillet 2015. Disponible à: <URL : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/un-nouveau-regard-metropole-parisienne-travers-qualite-vie>>.

Villes et adaptation au changement climatique [en ligne]. ONERC Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, 2003. Disponible à: <URL : https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2010_villes_et_adaptation.pdf>.

SITOGRAFIE

[1] LA METROPOLE – CADRE DE VIE, 2018. **Requalification des espaces publics du centre-ville de Marseille.** [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.marseillechange.fr/>

[2] IBGE, 2013. **Dossier - Favoriser la mobilité active.** In : Guide Bâtiment Durable Brussels. [en ligne]. 1 janvier 2013. Disponible à l'adresse : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/favoriser-la-mobilite-active.html?IDC=27&IDD=4473>.

[3] GOUESSET C, 2010. **30 ans de prise de conscience de l'urgence climatique.** [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.l'express.fr/actualite/environnement/30-ans-de-prise-de-conscience-de-l-urgence-climatique_829497.htm

Année universitaire : 2018 - 2019

Spécialité/Mention :

PAYSAGE

Spécialisation/Parcours :

Paysage : Opérationnalité et Projet (POP)

Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Dans quelles mesures l'aménagement de l'espace public urbain peut-il contribuer à combattre et adapter les villes au changement climatique ? Etude de cas de la requalification de la rocade du Jarret à Marseille.

ANNEXES



Soutenu à Angers le 12/09/19

Devant le jury composé de :

Président : Pierre-Emmanuel BOURNET

Maître de stage : Charles MOLLANDIN

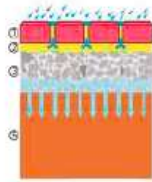
Enseignant référent : Christophe MIGEON

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

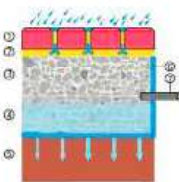


Annexe I – Comment l'eau est-elle évacuée dans le sol ? (Source : Centre de recherches routières – Annexe au Bulletin CRR n°77 – 2008)



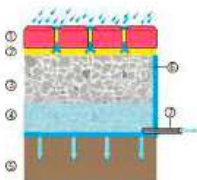
Cas 1 : sol très perméable

Toute l'eau s'infiltre directement dans le sol. Une sous-fondation n'est pas nécessaire, ni un drainage supplémentaire.



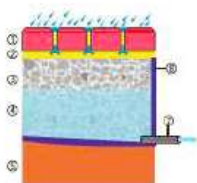
Cas 2 : sol bien perméable

L'eau s'infiltre en grande partie après le stockage dans la sous-fondation. Une évacuation est réalisée entre la fondation et la sous-fondation afin d'éviter toute stagnation prolongée dans la fondation.



Cas 3 : sol modérément voire peu perméable

L'eau s'infiltre seulement de manière très limitée dans le sol. L'eau résiduelle est stockée dans la sous-fondation et évacuée via un dispositif de drainage. Celui-ci passe par un réducteur de débit, ce qui permet une évacuation différée vers les fossés, les dispositifs d'infiltration ou les caniveaux situés à proximité. La structure perméable sert surtout de dispositif de stockage.

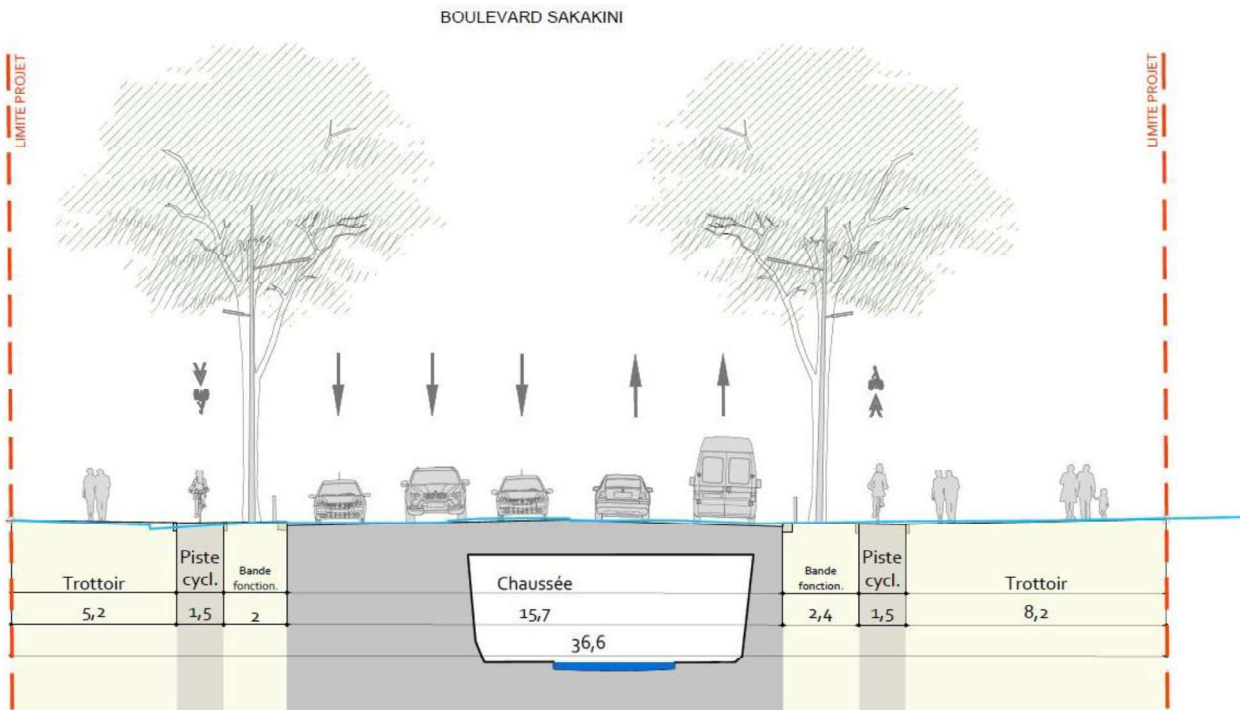
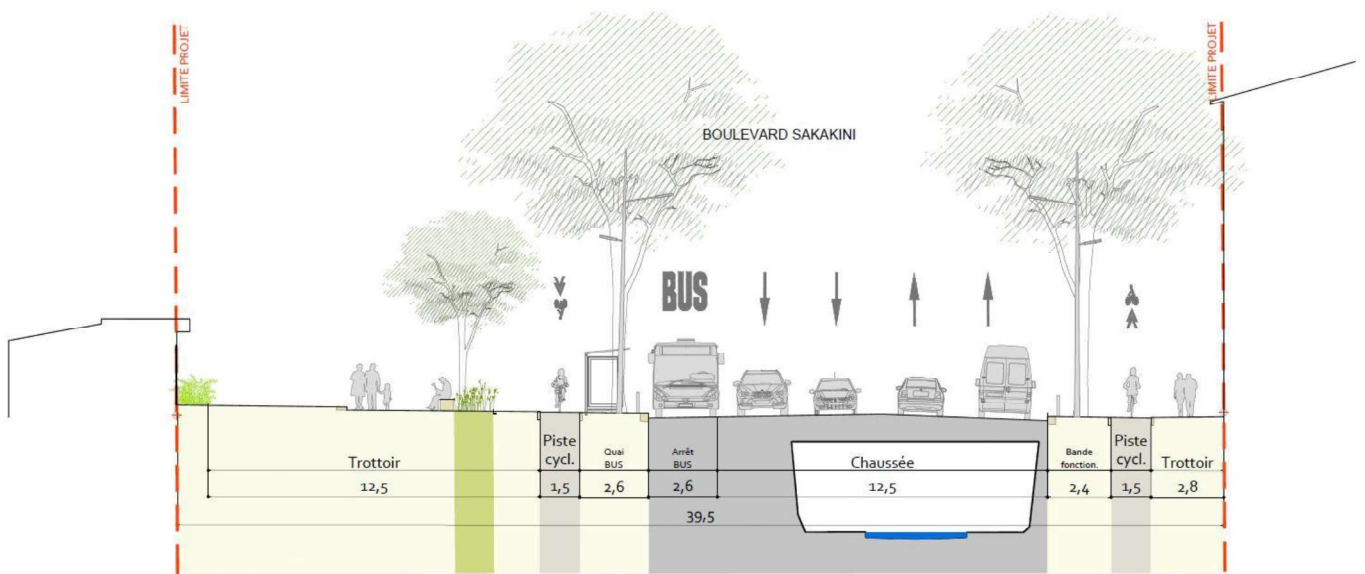



Cas 4 : aucune infiltration possible

Une membrane imperméable est placée sur le fond du coffre et autour de la structure. L'évacuation différée s'effectue sous la structure. Une pente minimale de 2,5 % est prévue sous la structure afin que toute l'eau puisse être évacuée. Le stockage de l'eau s'effectue toujours dans la sous-fondation.

1. Pavés drainants
2. Couche de pose
3. Fondation
4. Sous-fondation
5. Sol
6. Géotextile non tissé
7. Tuyau d'évacuation avec réducteur de débit
8. Membrane perméable

Annexe IV – Coupes transversales du projet de requalification de la rocade du Jarret – Zone 6 (Source : DCE - INGEROP)



	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Paysage Spécialisation / option : Paysage : Opérationnalité et Projet Enseignant référent : Christophe Migeon	
Auteur(s) : Nans Braccalenti Date de naissance* : 22/09/1994		Organisme d'accueil : Ingerop Adresse : 7 rue du devoir, CS 80506 (4ème étage, bâtiment C), Ilot Allar, 13344 Marseille
Nb pages : 36	Annexe(s) : 3	Maître de stage : Charles Mollandin
Année de soutenance : 2019		
Titre français : Dans quelles mesures l'aménagement de l'espace public urbain peut-il contribuer à combattre et adapter les villes au changement climatique ? Etude de cas de la requalification de la rocade du Jarret à Marseille. Titre anglais : In what way urban public spaces planning can contribute to combating and adapting cities to climate change? Case study of the requalification of the Jarret avenue in Marseille.		
Résumé : <p>Nous faisons face à un changement climatique d'une grande rapidité qui engendre une nécessité d'adaptation de notre environnement de vie le plus commun : La ville et ses espaces publics.</p> <p>Les villes dans lesquelles nous vivrons demain seront radicalement différentes de celles que nous connaissons aujourd'hui. Sous l'effet de mouvements de fonds puissants comme le changement climatique, les possibles catastrophes naturelles, la raréfaction des ressources, la transformation des modes de vie, le changement des pratiques sociales ... les villes mettent en place des stratégies d'adaptation et de réinvention de leurs espaces.</p> <p>Dans le cas d'un projet d'aménagement d'espace public, les différents acteurs du projet doivent trouver la justesse de conception, effectuer les choix techniques adaptés et établir un aménagement durable et résilient face aux nouvelles prédictions climatiques. Ce mémoire propose les solutions et alternatives nouvelles pouvant être mise en œuvre lors d'un aménagement pour répondre aux nouveaux objectifs de lutte contre les ICU et les inondations.</p> <p>Appliquer à un projet de la ville de Marseille, nous essayerons d'estimer l'impact du réaménagement d'un axe principale de la ville sur cette problématique d'importance.</p>		
Abstract : <p>We are facing a very rapid climate change that is creating a need to adapt our most common living environment: the city and its public spaces.</p> <p>The cities in which we will live tomorrow will be radically different from those we know today. Under the influence of powerful movements of funds such as climate change, possible natural disasters, the scarcity of resources, the transformation of lifestyles, the change in social practices the cities are putting in place strategies to adapt and reinvent their spaces.</p> <p>In the case of a public space development project, the various actors involved in the project must find the right design, make the appropriate technical choices and establish a sustainable and resilient development in the face of new climate predictions. This paper proposes new solutions and alternatives that can be implemented during development to meet new UHI and flood control objectives.</p> <p>Applying this approach to a project in the city of Marseille, we will try to estimate the impact of the redevelopment of a main axis of the city on this important issue.</p>		
Mots-clés : résilience urbaine / espace public / changement climatique / aménagement urbain Key Words : urban resilience / public space / climate change / urban design		

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires