

Novembre 2010

Les îlots de chaleur urbains

L'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines



INSTITUT
D'AMÉNAGEMENT
ET D'URBANISME

ÎLE-DE-FRANCE



Les îlots de chaleur urbains

L'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines

Novembre 2010

IAU île-de-France

15, rue Falguière 75740 Paris cedex 15
Tél. : + 33 (1) 77 49 77 49 - Fax : + 33 (1) 77 49 76 02
<http://www.iau-idf.fr>

Directeur général : François Dugeny

Département Environnement urbain et rural, directeur Christian Thibault

Étude réalisée par Emmanuelle Valette, Erwan Cordeau et Christophe Magdelaine

N° d'ordonnement : 8.10.007

Crédits photo(s) de couverture : Attila Czigany/sxchu et Paul Lecroart/IAU îdF

Sommaire

Introduction	5
Éléments de compréhension	9
1. Les nuisances* et les risques : un intérêt toujours en lien avec les préoccupations sanitaires et sociales	9
1.1. Les mouvements hygiénistes	9
1.2. La perte de certaines « bonnes pratiques »	10
1.3. Les années 1960-1970 : le prisme de la pollution	11
1.4. Une perte d'intérêt dans les années 1990	11
1.5. La reprise en compte du climat urbain dans la perspective du changement climatique	12
2. L'ouverture du champ disciplinaire : la recherche aujourd'hui	13
2.1. L'association des compétences	13
2.2. L'ouverture aux expertises « profanes »	14
3. Le risque de la concentration sur une seule problématique	14
Quelles possibilités d'adaptation ?	17
1. La nécessité de traiter conjointement atténuation et adaptation	17
2. Les leviers d'action	19
3. Des bénéfices partagés	23
3.1. Des mesures d'adaptation multifonctionnelles	23
3.1.1. La nature en ville : aménités* et biodiversité	23
3.1.2. La végétation : un moyen de gestion de l'eau et des polluants	24
3.2. Des mesures d'adaptation qui participent à l'atténuation du changement climatique : la réduction des sources de chaleur anthropiques	25
3.2.1. Les modes de déplacements doux : une réduction des émissions de CO ₂	25
3.2.2. L'isolation du bâti et le recours à des alternatives à la climatisation : faire des économies d'énergies	25
4. Les points de vigilance	25
4.1. La densification en possible contradiction avec la lutte contre les îlots de chaleur urbains	25
4.2. Les différents types de chaleur urbaine	27
4.3. La question des échelles d'intervention	27
Quelle prise en compte dans la planification et l'urbanisme ?	29
1. Les documents d'aménagement du territoire et d'urbanisme : une prise de conscience encore trop partielle	30
1.1. Les SCoT	30
1.2. Le SDRIF	31
2. Les nouveaux quartiers urbains : quelles traductions des principes d'adaptation dans l'urbanisme opérationnel ?	32
2.1. Une adaptation qui n'est pas clairement énoncée mais sous-jacente dans chaque projet	33
2.2. Des solutions indirectes	34
2.2.1. Le végétal	34
2.2.2. L'eau en ville	35
2.2.3. Les performances énergétiques	35
2.2.4. La forme urbaine	36
3. Vers une approche directe pour éviter la maladaptation	36

Les Plans Climat-Energie Territoriaux, des outils dédiés à la prise en compte du climat dans l'urbanisme	39
1. Quelle méthode de construction pour un PCET ?.....	40
1.1. Les outils d'élaboration.....	40
1.2. La notion d'exemplarité	41
1.3. Des objectifs réalistes ?	42
2. Quelle place pour l'adaptation ?.....	42
2.1. L'action par le végétal	43
2.2. L'action sur le bâti	44
3. Une prise en compte qui doit être renforcée.....	46
Conclusions et perspectives.....	49
Annexes.....	51
Index des sigles et acronymes	69
Glossaire.....	71
Bibliographie	75

Introduction

« Dans le monde entier, les sociétés ont de tout temps cherché à s'adapter et à réduire leur vulnérabilité*¹ aux conséquences des phénomènes météorologiques et climatiques tels que les inondations, les sécheresses ou les tempêtes. Des mesures d'adaptation* supplémentaires seront toutefois nécessaires à l'échelle régionale et locale pour réduire les effets néfastes de l'évolution et de la variabilité anticipée du climat, quelle que soit l'ampleur des mesures d'atténuation* qui seront mises en place au cours des vingt ou trente prochaines années. » (GIEC, 2007)

Si l'on en croit les experts du GIEC², le réchauffement climatique d'origine anthropique est en marche. L'Europe risquerait de connaître une augmentation du nombre et de l'ampleur des inondations, de la fonte des glaciers, des sécheresses, ainsi que le déplacement, voire la disparition, de certaines espèces animales et végétales et un accroissement des risques* sanitaires liés aux vagues de chaleur. (GIEC, 2007)

Quelles que soient les controverses sur l'origine du changement climatique, ses prévisions, ses causes et ses conséquences, les observations faites aujourd'hui montrent une tendance à la répétition des épisodes de canicule en France. Les événements de fortes chaleurs constituent un risque pour les populations, notamment pour les personnes dites fragiles comme les personnes âgées ou malades. En 2003, la plupart des décès excédentaires enregistrés dus à la canicule l'ont été dans les villes. Il ne s'agit pas là d'une conséquence directe du changement climatique, cela s'explique par le fait que les agglomérations sont plus chaudes que les campagnes à cause d'un phénomène inhérent aux villes d'aujourd'hui : l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU).

L'îlot de chaleur urbain

Les hommes de science se sont depuis l'Antiquité intéressés aux relations entre le climat et la ville, que ce soit tout d'abord dans la prise en compte des conditions climatiques d'un site pour l'implantation et la conception architecturale des cités ou, plus tard, dans l'influence de la ville sur son environnement, notamment en matière de pollution* de l'air. Cependant, la mise en évidence d'un climat spécifiquement urbain n'intervient qu'au début du XIX^e siècle, lorsque le pharmacien britannique Luke Howard publie entre 1818 et 1820 *Le climat de Londres*, ouvrage qui étudie, à partir d'une série de relevés météorologiques recueillis durant neuf ans, la température, les précipitations et le brouillard, le fameux *smog* (contraction de *smoke*, « fumée » et *fog*, « brouillard »), de la capitale anglaise. Il note ainsi une différence des températures nocturnes de l'ordre de 3,70 °C entre le centre de Londres et sa campagne, ce que l'on nomme aujourd'hui « îlot de chaleur urbain » (ICU).

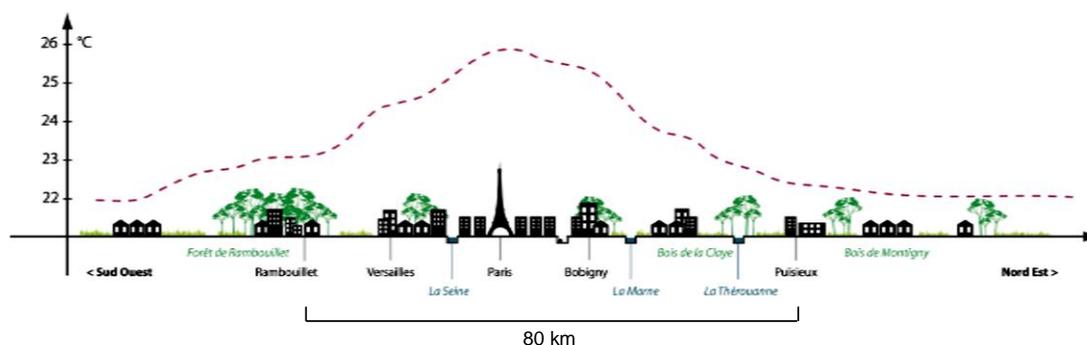


Figure 1 : Schéma de l'effet d'îlot de chaleur urbain

Source : Descartes, 2009

¹ Voir glossaire

² Groupe d'experts International sur l'Evolution du Climat / en anglais : IPCC, International Panel on Climate Change

Les causes de l'îlot de chaleur urbain

Les différentes études sur les îlots de chaleur urbains ont montré que ces différences de températures sont un phénomène assez complexe où s'entremêlent causes et effets. L'ICU, très variable, est dépendant du « type de temps », c'est-à-dire de « l'ensemble des valeurs qui, à un moment donné et en un lieu déterminé, caractérisent l'état de l'atmosphère » (Piéry in. Cantat, 2008).

L'îlot de chaleur est tout d'abord dépendant du moment de la journée. Comme Howard l'avait déjà remarqué, l'ICU est surtout marqué la nuit lors des minima de températures. A Paris la différence peut parfois dépasser les 10 °C à l'échelle journalière entre le centre de la ville et la campagne la plus froide comme ce fut le cas le 30 septembre 1997 où l'on a repéré une différence de 11,4 °C. (Cantat, 2004). Cela est directement dû à l'urbanisation car la chaleur urbaine provient du bâti et du sol eux-mêmes qui restituent l'énergie emmagasinée dans la journée. En effet, le bâti, selon son albédo (indice de réfléchissement d'une surface qui dépend de la couleur des matériaux mais aussi de leurs caractéristiques de textures, de leur porosité (cf. Annexe 1)) et son inertie thermique absorbe ou réfléchit l'énergie solaire. Plus il en absorbe dans la journée, plus il la restitue la nuit sous forme de chaleur : la minéralité des villes est donc un élément fondamental dans la formation des îlots de chaleur. A l'inverse, l'eau et la végétation constituent des facteurs de rafraîchissement puisqu'elles emmagasinent peu d'énergie et, par évaporation ou évapotranspiration, elles rafraîchissent l'air dans la journée.

L'ICU dépend également des vents. Un vent fort va favoriser la circulation de l'air et donc diminuer le réchauffement du substratum urbain par un air chaud. A l'inverse, un vent faible entraîne une stagnation des masses d'air qui ont alors le temps de réchauffer le bâti : ainsi, plus le temps est calme et dégagé (anticyclone), plus l'îlot de chaleur urbain est intense. De plus, la forme urbaine joue sur le régime des vents : une rue étroite et encaissée, formant un canyon, empêche les vents de circuler et fait alors stagner les masses d'air, mais elle permet de créer des zones d'ombre en diminuant le facteur de vue du ciel*.

Enfin, il est important de noter ici l'importance de la chaleur anthropique, notamment en hiver : chauffage, climatisation, industries, circulation automobile etc. sont autant de facteurs qui font augmenter les températures et la pollution (qui elle aussi indirectement par effet de serre réchauffe l'atmosphère au niveau mondial) et donc favorisent l'apparition d'un îlot de chaleur (Escourrou, 1996) mais aussi plus simplement réchauffent la ville, même en l'absence d'ICU.

Les conséquences de l'îlot de chaleur urbain

Les îlots de chaleur sont à leur tour à l'origine de transformations de phénomènes météorologiques. Ainsi, ils font diminuer l'humidité relative, les brouillards et le nombre de jours de gel. De plus, ils modifient le régime des pluies en réduisant les précipitations en hiver lorsque le temps est stable. Cependant, lorsque le temps est instable, l'ICU provoque une augmentation de l'intensité des précipitations provoquant parfois de violents orages car « la ville perturbe principalement la circulation convective des masses d'air. Son influence est ainsi marquée sur les phénomènes violents comme les fortes averses, les orages ou encore les chutes de grêle. Les journées d'orage peuvent ainsi augmenter de 20 à 30 % (Duchêne-Marullaz, 1980) » (Colombert, 2008).

De plus, les îlots de chaleur urbains influencent des paramètres qui dans une interrelation vont les renforcer. Ainsi, les différences de chaleur entre centre et périphérie (tout comme entre des lieux chauds comme les rues et des lieux frais comme les parcs à plus petite échelle) sont à l'origine de « brises de campagne » (des vents thermiques de faible intensité engendrés par les différences de température), qui vont des zones froides aux zones plus chaudes, favorisant ainsi la concentration de polluants dans les secteurs les plus urbanisés et les plus denses, autrement dit les secteurs qui souffrent déjà le plus des effets d'îlots de chaleur.

Une problématique centrale

Les ICU ne sont ni une cause, ni une conséquence du changement climatique, les effets de l'un sur l'autre aggravent les impacts de chacun. Ainsi, le changement climatique qui devrait s'accompagner d'une augmentation des températures générales rendra l'ICU encore plus

intense. De même, dans une bien moindre mesure toutefois, les dynamiques qui président à la formation des ICU et leurs conséquences (pollutions, consommations d'énergie pour le chauffage ou la climatisation...) sont d'autant plus de facteurs du changement climatique. Ainsi, si les îlots de chaleurs urbains ne peuvent être vus comme un phénomène nouveau, ils s'inscrivent dorénavant dans une systémique qui leur donnent une place centrale dans les problématiques urbaines actuelles.

Prendre en compte ce phénomène est important à plus d'un titre. Tout d'abord, à l'échelle mondiale, le nombre d'urbains ne cesse de croître. Ils représenteront d'ici 2030, selon l'ONU, près de 60 % de la population mondiale. En France, 80 % de la population est déjà urbaine, mais si cette part n'augmente plus réellement, les villes, elles, ne cessent de s'étendre en surface. L'effet d'îlot de chaleur ne pourrait donc que grandir, en taille comme en intensité, et ainsi, même en dehors des pics caniculaires, détériorer le confort urbain en faisant de la ville, voire de l'agglomération puisque les modifications du climat par l'ICU, avec la métropolisation, peuvent s'étendre à l'échelle de la région, un environnement de moins en moins supportable.

De plus, à l'heure où l'on connaît de mieux en mieux les effets de la concentration de pollution sur la santé et sur l'environnement, lutter contre les chaleurs urbaines améliorerait en même temps la qualité de l'air. La lutte contre les ICU est alors un enjeu majeur des villes pour leur attractivité. Au-delà des questions de confort urbain, les métropoles pourraient devenir à plus long terme des espaces littéralement invivables et perdraient alors leur capacité à attirer des activités et des populations.

La problématique des îlots de chaleur s'inscrit en interrelation avec de nombreux autres enjeux urbains. Il convient donc de la traiter de manière intégrée, en prenant garde, par exemple, de ne pas résoudre un problème en aggravant un autre. Les réponses apportées doivent s'inscrire dans une logique de développement durable qui intègre à la fois les préoccupations sociales et sanitaires (ici, par exemple, l'attention aux populations à risques) les préoccupations économiques (quel est le rapport entre le coût de solutions et celui si l'on ne fait rien ?) et les préoccupations environnementales (biodiversité, qualité de vie, services écologiques et urbains...)

Quelles peuvent être les solutions pour diminuer les îlots de chaleurs urbains, mais aussi pour réduire la vulnérabilité des systèmes humains et naturels à ce phénomène ?

Cette étude aura donc pour but, après quelques définitions et rappels quant à l'évolution de la recherche, d'envisager les possibilités d'adaptation et d'atténuation de l'effet d'îlot de chaleur urbain en matière d'urbanisme et d'aménagement (c'est-à-dire en termes de solutions collectives et de conception et de gestion de l'espace urbain et non pas par des solutions individuelles, exogènes et potentiellement consommatrices d'énergies telle que la généralisation des appareils de climatisation) à travers l'analyse de mesures déjà mises en place ou à venir, ainsi que de donner quelques orientations et préconisations à destination des décideurs.

Eléments de compréhension

Un détour historique sur l'évolution des conceptions en matière de climat urbain

1. Les nuisances* et les risques : un intérêt toujours en lien avec les préoccupations sanitaires et sociales

Si aujourd'hui l'ICU est largement considéré comme une des nombreuses conséquences négatives de la ville sur son environnement, il n'en a pas toujours été ainsi. En 1940, Linke le voit comme un phénomène positif (Colombert, 2008).

L'évolution des idées sur le climat est très liée à l'évolution des moyens techniques de construction, mais aussi et surtout aux préoccupations sociales, économiques et politiques de chaque époque qui sous-tendent en continu l'intérêt ou non des questions climatiques.

S'il n'y avait, jusqu'à une période très récente, pas de recherche en climatologie urbaine à proprement parler, les concepteurs urbains ont toujours été conscients et ont pris en compte les spécificités climatiques des lieux où ils bâtissaient. C'est une des raisons des différences d'architectures traditionnelles à l'échelle mondiale ou régionale. Les architectures vernaculaires ont toujours su s'adapter aux températures et aux climats de leur région en construisant des bâtiments avec, par exemple, de petites ouvertures, des murs épais qui restent frais ou des peintures claires pour limiter leur réchauffement, pour des raisons de confort, mais aussi pour des raisons sanitaires. Ainsi, la Chine ancienne avait déjà des principes d'aménagement en lien avec la santé humaine que l'on retrouve aujourd'hui dans le *Feng Shui*. En occident, la Rome antique avait également déjà de telles préoccupations : l'architecte et ingénieur Vitruve a écrit sur les relations entre l'aménagement des villes et les conditions climatiques (Hebbert, Jankovic, 2009 ; Colombert, 2008). Cependant, nous avons choisi comme point de départ le XIX^e siècle, car il correspond pour nous à l'époque de construction des villes occidentales telles que nous les connaissons aujourd'hui.

1.1. Les mouvements hygiénistes

En France, et plus largement en Europe et dans le monde occidental, le XIX^e siècle voit l'apparition de théoriciens qui cherchent notamment à lutter contre les épidémies comme la tuberculose et le choléra qui font des ravages dans des villes très denses et insalubres.

En 1841, le préfet Rambuteau, à l'origine des grands travaux parisiens poursuivis ensuite par Haussmann, imagine les grands boulevards et avenues qui doivent assainir les quartiers centraux et faciliter les transports publics. De plus, les progrès de la médecine, particulièrement avec la découverte des microbes par Louis Pasteur en 1865, inspirent les concepteurs urbains qui prônent alors la ventilation des bâtiments et des villes, l'apport de lumière, pour lutter contre les miasmes responsables des maladies comme le choléra, le typhus ou la tuberculose. L'architecture de fer et de verre de l'époque, mais aussi l'attention portée au végétal dans la conception urbaine (c'est à cette époque que sont créés les grands parcs parisiens, comme les Buttes-Chaumont, qui permettent aux citoyens de profiter de l'air et de la lumière) s'adapte particulièrement à ces prérogatives.

Cependant, l'eau, qui est aujourd'hui un élément de valorisation, est complètement rejetée : on fait tout pour éliminer l'humidité : les zones humides sont « assainies », les cours d'eau transformés en égouts sont recouverts (exemple de la Bièvre à Paris que l'on projette maintenant de rouvrir) car synonymes d'odeurs nauséabondes et vecteurs de maladies ; L'eau n'est valorisée que sous forme de fontaines ou de plans d'eau dans les parcs et jardins, lorsqu'elle est entièrement maîtrisée.

Le XIX^e siècle est également l'époque des empires coloniaux, la France et l'Angleterre en particulier, s'installent en Afrique et en Asie, dont les climats sont très différents de ceux que l'on

connaît en Europe. Ainsi, les architectes européens habitués aux climats tempérés vont devoir inventer ce qui deviendra un style architectural à part entière – parfois s’inspirant des constructions traditionnelles – qui s’adapte aux conditions climatiques et permet de lutter contre les maladies locales, notamment le paludisme transmis par les moustiques qui profitent des zones humides et des eaux stagnantes. Les maisons se parent de vérandas, de coursives couvertes, de brises-soleil ou de moucharabiés, qui permettent d’ombrager les bâtiments et de ne pas laisser entrer directement le soleil, les murs et les toits ont des systèmes de ventilations complexes qui permettent de rafraîchir l’intérieur.

L’architecture moderne de la première moitié du XX^e siècle reprend ces principes d’ouverture et d’ensoleillement et est aidée dans cette entreprise par les nouvelles techniques de constructions et les nouveaux matériaux « propres » comme le béton. Les bâtiments sont ainsi dotés de grandes fenêtres, les structures en poteaux-poutres permettent d’ouvrir au maximum les espaces intérieurs pour une meilleure circulation des personnes mais aussi de l’air, principes formalisés dans la Charte d’Athènes, proposée à l’issue du IV^e Congrès international d’architecture moderne (CIAM) en 1933.

1.2. La perte de certaines « bonnes pratiques »

Cependant, le modernisme se veut en rupture totale avec le passé et oublie ainsi volontairement certaines pratiques architecturales qui pouvaient être bénéfiques. L’Homme veut s’affranchir des contraintes naturelles grâce aux progrès techniques et non être contraint par les éléments de son environnement. Ainsi, de nombreux mouvements qu’il inspire par la suite et toujours aujourd’hui, vont créer des constructions qui sont des aberrations climatiques, notamment les tours de bureaux avec des façades entièrement vitrées, dont les fenêtres ne s’ouvrent pas, ce qui oblige alors de recourir à la climatisation pour que la température intérieure soit supportable.

La rupture de l’architecture avec les principes bioclimatiques apparaît au milieu du XX^e siècle après la seconde guerre mondiale. Les épidémies urbaines ont été enrayerées grâce aux progrès de la médecine et à la transformation des villes au siècle précédent. L’attention alors portée aux qualités sanitaires des bâtiments retombe donc : on pense que le problème est réglé et qu’il n’est plus nécessaire de construire selon les principes hygiénistes. De plus, l’après-guerre est la grande période de reconstruction qui s’accompagne du baby-boom et de grandes vagues d’immigration. Il faut construire beaucoup de logements, très vite et à des prix modérés. La qualité des constructions n’est alors pas une priorité, tout comme l’attention portée aux espaces publics qui se trouvent entre ces bâtiments. D’autant plus que les progrès techniques, la modernité, apportent et diffusent la climatisation (bien que le nombre de climatiseurs soit réduit dans les habitations en France par rapport à d’autres pays comme les Etats-Unis) ou le ventilateur, qui permettent de s’affranchir des techniques anciennes de ventilation naturelle.

De plus, le confort qu’apporte la reconstruction explique le plébiscite pour ces nouveaux logements, certes moins performants thermiquement, mais remplaçant des logements souvent petits, mal équipés (sans salle de bain ou sanitaires) et insalubres, par des logements plus grands, lumineux et dotés du confort moderne.

S’il est vrai que les maladies liées à l’insalubrité ont presque totalement disparu en France, d’autres problèmes se posent quant au climat urbain qui ne sont alors pas du tout pris en compte. La généralisation de l’automobile dans les années 1950-1960 – on comptait 2,5 millions de véhicules en 1953 soit 21 % des ménages équipés, 15,5 millions en 1975 soit 64,1 % des ménages et 31 millions de véhicules aujourd’hui soit 82,4 % des ménages équipés (insee.fr) – ainsi que la croissance industrielle, vont faire augmenter les taux de pollutions à des niveaux alarmants.

Cependant, paradoxalement, c’est à la même période que va se développer la recherche universitaire et que les météorologistes vont se pencher attentivement sur les climats urbains grâce au développement des ordinateurs qui facilitent la construction des modèles et des simulations et des satellites qui permettent la télédétection et les photos aériennes sur de vastes territoires.

1.3. Les années 1960-1970 : le prisme de la pollution

En 1965, le schéma d'aménagement et d'urbanisme de la région de Paris (SDAURP), même s'il aborde l'environnement sous l'angle presque exclusif des loisirs, évoque pour la première fois les problèmes de qualité de l'air. Il considère que les zones « les plus envahies par les fumées » sont situées au nord-est des principales localisations industrielles, et que les zones les plus salubres sont situées à l'ouest de Paris et autour des poumons verts des bois de Boulogne et Vincennes. Cependant, il renonce à faire figurer les « zones de pollution de l'atmosphère » devant la difficulté de les représenter en raison de leur grande variation.

De même, l'étude de J. Dettwiller, *Evolution séculaire du climat de Paris, Influence de l'urbanisation*, paru en 1970, décrit, à partir des relevés des stations météorologiques, les différences entre le centre de l'agglomération parisienne et les limites de la zone urbaine tant en ce qui concerne les températures, que les précipitations, les vents, l'humidité relative ou les brouillards. Il montre alors bien les difficultés pour réaliser de telles études dues au manque de données (le nombre de stations météorologiques de l'agglomération parisienne est largement insuffisant). Si Dettwiller ne fait pas encore ressortir concrètement les conséquences et les usages de ses observations, il commence à apparaître que cela pourrait servir à l'aménagement, notamment pour situer certaines installations polluantes en fonction du climat : « C'est un apport considérable au dossier du climat des villes. [...] Elle nous enseigne que nous avons beaucoup à apprendre encore sur ces climats, constatation peu réconfortante puisque la connaissance de ces derniers aurait (ou devrait) servir de fondements à la mise en place des zones industrielles, résidentielles et d'affaires » (Loup, 1971).

Ce mouvement qui lie climat urbain et environnement ne fait que grandir avec les craintes de plus en plus précises et médiatiques, notamment en matière de pollution atmosphérique. La demande sociale de connaissance permet alors à la climatologie urbaine, en s'orientant vers ces questions, de sortir de son carcan et de trouver un écho dans les mouvements environnementalistes et écologistes qui naissent à cette époque. Ainsi, G. Escourrou fait directement le lien entre îlot de chaleur et diffusion des polluants (1986) et préconise alors, comme le suggérait J. Loup en 1971, des lieux d'implantation pour les industries polluantes. Cette étude, basée sur les relevés des stations météorologiques d'Île-de-France et sur des relevés effectués à divers endroits, souligne encore une fois le manque de moyens techniques pour mesurer efficacement les variations climatiques entre deux points. Les images satellites n'ont alors pas encore réellement fait leur entrée sur la scène scientifique française qui semble en retard sur les études étrangères et particulièrement américaines.

1.4. Une perte d'intérêt dans les années 1990

Mais cette fois encore, l'intérêt retombe car les problématiques qui avaient porté la lumière sur le climat urbain vont être réglées. En effet, la pollution atmosphérique va être prise très au sérieux et des mesures vont être mises en place car les mauvaises qualités d'air en ville commencent à nuire à l'attractivité des villes.

En 1979, est alors créé Airparif, association francilienne chargée de la surveillance de la qualité de l'air. Mais c'est durant les années 1990 que la loi sur l'air³ de 1996 va fixer les bases d'une vraie politique de limitation de la pollution atmosphérique. Elle vise ainsi à « renforcer de manière significative les volets observation et information sur la qualité de l'air » en instaurant les plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA) et les plans de protection de l'atmosphère (PPA). De même, le 1^{er} octobre 1997 lors d'un pic de pollution au dioxyde d'azote, est mise en place une circulation alternée limitant la circulation des véhicules trop polluants. Bien que cette opération n'ait fait diminuer les émissions que de 20 %, la qualité de l'air de l'agglomération parisienne s'est en partie améliorée depuis une vingtaine d'années. Ainsi, les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) ont été divisées par 20 et les grosses particules (« fumées noires ») par huit en 40 ans. Cependant, l'oxyde d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV) ne reculent que très lentement alors que l'ozone (O₃) et les fines particules augmentent quelque peu (ile-de-france.ademe.fr).

³ LAURE, *Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie*

Force est de reconnaître que, plus que des réglementations, la baisse d'une partie de la pollution, et, par là même, de l'attention pour la climatologie urbaine, provient de la désindustrialisation et des délocalisations industrielles, particulièrement en région parisienne, des années 1980 et 1990. Les études qui entraient dans la thématique « îlot de chaleur » par le prisme de la pollution atmosphérique ne se justifient plus au regard du grand public et des décideurs. Il faut alors trouver un autre moyen de faire entrer cette problématique sur le devant de la scène, même si, nous le verrons par la suite, cette problématique revient aujourd'hui.

1.5. La reprise en compte du climat urbain dans la perspective du changement climatique

La grande rupture en France est marquée, au tournant du siècle, par l'entrée sur la scène politique et médiatique du changement climatique d'une part, et, d'autre part, par un événement sanitaire inédit en France jusqu'alors, la canicule du mois d'août 2003, qui entraîne une surmortalité de près de 60 %, soit près de 14 800 personnes en France entre le 1^{er} et le 20 août. La région parisienne est quant à elle encore plus touchée puisque l'on a enregistré une surmortalité de 134 % en Île-de-France soit plus de 4 800 décès excédentaires par rapport au nombre attendu (ORS, 2003a) (Figure 2).

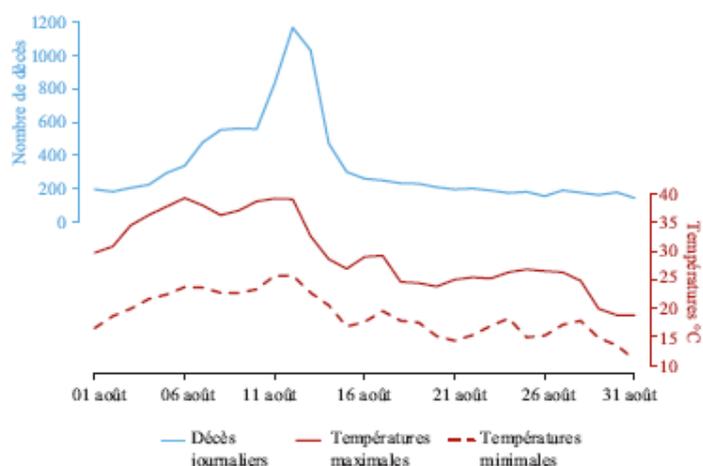


Figure 2 : Décès journaliers et températures en Île-de-France en août 2003

Source : ORS, 2009

Ces deux éléments vont faire passer l'ICU du domaine de la nuisance au domaine du risque. L'ICU n'est plus une simple gêne pour les citoyens, ce n'est plus une question d'inconfort lors des fortes chaleurs estivales sans réelles conséquences. A présent, il s'agit d'un risque, c'est-à-dire la combinaison entre un aléa (ici la canicule), sa probabilité d'occurrence, et un enjeu, dans ce cas de santé publique, pour les populations vivant en ville. Avec les différents travaux sur le changement climatique, et notamment ceux repris par le GIEC, montrant que les épisodes caniculaires devraient se multiplier dans les zones tempérées dans les années à venir, l'ICU passe alors au centre des préoccupations politiques et sociales afin de limiter les conséquences sanitaires des canicules.

La question des pollutions passe alors clairement au second plan dans les études sur le climat urbain, toutes se concentrant sur les moyens d'adaptation et d'atténuation pour prévenir le risque canicule. C'est donc, finalement par ce biais, après de nombreuses apparitions et disparitions, que les îlots de chaleur urbains prennent aujourd'hui toute leur importance dans la recherche en climatologie, et la recherche de moyens pratiques de prévention vont permettre d'ouvrir la question à d'autres domaines de compétence.

L'entrée par le changement climatique, enjeu bien plus global, large et complexe que celui de la pollution atmosphérique urbaine, semble devoir être plus stable et permettre de ne pas s'éloigner encore une fois de cette problématique. Cependant, il faut souligner ici qu'il est nécessaire de traiter les îlots de chaleur urbains en tant que tels et non plus de les aborder seulement de manière connexe – et quelque peu superficielle parfois – à d'autres questions. Il faut encore affiner les connaissances dans ce domaine et essayer de trouver des solutions d'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines.

2. L'ouverture du champ disciplinaire : la recherche aujourd'hui

On observe aujourd'hui une double orientation dans les études portant sur le climat urbain. La première, dans la continuité des recherches précédentes, étudie le phénomène d'îlot de chaleur urbain afin d'accroître les connaissances scientifiques sur le sujet. Ainsi, plusieurs campagnes de mesures, bénéficiant de moyens d'observations et d'outils de modélisation des plus avancés, ont été réalisées, notamment à Marseille en 2001 dans le cadre de la campagne CLU-Escompte⁴, et à Toulouse avec la campagne Capitoul⁵, réalisée en 2004-2005. Ces études apportent des informations précieuses quant à l'évolution des ICU. En effet, les climatologues cherchent aujourd'hui à comprendre, à travers la modélisation, le bilan d'énergie, à savoir « les échanges d'énergie entre l'atmosphère et la surface urbaine » notamment en période hivernale (Colombert, 2008 ; Pigeon, 2008). Ainsi, les connaissances gagnent largement en précision par rapport aux études antérieures souvent centrées sur les minima et maxima de température en saison estivale qui « minorent les écarts réels possibles entre la ville et la campagne » et ne permettent pas de s'intéresser au cycle journalier de l'ICU (Cantat, 2004).

2.1. L'association des compétences

En parallèle, élément peut-être plus intéressant pour nous, des travaux actuels, qu'ils aient paru ou soient en cours, tendent à démontrer une ouverture pluridisciplinaire de la recherche dans une perspective d'action : on ne se contente plus ici d'études descriptives et parfois très techniques. Plusieurs exemples illustrent ce phénomène de décloisonnement de la climatologie urbaine vers des propositions concrètes parmi lesquels la thèse de doctorat de Morgane Colombert (2008) *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*, réalisée en partenariat avec le CSTB⁶ qui énonce clairement dans son titre cet objectif. De même, des projets comme EPICEA⁷ ou MUSCADE⁸, respectivement lancés en 2008 et 2010, font collaborer des organismes aux vocations initialement éloignées : Météo France, CSTB, APUR⁹, IAU – Île-de-France, CIRED¹⁰, GRECAU¹¹, Espace et Sociétés...

Car l'objectif et l'intérêt de la pluridisciplinarité sont bien là : il s'agit d'associer les connaissances des divers acteurs concernés par le climat urbain pour en tirer des solutions concrètes et applicables pour lutter efficacement contre les ICU. En effet, si les îlots de chaleur urbains sont maintenant bien connus dans la communauté scientifique, il s'agit aujourd'hui de tirer des enseignements des observations de ce climat spécifique pour concevoir la ville de demain dans un contexte de changement climatique et de développement durable de plus en plus présent. On y retrouve particulièrement les questions de « qualité de vie » et de « bien-être » en ville qui sont aujourd'hui au centre des préoccupations tant politiques que sociales notamment depuis la canicule de 2003 pour ce qui est de la chaleur urbaine.

On voit donc ici que l'évolution de la pensée scientifique est en interrelation permanente avec les évolutions sociales et politiques, chacune influence l'autre en permanence : les avancées scientifiques agissent sur la conscientisation des problèmes environnementaux (le réchauffement climatique en est une illustration exemplaire) et les revendications sociales émergentes, notamment quant à la nature en ville, orientent les études vers une recherche d'amélioration des conditions de vie urbaines ce qui va au-delà des simples nécessités de réduction de la température urbaine, avec la prise en compte de la demande sociale en espaces de nature et de plans d'eau, plébiscités par les citoyens.

⁴ CLU : Couche Limite Urbaine – Escompte : Expérience sur Site pour Contrôler les Modèles de Pollution atmosphérique et de Transport d'Emissions.

⁵ Canopy and Aerosol Particles Interactions in Toulouse Urban Layer

⁶ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

⁷ Etude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Echelle de l'Agglomération parisienne.

⁸ Modélisation Urbaine et Stratégie d'adaptation au Changement climatique pour Anticiper la Demande et la production Énergétique.

⁹ Atelier Parisien d'Urbanisme

¹⁰ Centre International de Recherche en Environnement et Développement.

¹¹ Groupe de Recherche Environnement Conception Architecturale et Urbaine.

2.2. L'ouverture aux expertises « profanes »

La pluridisciplinarité des études menées sur les îlots de chaleur permet également aujourd'hui de revoir les méthodes d'études. Citons ici l'exemple de Grenoble qui a réalisé des « balades thermiques » (Lo Giudice, 2008) avec des habitants afin d'effectuer une cartographie des ambiances thermiques de la ville. Réalisés avec le Cresson (centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain, Ecole nationale supérieure d'architecture de Grenoble), ces parcours ouvrent de nouvelles possibilités en ce qui concerne la recherche urbaine : cela permet d'intégrer une composante essentielle en matière de confort thermique car si les aménagements visent à améliorer ce confort pour les habitants, connaître leur ressenti complète énormément les études techniques et objectives. Toulouse est aussi un laboratoire d'étude quant à la prise en compte et l'intégration des habitants dans les questions de chaleur urbaine. Ainsi, en utilisant les stations de la campagne Capitoul et des relevés *in situ* combinés avec des analyses paysagères, mais aussi en réalisant des entretiens semi-directifs avec les habitants des zones pavillonnaires périurbaines de Toulouse, le projet « Formes urbaines, modes d'habiter et climat urbain dans le périurbain toulousain » du programme PIRVE¹² a pu dégager des typologies thermiques des quartiers étudiés et le ressenti des habitants. Les modes d'habiter, à savoir la relation des individus à leur environnement, relation tant matérielle que relevant des représentations symboliques, ont une place prépondérante que l'on se doit de prendre en compte lors des phases plus opérationnelles de lutte contre les ICU.

3. Le risque de la concentration sur une seule problématique

Au vu de l'évolution des conceptions et des approches, il apparaît que, même si l'on étudie aujourd'hui les ICU également en hiver, le problème de la canicule estivale focalise toutes les attentions. Ainsi, si la thèse de Morgane Colombert (2008) dresse un portrait assez exhaustif des différents facteurs de l'îlot de chaleur, les propositions se concentrent sur les facteurs d'été car « l'îlot de chaleur urbain devient problématique particulièrement lors des vagues de chaleur et l'objectif principal est alors une diminution de son intensité durant l'été » (Colombert, 2008, p.239). Cette affirmation est à l'évidence vraie, mais les recherches dans le domaine et les propositions qui en découlent ne passent-elles pas à côté de certains éléments qu'il pourrait être important de prendre en compte ?

La canicule de l'été 2003 a, certes, permis le passage au premier plan des problématiques liées aux ICU, mais n'a-t-elle pas en même temps détourné la recherche de questions tout aussi importantes ? Un élément de réponse se trouve en réalité dans les causes de l'ICU en hiver, le chauffage des bâtiments. En effet, il semble que les moyens d'atténuation soient plus simples dans ce cas, il « suffit » d'améliorer l'isolation des bâtiments pour que leur chaleur ne s'échappe pas dans l'atmosphère, isolation qui, nous allons le voir est également recommandée dans le cas des chaleurs estivales.

Mais nous pensons également ici à la pollution atmosphérique, qui nous l'avons vu précédemment, était auparavant au centre des préoccupations quant à l'îlot de chaleur urbain. La pollution de l'air a des conséquences qui sont loin d'être négligeables sur la santé publique (jusqu'à + 4,7 % pour la mortalité pour causes respiratoires en rapport avec les particules fines en Île-de-France (ORS, 2003b)).

De plus, la lutte contre les ICU s'inscrit dans une perspective de développement durable plus large que la lutte contre les canicules et leurs risques sanitaires. L'aspect systémique de la question doit nous pousser à envisager des solutions globales qui prennent en compte tous les domaines corrélés aux îlots de chaleur urbains. Car se pose également la question des économies que permettrait la réduction des ICU dans un contexte d'augmentation progressive des coûts énergétiques ; l'introduction de « nature en ville », aujourd'hui à l'honneur dans les stratégies urbaines, profiterait également des mesures d'atténuation des ICU.

¹² Programme interdisciplinaire de recherche ville et environnement – CNRS / Ministère de l'Ecologie (MEEDAT)

Cependant, il faut souligner une possible contradiction entre la densification urbaine qui permet des économies d'énergies au niveau des bâtiments et une potentielle réduction des trajets motorisés, et la lutte contre les ICU qui nécessite une meilleure « aération » des villes et de faire de la place au végétal. Les deux ne sont pas nécessairement incompatibles, mais cela demande une réelle pensée en amont pour que les bénéfices de l'une n'engendrent pas une baisse d'efficacité de l'autre. A l'évidence, des solutions existent : la construction a, jusqu'à une période récente, toujours pris en compte les spécificités climatiques des lieux de façon plus ou moins empirique, la réutilisation de ces modèles anciens avec les techniques et les pensées d'aujourd'hui permettrait certainement d'arriver à des résultats intéressants. Les idées actuelles en urbanisme et en architecture s'inspirent d'ailleurs largement des méthodes plus anciennes, notamment de la période hygiéniste à la différence près que l'eau est aujourd'hui, tout comme le végétal, un élément de valorisation privilégiée des villes. Il ne faut donc négliger aucune des causes et des conséquences des ICU et les intégrer à une pensée globale si l'on veut mener à bien des mesures de prévention sanitaire, d'adaptation et d'atténuation.

Quelles possibilités d'adaptation ?

Des mesures qui vont au-delà de la lutte contre les îlots de chaleur urbains

1. La nécessité de traiter conjointement atténuation et adaptation

De nombreuses propositions quant à l'aménagement des villes sont avancées pour lutter contre le changement climatique. Elles relèvent de deux processus :

- Un processus d'atténuation du changement climatique, c'est-à-dire, comment réduire l'impact des systèmes humains sur le climat ?
- Un processus d'adaptation, que l'ONERC¹³ définit comme : « la réaction des systèmes naturels ou anthropiques aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, en vue d'en atténuer les inconvénients ou d'en exploiter les avantages. » Autrement dit, la question est : comment faire en sorte que la chaleur en ville soit supportable pour ses habitants ?

Le changement climatique, son atténuation, et notre adaptation à ses impacts, sont certainement des enjeux majeurs d'aujourd'hui pour les sociétés humaines en général, et pour les villes en particulier.

L'effet d'îlot de chaleur urbain n'est pas un phénomène directement rattaché au changement climatique, mais au vu des mécanismes qui président à sa formation, ces deux problématiques sont intimement liées, d'autant plus que leurs impacts se recoupent en matière de santé et d'environnement.

Atténuation du changement climatique et adaptation à ses impacts (dont l'augmentation en taille, en intensité et en fréquence des îlots de chaleur urbains) sont deux mesures indispensables et parfaitement complémentaires comme le fait remarquer le GIEC :

« Ni l'adaptation ni l'atténuation ne permettront, à elles seules, de prévenir totalement les effets des changements climatiques (degré de confiance élevé). L'adaptation est nécessaire à court et à plus long terme pour faire face aux conséquences du réchauffement qui sont inéluctables, même selon les scénarios de stabilisation aux niveaux les plus bas qui ont été évalués. [...] Il est établi avec un degré de confiance élevé que la capacité d'adaptation naturelle de nombreux écosystèmes sera dépassée avant la fin du siècle. De plus, un grand nombre d'obstacles et de contraintes s'opposent à une adaptation efficace des systèmes humains. À long terme, il est probable que, si rien ne vient atténuer les changements climatiques, la capacité d'adaptation des systèmes naturels, aménagés et humains sera dépassée. Une stratégie limitée aux seules mesures d'adaptation pourrait se solder par des changements climatiques trop importants pour qu'une adaptation efficace soit possible, si ce n'est à un prix social, écologique et économique exorbitant. » (GIEC, 2007).

Plus que complémentaires, elles sont intrinsèquement liées (cf. Figure 3) :

- La mise en place de politiques d'atténuation efficaces, sans pour autant les supprimer, réduit les besoins d'adaptation.
- Des mesures d'adaptation peuvent également être des mesures d'atténuation. Par exemple, l'adaptation du bâti, en trouvant d'autres moyens de rafraîchir l'intérieur des bâtiments que la climatisation, ou la limitation des rejets de chaleur par les véhicules motorisés, participe également à la réduction des consommations énergétiques et des émissions de CO₂.
- En ce qui concerne plus particulièrement les ICU, les mesures à mettre en place relèvent finalement de mesures d'atténuation dans une politique d'adaptation : l'atténuation des îlots de chaleur urbains constitue en fait une adaptation aux changements climatiques. L'ICU est

¹³ Observatoire national des effets du réchauffement climatique

un phénomène inhérent à la ville qui jusqu'alors posait assez peu de problème. Mais la perspective de le voir s'amplifier sous l'effet d'un changement climatique nous pousse à trouver des solutions pour que l'atmosphère urbaine reste supportable.

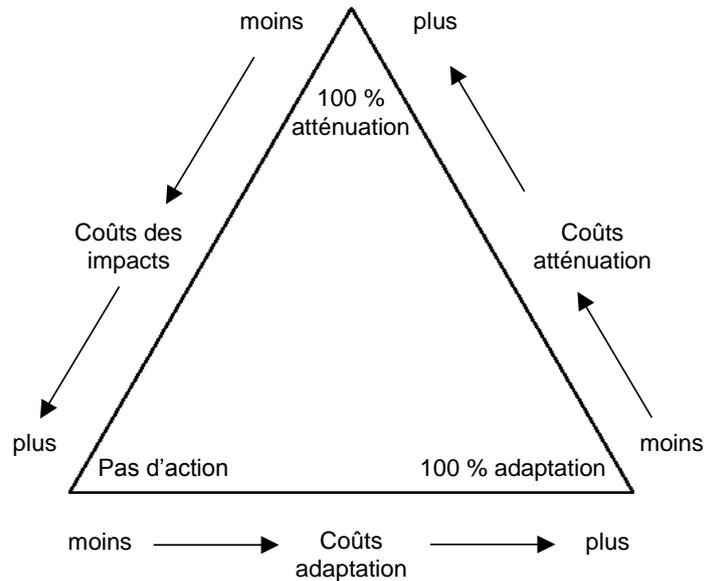


Figure 3 : Rôle des mesures d'adaptation et d'atténuation dans la réduction des coûts liés aux impacts des changements climatiques

Source : Mansanet-Bataller, 2010

Cependant, les mesures d'adaptation sont souvent plus difficiles à définir et à mettre en place que les mesures d'atténuation. Ces dernières sont relativement simples : il « suffit » de réduire les causes anthropiques de changement climatique, les émissions de CO₂, causes aujourd'hui bien connues. De plus, les réductions sont plus faciles à évaluer : si l'on ne peut réellement mesurer l'effet de la baisse des émissions de CO₂, on peut tout du moins les quantifier, et de là, élaborer des scénarii d'évolution du climat. Les mesures d'adaptation sont, elles, plus complexes.

Contrairement à l'atténuation qui se situe au niveau global – la réduction des émissions de CO₂ à un endroit profite à l'ensemble de la planète, d'où la logique d'un marché du carbone – l'adaptation est au niveau local, chaque territoire met en place sa propre adaptation et en retire les bénéfices. Il est donc absolument nécessaire de procéder au cas par cas, une solution fonctionnant quelque part pouvant devenir improductive, voire contre-productive, ailleurs.

De plus, les mesures d'adaptation doivent être intégrées à un raisonnement plus large pour éviter l'écueil de la « maladaptation »* (OCDE, 2009), dont l'exemple typique est la généralisation des climatiseurs dans les bâtiments, notamment ceux accueillant des publics fragiles, pour pallier les canicules. Ainsi, une mauvaise mesure d'adaptation peut aller à l'encontre de l'atténuation du changement climatique. A l'inverse, des mesures d'atténuation peuvent s'opposer à des mesures d'adaptation, c'est le cas de la densification : une ville très dense, si la compacité n'est pas judicieusement pensée en termes de ventilation naturelle et d'espaces naturels, est l'un des premiers facteurs de formation des îlots de chaleur urbains. Ainsi, la COP15 (Conférence des parties de 2009 à Copenhague) souligne la nécessité de s'adapter aux effets du changement climatique mais aussi aux impacts potentiels des mesures d'atténuation.

Il y a également un besoin constant d'évaluation des mesures prises. L'adaptation comprend une grande part d'incertitude (Mansanet-Bataller, 2010) : sur le climat futur, « à quoi devons-nous faire face dans quelques années ? », et sur ses conséquences « quels impacts le changement climatique aura-t-il concrètement sur un territoire particulier ? ».

Enfin, notons qu'une non-adaptation ou une maladaptation occasionnera des coûts toujours plus élevés. La question du financement est une question centrale dès que l'on parle d'une quelconque modification en vue du changement climatique. Mettre en place des actions d'adaptation a, bien sûr, un coût, qui peut s'avérer parfois élevé, mais il s'agit d'un investissement

qui permettra sur un plus long terme de réaliser de grandes économies comme le démontre le rapport de l'économiste Nicholas Stern, paru en 2006, sur l'économie du changement climatique : « Les bénéfices d'une action forte et rapide sur le changement climatique dépassent considérablement les coûts ». Ainsi, plus on inclut l'adaptation en amont, moins il sera nécessaire de revenir sur ce qui existe déjà : il est beaucoup plus rentable de construire un bâtiment thermiquement performant que de rattraper l'isolation entière d'une construction ancienne, même si, aujourd'hui, il est indispensable d'adapter les constructions existantes puisque le taux de renouvellement du parc immobilier n'est que de 1 % par an.

2. Les leviers d'action

Si l'on reprend les facteurs des ICU vus précédemment, on repère deux types de cause des îlots de chaleur urbains : des causes incontrôlables, qui relèvent des conditions météorologiques et sur lesquelles les aménageurs de la ville et les décideurs n'ont aucune prise, et des causes « contrôlables » sur lesquelles il est possible d'agir, que ce soit en amont de la construction de la ville ou après en modifiant ses paramètres. Morgane Colombert le résume dans le schéma ci-dessous (Figure 4).

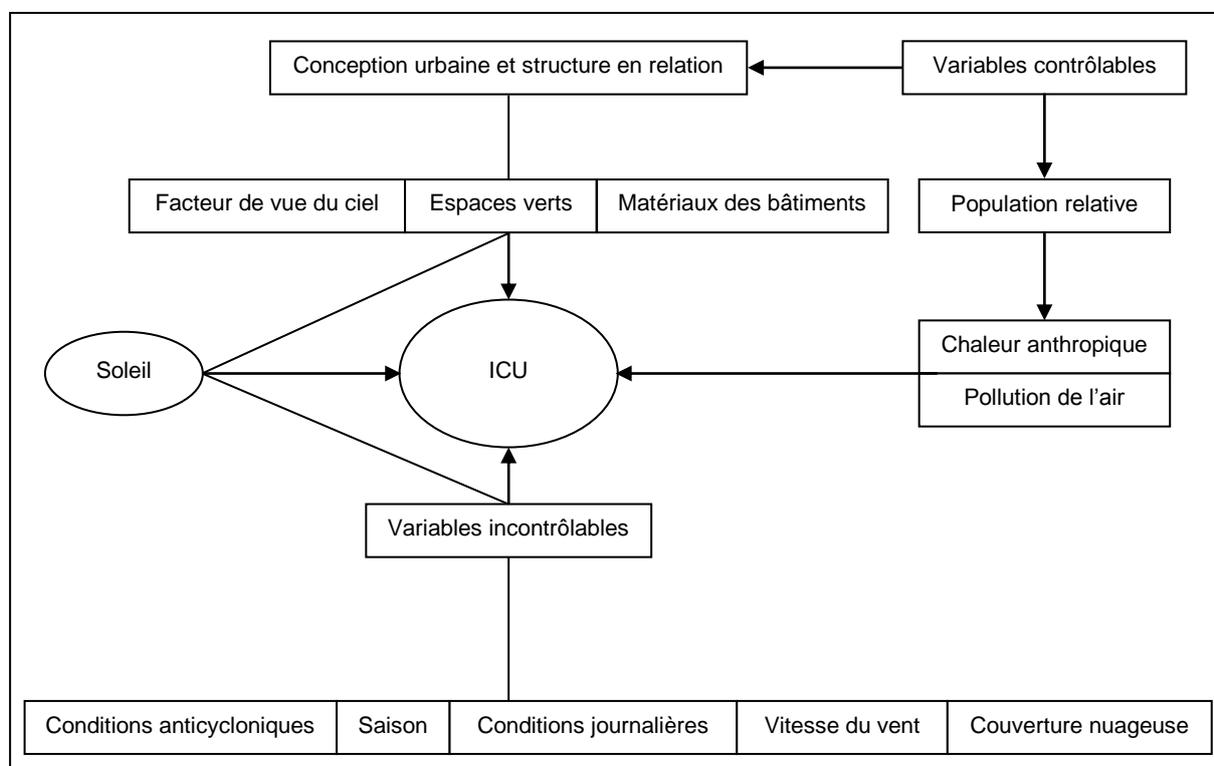


Figure 4 : Formation de l'îlot de chaleur urbain

Source : Colombert, 2008

Parmi les variables contrôlables, on peut agir sur :

- Les dégagements anthropiques de chaleur dus à la circulation automobile, aux activités industrielles, au chauffage et à la climatisation des bâtiments. Ceux-ci peuvent être réduits par des mesures de densification urbaine, des politiques de transports alternatifs à la voiture individuelle et l'isolation des bâtiments.
- Le facteur du vue du ciel, directement lié à la forme urbaine, permet d'évaluer l'effet canyon des rues et donc d'estimer les perturbations radiatives en ville, c'est-à-dire le « piégeage » des rayonnements dans les espaces urbains qui font que la ville surchauffe.
- Les espaces verts qui, grâce à l'évapotranspiration du sol naturel et des végétaux, consomment de l'énergie et réduisent ainsi la température de l'air.

- Les matériaux des bâtiments qui, selon leur propriétés, emmagasinent plus ou moins de chaleur et la restitue plus ou moins longtemps après la période d'échauffement.

Morgane Colombert (2008) dégage ainsi dans sa thèse onze leviers d'action (en dehors des activités et des transports qui relèvent plus de la gestion de la ville que de son état) concernant le bâtiment (forme, enveloppe, fonctionnement), les espaces publics (forme, composition, géométrie, arbres d'alignement et nature de l'espace végétalisé) et l'organisation urbaine (densités, agencement, forme).

Les différentes modélisations (Desplat, 2010) montrent que c'est principalement sur une augmentation de l'albédo et des surfaces végétalisées qu'il faut agir pour réduire de la façon la plus significative possible les ICU, particulièrement dans les villes anciennes sur lesquelles les marges de manœuvre sont limitées, notamment en matière de forme urbaine.

La végétalisation des espaces urbains et la création de plans d'eau permettrait alors de rafraîchir la ville grâce à l'évapotranspiration des plantes qui transpirent l'eau qu'elles ont puisé dans le sol à travers leurs feuilles. La vapeur d'eau ainsi présente dans l'atmosphère a un pouvoir rafraîchissant que l'on peut facilement expérimenter lorsque l'on se trouve sur une pelouse humide par exemple. De plus, une augmentation de l'albédo des villes permettrait aux surfaces urbaines de mieux renvoyer l'énergie solaire, d'absorber moins de chaleur et donc de moins en restituer ce qui éviterait à la ville de trop se réchauffer.

Il est également possible d'adapter la ville pour que ses habitants en ressentent moins la chaleur. Par exemple, l'étude sur la canicule de 2003 de l'InVS (Institut de veille sanitaire, 2004) conclut que l'on peut jouer sur l'isolation du bâti ancien, particulièrement sur les toitures ou améliorer la ventilation et l'aération des logements et des parties communes des immeubles pour diminuer la gêne. En réalité, si ces mesures ne règlent pas le problème des îlots de chaleur urbains, elles ont l'avantage d'être moins lourdes et plus rapides à réaliser. De plus, les problèmes sanitaires dus aux fortes chaleurs touchent principalement les personnes fragiles. Ainsi, dans le cas où les mesures précédentes ne seraient pas mises en place, on peut également s'orienter vers une réflexion sur la situation du logement, par exemple, ne pas installer une personne âgée au dernier étage d'un immeuble, là où la chaleur est la plus importante.

Figure 5 : Organigramme des mesures de lutte contre les îlots de chaleur urbains concernant les bâtiments

Source : Giguère, 2009

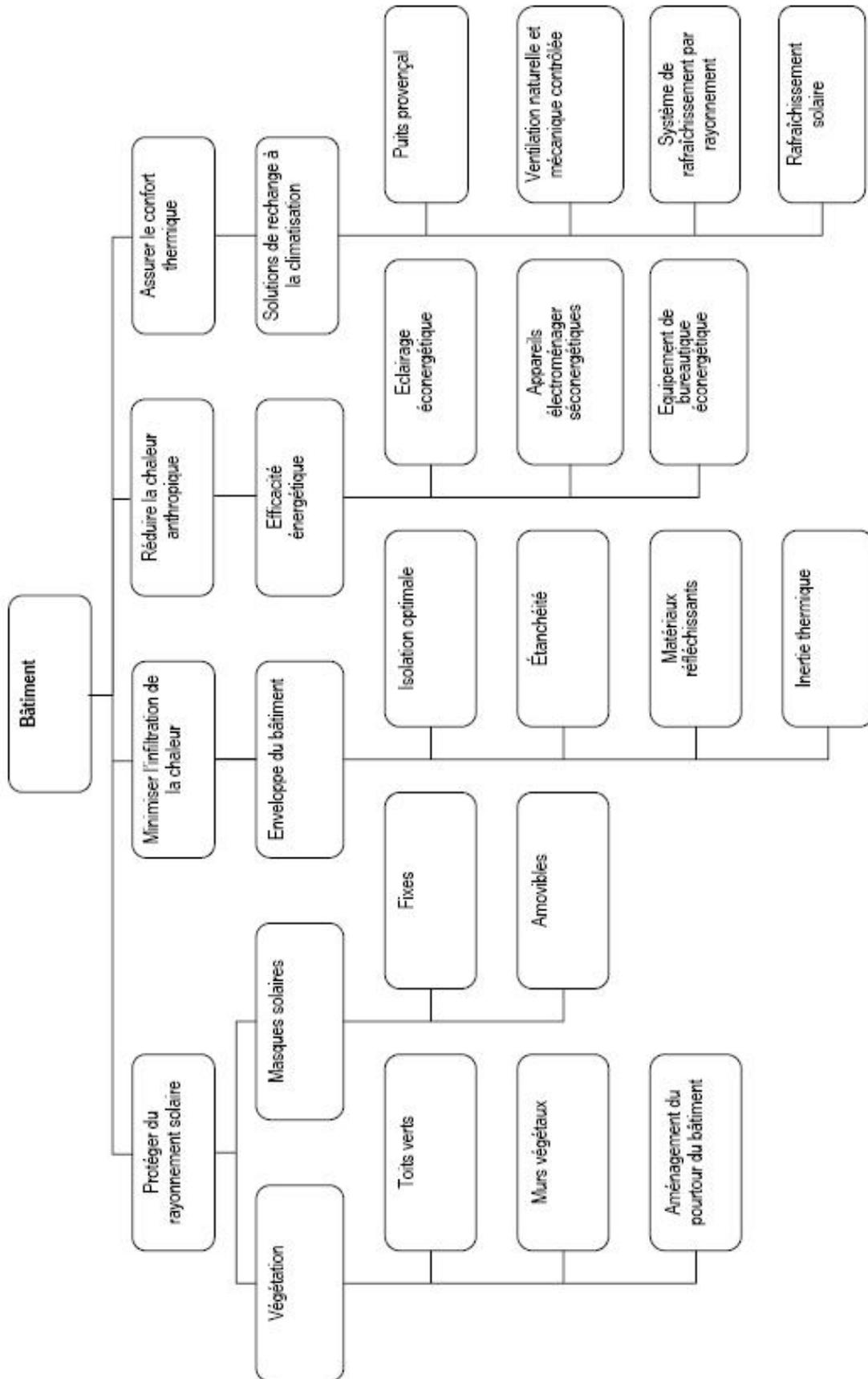
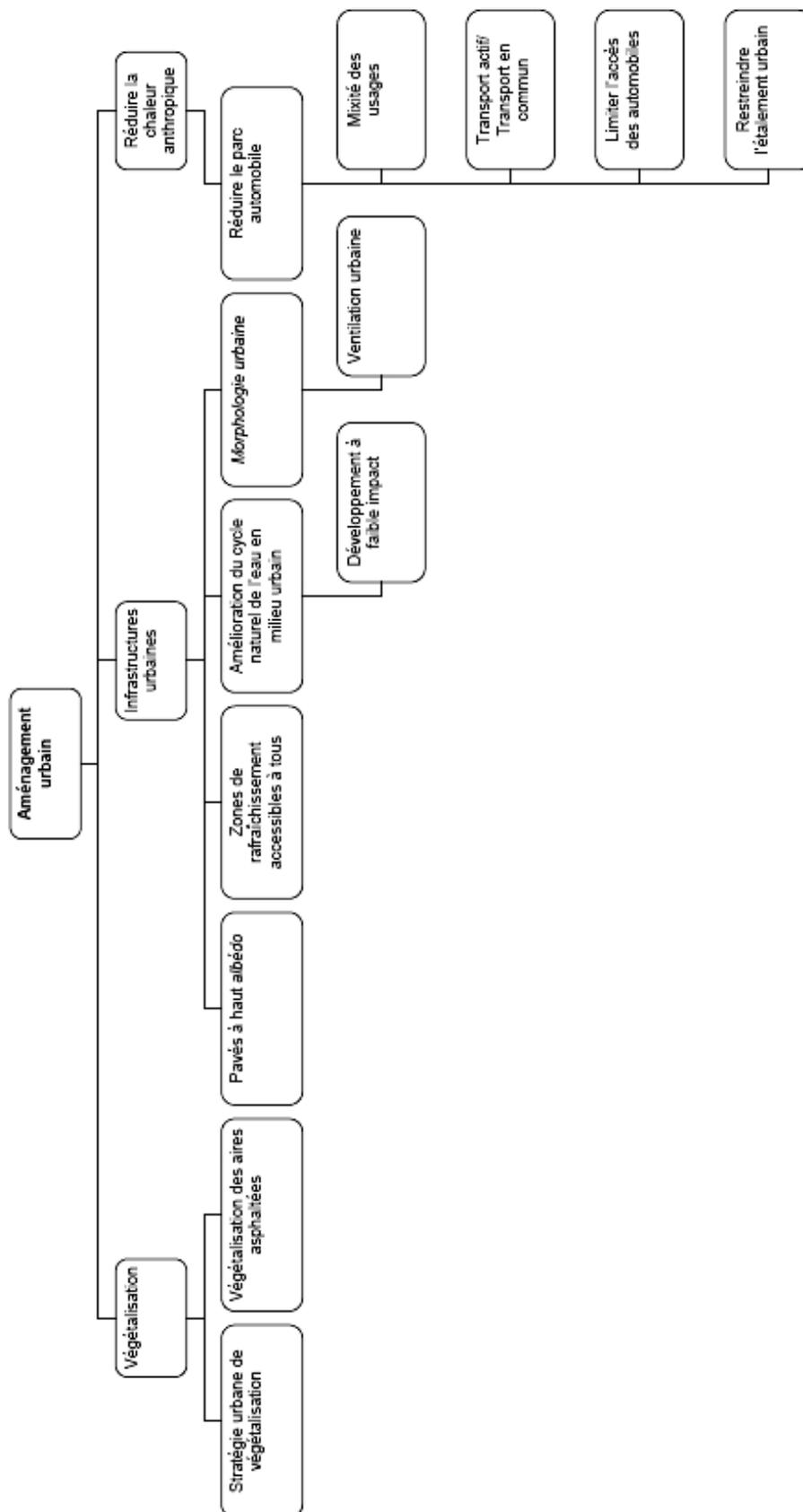


Figure 6 : Organigramme des mesures de lutte contre les îlots de chaleur urbains concernant l'aménagement urbain

Source : Giguère, 2009



3. Des bénéfices partagés

Pour résumer, les recherches concluent que les transformations que l'on peut envisager pour diminuer l'effet de la ville sur son climat et à la fois en réduire la vulnérabilité sont d'une part l'introduction de végétaux et d'eau en ville, et d'autre part une modification du bâti et des usages urbains. Les deux orientations proposées présentent des intérêts communs à la lutte contre les ICU et des enjeux plus globaux. Cela relève de ce que l'on appelle des stratégies « sans regrets », c'est-à-dire qu'en plus d'apporter une solution au premier problème et quels que soient leurs résultats dans ce domaine, ces stratégies apporteront des bénéfices dans d'autres domaines.

3.1. Des mesures d'adaptation multifonctionnelles

3.1.1. La nature en ville : aménités* et biodiversité

La végétation peut également être présente sous la forme de « nature en ville », elle prend alors un rôle social.

Le développement urbain a laissé peu de place aux espaces naturels qui ont souvent été relégués en périphérie des agglomérations. Si la période haussmannienne a accordé une place aux parcs et jardins parisiens, l'eau, pourtant élément clé dans les problématiques climatiques urbaines, a été totalement écartée de la ville car signe d'insalubrité.

Aujourd'hui, la demande sociale, combinaison de la prise de conscience environnementale et écologique et de la recherche d'une qualité de vie et d'un bien-être urbain, revendique le retour d'éléments de nature dans des villes souvent vécues comme polluées, étouffantes, écrasante, impersonnelles et artificielles. Plus un discours aujourd'hui sans que ne soit évoquée la nécessité de la « nature en ville », d'« eau en ville », du simple square, jusqu'au parc urbain en passant par les alignements d'arbres le long des rues ou la création de fontaines. Pour preuve, les divers événements organisés sur les canaux parisiens, l'engouement pour les bases de plein air et de loisirs, le plan « restaurer et valoriser la nature en ville » qui fait suite à l'engagement du Grenelle de l'environnement (MEEDDM), ou encore les projets de réouverture de rivières urbaines comme la Vieille Mer en Seine-Saint-Denis ou la Bièvre à Paris. Ce dernier projet prévoit de retrouver la rivière qui circule sous le bitume parisien, recouverte en 1912, que ce soit sous forme symbolique avec un « parcours d'évocation » ou de manière réelle puisqu'il est envisagé de redécouvrir le cours d'eau dans le parc Kellermann, dans le square René Le Gall, tous deux situés dans le 13^e arrondissement de Paris, ainsi qu'au niveau des annexes du Muséum d'Histoire Naturelle.

La nature en ville, quel que soit ce que l'on place derrière ce terme, est un élément de valorisation important des territoires : en répondant aux demandes sociales quant à la proximité d'espaces verts dans les environnements urbains, les territoires montrent leur implication environnementale et améliorent la qualité de vie des citoyens. Cela renforce leur attractivité, notamment résidentielle et économique, le canal Saint-Martin à Paris étant un bon exemple en termes de valorisation foncière et économique.

Cependant, il faut être conscient que le fait d'apporter des espaces naturels en cœur d'agglomération et ainsi de valoriser ces territoires, risque d'accentuer d'autant plus le départ des couches populaires de la population des centres-ville, phénomène déjà très présent notamment à Paris. Ainsi, le verdissement des centres ne doit se faire sans, de façon parallèle, une politique sociale forte de rééquilibrage et de mixité sociale.

De plus, si l'on s'éloigne de la perspective purement urbaine, la nature en ville avec les trames bleues et les trames vertes, les corridors écologiques, est source d'aménités pour les citoyens. C'est également une aide précieuse au maintien d'une biodiversité de plus en plus menacée par l'étalement urbain et le changement climatique auquel de nombreuses espèces ont ou auront du mal à s'adapter. La multifonctionnalité des espaces ouverts permet alors de faire de l'introduction d'éléments naturels dans les contextes urbains l'un des meilleurs moyens d'actions sur les ICU, mais aussi sur de nombreuses autres problématiques.

Si l'agglomération dense de Paris peut sembler manquer d'espaces naturels, il faut tout de même souligner que la région d'Île-de-France reste un territoire largement naturel. Ainsi, le MOS (mode d'occupation des sols) 2003 nous indique que sur 1 200 000 ha, le rural en représente 955 000, soit près de 80 % ; Si l'on ajoute à cela l'urbain ouvert (non construit) on arrive à plus d'un million d'hectares soit 84 % de la surface totale francilienne. Il est vrai que plus de la moitié des espaces ruraux sont occupés par des terres agricoles cultivées intensément, mais celles-ci font partie à part entière d'une identité francilienne qui compte parmi les meilleures terres arables. De plus, les bois et forêts représentent tout de même plus de 256 000 ha et doivent être mis en avant en tant qu'atout pour la région.

3.1.2. La végétation : un moyen de gestion de l'eau et des polluants

La végétation tient un rôle dans la gestion de nombreuses composantes naturelles de la ville, y compris des impondérables que toute agglomération doit prendre en compte.

La gestion des eaux de pluies est l'une des premières problématiques de gestion urbaine. En effet, la combinaison de nombreux espaces imperméabilisés de la ville et la carence végétale entraînent un écoulement des eaux beaucoup plus rapide qu'en milieu naturel. Cela peut poser des problèmes notamment lors de gros orages lorsque les moyens d'évacuation sont saturés. De plus, nous l'avons dit, l'humidité des sols naturels permet de rafraîchir l'air ambiant. La végétalisation du maximum d'espaces de pleine terre mobilisables dans un contexte urbain trop imperméabilisé permettrait alors de retenir dans les sols les eaux de ruissellement, ce qui, en plus d'apporter de l'eau naturellement aux plantations sans recourir à un arrosage artificiel ou du moins en le limitant, réduirait la charge des réseaux d'évacuation et épurerait les eaux pluviales de manière naturelle. Cela vaut également pour les espaces verts qui comportent souvent des surfaces imperméabilisées (trop) importantes. Dans ce domaine, citons l'exemple des départements de Seine-Saint-Denis et des Hauts-de-Seine, qui pour gérer ce problème conçoivent leurs espaces verts de manière à retenir les eaux de ruissellement grâce à des noues, des surfaces inondables etc. De plus, les eaux provenant des toits environnants sont elles aussi de plus en plus récupérées pour l'arrosage des plantations.

La végétalisation des espaces urbains est également utile dans la réduction des polluants et des gaz à effet de serre. En effet, les végétaux sont des puits de carbone, c'est-à-dire qu'ils captent le carbone faisant ainsi diminuer sa concentration dans l'air, et absorbent ou filtrent une partie des polluants rejetés par la ville par leur activité photosynthétique. Ainsi, la ville de Lyon teste depuis 2005 un mur végétal biofiltrant dont les vertus dépolluantes semblent plutôt encourageantes. Selon les analyses de l'air à l'entrée et à la sortie du mur, on remarque une diminution de 50 % pour le dioxyde d'azote et de 80 % pour certains composés organiques volatils (benzène, toluène, ethylbenzène et xylène) (DEV Lyon, 2008) qui comme nous l'avons vu sont parmi les composants polluants les plus présents en Île-de-France et dont les taux chutent le moins. Les végétaux sont également très efficaces pour fixer les poussières et les particules.

L'apport de nature en ville est donc certainement l'une des solutions les plus intéressantes pour diminuer les effets d'îlot de chaleur urbain, mais aussi pour une meilleure gestion du cycle de l'eau, tout en rendant la ville plus agréable. La principale difficulté pour réintroduire le végétal dans le minéral urbain est le peu de foncier disponible pour créer des espaces verts, notamment dans l'agglomération parisienne, déjà très dense. Cependant, il est aujourd'hui possible d'installer de la nature sur le bâti grâce aux toits et murs végétaux. Ces dispositifs sont moins efficaces que la plantation en pleine terre, tant en termes de rétention d'eau que d'évapotranspiration, et plus exigeants en entretien, mais ils peuvent apporter un complément significatif dans les quartiers où il n'y a plus de sol disponible.

3.2. Des mesures d'adaptation qui participent à l'atténuation du changement climatique : la réduction des sources de chaleur anthropiques

3.2.1. Les modes de déplacements doux : une réduction des émissions de CO₂

Une des causes des ICU sont les chaleurs anthropiques, c'est à dire la chaleur rejetée par les activités humaines. La principale source de chaleur en ville provient de la circulation automobile qui, en plus d'émettre du CO₂ participant au réchauffement global, dégage de la chaleur qui contribue au réchauffement local. Les politiques de réduction de la circulation automobile en ville ont donc un double intérêt : diminuer les émissions de CO₂ et participer à la réduction des ICU. En s'orientant vers des modes de transports doux, les villes limitent ainsi d'une façon non négligeable les sources de chaleur, et rendent la ville plus agréable à vivre, socialement et thermiquement.

3.2.2. L'isolation du bâti et le recours à des alternatives à la climatisation : faire des économies d'énergies

Les économies d'énergie sont un enjeu urbain qui participe à la lutte contre les ICU. En effet, il apparaît important aujourd'hui de réduire nos consommations énergétiques d'une part pour des raisons économiques puisque le coût de l'énergie est voué à augmenter en raison de la diminution des réserves d'énergies fossiles, et d'autre part au motif qu'elles participent pleinement au changement climatique. Une grande partie de notre consommation provient du bâtiment pour le chauffage et le rafraîchissement, l'électricité et l'eau chaude ; pour la ville de Paris cela représente 1,75 millions de tonnes équivalent carbone (le double pour le transport de marchandises et de personnes, 1,3 millions pour la consommation et les déchets (Mairie de Paris, 2007)). En Île-de-France, le chauffage, l'eau chaude et l'électricité représentent près de 7 millions de TeqC soit 18,3 % des émissions. Les transports (transports en commun, transports aériens et routiers, marchandises et personnes compris) représentent quant à eux 22,7 TeqC soit 59 % des émissions (IAU ÎdF, 2007).

Une des premières causes des ICU d'hiver est le dégagement de chaleur du bâti. L'isolation des constructions, en plus de lutter contre les ICU, participerait ainsi à de fortes économies d'énergies.

De plus, il est aujourd'hui souvent nécessaire de recourir à des moyens techniques pour avoir une température agréable à l'intérieur des bâtiments en été. Ventilateurs et climatiseurs sont ainsi les premiers instruments utilisés, malgré le fait que leur utilisation va totalement à l'encontre des mesures d'atténuation puisque qu'ils participent pleinement aux dépenses énergétiques. En ce qui concerne les intérieurs déjà existants, il est généralement compliqué de reprendre toute la conception thermique, mais des alternatives peuvent exister pour rafraîchir les intérieurs en été et les chauffer en hiver (puits provençal, ventilation mécanique...).

4. Les points de vigilance

4.1. La densification en possible contradiction avec la lutte contre les îlots de chaleur urbains

Si la lutte contre les îlots de chaleur urbains et d'autres impératifs urbains de la ville durable entrent dans des considérations similaires et peuvent s'enrichir mutuellement, il semble qu'il y a une contradiction de taille entre diminution de l'effet d'ICU et le principe premier de l'aménagement durable, la densification urbaine.

La densification urbaine a de nombreux atouts qui permettent aux villes de devenir des villes durables. Cela permet aussi de recréer de la mixité en ville. Alors que les développements

urbains du siècle dernier ont favorisé un urbanisme fonctionnel où activités, logements et loisirs sont localisés dans des zones différentes et séparées, la densification permet d'implanter de nouvelles fonctions urbaines dans des quartiers monofonctionnels, sans augmenter l'emprise spatiale de la ville, et réduisant ainsi les déplacements et donc les nuisances qui leur sont attribués : pollution, nuisances sonores, congestion... La réduction attendue des déplacements motorisés permet également de réduire les consommations d'énergies.

Cependant, la forme urbaine, la hauteur des bâtiments, la largeur des rues etc. influent sur la formation des îlots de chaleur urbains. C'est pourquoi, les premières études entièrement consacrées aux ICU comme celles de Gisèle Escourrou préconisaient plutôt un urbain diffus, où les bâtiments étaient disposés au milieu d'espaces verts, notamment pour éviter les contrastes thermiques. En effet, plusieurs paramètres interviennent en faveur d'une relative dispersion urbaine. Tout d'abord la question des polluants sur laquelle travaillait Gisèle Escourrou : les contrastes thermiques créent des brises (vents faibles se déplaçant des points froids vers les points chauds) qui favorisent la concentration des polluants vers les espaces qui se trouvent déjà être les plus chauds de la ville. De plus, les contrastes thermiques augmentent la sensation de mal-être lors des fortes chaleurs : comme le montre le projet « formes urbaines, modes d'habiter et climat urbain dans le périurbain toulousain », « la construction du référentiel climatique est complexe et met en jeu le corps et tant que corps sensible », le ressenti de chaleur est plus fonction des différences de températures que de la température absolue (Haouès-Jouve, 2010). A cela s'ajoute l'attrait social de la proximité. Une enquête menée par le CERTU auprès des habitants de l'agglomération lyonnaise qui montre que les squares sont préférés aux grands espaces naturels de périphérie. Ainsi, « 70 % des Français ont tenu compte de la proximité d'espaces verts dans leur choix de localisation résidentielle ». En effet, un Lyonnais n'est prêt à consacrer que dix minutes de déplacement pour se rendre à pied au square. (Boutefeu, 2010). Cependant, les études historiques réalisées sur la fréquentation des espaces verts montrent la nécessité d'offrir aux habitants toute une gamme d'espaces de tailles et d'équipements différents pour répondre à l'ensemble des besoins, tant de proximité que de fin de semaine. Enfin, notons que la densification s'ajoute à la pression foncière déjà forte dans les agglomérations et par conséquent réduit les possibilités de création d'espaces naturels dans les tissus urbains denses.

Malgré ces raisons, remettre en cause le principe de densification n'est pas chose aisée. Ce principe est devenu aujourd'hui le fétiche de l'aménagement au nom du développement durable, tant et si bien que la moindre critique à son égard a du mal à se faire entendre. Il ne s'agit pas ici de nier la nécessité de densification et de lutte contre l'étalement urbain, mais de la pondérer en affirmant que la construction de la ville sur la ville doit se faire de manière raisonnée et modulée.

Diminution des ICU et densification sont-elles absolument incompatibles ? L'idée de la « ceinture verte » déjà ancienne que reprend le groupe Descartes dans sa contribution au Grand Paris (Descartes, 2009), pourrait être une solution qui combine rafraîchissement et limitation de l'étalement urbain, mais dans leurs propositions, elle se fait au détriment de terres agricoles alors que le projet de ceinture verte régionale conduit depuis le début des années 1980 a parmi ses principaux objectifs le maintien de l'agriculture périurbaine, objectif renforcé ces dernières années par la volonté politique de retrouver une agriculture de proximité qui nourrisse les Franciliens.

De plus, il semble qu'en matière de lutte contre les ICU les espaces verts de proximité sont plus efficaces que les grands parcs en périphérie : selon Emmanuel Boutefeu, la création d'un parc de 100 m² en cœur d'îlot dense bordé par des immeubles de 15 mètres de hauteur, permet d'abaisser la température de 1 °C dans les rues adjacentes. Si son effet n'est sensible que dans un rayon de 100 mètres, des chercheurs estiment qu'une augmentation de 10 % de l'emprise verte au sol diminue la température de l'air ambiant de 0,8°C (Boutefeu, 2007). Cependant, si les espaces verts de petite taille mais disséminés dans la ville sont plus aptes à rafraîchir la ville, ils sont inopérants quant à la fixation du carbone par la photosynthèse car leur entretien et les pesticides employés annulent cet aspect bénéfique (Mairie de Paris, 2007), d'autant que leur petite taille limite la biomasse et le biovolume des végétaux qu'ils peuvent accueillir (arbre de moindre développement).

L'opposition densification/lutte contre les ICU n'est jamais clairement énoncée dans les travaux récents qui proposent des solutions d'aménagement. Cependant, elle apparaît en filigrane, car,

contrairement aux études plus anciennes, toutes proposent une densification avec l'introduction de nature de manière interstitielle dans les rues, sur les murs ou les toits. L'enquête du CERTU préconise alors « en raison des difficultés à acquérir des réserves foncières pour aménager des squares accessibles à moins de dix minutes de marche dans les quartiers densément bâtis, [le développement d'une] offre alternative d'espaces verts linéaires dont l'avenue-promenade, le quai-promenade et l'allée-promenade seraient des figures emblématiques » (Boutefeu, 2010).

Nous insistons ici sur le fait qu'il ne faut pas croire qu'il suffirait de planter des arbres n'importe où, de peindre les murs en blanc ou de faire un « copier-coller » d'expériences qui ont fonctionné ailleurs pour lutter contre les ICU, il n'existe pas de « solutions-miracles ». Il est nécessaire de voir au cas par cas, selon les situations et les contextes urbains comment adapter les territoires. Il est primordial d'étudier précisément les spécificités de la ville, climatiques mais aussi architecturales, géographiques, historiques, et les volontés des citoyens. Par exemple, la pollution atmosphérique étant en interrelation avec l'ICU, il est donc nécessaire pour une agglomération de savoir à quel type de pollution elle est soumise : une ville très industrielle n'aura pas la même pollution qu'une ville dont la principale source de pollution est le trafic automobile. De même, il est important de savoir quels types d'arbres conviennent le plus selon le climat général, la pollution, la disponibilité en eau et la nature des sols (naturels et artificiels). De même, il est indispensable de connaître précisément les conditions hydriques de la ville : quelles sont ces disponibilités en eau ? Est-elle soumise à des risques d'inondation ?

4.2. Les différents types de chaleur urbaine

Il peut exister une opposition entre le renforcement de l'isolation des bâtiments afin de limiter les déperditions thermiques et des nécessités de respiration et de ventilation des immeubles. S'il faut un bâtiment bien isolé en hiver, un calfeutrage excessif, nuit à son aération pourtant très importante pour la santé humaine. Si on ne connaît pas encore les impacts d'une mauvaise ventilation dans les logements, il est facile d'imaginer qu'elle pourrait être à l'origine de certains problèmes de santé particulièrement chez des personnes fragiles, puisque les mesures des pollutions intérieures montrent parfois des logements plus pollués que l'air extérieur. De même en cas de forte chaleur car il semble, dans les constructions récentes, que si le confort thermique d'hiver est satisfaisant, celui d'été le soit beaucoup moins (APUR, 2010).

Les décideurs et les aménageurs doivent-ils faire un choix entre confort d'été et confort d'hiver ? La complexité des phénomènes autour des îlots de chaleur urbains, qu'ils soient causes, conséquences ou corrélés, rend difficile les prises de décisions et les options d'aménagement. L'idéal serait bien sûr une combinaison de toutes les solutions que nous avons vues, mais, il est évident que de manière concrète, nous serons amenés à faire passer en priorité certains aspects. En ce qui concerne le confort d'été et le confort d'hiver, la combinaison entre « solution bâti » et « solution végétal » peut être une bonne option car la végétalisation, avec son pouvoir isolant et ombrageant, permet de pallier le manque de ventilation des bâtiments que pourrait entraîner l'isolation.

4.3. La question des échelles d'intervention

Les problématiques climatiques des villes doivent être prises en compte à toutes les échelles, du logement, du bâtiment, de l'îlot et du quartier, puis de la ville et de l'agglomération jusqu'à l'échelle globale à cause du changement climatique. Cette imbrication d'échelles, bien qu'indispensable, pose des problèmes quant aux modalités d'actions. En effet, il est parfois compliqué de savoir à quel niveau agir, d'autant plus que les décideurs politiques ont souvent tendance à se déresponsabiliser lorsqu'ils ne savent pas comment agir concrètement.

La canicule de l'été 2003 et la crise sanitaire qu'elle a entraînée ont été en France les déclencheurs principaux de la prise de conscience. La polémique qui a suivi, particulièrement quant à l'absence de réaction du gouvernement et des pouvoirs publics de l'époque, a mis en exergue les vulnérabilités du système de prévention et de protection des populations. Des mesures immédiates ont été prises en matière de santé publique, notamment la mise en place du Plan canicule qui, selon quatre niveaux, alerte les services publics en cas de forte chaleur et la journée de solidarité envers les personnes âgées qui se traduit par la suppression d'un jour férié

censé financer des mesures de prévention envers ces populations. Cependant, aucune initiative – hormis la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le contexte global du changement climatique – n'a été prise à l'échelle nationale pour lutter contre les causes de la canicule, parmi lesquelles les ICU, puisque c'est dans les grandes agglomérations que les décès ont été les plus nombreux.

Cela pose la question de l'échelle d'action. La lutte contre les ICU relève de plusieurs niveaux d'échelle, et donc de plusieurs niveaux de décision. Le niveau national n'est peut-être alors pas le plus pertinent : les caractéristiques des villes françaises étant variées, nous avons déjà souligné l'importance d'une adaptation des mesures à leurs spécificités. Cependant, l'échelon national peut donner des orientations et impulser la mise en place de réflexions à l'échelle territoriale. Car la territorialisation de l'action est indispensable pour lutter contre les ICU. Se placer à l'échelle de l'agglomération permet de cibler le problème tout en prenant en compte tout le territoire influencé par l'îlot de chaleur. Cependant, il ne faut pour autant pas négliger l'échelle locale. Elle est en général la dernière instance de décision en ce qui concerne l'aménagement et l'urbanisme : elle élabore le PLU, délivre les permis de construire... Ainsi, les actions en faveur d'une diminution des ICU qui doivent être intégrées dans la fabrication de la ville, peuvent l'être de manière légale, en prenant en compte ces données dans les SCoT ou les PLU, en profitant des constructions neuves à travers les ZAC et les lotissements ou encore en informant et incitant décideurs et populations grâce aux Agendas 21 locaux, aux Plans climats territoriaux (Colombert, 2008) sans oublier les opérations de rénovation urbaine lourdes.

Quelle prise en compte dans la planification et l'urbanisme ?

Une prise de conscience encore limitée mais une ouverture des pratiques urbanistiques encourageante

La lutte contre les îlots de chaleur urbains relève principalement de mesures d'adaptation. Le principe d'atténuation est nécessairement à prendre en compte, dans le sens où une atténuation des émissions de gaz à effet de serre permettra de réduire les effets de l'ICU. Cependant, l'ICU est un phénomène récurrent que l'on ne pourra entièrement endiguer. Les mesures proposées permettent certes de l'atténuer grâce à la végétalisation ou la modification du bâti, mais il s'agit plus ici d'une adaptation de la ville car cela ne constitue pas une réduction des causes profondes des ICU (agglomération des bâtiments, densité de la voirie, forme urbaine, densification, activités productrices de chaleur...).

Ces mesures doivent être soigneusement pensées et préparées. En effet, les interventions sur le cadre bâti lancées aujourd'hui, doivent être vues sur le moyen, le long, voire le très long terme, puisque les bâtiments et les villes que l'on construit aujourd'hui, que l'on transforme, seront encore là dans cinquante ou cent ans, sous un climat dont le changement devrait s'accroître. Il faut donc prendre garde à la maladaptation : mettre en place des solutions qui répondent au problème identifié aujourd'hui mais qui se retrouveront obsolètes dans peu de temps, ou pire, contre-productives.

Les solutions relèvent largement des compétences des instances de planification aux différentes échelles de territoire. A l'échelle nationale, ce sont les deux lois dites « Grenelle de l'environnement I et II » qui établissent les orientations en faveur de l'environnement et en matière de lutte contre le changement climatique et ses effets sur les sociétés humaines. L'Etat tient un rôle à l'évidence important pour fixer les bases et les objectifs, mais l'échelon le plus approprié pour mettre en place des mesures concrètes s'avère plutôt être celui des collectivités territoriales (régions, communautés d'agglomération, communes...) qui peuvent traduire leurs ambitions dans des documents d'urbanisme comme les SCoT, les SRADT (schémas régionaux d'aménagement et de développement du territoire) ou dans des plans d'orientations.

Ainsi, si auparavant les démarches pour mettre en place des plans climat étaient uniquement basées sur un volontariat et une initiative des collectivités, le Grenelle II de l'environnement rend obligatoire les SRCAE (schémas régionaux climat air énergie)¹⁴ dans un délai d'un an après la promulgation de la loi. Ils sont alors réalisés en co-élaboration entre l'Etat, par l'intermédiaire du préfet, et chaque région, ceci afin de garder une cohérence entre les directives nationales et régionales. Notons ici la nouveauté des SRCAE qui est de prendre en compte dans un même document stratégique les dimensions « climat », le changement climatique, « air », les pollutions, et « énergie », la nécessité d'améliorer l'efficacité énergétique et de trouver de nouvelles formes d'énergie renouvelable, auparavant séparées dans plusieurs documents. A l'échelle inférieure on trouve les plans climat-énergie territoriaux (PCET)¹⁵ réalisés par les collectivités de plus de 50 000 habitants. Si la loi Grenelle I encourageait les territoires à mettre en place les PCET, la loi Grenelle II les rend obligatoires d'ici le 31 décembre 2012 et prévoit notamment que ces documents pourront être inclus dans les SRCAE, ce qui apporte une dimension de « bottom-up » jusqu'alors absente des outils de planification.

La prise de conscience politique quant à la nécessité d'une adaptation des villes dans une perspective de changement climatique dont les effets se font déjà sentir est encore très récente. Les premiers SCoT n'y faisaient pas du tout allusion, les premiers PCET n'ont été lancés pour les plus anciens qu'en 2005. Cependant, les mesures se font de plus en plus urgentes et une analyse de ce qui a déjà été fait permettrait de mieux cerner les enjeux et de relever quelques bonnes pratiques.

¹⁴ Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 (J.O. du 13 juillet 2010) Art. 68

¹⁵ Ibid. Art. 75

1. Les documents d'aménagement du territoire et d'urbanisme : une prise de conscience encore trop partielle

1.1. Les SCoT

Les schémas de cohérence territoriale sont des outils encore récents de l'urbanisme et de l'aménagement. Instaurés en 2000 par la Loi SRU, ils sont voués à remplacer progressivement les anciens schémas directeurs locaux (SDL). Leur rôle est alors de donner les grandes orientations d'aménagement à l'échelle de plusieurs communes en matière de développement économique, d'habitat et de transports. Une note d'ETD conclut que les problématiques de l'énergie et du climat sont encore peu prises en compte dans ces documents de planification, malgré l'émergence de ces questions qui deviennent aujourd'hui centrales (ETD, 2009). Cela s'explique tout d'abord par les textes législatifs à l'origine des SCoT : le climat et l'énergie ne sont pas abordés et cités comme des domaines de compétence des SCoT. L'intégration de ces questions relève alors de la bonne volonté des groupements de communes lors de l'élaboration, d'autant plus que les SCoT ne sont pas des démarches obligatoires, pas plus que les anciens schémas directeurs locaux. C'est particulièrement le cas en Île-de-France, dont seulement la moitié du territoire est couverte par des documents d'urbanisme intercommunaux, notamment car l'Île-de-France est dotée d'un Sdrif qui peut tenir lieu de SCoT.

Cependant, les SCoT analysés par ETD ont tous plus ou moins pris en compte ces questions à travers une volonté d'inscrire le document dans un objectif global de développement durable (ETD, 2009). Selon les SCoT, ETD relève d'autres motivations telles que la crainte de la dépendance énergétique du territoire, particulièrement lorsque celui-ci se trouve en situation d'approvisionnement mono-énergétique. Le développement des énergies renouvelables pour le territoire est une constante, tous retiennent cet objectif, notamment quand ils sont déjà engagés dans des politiques de développement durable (Agenda 21, PCET etc.) car le SCoT peut être un outil de renforcement des politiques locales. L'Etat peut également, à travers le porté à connaissances qui met en avant les problématiques à prendre en compte, inciter les collectivités à se mobiliser sur le sujet. Enfin, la médiatisation des enjeux climatiques consécutive aux lois du Grenelle de l'environnement peut pousser les décideurs locaux s'investir davantage. Cependant, malgré les bonnes intentions affichées dans les SCoT, les questions de l'énergie et du climat restent abordées de manière assez superficielle. Les documents font des diagnostics (qui ne correspondent d'ailleurs pas toujours à leur échelle d'intervention) mais s'aventurent très peu sur le terrain des prévisions et projections, notamment car les études nécessaires, que ce soit pour le diagnostic ou pour la prévision, ont des coûts que les petites collectivités ont du mal à supporter. Par exemple, une étude de programmation énergétique coûte en moyenne près de 80 000 € (ETD, 2009).

Même si les SCoT ne traitent pas directement du climat et de l'énergie, ils préconisent toutefois des aménagements qui vont dans un sens de réduction des émissions de gaz à effet de serre et des consommations d'énergie en promouvant la « ville à courtes distances », le développement de transports en commun et les modes de déplacement doux, les certifications HQE®* ou la préservation des surfaces forestières.

En ce qui concerne particulièrement les questions d'adaptation, les SCoT restent très partiels. En effet, puisqu'ils abordent peu les prévisions et projections quant aux émissions de gaz à effet de serre (GES) ou de potentiel d'énergies renouvelables, il leur est par conséquent difficile de se lancer dans des analyses des effets du changement climatique, que ce soit au niveau météorologique, agricole ou de la biodiversité, et donc encore moins de dégager des leviers d'actions spécifiques. C'est alors par d'autres entrées que les mesures bénéfiques à l'adaptation aux îlots de chaleur urbains (qui ne sont cités à aucun moment) que les SCoT abordent la question. Par exemple, la préservation des forêts et des espaces agricoles est justifiée par la mise en place de circuits courts géographiques et non par la capacité du végétal à absorber le carbone ou rafraîchir l'atmosphère (ETD, 2009).

Les SCoT ne sont donc pas, ou tout du moins pas encore, les instruments les plus à même de mettre en place des mesures d'adaptation des territoires. Si leur évolution est en cours, l'apport

d'autres documents, basés sur du volontariat, peuvent alors venir les enrichir sur les questions climatiques. Ainsi, les plans climat-énergie territoriaux, instaurés par le premier Grenelle de l'environnement, s'inscrivent avec le Grenelle II dans les SCoT pour apporter ce volet manquant aux documents réglementaires.

1.2. Le SDRIF

Le schéma directeur de la région Île-de-France est un cas particulier en France métropolitaine puisque c'est le seul document d'urbanisme à caractère prescriptif établi à l'échelle d'une région. Les autres Régions peuvent se doter de schémas régionaux d'aménagement et de développement de territoire qui sont des documents indicatifs dont la concrétisation dépend de la qualité de la concertation dont ils sont issus. Selon son site Internet (sdrif.com), le SDRIF a pour fonctions de :

- « Formaliser une stratégie d'aménagement et de développement régional ;
- « Fournir un outil de la maîtrise spatiale du territoire francilien ;
- « Orienter et encadrer les documents d'échelle régionale.

« Pour organiser au mieux la croissance urbaine et l'utilisation de l'espace tout en garantissant le rayonnement international de la région, il préconise notamment des actions pour :

- « Corriger les disparités spatiales, sociales et économiques de la région ;
- « Coordonner l'offre de déplacement ;
- « Préserver les territoires ruraux et les espaces naturels »

Au vu de l'importance du SDRIF dans les politiques d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France, il semble important de voir quel traitement il réserve aux questions d'adaptation au changement climatique. Si ce n'est pas son sujet principal, il se doit tout de même de prendre en compte ces problématiques, d'autant plus qu'il est amené à donner les grandes orientations de la région pour une période d'environ 25 ans.

De manière générale, la question de l'adaptation, et a fortiori des îlots de chaleur (ils ne sont pas cités dans le rapport du SDRIF), est loin d'être le point central du SDRIF. Toutefois, le chapitre « Anticiper et répondre aux mutations ou crises majeures, liées notamment au changement climatique et au renchérissement des énergies fossiles » de la première partie consacrée aux « Défis pour une métropole plus durable », aborde directement le sujet. C'est même l'un des trois défis principaux qui sous-tendent l'ensemble du document. Après avoir brièvement repris les différents risques qui pourraient toucher l'Île-de-France et la vulnérabilité de la région, le document met l'accent sur la nécessité de « robustesse », que l'on pourra ici assimiler à la résilience*, de la région : « relever le défi du changement climatique au niveau régional impose [...] de renforcer la robustesse de la région face aux aléas climatiques locaux par un aménagement adapté, et ce, dans une vision prospective » (Région Île-de-France, 2008b). L'air est par ailleurs considéré par le SDRIF comme une ressource vitale (« valoriser la couverture végétale et les poumons verts », « valoriser le végétal en ville ») sans toutefois qu'à ce chapitre ne figure de prescription ou d'orientation précises. L'évaluation environnementale du SDRIF dans son « état initial de l'environnement et perspectives d'évolution » (Région Île-de-France, 2008a) relève aussi que la qualité de l'air régional est un enjeu de santé publique, et notamment dans le cœur dense de l'agglomération.

Cependant, si la nécessité d'adaptation est bien mise en avant, la réponse apportée aux besoins de résilience de la région s'efface au profit des recommandations d'atténuation exprimées par la volonté de densification : « une réponse globale : la ville compacte économe en ressources, particulièrement en espace et en énergie ». Si « pour être acceptée, [elle] devra intégrer des espaces ouverts urbains (espaces naturels, continuités biologiques, parcs, squares, jardins publics...) » (Région Île-de-France, 2008b), on peut se demander si la pression foncière, déjà très forte en cœur d'agglomération, ne réduira pas encore ces espaces ouverts, leur faisant ainsi perdre toute cohérence tant au niveau aménité qu'environnemental. Le SDRIF qui s'attache à conforter la trame verte d'agglomération en mettant en avant la réduction des carences en espaces verts publics écrit une orientation en ce sens : « Des emprises foncières sont à réserver dans les zones carencées en espaces verts du cœur d'agglomération, notamment dans les

opérations de renouvellement urbain et en valorisant les espaces verts encore présents ». Le SDRIF aurait pu aller plus loin en parlant des facteurs de réussite - dans les zones les plus contraintes - d'une densification maîtrisée qui intègre plus largement les problématiques de nuisances pour la population : bruit, pollution de l'air, canicule...

Cette contradiction entre densification et ICU que nous avons relevée précédemment n'apparaît pas réellement ici car la problématique de la chaleur en ville n'est pas prise en compte dans le SDRIF. Le risque canicule, contrairement aux risques d'inondations, de crues etc. n'est pas considéré comme une problématique régionale d'aménagement. Il semble que ce soit avant tout une question de santé publique sur laquelle l'aménagement n'a pas de prise.

Cependant, même si les chaleurs en ville ne sont pas traitées directement, le SDRIF propose des aménagements qui de manière indirecte participent à la lutte contre le ICU : promotion des modes de circulation doux, trames verte et bleue... Si le constat de l'évaluation environnementale du SDRIF précise que la trame verte, déjà présente dans le SDRIF de 1994, reste encore inachevée, que beaucoup d'espaces centraux manquent encore cruellement d'espaces ouverts et que les liaisons entre ces derniers sont insuffisantes, il convient de rappeler que le SDRIF n'est qu'une des politiques mise en œuvre par la Région pouvant concourir directement ou indirectement à la prise en compte du problème ICU. Le récent Plan régional pour la qualité de l'air (PRQA Ile-de-France, approuvé en novembre 2009), l'élaboration en cours d'un Plan Régional pour le Climat (démarche engagée par le conseil régional par la délibération CR 78-07 du 29 juin 2007), la révision du Plan de déplacements urbains d'Ile-de-France (PDU, révision lancée par le STIF lors de son conseil d'administration de décembre 2007), le Plan régional santé environnement (PRSE) de la région d'Ile-de-France (approuvé par arrêté préfectoral du 18 septembre 2006), ou encore, la co-élaboration en cours par l'Etat et la Région du Schéma régional climat air énergie (loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010) constituent les briques d'une action qui pourrait être des plus efficaces par rapport aux ICU. Les organismes associés au conseil régional d'Ile-de-France – l'Agence des espaces verts (AEV), l'Agence de l'environnement et des nouvelles énergies (ARENE) et l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Ile-de-France (IAU île-de-France) – apportent également par leurs actions ou travaux des éléments pour une prise en compte de la problématique d'ICU dans ses liens avec les politiques énergétiques, d'aménagement et d'urbanisme. Pour exemple, la préoccupation de l'AEV énoncée explicitement pour la première fois en mars 2009 qui vise à appuyer par une aide financière les plantations urbaines des collectivités propices à agir sur le phénomène d'ICU (cf. Annexe 3).

2. Les nouveaux quartiers urbains : quelles traductions des principes d'adaptation dans l'urbanisme opérationnel ?

Le schéma directeur de la région Île-de-France prévoit la construction de 60 000 nouveaux logements par an. S'il est vrai que les besoins de logements sont criants en Île-de-France, la région souhaite également profiter de ces constructions pour « renouveler les conditions de production du logement, en visant la qualité urbaine » (Région Île-de-France, 2006) afin de ne pas reproduire les erreurs des Trente Glorieuses ou l'on avait bâti généralement sans réelle préoccupation pour la qualité des bâtiments. Afin d'atteindre cet objectif, la Région a lancé un appel à projet de Nouveaux Quartiers Urbains (NQU) pour :

- « Affirmer la cohérence territoriale ;
- « Répondre à la crise du logement ;
- « Organiser la mixité des fonctions urbaines et la compacité ;
- « Intégrer la qualité environnementale au cœur du projet ;
- « Faire évoluer les modes de faire et les pratiques urbaines. » (Région Île-de-France, 2008c)

Pour voir quelle place est laissée à l'adaptation et aux îlots de chaleur dans les dossiers des candidats, cinq NQU ont été sélectionnés : Les docks de Saint-Ouen, le quartier Anatole France à Chevilly-Larue, le NQU de Montreuil, et les projets Claude Bernard – Macdonald et Clichy – Batignolles, tous deux à Paris (cf. Annexe 2).

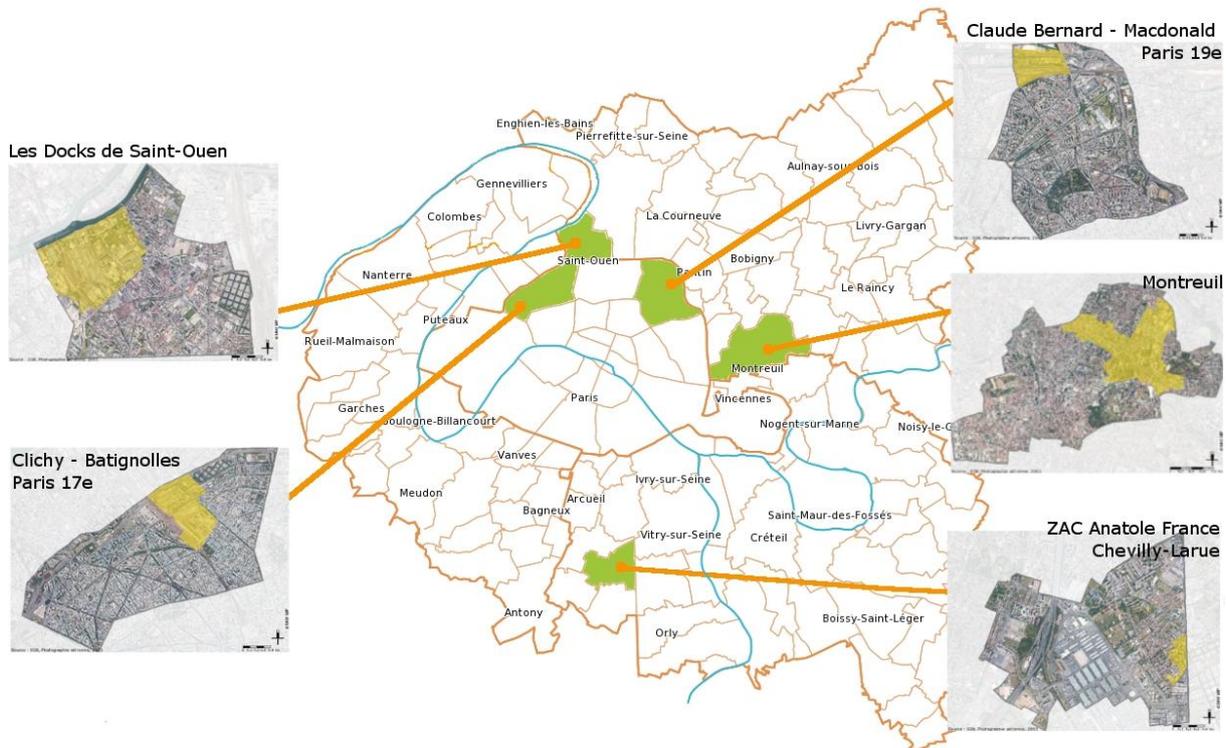


Figure 7 : Situation des Nouveaux Quartiers Urbains étudiés

Source : Fonds de carte Iau-IdF

2.1. Une adaptation qui n'est pas clairement énoncée mais sous-jacente dans chaque projet

L'idée d'une adaptation des systèmes urbains aux changements climatiques est assez peu présente dans les dossiers remis par les candidats lauréats de l'appel à projet « Nouveaux Quartiers Urbains ». La prise en compte de la nécessité de penser la ville sur un temps long et d'anticiper les évolutions futures du climat, mais aussi des constructions, dans des opérations telles que les nouveaux quartiers urbains serait pourtant une avancée majeure vers une durabilité des métropoles.

Ainsi, lorsque l'on parcourt rapidement les dossiers, on ne voit que très peu apparaître le mot « adaptation » ou ses substituts dans l'acception utilisée ici. Il n'apparaît pas dans les projets de Chevilly-Larue, de Clichy-Batignolles et du quartier Claude Bernard-MacDonald. Le projet de Montreuil s'approche un peu plus de la notion, par exemple lorsqu'il parle de « rendre la ville compacte en s'adaptant à l'environnement » (Ville de Montreuil, 2009). Cependant, il semble que l'adaptation ne soit jamais prise en compte dans sa composante de temps : il s'agit dans les projets (que ce soit explicite ou sous-entendu) uniquement d'une adaptation aux contraintes d'aujourd'hui. Lorsqu'ils parlent de l'évolution du projet dans le temps, cela se rapporte principalement à l'évolution des usages des constructions (possibilités de reconverter des espaces, densification future possible dans certaines zones...) et non à l'évolution des contraintes environnementales, extérieures au projet lui-même.

Il est vrai que les NQU ne sont pas centrés sur les questions environnementales, mais ils doivent leur accorder une place importante comme ils y sont incités par le SDRIF. L'axe majeur de tous les dossiers est la densification et le comblement du manque de logements, notamment sociaux. Cependant, beaucoup revendiquent un objectif de durabilité, ou tout du moins des

préoccupations écologiques (une majorité sont d'ailleurs des éco-quartiers). Ainsi, s'il n'y a pas de chapitre directement centré sur l'adaptation et les îlots de chaleur urbains, beaucoup de solutions d'aménagement proposées dans une optique de développement durable participent dans les différents projets à la lutte contre la surchauffe urbaine selon le principe des bénéfices partagés que nous avons vu en deuxième partie.

2.2. Des solutions indirectes

2.2.1. Le végétal

La place du végétal est un élément clé de tous les programmes. Tous envisage de créer ou de valoriser des espaces verts ou des espaces publics largement végétalisés, sous la forme de jardins publics ou partagés, de mails piétonniers, de plantations d'alignement ou de toitures végétalisées.

Le projet Claude Bernard – MacDonald dans le XIX^e arrondissement, prévoit ainsi la création de nombreux espaces végétalisés (cf. Annexe 4). Tout d'abord, il propose la création d'une « forêt linéaire » entre le quartier aménagé et le boulevard périphérique. Cet espace serait composé en trois parties : une première, la « forêt jardinée » serait accessible au public en permanence et procurerait ainsi un espace naturel assez vaste, ombragé et largement végétal. Le long du périphérique se trouverait une forêt dite « naturelle », ouverte uniquement en journée, afin de masquer le périphérique ; cette dernière étant séparée de la partie accessible par une « noue roselière » permettant la gestion des eaux de pluie. Ces deux parties sont alors pensées comme un « corridor vert » qui accueille différentes espèces végétales et animales dans une optique de biodiversité (Mairie de Paris, 2009a).

Le projet du XIX^e arrondissement prévoit également une « réserve écologique » de 8 500 m² entre le boulevard périphérique et les magasins généraux où sera menée une « expérience de phytoremédiation (absorption de la pollution de surface par les plantes) et de réintroduction d'une biodiversité de la faune et de la flore autour d'un milieu naturel humide » (Mairie de Paris, 2009a).

Le projet de Montreuil présente la particularité d'avoir, préexistants dans son périmètre, des espaces agricoles importants qui représentent 23 ha soit plus de 20 % du projet, principalement les murs à pêches. Le projet s'oriente alors largement vers la préservation et le renforcement d'une agriculture urbaine, en lien avec les espaces verts situés à proximité (parc des Beaumont, parc de Montreuil – Daniel Renoult). Ainsi, le végétal permet au projet de s'inscrire dans les trames vertes préconisées par le SDRIF, mais également de proposer ce qu'il nomme un « projet agricole ». En effet, les anciens murs à pêches, qui sont un élément d'identité de Montreuil, et les jardins ouvriers transformés en jardins partagés sont valorisés en tant qu'aménités et ouverts sur la ville puisque ces espaces seront traversés par le prolongement de la ligne de tramway T1 et de nouvelles voies qualifiées de « rues vertes ». Viendront également s'y installer des activités, des logements et des équipements pour répondre à l'impératif de mixité du règlement de l'appel à projet (cf. Annexe 7).

Cependant, ce projet recueille de nombreuses critiques de la part des associations présentes sur le site des murs à pêches, qui lui reprochent en particulier « la diffusion et l'émiettement des constructions sur l'ensemble du site et son mitage complet [Ce qui] a pour conséquence irrémédiable de détruire le paysage singulier des Murs à Pêches » « Sur les 38 hectares non construits, il n'y aura dans [le] projet que 21 hectares « d'anciennes terres horticoles protégées » » (Association Murs à Pêches – MAP, murapeches.org). Le problème ici constaté, et dont il faut tenir compte au cas par cas, est la contradiction entre des aménagements qui représentent des mesures d'adaptation aux ICU (ici le fait d'avoir des espaces verts et naturels disséminés dans la ville) avec des considérations d'ordre historiques et patrimoniales qui souhaitent conserver des espaces unitaires, certes moins efficaces en terme de climat urbain, mais dont l'identité réside justement dans cette unité quelque peu en rupture avec la ville (même si toutes les associations semblent d'accord avec l'idée d'ouvrir le site des murs à pêches sur le reste de la ville).

2.2.2. L'eau en ville

Le regain de préoccupation pour l'eau en ville que nous notions précédemment comme élément fort des nouvelles politiques urbaines par rapport aux partis d'aménagements précédents, semble là aussi prendre une place non négligeable. « Gérer durablement le cycle de l'eau » fait d'ailleurs partie des objectifs du cahier des charges de l'appel à projet NQU (Région Île-de-France, 2008c). Beaucoup proposent ainsi des systèmes de gestion des eaux de pluies, par exemple à travers la création de noues, mais aussi des zones humides et des plans d'eau, considérés aujourd'hui comme des aménités.

L'impératif de gestion de l'eau du cahier des charges fait que tous les projets intègre des systèmes de récupération des eaux pluviales, une limitation de l'imperméabilisation des sols, des toitures végétalisées pour ralentir l'écoulement des eaux dans les réseaux et des espaces humides (noues, fossés) dans la conception paysagère. Nous retiendrons ici deux projets, le quartier Claude Bernard – MacDonald et les Docks de Saint-Ouen, car, tous deux situés en bordure d'une voie d'eau (la Seine à Saint-Ouen, le canal Saint-Denis à Paris), ils portent une attention particulière à l'eau en ville.

Le projet Claude Bernard – MacDonald s'inscrit dans les deux orientations de la réintroduction de l'eau en ville : gestion des eaux pluviales et aménité paysagère. Le premier point se concrétise par la « noue roselière » de la forêt linéaire qui devrait collecter les eaux des îlots riverains. Sa largeur en eau permanente devrait être d'environ 3,5 m (Mairie de Paris, 2009a). On ne sait cependant pas sa longueur. Selon le projet, elle devrait principalement permettre de décharger les réseaux lors des pluies décennales. Les petites pluies sont quant à elles censées être absorbées par les sols perméables et les toitures végétalisées afin d'atteindre l'objectif rejet nul du projet de zonage pluvial de la Ville de Paris (Mairie de Paris, 2009a).

De même, les docks de Saint-Ouen prévoient « une gestion de l'eau entièrement gravitaire, à ciel ouvert » et « la création d'une zone humide en lien avec la Seine » (Ville de Saint-Ouen, 2009). Cette zone humide sera un moyen de régulation des crues de la Seine, qui longe le parc où elle sera implantée. A cette gestion de l'eau s'ajoute également une fonction de dépollution. Les études sont encore en cours, mais Saint-Ouen envisage d'utiliser la zone humide pour dépolluer les eaux de ruissellement dans un système de lagunage.

La deuxième infrastructure aquatique largement mise en avant dans le projet Claude Bernard est le canal Saint-Denis. Ses berges devraient être aménagées en promenade, ceci en cohérence avec les aménagements déjà existants sur le canal au nord du pont de Stains et à la Villette (Mairie de Paris, 2009a). Les Docks de Saint-Ouen, eux aussi, se donnent pour objectif « d'inscrire le projet dans le territoire du fleuve » (Ville de Saint-Ouen, 2009). La Seine étant la limite nord de tout le quartier, sur une longueur d'environ 800 m, plusieurs traitements paysagers sont prévus, tous devant « renforcer la continuité du corridor écologique et autant que faire se peut végétaliser les berges » (Ville de Saint-Ouen, 2009) (cf. Annexe 8). Cependant, il semble que les détails ne soient pas encore définis et que les concours permettant de choisir les équipes en charge des projets ne soient pas encore terminés.

2.2.3. Les performances énergétiques

En matière de performances énergétiques au sens large (économies d'énergie, énergies renouvelables, performances thermiques des bâtiments...), tous les projets s'engagent à construire des quartiers performants grâce notamment aux différentes labellisations environnementales du bâtiment (HQE®, BBC...) ou à la réalisation d'immeubles à « énergie 0 » ou « énergie positive », mais aussi à l'emploi d'énergies renouvelables : photovoltaïque, géothermie... Cependant, nous relevons d'autres approches qui semblent plus innovantes et intéressantes comme une réflexion sur les modes de rafraîchissement des intérieurs dans le projet Claude Bernard – MacDonald.

La proximité du boulevard périphérique et des voies ferrées empêche ici de recourir à une ventilation naturelle. La Mairie de Paris s'intéresse alors à d'autres moyens de rafraîchissement en récupérant la chaleur émise par les appareils de rafraîchissement pour le réseau de chauffage urbain. Ce projet, baptisé Geostocal et encore à l'étude, projette de réinjecter la chaleur produite

en été – et donc inutile à ce moment de l'année – dans la nappe souterraine où est puisée l'eau chaude qui sert au chauffage urbain géothermique l'hiver, et ce, afin de la « recharger » en chaleur (Roux-Goeken, 2009). De même, le projet Claude Bernard envisage de récupérer la chaleur des climatiseurs pour l'eau chaude sanitaire, mais cette fois uniquement à l'échelle du bâtiment MacDonald qui réunit différentes fonctions (logements, tertiaire, commerces).

2.2.4. La forme urbaine

La forme urbaine est l'un des premiers facteurs de formations des îlots de chaleur urbains. C'est pourtant en règle générale le facteur le moins pris en compte dans les approches architecturales et urbanistiques qui tentent de s'adapter au changement climatique. Sur les cinq dossiers analysés, seulement deux abordent cette question : le projet Clichy – Batignolles et celui de Chevilly-Larue. Tous deux s'orientent vers une conception bioclimatique. Dans le cas du XVII^e arrondissement, il ne s'agit que d'une action sur les bâtiments : « accès au soleil d'hiver privilégié pour les logements, accès à la lumière naturelle et protection contre le soleil d'été pour le tertiaire, accès naturel à l'air extérieur pour tous les types de bâtiments. » (Mairie de Paris, 2009c). Il est de plus demandé aux concepteurs de chaque programme immobilier « d'atteindre un coefficient de régulation thermique qui prend en compte l'ensemble des surfaces horizontales et verticales du projet, qui vise à limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain et à améliorer le confort climatique des espaces extérieurs » (Mairie de Paris, 2009c). Si cette prise en compte d'un coefficient de régulation thermique est particulièrement intéressante, le fait qu'il faille le déterminer à l'échelle globale du projet n'apparaît pas. Il semble que le projet se borne à l'échelle du bâtiment sans articulation avec les autres programmes immobiliers qui l'entoureront. C'est une des limites souvent constatée de la haute qualité environnementale telle qu'elle est pratiquée actuellement.

Le projet de Chevilly-Larue va plus loin en pensant également un bioclimatisme à l'échelle du quartier « par un travail sur les implantations, les morphologies et les enveloppes, pour proposer des formes urbaines et bâties intrinsèquement performantes, en fonction des caractéristiques du site, du climat, des programmes » (Ville de Chevilly-Larue, 2009). Le quartier Anatole France en fait d'ailleurs un de ses axes majeurs pour « relever les défis environnementaux » quant à la problématique énergétique : « L'approche adoptée en matière d'énergie consiste à ne pas viser une performance environnementale « à tout prix », qui impliquerait une surenchère de systèmes coûteux, mettant à mal l'économie du projet. Il s'agit plutôt d'utiliser intelligemment les potentiels offerts par le site » « ce qui ne sera pas réglé par l'architecture le sera par des systèmes économes, notamment le réseau de chaleur géothermique » (Ville de Chevilly-Larue, 2009).

Le plus intéressant ici est que les concepteurs relèvent bien la nécessité de penser, à l'échelle du projet et dès ses prémisses, la forme urbaine. Cela permet de faire des économies, tant dans la construction que dans l'évolution du quartier, et de donner plus de garanties de durabilité : d'une part, une bonne forme urbaine peut limiter l'utilisation de matériaux ou de systèmes de chauffage ou de rafraîchissement environnementalement intéressants mais plus coûteux que les techniques classiques ; d'autre part, une bonne conception aura moins besoin de s'adapter aux changements climatiques, quelle que soit leur importance.

3. Vers une approche directe pour éviter la maladaptation

Ainsi, si les documents et projets actuels montrent une prise en compte encore très partielle des nécessités d'adaptation et de lutte contre les îlots de chaleur urbains, on voit tout de même que ces questions apparaissent toujours en filigrane dans d'autres problématiques qui font alors bénéficier de leurs solutions l'adaptation aux chaleurs urbaines. La prochaine étape consiste alors en des réflexions directement centrées sur ces questions, notamment pour éviter le risque de maladaptation qui peut apparaître particulièrement avec le principe de densification.

La densification n'est pas nécessairement incompatible avec la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain, mais elle doit être raisonnée en tenant compte de cet impératif sans quoi elle risque d'aggraver le phénomène. Les dossiers NQU sont plutôt encourageant dans ce domaine puisqu'ils prévoient, en parallèle de la densification, des espaces verts et des points d'eau qui

peuvent contrebalancer l'augmentation des températures. Il faut néanmoins prendre garde à bien concevoir ces espaces :

- Des parcs trop minéralisés, même s'ils remplissent leur rôle d'aménité, n'auront qu'un effet mineur sur les ICU ;
- De grands espaces verts au centre des quartiers auront finalement moins d'effet sur les ICU que de petits espaces verts bien connectés.

Ainsi, alors que tous les éléments pouvant permettre une lutte efficace contre les îlots de chaleur sont présents, les projets urbains ne sont pas à l'abri d'une maladaptation aux ICU car ils n'abordent le problème que de façon indirecte en faisant bénéficier la réduction des ICU de mesures mises en place dans d'autres buts. Il faut alors appréhender la question de front pour palier ces risques.

Un premier pas a déjà été fait dans ce sens avec la création des Plans Climat-Energie territoriaux qui pour la première fois se concentrent sur la problématique « climat et urbanisme ». Quels sont les apports de ces documents spécifiques à la question qui nous intéresse ici ? Donnent-ils un fondement stratégique solide aux mesures d'adaptation en général et à la réduction des îlots de chaleur urbains en particulier ?

Les Plans Climat-Energie Territoriaux, des outils dédiés à la prise en compte du climat dans l'urbanisme

Des problématiques d'adaptation au second plan par rapport aux questions d'atténuation

La loi dite Grenelle I encourage les territoires comme les communautés d'agglomération, les départements ou les régions, à mettre en place des Plans Climat-Energie territoriaux :

« Le rôle des collectivités publiques dans la conception et la mise en œuvre de programmes d'aménagement durable doit être renforcée. A cet effet, l'Etat incitera les régions, les départements et les communes et leurs groupements de plus de 50 000 habitants à établir, en cohérence avec les documents d'urbanisme, des plans climat-énergie territoriaux avant 2012 »¹⁶.

Un PCET est un document stratégique qui vise à lutter contre le réchauffement climatique en mettant en œuvre des mesures d'atténuation et d'adaptation dans des perspectives de développement durable, en accord avec des principes environnementaux, sociaux et économiques. Il peut être intégré dans un Agenda 21 préexistant ou constituer une première étape vers sa réalisation. Notons ici que la loi du Grenelle II les remplace par les plans territoriaux pour le climat, leur retirant ainsi la problématique « énergie », sans que l'on sache réellement quelles seront les implications de cette modification et où la question de l'énergie sera abordée.

Depuis leur création suite au Plan climat national de 2004, de nombreux PCET ont été mis en place. Selon l'observatoire des plans climat-énergie territoriaux de l'ADEME (pcet-ademe.fr) on en compte à l'heure actuelle près de 200, qu'ils en soient à la phase de préfiguration ou déjà en œuvre. En Île-de-France en particulier, 22 ont été identifiés : neuf ont réalisé tout ou partie de leur diagnostic et cinq ont été adoptés (cf. Annexe 9).

L'objet de ce chapitre est d'examiner dans quelle mesure ces plans climat adoptent réellement une démarche d'adaptation des territoires au changement climatique et aux effets du climat sur les agglomérations. Pour ce faire, nous avons choisi des PCET réalisés dans la région Île-de-France qui, dans le cadre d'un plan climat régional, doivent être pris en compte. Cette analyse se base sur quatre PCET parmi ceux déjà approuvés : celui de la ville de Paris, ceux des conseils généraux des Hauts-de-Seine et de Seine-Saint-Denis, ainsi que celui de la ville de Nanterre.

Sur le plan formel, les PCET analysés se présentent tous plus ou moins de la même façon : une mise en contexte avec des rappels sur le changement climatique et les prévisions du GIEC ainsi que sur les grands engagements internationaux (conférence de Rio, protocole de Kyoto, sommet de Copenhague...), européens et nationaux (Grenelle de l'environnement, Plan national de lutte contre le changement climatique) de réductions des émissions de GES. Ces présentations, plus ou moins longues selon les documents, permettent d'introduire les justifications quant à l'élaboration du PCET et la démarche engagée par la collectivité pour y parvenir. Viennent ensuite, déclinés selon différentes modalités, les axes stratégiques, les propositions, et enfin les dispositifs d'application.

L'analyse est conduite à partir de la grille de lecture suivante (cf. Annexe 10-12) :

Date de lancement	Date d'initiation du PCET – déroulement des différentes phases et état à l'heure actuelle – inclusion ou non dans un Agenda 21
Méthodologie	Comment le PCET a-t-il été construit ? Est-il basé sur un Bilan carbone® ? Y a-t-il eu un processus de concertation ? De participation ? Qui a-t-il réuni ?
Objectifs	Quels sont les objectifs énoncés dans le PCET ? Y a-t-il une volonté d'exemplarité de la collectivité ?

¹⁶ Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 (J.O. du 5 août 2009) Art. 7.

Adaptation et ICU	Quelle est la place accordée aux questions d'adaptation et d'îlots de chaleur ? Dans quelle partie du plan climat sont-elles abordées ?
Angle d'approche et solutions	Comment adaptation et îlots de chaleur urbains sont-ils traités ? Quelles sont les solutions envisagées ? Sont-elles déjà en place ? A l'étude ? De quelle nature sont les propositions d'adaptation de la ville au changement climatique et aux ICU ?
Gouvernance et moyens de mise en oeuvre	Y a-t-il une réflexion sur comment appliquer les propositions ? Quelles sont les instances en charge ?
Budget	Les propositions sont-elles chiffrées, datées ?

1. Quelle méthode de construction pour un PCET ?

Afin d'aider les collectivités à mettre en place leur plan climat, l'ADEME a publié en décembre 2009 un guide méthodologique qui reprend les différentes étapes et les éléments à prendre en compte et développer pour la réussite de cette opération. Ainsi, le guide préconise cinq phases :

- « Préfiguration (3-6 mois) : appropriation du sujet par les élus et les services – clarification du périmètre – choix de l'organisation interne – identification de l'ampleur du chantier en fonction des caractéristiques du territoire – réalisation d'un cahier des charges calibrant la suite du projet.
- « Diagnostic et mobilisation (6-12 mois) : réalisation d'un profil climat comprenant à la fois le profil des émissions de GES, l'identification des impacts constatés et l'appréciation des vulnérabilités du territoire face au changement climatique – actions de sensibilisation de la population et formation des acteurs – engagement d'actions immédiatement possibles – recherche active de pistes d'actions efficaces à travers la mise en place d'un processus participatif.
- « Construction du PCET (12 mois) : définition d'un cadre stratégique qui fixera des objectifs clairs et engageants – préparation du programme d'actions portant à la fois sur les compétences propres de la collectivité et sur les actions qu'elle impulse pour l'ensemble du territoire.
- « Mise en œuvre opérationnelle des décisions prises dans la phase précédente.
- « Suivi et évaluation des actions mises en œuvre en continu. » (ADEME, 2009)

Ces orientations n'ont rien d'obligatoires, ce ne sont que des pistes que les collectivités peuvent choisir de suivre ou d'ignorer, elles sont finalement assez libres dans l'établissement de leur plan climat, notamment en ce qui concerne les plans d'actions. Si cette grille de lecture est bien sûr imparfaite, il semble qu'elle relève néanmoins les points essentiels : le besoin de connaître les spécificités du territoire et de ses impacts, la nécessité de l'implication des acteurs (et de la collectivité en tout premier lieu), d'un portage politique fort, et de la participation des habitants, et enfin l'obligation de se donner des objectifs chiffrés correspondant à *minima* aux engagements nationaux.

1.1. Les outils d'élaboration

Le Bilan Carbone®*

Les quatre plans climat analysés pour la présente étude ont utilisé la méthode du Bilan Carbone® de l'ADEME pour définir leurs émissions de GES. En réalisant des diagnostics précis qui concernent leur territoire, ils évitent ainsi l'écueil qu'ont connu les SCoT. Il est en effet important de connaître clairement les conditions du territoire avant de se lancer dans toute prospective et stratégie comme le préconise l'Ademe dans son document guide.

La concertation

En parallèle à ce volet technique, les collectivités ont toutes cherché à réunir des compétences et des opinions différentes pour enrichir leur PCET. Suivant ainsi le mouvement actuel, elles ont

constitué des commissions, des ateliers de travail thématiques qui cherchaient d'une manière ou d'une autre à ouvrir le champ de réflexion grâce à la participation d'experts, d'élus d'acteurs économiques ou sociaux du territoire. Cependant, les situations sont quelque peu contrastées quant à la réalité de cette participation, particulièrement en ce qui concerne les habitants de ces territoires.

La question de l'association des compétences, dans la recherche comme dans l'étude, n'est aujourd'hui plus remise en cause. Cependant, la participation des « simples » citoyens reste encore mal maîtrisée et ce pour différentes raisons (culturelles, organisationnelles, techniques...). Ces démarches en sont encore au stade expérimental, chacun s'organise comme il le peut. Mais il est regrettable que certaines collectivités ne tentent même pas de mettre en place ce processus. Celles qui le font ont recours à différentes modalités : réunions publiques, recueil de contributions ou questionnaires sur Internet... Le Plan Climat de la mairie de Paris est certainement celui qui va le plus loin dans cette démarche ; elle est mise en avant dès le début du document en détaillant l'élaboration du Livre Blanc des parisiens (disponible sur le site Internet paris.fr) à partir des ateliers thématiques réunissant citoyens, experts, acteurs administratifs et économiques. Si les profils des participants ne sont pas réellement représentatifs de toutes les parties qui pourraient participer à ce genre de projet et que leur poids dans ces ateliers n'est pas égal, la démarche a au moins le mérite d'avoir été mise en place pour aller vers plus de participation.

1.2. La notion d'exemplarité

Les PCET sont jusqu'à présent des démarches volontaires, tout comme les Agendas 21 dont, dans l'idéal, ils représentent le pilier « climat ». Le portage politique est donc très présent car le PCET représente un élément fort de valorisation pour la collectivité. Notons un changement possible avec la Loi du second Grenelle de l'environnement qui rend obligatoire, dans un délai d'un an après l'entrée en vigueur de la loi (soit le 12/07/2011), la mise en place d'un PCET. Il est alors probable que certains projets seront réalisés par obligation sans être sous-tendus par une réelle volonté politique, ce qui risque de mener à leur échec.

L'engagement des collectivités dans leur plan climat est particulièrement visible lorsque celles-ci différencient ce qui relève de leur domaine de compétence propre, et donc des terrains sur lesquels elles peuvent agir directement, et les domaines où elles n'ont pas de pouvoir de décision mais seulement d'incitation et d'impulsion de changement. Cette distinction permet alors à la collectivité de s'ériger en exemple à suivre, de montrer qu'elle ne fait pas qu'édicter des règles mais qu'elle est bien consciente des problèmes que représente le changement climatique et qu'elle s'implique dans les actions à mener.

Parmi les PCET analysés, trois mettent davantage en avant cette notion d'exemplarité : les Hauts-de-Seine, la Ville de Paris et Nanterre. Cela peut se traduire par la réalisation d'un diagnostic propre au domaine de la collectivité. Par exemple, Nanterre a réalisé un Bilan Carbone® du patrimoine et des activités des services municipaux ; ainsi, la municipalité représente 3 % des émissions totales du territoire de Nanterre, avec comme poste principal d'émissions les consommations d'énergies liées au chauffage et aux transports. La Ville de Paris aussi a réalisé son Bilan Carbone® et traduit ces résultats dans ses axes d'actions. Elle s'engage fondamentalement à une réduction plus forte de ses émissions de gaz à effet de serre et de sa consommation d'énergie ainsi qu'à une augmentation plus importante que sur le reste du territoire d'utilisation d'énergie renouvelable : 30 % de réduction (GES et consommation énergétique) et d'énergies renouvelables contre 25 % pour l'ensemble du territoire. De plus, chaque domaine thématique de proposition est décliné selon trois échelles : « Paris, Ville exemplaire sur son domaine de compétence directe », « Paris, Ville organisatrice et aménageuse du territoire et incitatrice vis-à-vis des autres acteurs » et « le rôle nécessaire de l'Etat et des autres niveaux institutionnels afin d'assurer le succès du Plan Climat de Paris ».

Cette notion d'exemplarité est à notre sens importante car, dans un contexte de forte inertie des comportements pour aller vers des conduites plus durables et de critiques vis-à-vis des politiques, le fait qu'une collectivité se présente comme assumant sa part de responsabilité propre et ayant la volonté d'aller au-delà de ses engagements, peut avoir un fort effet

d'entraînement, ou tout du moins, cela lui donne une crédibilité et une bonne image auprès des différents acteurs. Le document issu du plan climat est bien plus qu'un document stratégique, c'est également un outil de communication destiné au grand public mais aussi aux acteurs économiques, où la collectivité met en avant ses ambitions pour la ville de demain, dans un contexte de compétition des territoires de plus en plus important.

1.3. Des objectifs réalistes ?

Tous les PCET actuellement mis en œuvre ou en cours d'élaboration se fixent des objectifs chiffrés de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de diminution des consommations énergétiques et d'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la consommation totale, afin d'être en accord avec les engagements pris au niveau national. A un horizon plus proche, les buts sont semblables : 20 % pour 2020, 10 % pour 2010. La formulation sous le sigle « 3x20 pour 2020 », « 3x10 pour 2010 » semble plus relever de la communication que d'une obligation de résultats. D'ailleurs, même si l'on manque de recul, puisque les premiers plans climats ont été initiés en 2005, on peut voir que certains objectifs n'ont été que partiellement atteints. Ici encore, l'effet d'annonce peut montrer la volonté politique de la collectivité de s'engager et encourager les changements de comportements. Cependant, il faut prendre garde au fait que ne pas atteindre ses objectifs peut être vu comme un échec et une marque de la désresponsabilisation du porteur, au risque de décrédibiliser toute action future.

Un point peut-être plus préoccupant est celui des moyens mis en œuvre pour parvenir à ces objectifs. La réalisation de ces objectifs est aujourd'hui une nécessité, mais, au vu des moyens déployés par certains PCET, est-il réaliste d'espérer les voir remplis ?

Les plans climat que nous avons étudiés sont pour certains toujours en chantier et ne disposent pas tous de plans d'actions clairs qui définiraient la gouvernance pour leur application et les moyens techniques et financiers. Le département des Hauts-de-Seine devrait faire porter l'application du plan climat par les services du Conseil général aidés par le Conseil de développement durable des Hauts de Seine (C2D92). Les municipalités de Paris et de Nanterre ont quant à elles choisi de confier le suivi de leur PCET respectivement au Club Climat, constitué lors de la rédaction du Livre Blanc, et au Collectif Climat, qui lui aussi a participé à l'élaboration. Cette démarche peut être intéressante dans le cadre d'une concertation qui ne s'arrête pas à la finalisation du document, les différents acteurs du territoire qui se sont engagés dans le PCET gardent ainsi un contrôle sur son application et son suivi, ce qui renforce d'autant plus la participation et l'implication de chacun.

Pour finir, il faut noter qu'il est difficile de juger de l'efficacité potentielle de ces PCET sans éléments financiers¹⁷. A l'exception de celui des Hauts-de-Seine qui phase et évalue le coût d'une partie de ses actions, aucun ne donne d'indication quant au prix, la faisabilité, la rentabilité des propositions inscrites. Aucune évaluation du coût global du plan et, par conséquent, encore moins action par action n'est disponible au grand public. Le PCET reste un document stratégique qui donne de grandes orientations et n'est pas – encore – un document directement opérationnel. Il est encore tôt pour juger de l'efficacité des PCET, que ce soit en Île-de-France ou ailleurs, mais il faudra prendre garde à ce que leurs propositions ne restent pas dans l'effet d'annonce et se traduisent concrètement sur le terrain.

2. Quelle place pour l'adaptation ?

L'objectif premier d'un Plan Climat est de lutter contre le changement climatique selon trois leviers : réduction des émissions de GES, réduction des consommations énergétiques, utilisation d'énergies renouvelables. Atténuation et adaptation aux changements climatiques sont bien présentes dans les objectifs de base des PCET. Mais quelle place réservent-ils à l'adaptation particulière aux chaleurs urbaines ? Comment cette question est-elle abordée et traitée ? Quelles sont les propositions pour lutter contre les îlots de chaleur et les rendre plus supportables ?

¹⁷ Notons que les éléments financiers peuvent très bien exister en marge du rapport PCET dans des documents stratégiques de la collectivité porteuse, et en d'autres termes, être peu accessibles.

2.1. L'action par le végétal

Les PCET franciliens orientent plutôt leurs solutions d'adaptation vers la végétalisation. Concrètement, cela se traduit par des plantations dans les espaces publics et par des toits et murs végétaux.

La ville de Nanterre est la seule à ne pas proposer de nouveaux espaces naturels, elle préconise uniquement une meilleure gestion du patrimoine arboré de la commune. Il est vrai que la commune bénéficie déjà de 105 ha d'espaces verts ouverts au public, ce qui représente près de 9 % du territoire municipal et près de 12 m² par habitant (nanterre.fr) ce qui satisfait aux orientations du SDRIF, à savoir 10 m²/habitant (Région Île-de-France, 2008b).

La Ville de Paris, quant à elle, a entrepris une campagne de végétalisation importante : selon son plan climat, 32 ha d'espaces verts ainsi que 55 murs végétaux et 30 jardins partagés ont été créés, 100 000 arbres d'alignement plantés durant la première mandature de Bertrand Delanoë, de 2001 à 2008. En 2009, la capitale comptait près de 20 000 m² de toitures végétalisées et avait gagné 3 ha de végétal lors du réaménagement d'espaces publics, notamment autour du tramway des Maréchaux. Enfin, le PCET, approuvé en 2007, prévoyait d'installer 119 nouveaux murs végétaux, 90 sites étaient de plus à l'étude, et une dizaine de jardins partagés. En dehors de son domaine propre de compétence, la Mairie de Paris souhaite encourager les autres acteurs du territoire à végétaliser les espaces : elle a ainsi lancé un plan de végétalisation de tous les espaces potentiels sur 20 ans ainsi qu'un plan pluriannuel d'incitation. Cependant, on ne sait pas, dans les chiffres donnés, quelle est la part d'arbres simplement remplacés et de nouvelles plantations. De même, la conception des nouveaux parcs et jardins créés leur permet-elle réellement de lutter contre les ICU ? Les Jardins d'Eole, par exemple, font partie de ces nouveaux espaces verts, mais ce parc de 42 000 m² est finalement assez peu végétalisé en dehors de la pelouse. Conçu comme un grand espace ouvert le long des voies SNCF, les plantations sont peu présentes bien que cette impression puisse s'atténuer dans le temps lorsque les arbres, encore jeunes, auront poussé. On peut avancer le même constat en ce qui concerne les pelouses du tramway qui ont une fonction plus esthétique qu'écologique.

Le département des Hauts-de-Seine propose également une végétalisation des constructions et des infrastructures, pour un coût annuel de 100 000 euros, et de créer des plantations. Si l'on retrouve ces mesures dans tous les plans climat, celui du 92 précise que les plantations doivent être conçues « pour mailler le territoire de végétation », ce qui, comme dit précédemment, permettrait de lutter plus efficacement contre les îlots de chaleur urbains plutôt que la création de grands parcs périphériques (Boutefeu, Mairie de Paris, 2007). De plus, grâce à son échelle d'intervention plus importante, il a la possibilité de « développer les corridors écologiques pour maintenir les liaisons entre écosystèmes à l'échelle du département, pour faciliter l'adaptation au changement climatique et préserver la biodiversité » mais pour un coût prévu de 15 000 euros par an (Conseil général des Hauts-de-Seine, 2006), montant qui paraît dérisoire par rapport à l'ambition affichée.

Pour terminer, le PCET du département de Seine-Saint-Denis cible plus précisément son action. En effet, plutôt que de végétaliser « au hasard », le département préfère, tout d'abord, identifier les îlots de chaleur sur son territoire et en faire les lieux prioritaires des actions avec les bâtiments accueillant des publics fragiles (crèches, écoles, maisons de retraites, hôpitaux...).

Toutes ces propositions n'ont en elles-mêmes rien de révolutionnaire, cependant, la concentration des actions sur tel ou tel axe, les modalités de mise en œuvre ont, dans chaque cas, des atouts qu'il convient de mettre en exergue.

Tout d'abord, il est intéressant de diversifier au maximum les types de végétalisation : squares de quartiers, parcs urbains, plantations d'alignement, murs et toitures végétalisés... chaque mode de nature en ville présente un intérêt pour la lutte contre les ICU mais aussi sur d'autres aspects.

- Les plantations d'alignement permettent d'ombrager les parcours piétonniers et les façades d'immeuble ;

- Les espaces verts en ville sont également, notamment à Paris qui a un cruel déficit de mètres carrés d'espaces verts par habitant, des aménités très prisées. De même pour les jardins partagés qui ont de plus un rôle social et participent à la biodiversité de la ville ;
- Les toits et murs végétalisés quant à eux assurent le rafraîchissement de la ville grâce à la transpiration des plantes mais aussi grâce à l'isolation du bâti qu'ils procurent. Leurs valeurs esthétiques est également un atout aujourd'hui recherché ;
- Les corridors écologiques, enfin, permettent de végétaliser à une plus grande échelle.

L'idéal serait alors de réussir à combiner toutes ces offres de nature en ville. Cependant, il convient de rappeler que le rafraîchissement apporté par la végétation provient essentiellement de l'évapotranspiration, mis à part l'ombrage des arbres. La végétation doit donc être continûment bien alimentée en eau. Or, les périodes de canicule coïncident la plupart du temps avec des périodes de forte sécheresse : une végétation en état de stress hydrique n'évapore plus. C'est pourquoi murs végétaux et toitures végétalisées, à moins d'être arrosés à outrance, auront toujours une efficacité inférieure à des plantations en pleine terre. A défaut de pleine terre, les bacs pour les arbres plantés doivent être de taille suffisante (bien supérieure au m³). Pour ce qui concerne l'ombrage, un savoir-faire ancien qui distinguait des essences d'arbres à ombre chaude et des essences à ombre froide s'est quelque peu perdu et devrait être ré-exploré pour le confort des citadins.

L'organisation est, elle aussi, centrale : la concentration des moyens sur des espaces prioritaires permet d'agir rapidement et de manière efficace dans les lieux qui en ont le plus besoin et une gestion raisonnée des espaces végétalisés permet de ne pas annuler les effets bénéfiques des plantations par une mauvaise gestion de l'arrosage ou l'utilisation d'intrants chimiques. L'objectif de rafraîchissement par un couvert végétal irrigué peut être antinomique de l'objectif d'accueil d'une biodiversité naturelle en ville. En effet, ce dernier dépend d'une réduction forte de tous les intrants qui concourent à artificialiser encore plus le milieu urbain (engrais, pesticides... et eau), ce que les anglo-saxons nomment le « *xéri-scaping* ».

2.2. L'action sur le bâti

L'amélioration des performances énergétiques du bâti est, avec les déplacements, au centre des plans climat. Cependant, cette problématique est rarement rattachée aux questions d'adaptation, elle est généralement en lien avec les économies d'énergie et la diminution des émissions de gaz à effet de serre. Si les mesures envisagées ne concernent pas toutes l'adaptation de la ville aux ICU, certaines peuvent tout de même participer à leur réduction. Tous proposent de réduire les consommations énergétiques en améliorant l'isolation du bâti existant ou en intégrant dès la construction des critères d'éco-responsabilité. Cela peut se faire d'une part sur le patrimoine de la collectivité et d'autre part, sur un patrimoine privé.

Seuls les PCET de la Ville de Paris et des Hauts-de-Seine identifient des actions plus précises qu'une « rénovation thermique des bâtiments » pour le bâti déjà existant qui relève de leur domaine de compétence. Paris annonce ainsi qu'en 2020, 3 000 équipements publics auront été rénovés pour une baisse de 12 % des émissions de GES. L'isolation des bâtiments se fait généralement par l'extérieur. Du fait des contraintes architecturales pour agir sur les façades de nombreux bâtiments, la ville se concentre sur les façades sur cour, les murs pignons et les toitures. Les Hauts-de-Seine proposent notamment de mettre en place des « logiciels de suivi des consommations sur les bâtiments départementaux et les collèges » (Conseil général des Hauts-de-Seine, 2006).

Les mesures sur le bâti qui n'appartient pas directement à la collectivité sont par principe moins opérationnelles. Il s'agit, de manière générale, d'incitations qui passent par des aides financières, du conseil aux entreprises et aux particuliers, ou un contrôle des installations.

Ainsi, Nanterre a mis en place un Relais Infos Energie à destination du grand public, le Conseil Général de Seine-Saint-Denis souhaite développer un réseau de diagnostiqueurs et d'outils de diagnostic énergétique à partir d'espaces info-énergie ciblant les propriétaires occupants, les bailleurs sociaux et privés, les copropriétés et les entreprises. Le Département veut également mobiliser de nouvelles sources de financement pour isoler les logements existants, mais ne

donne pas d'indication quant à la provenance de ces ressources. Les Hauts-de-Seine tablent sur des bonifications des aides lorsque les rénovations, réhabilitations et petits travaux incluent des économies d'énergies.

Enfin, Paris a mis en place une étude en partenariat avec l'APUR afin de réaliser la thermographie de 500 façades représentatives des architectures parisiennes qui permettra d'identifier les points prioritaires d'intervention (apur.org). Il en ressort que les bâtiments datant d'avant 1850 (25 % des bâtiments parisiens) ont de bonnes performances thermiques qui ne nécessitent pas de grosses interventions d'isolation (remplacement des fenêtres par du double vitrage, isolation des combles ou amélioration des systèmes de chauffage). La majeure partie des constructions parisiennes date de 1851 à 1914 (49 %). Elles sont moins performantes mais l'APUR préconise une étude approfondie pour l'isolation des façades, notamment à cause du besoin de « respiration » de la pierre, et sans doute aussi à cause de considérations patrimoniales (façades à sculptures et modénatures). Les immeubles construits entre 1918 et 1939 représentent 9 % des constructions ; ce sont principalement des Habitations Bon Marché (HBM) construites sur l'emprise de l'ancienne enceinte fortifiée de Thiers le long du boulevard des Maréchaux. L'isolation y est assez mauvaise, de gros travaux sont à prévoir selon l'APUR pour isoler les façades et les parties communes. Les constructions d'après-guerre (5 % du bâti), entre 1945 et 1967, sont parmi les moins performantes thermiquement. Cependant, l'étude note qu'elles sont faciles à améliorer grâce à leur forme urbaine et leur méthode de construction : isolation par l'extérieur, isolation des toits, installation de systèmes de production d'énergies renouvelables, végétalisation. La transformation des bâtiments construits entre 1968 et 1974 pose plus de problèmes, notamment à cause des importantes surfaces vitrées de ces constructions. Les immeubles datant de la période 1975 (la première réglementation thermique est adoptée en 1974) – 1989, soit 4 % des bâtiments, ont amélioré leurs performances énergétiques par rapport aux années précédentes, leur permettant de revenir au niveau d'avant 1900. Cependant, certaines interventions sont aujourd'hui nécessaires, notamment car les matériaux isolants utilisés arrivent en fin de vie et ont besoin d'être remplacés. Pour terminer, les bâtiments construits après 1990 (5 % des bâtiments) semblent satisfaisants, cependant, il semble que l'amélioration de l'isolation ait du même coup réduit les possibilités de ventilation des bâtiments, les rendant peu supportables en été lors de fortes chaleurs, mais aussi plus pollués en ce qui concerne l'air intérieur. L'APUR propose alors l'installation de persiennes ou une végétalisation des murs et des toits. On retrouve ici des solutions qui peuvent entrer en contradiction par défaut d'approche globale : une isolation rendant un bâtiment trop hermétique obère les possibilités de ventilation naturelle.

Les enseignements tirés de cette étude seront la base de scénarii ciblant les interventions prioritaires pour que la ville atteigne ses objectifs de réhabilitation de 25 % des logements sociaux les plus énergivores d'ici 2020 et de 100 000 immeubles parisiens, principalement en copropriété, d'ici 2050. La municipalité prévoit ainsi de monter un partenariat avec le secteur bancaire pour qu'il propose des taux intéressants pour la réalisation des travaux, mais aussi avec la CCIP, la Région et l'Etat. La ville se base également sur la formation des entrepreneurs, l'information au public mais aussi sur le contrôle des installations de climatiseur, qui n'ont pas toujours fait l'objet d'une autorisation et sont souvent défectueux occasionnant des fuites et des déperditions. Elle manifeste enfin un intérêt pour le réseau de froid CLIMESPACE qui permettrait de rafraîchir autrement l'intérieur des bâtiments.

En ce qui concerne les constructions neuves, les PCET prônent tous la labellisation et la certification des constructions en HQE® (Haute qualité environnementale), HPE* (haute performance énergétique), « Habitat/Environnement »*, BBC. Ces démarches passent par des cahiers de recommandations environnementales qui s'imposent à la ville et sont distribués à tout pétitionnaire de permis de construire à Paris. Dans les Hauts-de-Seine, les constructions sous maîtrise d'ouvrage du Conseil Général devraient être certifiées HQE®, ou mettre en œuvre une démarche environnementale, notamment sur l'eau et l'énergie. Le département étudie également la faisabilité d'un bâtiment administratif « zéro émissions » voire à énergie positive.

3. Une prise en compte qui doit être renforcée

Force est de constater que l'adaptation aux ICU est encore insuffisamment prise en compte dans les plans climat. Le PCET de Nanterre n'emploie pas une seule fois le mot. Le département des Hauts-de-Seine l'érige au rang de ses priorités dans la liste de ses objectifs mais n'y consacre finalement pas de partie spécifique : sa nécessité est constatée mais ne trouve pas réellement d'écho dans le reste du document. Les PCET du département de Seine-Saint-Denis et de Paris sont un peu plus poussés en matière d'adaptation. Le premier en fait un de ses onze axes stratégiques : « Adapter les constructions aux changements climatiques », le deuxième en fait un secteur d'intervention à part entière, au même titre que le bâtiment et les transports, dans une partie dédiée : « Une stratégie d'adaptation du territoire de Paris au changement climatique ». Pour ce qui est des îlots de chaleurs urbains, ils sont encore insuffisamment présents dans les propos.

Les risques sont l'entrée principale par laquelle les PCET abordent l'adaptation et les îlots de chaleur urbains : risques sanitaires par rapport à la canicule, mais aussi risques d'inondations pour l'adaptation en général en Seine-Saint-Denis. Notons l'allusion à la pollution atmosphérique dans le PCET de Paris qui la relie au Plan canicule et aux ICU : « Les études ont aussi révélé que la surmortalité perdurait bien après la fin des épisodes de températures élevées du fait de l'affaiblissement des organismes et qu'elle était à hauteur de 30 % due à la pollution atmosphérique, elle-même renforcée par la canicule » (Mairie de Paris, 2007). C'est la seule fois où le caractère systémique des ICU est mis en avant et corrélé avec les problèmes de pollutions dans un document qui n'est pas à visée scientifique.

Nous avons mis en exergue précédemment la possible contradiction entre une mesure d'atténuation des causes du changement climatique, la densification urbaine, et l'adaptation aux ICU. Les plans climat devraient être les premiers instruments de la régulation entre ces deux orientations car ils traitent à la fois de la réduction des déplacements domicile-travail et de la réduction des températures urbaines. Or, il apparaît que la question n'est jamais posée. Les PCET qui abordent les ICU, prônent la densification de leur territoire en même temps que la réduction des ICU dus à la forme urbaine. Ainsi le Plan climat de Paris souhaite modifier son PLU pour atteindre ses objectifs de réduction de GES avec comme mesure, entre autres, « la densification du cœur d'agglomération » : « En accord avec les objectifs du SDRIF, la Ville de Paris favorisera des aménagements denses dans le cadre des projets qu'elle engage ou auxquels elle est associée afin de lutter contre l'étalement urbain, limiter l'empreinte écologique de l'agglomération et limiter l'usage de la voiture » mais relève plus loin le problème des « microclimats engendrés par la densité urbaine » (Mairie de Paris, 2007).

Cette contradiction s'explique peut-être par les solutions que proposent les PCET. En effet, elles se concentrent sur le végétal et particulièrement sur la végétalisation des bâtiments et des espaces publics existants. Il n'est pas question de modifier la forme urbaine, ce qui peut se comprendre pour des territoires déjà densément peuplés qui ne peuvent modifier aisément leur structure bâtie. Les territoires semblent tabler sur la compensation des effets de la densification par l'introduction de végétation en ville et d'une amélioration de l'isolation des bâtiments. Des études techniques devraient peut-être être menées afin d'estimer le potentiel de rafraîchissement par la végétation par rapport à l'augmentation de chaleur que provoquerait une densification. Evidemment, une telle étude ne pourrait être menée que lorsque les mesures des PCET seront approfondies car, comme nous l'avons vu, les plans d'actions et les moyens de mise en œuvre sont encore peu exposés pour une majorité de plans climat.

Il y a clairement un effacement de la problématique adaptation au profit de l'atténuation dans les PCET que nous avons étudiés. C'est d'ailleurs clairement affiché dans le plan parisien qui débute sa partie adaptation par « [il est nécessaire de suivre] une stratégie d'atténuation de nos émissions qui constitue le corps central du Plan Climat (qui a été discutée aux points précédents) et une stratégie d'adaptation de notre société au changement climatique » (Mairie de Paris, 2007). Il est vrai que les stratégies d'atténuation sont plus claires que celles d'adaptation qui requièrent une étude plus fine des caractéristiques et des possibilités du territoire qu'un simple Bilan Carbone®. Ce dernier, donnée technique, quantifiée et simple de compréhension, oriente naturellement les politiques vers l'atténuation, particulièrement vers les transports qui focalisent

souvent l'attention. On comprend alors que la densification reste parmi les mesures phares des plans climat puisque c'est l'un des moyens les plus efficaces pour réduire les déplacements. Le Bilan Carbone® est un outil important et intéressant pour réussir à établir des politiques en faveur du climat, cependant, en ce qui concerne la problématique de l'adaptation et des îlots de chaleur urbains, on peut regretter qu'il accapare l'attention au profit de l'atténuation et qu'il n'existe pas d'outil similaire pour évaluer les besoins d'adaptation.

Conclusions et perspectives

Les problématiques liées à l'adaptation des villes aux changements climatique et aux îlots de chaleur urbains sont encore faiblement prises en compte en France, notamment en matière d'aménagement. On relève plusieurs raisons à cela :

- Tout d'abord, la nouveauté de la thématique dans le champ de la recherche et des politiques publiques : les études sur les ICU, les risques qui leur sont liés et leur rapport avec l'aménagement apparaissent dans la deuxième moitié des années 2000, après la canicule de 2003, il faut sinon remonter au milieu des années 1990 pour retrouver le sujet dans des études aujourd'hui quelques peu datées. De même pour les politiques publiques qui ont réagi à la canicule dès 2004 avec le Plan Canicule mais qui peinent encore à réellement mettre en place des solutions d'aménagement pour résoudre le problème à sa source.
- Conséquence de cette nouveauté, on manque d'études contextuelles sur les ICU. Une des grandes caractéristiques des îlots de chaleur est d'être spécifique à une ville : il dépend du relief, des activités, du climat local... on ne peut donc pas appliquer des solutions « toutes faites » à toutes les villes qui souffrent des ICU, il faut des études précises et spécifiques qui prennent en compte les caractéristiques des territoires mais aussi leurs possibilités d'adaptation qui peuvent être très variables selon les contextes urbains.
- L'aspect spécifique et territorial des ICU pose alors le problème de l'échelle d'intervention. Quel niveau de territoire est le plus à même de prendre en charge la réduction de l'îlot de chaleur ? En réalité, il n'existe pas de niveau d'échelle idéal puisque les ICU relèvent de plusieurs échelles : bâtiments, rues, quartiers, agglomérations... Il semble que les collectivités ont du mal à bien définir leur place dans les politiques d'adaptation. L'inclusion des PCET dans les SRCAE est alors sensée permettre une meilleure coordination des politiques climatiques entre les différents niveaux stratégiques.
- Enfin, de manière plus générale, la faible considération des îlots de chaleur urbains n'est qu'un aspect du manque de prise de conscience des nécessités d'adaptation au changement climatique par rapport aux besoins d'atténuation. On en revient encore une fois au caractère territorial de l'adaptation qui nécessite des mesures beaucoup plus réfléchies que celles d'atténuation qui sont valables et applicables de manière globale (réduction des émissions de gaz à effet de serre). Contrairement à l'adaptation, l'atténuation peut être évaluée uniquement sur un plan technique grâce à des outils comme le Bilan Carbone® ; l'adaptation doit quant à elle faire l'objet d'approches beaucoup plus pluridisciplinaires, qui méritent d'être davantage développées en France.

Vers une coopération avec l'étranger pour partager les « bonnes pratiques »

Si les politiques d'adaptation sont encore peu développées en France, certains pays étrangers semblent avoir une réflexion plus avancée sur le sujet. Ainsi, en Grande-Bretagne, le Grand Londres a mis en place en 2010 un *Plan stratégique d'adaptation au changement climatique* (GLA, 2010) qui se penche notamment sur les risques de canicules et les îlots de chaleur urbains. De même, Montréal développe une politique de verdissement pour lutter contre les ICU (Centre régional de l'environnement de Montréal, 2007). Stuttgart, quant à elle, a mis en place depuis 1977 un *guide climatique pour le développement urbain* (Baumüller et al., 2007) à l'usage des politiques pour une meilleure prise en compte du climat urbain dans la planification (cf. Annexe 14).

Des initiatives existent donc à l'étranger, si elles nécessitent - comme toute mesure prise - une évaluation de leur efficacité, des retours d'expériences de la part de ces pays permettraient d'enrichir les réflexions françaises et franciliennes. Une coopération internationale, des échanges d'idées, seraient alors un bon moyen de faire progresser tant la recherche scientifique qui s'oriente vers des préconisations d'aménagement que les politiques publiques.

C'est vers cela que s'oriente déjà la Région Île-de-France en participant au programme *C-Change*, lancé en septembre 2009 à Londres, auquel participent sept métropoles européennes : Londres, la Sarre en Allemagne, Frankfort, Luxembourg, Amsterdam, la province

de Gueldre aux Pays-Bas et l'Île-de-France. Ce programme prévoit notamment dans ses axes d'action un volet adaptation qui pourrait à terme satisfaire cette nécessité d'échange de « bonnes pratiques ».

Le programme AMICA¹⁸ développe une approche similaire en réunissant également de grandes villes européennes et des chercheurs (Dresde en Allemagne, Académie de Haute Autriche pour l'environnement et la nature, Alliance du climat des Pays-Bas, Villeurbanne en Rhône-Alpes, Alliance du Climat d'Italie, province de Ferrara en Italie, Venise, Alliance du Climat d'Autriche, Stuttgart, le Grand Lyon et les Agences d'urbanisme et de l'énergie de Lyon).

Orientations futures

Si les programmes d'échanges européens et internationaux sont un atout majeur pour une meilleure prise en compte des nécessités d'adaptation aux changements climatiques et aux îlots de chaleur urbains, les collectivités françaises, et particulièrement, en tant que constitutives de la première métropole française, les collectivités franciliennes, la Région en tête, doivent accentuer leurs efforts en développant leurs connaissances des spécificités de leur territoire en matière de climat et d'îlot de chaleur :

- Quelle est leur situation climatique aujourd'hui, et quelle évolution probable demain ? Les questions essentielles de ressource en eau et de gestion de l'eau dans la ville (perméabilisation des sols, évaporation et évapotranspiration, récupération des eaux de pluie et alimentation des végétaux...) sont notamment à mettre au premier rang des éléments à considérer par rapport à la problématique d'ICU.
- Quelle est l'importance de l'îlot de chaleur urbain ? Et ce, à plusieurs échelles : de l'agglomération dans ses contrastes thermiques observables entre le cœur dense urbain et les zones rurales, et au cœur des îlots urbains.
- A quels risques – sanitaires (avec facteur d'aggravation par la pollution de l'air), sociaux, environnementaux... - les collectivités territoriales font-elles face ? Quels sont les enjeux précis en termes de population (populations à risque, âgées et isolées, à précarité énergétique...) ?
- Y-a-t-il des risques de « contre-indications » qui sont spécifiques aux ICU dans l'aménagement et l'urbanisme (exemple de l'impossibilité relevée dans le projet NQU Claude Bernard - MacDonald d'employer la ventilation naturelle dans les bâtiments à cause de la proximité du boulevard périphérique et des voies ferrées) ? Y-a-t-il des risques de « maladaptation », de fausse solution, lorsque se définissent des mesures pour atténuer l'importance ou l'effet des ICU ? Prôner une solution unique et systématique pose le plus souvent question (exemple type de la toiture végétalisée pour rafraîchir la ville, sans tenir compte de l'efficacité du rafraîchissement apporté, de l'alimentation en eau et du comportement des végétaux par rapport au risque accru demain de stress hydrique pour la végétation en ville).

Le projet EPICEA de la Ville de Paris qui utilise à la fois les moyens de modélisation de Météo France, les données de l'APUR sur le couvert urbain parisien et les connaissances du CSTB quant à l'intégration des enjeux du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville (Desplat, 2009) nous permet d'envisager les bénéfices d'une première caractérisation de l'îlot de chaleur parisien.

Les premiers résultats, qui ont également servi à l'architecte Yves Lion pour son projet lors de la consultation sur le Grand Paris, permettent d'entrevoir de réelles possibilités d'exploration de recommandations d'aménagement propres à la problématique d'ICU. Le Groupe Descartes du Grand Paris propose ainsi deux scénarii : un scénario « végétalisé » (extension du couvert forestier en Île-de-France) et un scénario « réfléchissant » (modification des surfaces pour les rendre moins absorbantes en termes de chaleur) (Descartes, 2009). Si les résultats donnés par les modélisations sont loin d'être garantis, c'est vers ce type de recherche que doivent s'orienter les collectivités afin de trouver les solutions de réductions des ICU les plus adaptées à leur contexte local.

¹⁸ *Adaptation and Mitigation an Integrated Climate Policy Approach / Adaptation et atténuation, une approche intégrée des politiques climatiques*

Annexes

Annexe 1 : Coefficient d'absorption solaire de différents matériaux	53
Annexe 2 : Tableau synthétique des projets NQU lauréats	54
Annexe 3 : Extrait de la <i>révision du dispositif d'octroi d'aides financières de l'agence des espaces verts à l'acquisition et l'aménagement d'espaces verts, de forêts ou de promenades par des collectivités publiques ou des associations concourant au système régional des espaces ouverts</i>	55
Annexe 4 : Plan d'aménagement du projet NQU Claude Bernard – MacDonald (Paris, XIX^e arr.)	56
Annexe 5 : Plan d'aménagement NQU Clichy - Batignolles (Paris, XVII^e arr.)	57
Annexe 6 : Plan d'aménagement NQU Anatole France (Chevilly-Larue, 94).....	58
Annexe 7 : Plan d'aménagement NQU M'Montreuil (93).....	59
Annexe 8 : Plan d'aménagement NQU Les Docks de Saint-Ouen (93)	59
Annexe 9: Tableau synthétique des Plans Climat-Energie Territoriaux d'Île-de-F. (Août 2010) ..	61
Annexe 10 : Analyse du Plan Climat du département de Seine-Saint-Denis	62
Annexe 11 : Analyse du Plan Climat du département des Hauts-de-Seine.....	63
Annexe 12 : Analyse du Plan Climat de la Mairie de Paris.....	64
Annexe 13 : Analyse du Plan Climat de la Ville de Nanterre.....	65
Annexe 14 : Une comparaison entre les PCET français étudiés et des documents stratégiques d'urbanisme étrangers, des sensibilités perceptiblement différentes	66

Annexe 1: Coefficient d'absorption solaire de différents matériaux

Les chiffres indiquent l'indice de rayonnement solaire incident absorbé

Briques	
Vernissée, blanche	0.26
Vernissée, ivoire à crème	0.35
Ordinaire, rouge clair	0.55
Ordinaire, rouge	0.66
Extrudée ou filée rouge	0.52
Pourpre marbré	0.77
bleue	0.89
Calcaire	
Clair	0.35
sombre	0.50
Grès	
Beige	0.54
Gris clair	0.62
rouge	0.73
Marbre	
Blanc	0.44
sombre	0.56
Granit	
Rougeâtre	0.55
Métaux	
Acier émaillé blanc	0.45
Acier émaillé vert	0.76
Acier émaillé rouge sombre	0.81
Acier émaillé bleu	0.80
Acier galvanisé neuf	0.64
très sale	0.92
blanc propre	0.22
Cuivre poli	0.18
terni	0.64
Plomb en feuille vieilli	0.79
Peintures	
Aluminium	0.54
Cellulosique blanc	0.18
Jaune	0.33
Orange	0.41
Rouge vif	0.44
Rouge sombre	0.57
Brun	0.79
Gris	0.75
Vert brillant	0.79
Vert clair	0.50
Vert sombre	0.88
Bleu foncé	0.91
Noir	0.94
Matériaux de couverture	
Amiante-ciment blanc	0.42
Exposé à l'extérieur depuis 6 mois	0.61
Après 12 mois d'exposition	0.71
Après 6 ans d'exposition, très sale	0.63
Amiante-ciment rouge	0.69

Couverture d'asphalte neuve	0.91
Vieillie	0.62
Etanchéité en feuilles bitumées brun	0.67
Vert	0.66
Feutre bitumé	0.68
Feutre bitumé avec surface aluminisée	0.40
Ardoise gris argenté	0.79
Gris bleu	0.67
Gris verdâtre grossière	0.63
Gris foncé lisse	0.89
Gris foncé grossière	0.80
Papier goudronné noir	0.93
Tuile mécanique en terre cuite rouge	0.64
Pourpre foncé	0.61
Tuile moulée à la main en terre cuite rouge	0.60
Brun-rouge	0.69
Tuile en ciment sans colorant	0.65
Brun	0.85
noir	0.91
Sols extérieurs	
Revêtement d'asphalte ou de goudron	0.93
Sol nu	0.75
Herbe verte après la pluie	0.67
Herbe haute et sèche	0.87 – 0.89
Glace avec rares zones enneigées	0.31
Feuille de chêne	0.71 – 0.78
Sable sec	0.82
Humide	0.91
Parsemé de blanc	0.45
Neige poudreuse fraîche	0.13
Glacée, granuleuse	0.33
eau	0.94
Matériaux divers	
Aluminium poli	0.15
Béton	0.80
Cuivre poli	0.25
Plâtre blanc	0.07
Argent poli	0.07
Bois de pin	0.60
Pour les matériaux qui ne seraient pas mentionnés ci-dessus, une valeur approchée de leur coefficient d'absorption peut être déterminée avec le guide couleur suivant :	
Pour des surfaces lisses unies	
Blanc	0.25 à 0.40
Gris au gris foncé	0.40 à 0.50
Vert, rouge, brun	0.50 à 0.70
Brun au bleu foncé	0.70 à 0.80
Bleu foncé au noir	0.80 à 0.90

Source : audience.cerma.archi.fr d'après (Guide solaire de l'énergie passive, Mazria, 1981)

Annexe 2 : Tableau synthétique des projets NQU lauréats

	Porteur du projet	Périmètre du projet (ha)
NQU 1	Appel a projet d'octobre 2008 a janvier 2009 – Lauréats en août 2009	
« Eco-quartier Foch – Roosevelt »	Meaux (77)	80
« Cœur de ville »	Trilport (77)	7,5
« Rénovation urbaine de la Porte de Saint-Germain »	Argenteuil (95)	12,5
« Île-Saint-Denis quartier fluvial »	Communauté d'agglomération Plaine Commune (93)	22
« Clause Bois-Badeau »	Brétigny (91)	42
« Les Docks de Ris »	Communauté d'agglomération Evry Centre Essonne (91)	18
« Quartier Gare de Pantin, pour un lieu d'innovation de l'écologie moderne »	Pantin (93)	35
« Gare Confluence Saint-Denis »	Communauté d'agglomération Plaine Commune (93)	65
« Docks de Saint-Ouen »	Saint-Ouen (93)	100
NQU2	Appel a projet de mai a août 2009 – Lauréats en juillet 2010	
« Une nouvelle centralité à Carrières-sous-Poissy »	Carrières-sous-Poissy (78)	55
« Quartier durable ZAC Bossut »	Communauté d'agglomération de Cergy-Pontoise (95)	24
« La Marine »	Colombes (92)	6,7
« Cœur urbain de Marne et Gondoire »	Communauté d'agglomération de Marne et Gondoire (77)	51,9
« Quartier durable du lycée Camille Claudel »	Communauté d'agglomération du Plateau de Saclay (91)	22
« Quartier Anatole France – Les Meuniers »	Chevilly-Larue (94)	6
« M'Montreuil »	Montreuil (93)	160
« Clichy – Batignolles »	Paris (XVII ^e arr.)	50
« Quartier Claude Bernard – MacDonald »	Paris (XIX ^e arr.)	41,5

Annexe 3 : Extrait de la révision du dispositif d'octroi d'aides financières de l'agence des espaces verts à l'acquisition et l'aménagement d'espaces verts, de forêts ou de promenades par des collectivités publiques ou des associations concourant au système régional des espaces ouverts

ANNEXE 1 : TYPES D'OPERATIONS ELIGIBLES

Sont éligibles les types d'opérations suivantes :

- jardins de proximité,
- parcs,
- espaces naturels ou forestiers*,
- terrain ou exploitation dont la destination agricole sera garantie à long terme par des modalités juridiques et contractuelles spécifiques (qui seront précisées dans le cadre d'une convention type dédiée), pour l'acquisition seulement, au sein du périmètre défini dans le programme régional 2008-2013 en faveur de l'agriculture périurbaine** (voir p. 46 du dit programme),
- coulées vertes :
 - non éligibles aux « contrats de réseaux verts » du Conseil régional,
 - et desservant une forêt publique, un grand parc public ou une base régionale de loisirs,(une coulée verte est définie, dans le présent dispositif, comme un espace planté destiné à la promenade par mode doux (accessible aux piétons et cycles) et s'apparentant à un parc linéaire),
- jardins familiaux***:
 - la surface des lots individuels étant comprise entre 120 m² et 250 m²,
 - et une partie du site étant accessible au public (à minima par une allée publique traversante),
- jardins partagés ou collectifs*** pérennes,
- jardins pédagogiques***,
- jardins d'insertion,
- plans pluriannuels**** de plantation d'arbres (alignement et patrimoine arboré de la collectivité) s'inscrivant dans un schéma général des plantations de la collectivité :
 - dans les communes sujettes au phénomène d'« îlot de chaleur urbain»***** et pouvant mettre en place, notamment par des plantations d'alignement, les conditions de continuités végétales en site urbain contraint, (c'est-à-dire dans les 118 communes relevant du cœur d'agglomération représenté dans la carte ci-annexée des « grandes entités géographiques » du projet de SDRIF adopté le 25 septembre 2008),
 - ou en lien avec un front urbain,
 - ou le long de berges de cours d'eau,
- extension de l'emprise d'un espace vert existant (la surface cumulée étant supérieure à la surface éligible énoncée en annexes 2 et 3) ; la partie initialement aménagée peut être prise en considération dans le cadre d'un projet de réhabilitation (voir « éligibilité sous conditions »).

* : pour une forêt, le demandeur s'engage à mettre en place une certification (au minimum PEFC) dans un délai d'un an

** : c'est-à-dire le cœur d'agglomération et l'agglomération centrale, les périmètres des territoires d'intérêt régional et national (OIN, emprise des villes nouvelles et territoires associés) et la ceinture verte

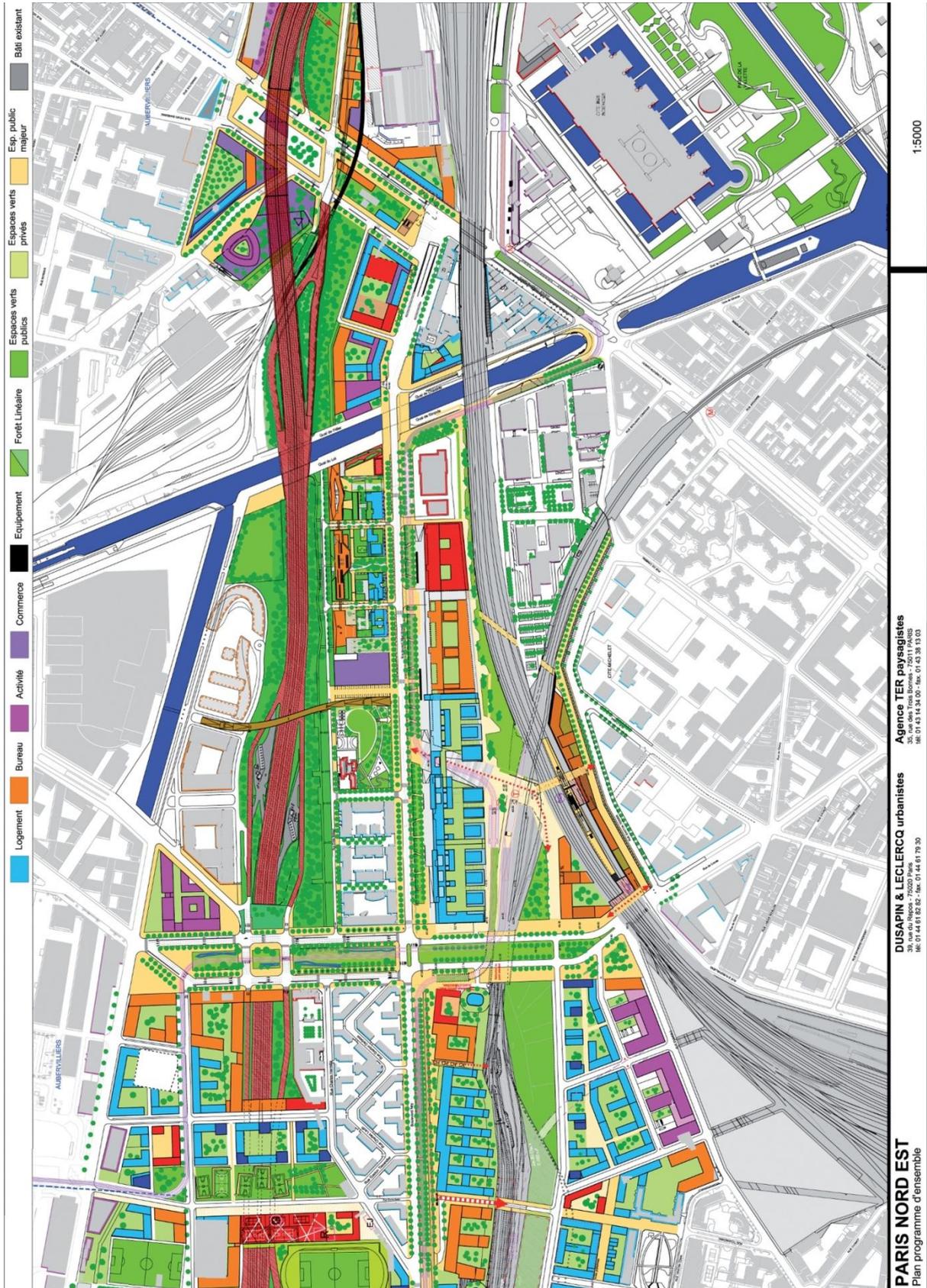
*** : pour ces jardins, une partie des lots ou de la surface doit pouvoir être jardinée par une personne en fauteuil roulant

**** : cinq ans souhaitables ; une étude du patrimoine arboré du secteur dans lequel s'inscrit le projet est demandée et peut être prise en compte financièrement dans le cadre de la première tranche de travaux; elle comporte trois volets : phytosanitaire, paysager et biodiversité

***** : la cartographie des zones sujettes au phénomène d'îlots de chaleur pourra être précisée ou complétée

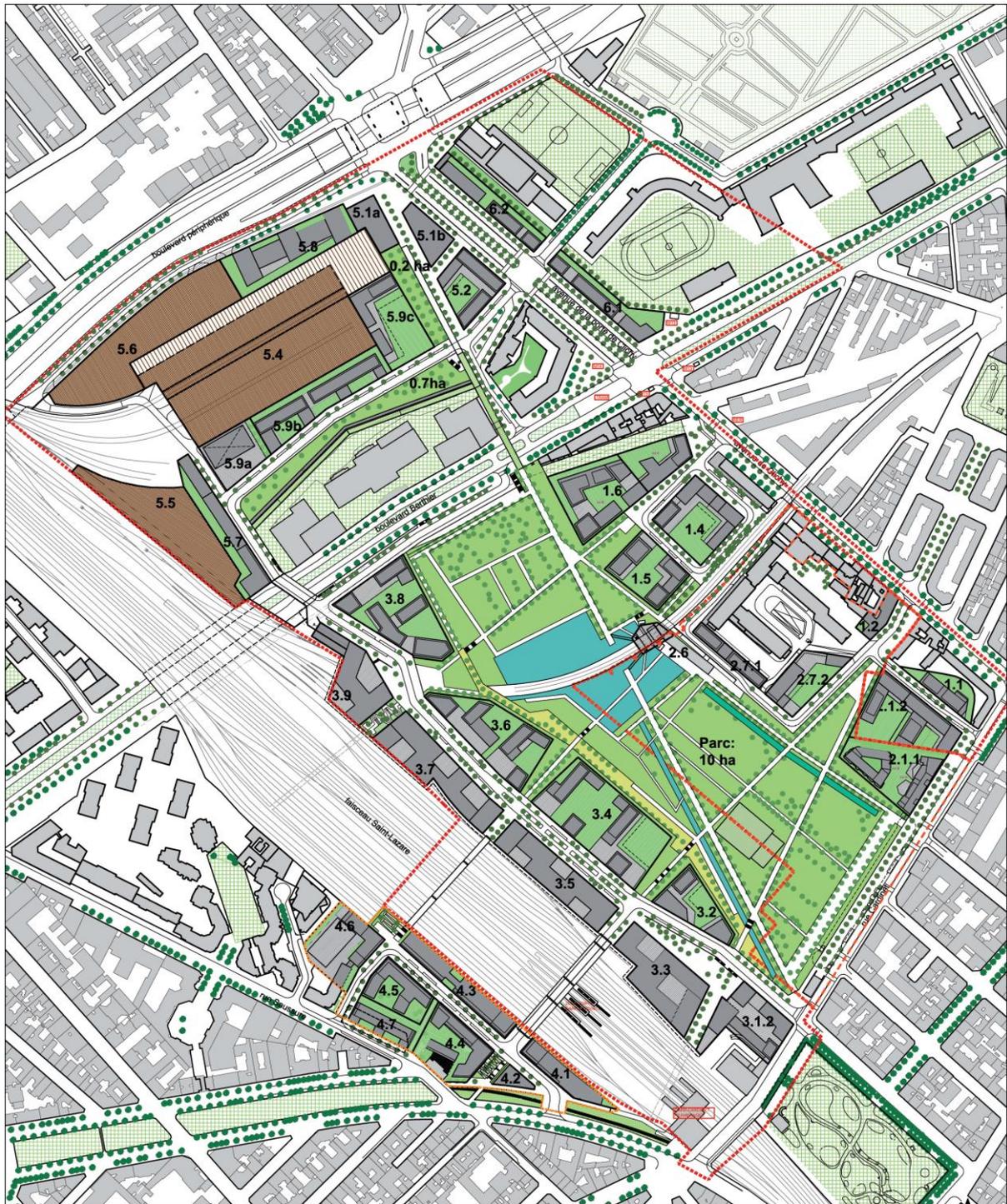
Annexe 4 : Plan d'aménagement du projet NQU Claude Bernard – MacDonald (Paris, XIX^e arr.)

Source : Ville de Paris, 2009a



Annexe 5 : Plan d'aménagement NQU Clichy - Batignolles (Paris, XVII^e arr.)

Source : Mairie de Paris, 2009b



Légende

bâtiment existant	espace vert existant
bâtiment projeté	espace vert projeté
périmètre ZAC Cardinet-Chalabre	périmètre secteur Saussure
périmètre ZAC Clichy-Batignolles	

Clichy-Batignolles

plan masse indicatif projet à long terme

éch.: 1/5 000 - indice 19T
18 juin 2009
François Grether - Jacqueline Osty - OGI
FG_BAT_IND19T_LT_2009_06_17.DWG

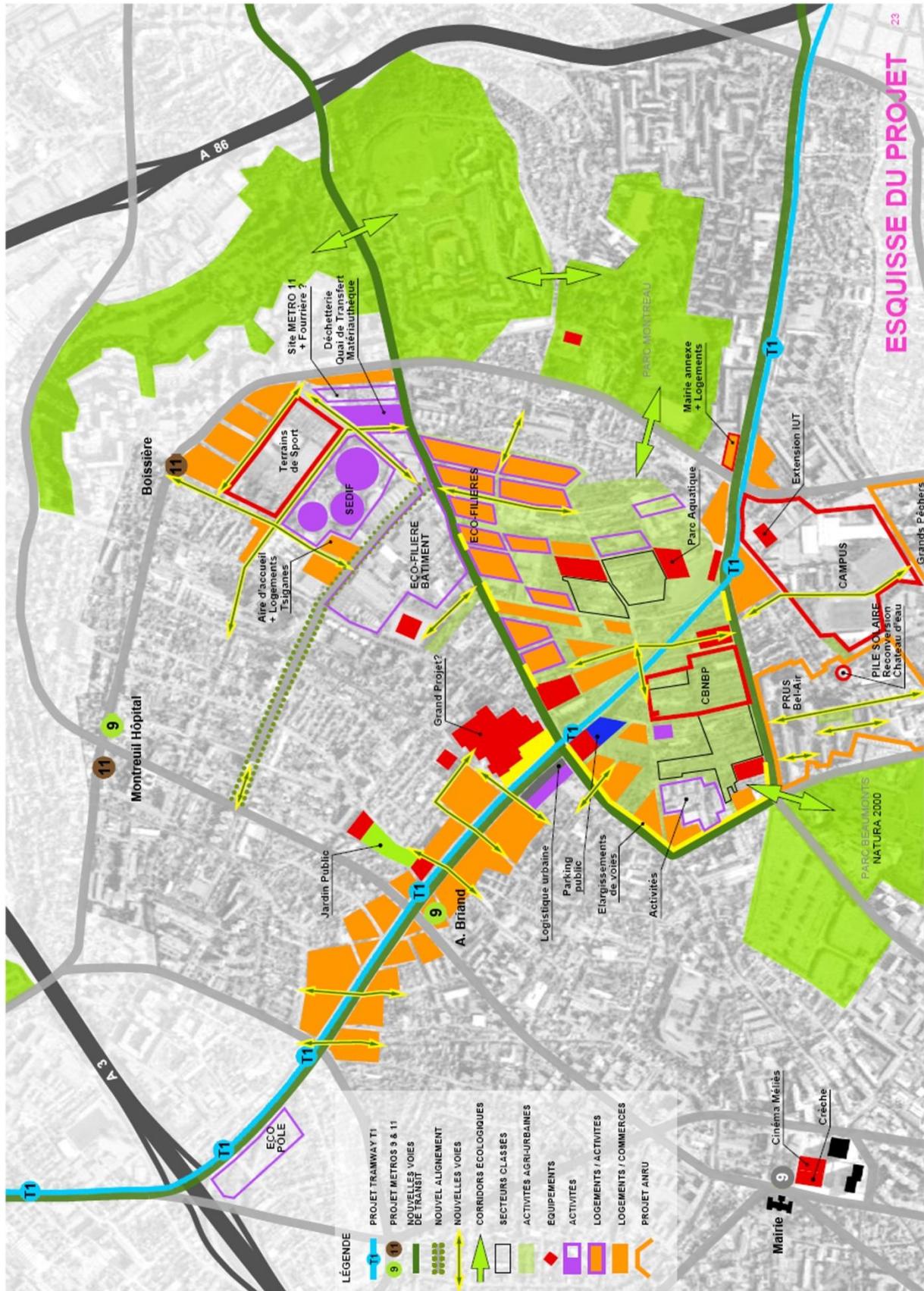
Annexe 6 : Plan d'aménagement NQU Anatole France (Chevilly-Larue, 94)

Source : Ville de Chevilly-Larue, 2009



Annexe 7 : Plan d'aménagement NQU M'Montreuil (93)

Source : Ville de Montreuil, 2009



Annexe 8 : Plan d'aménagement NQU Les Docks de Saint-Ouen (93)

Source : Ville de Saint-Ouen, 2009



Annexe 9: Tableau synthétique des Plans Climat-Energie Territoriaux d'Île-de-France (Août 2010)

Territoire	Population	Superficie (km²)	Commune(s)	Date lancement	Éléments de diagnostic	Adoption
PCET de la Ville de Paris (75)	2 215 197	105	1	sept-2006	oui	oct-2007
PCET du Conseil général de Seine-et-Marne (77)	1 294 762	5 915	514	déc-2008	oui	non (sept-2010)
PCET de l'OIN Seine Aval (78)	370 000	398	51	?	non	non
PCET du Conseil général de l'Essonne (91)	1 198 000	1 804	196	déc-2007	oui	non
PCET de la Communauté d'agglomération du plateau de Saclay (91)	100 000	710	10	avr-2009	oui	non
PCET de la Ville de Plessis-Robinson (92)	23 342	4	1	?	non	non
PCET du Conseil Général des Hauts-de-Seine (92)	1 532 000	176	36	?	oui	oui
PCET de la Ville de Nanterre (92)	88 875	12	1	?	oui	oui
PCET du Conseil Général de la Seine-Saint-Denis (93)	1 500 000	250	40	nov-2007	oui	oui
PCET de la Ville de Montreuil (93)	102 400	9	1	juil-2009	oui	non
PCET de la Communauté d'agglomération Plaine Commune (93)	330 000	43	8	oct-2007	oui	mars-2010
PCET de la Ville de Saint-Ouen (93)	42 950	4	1	?	non	non
PCET de la ville d'Ivry-sur-Seine (94)	55 608	6	1	nov-2008	oui	non
PCET de l'Établissement public d'aménagement Orly-Rungis-Seine Amont (EPA ORSA) (94)	335 000	71	12	?	non	non
PCET du Conseil général du Val-de-Marne (94)	1 298 340	245	47	mars-2009	oui	non
PCET du Parc Naturel Régional du Vexin français (95 – 78)	86 000	657	94	?	non	non
SAN SENART (77)	?	?	?	?	?	non
Fontainebleau (Stratégie Post-Carbone) (77)	?	?	1	?	?	non
Commune de Palaiseau (91)	?	?	1	?	?	non
PNR du Gâtinais français (91)	63567	635	57	?	?	non
PNR de la Haute Vallée de Chevreuse (78)	47400	250	21	?	?	non
PNR Oise Pays de France (60)	?	?	15			
Région Île-de-France	11 500 000	12 012	1 281	oct-09	oui	non
PCET de la Ville de Villepinte (93)	35 400	10	1	2011	non	non

22 PCET identifiés (en voie d'être lancés, en cours, ou adoptés)	1	Région
	6	Départements + Ville de Paris
	2	Parcs Naturels Régionaux
	2	Communautés d'agglomérations
	2	Etablissements publics
	8	Communes
	1	Autre
12 PCET ayant réalisé tout ou partie de leur diagnostic	1	Région
	6	Départements + Ville de Paris
	0	Parcs Naturels Régionaux
	2	Communautés d'agglomérations
	0	Etablissement public
	3	Commune
	0	Autre
5 PCET ayant été adoptés	0	Région
Conseils généraux du 92 et du 93 / Ville de Paris	3	Département + Ville de Paris
	0	Parcs Naturels Régionaux
Communauté d'agglomération Plaine Commune	1	Communautés d'agglomérations
	0	Etablissement public
Ville de Nanterre	1	Commune
	0	Autre

Annexe 10 : Analyse du Plan Climat du département de Seine-Saint-Denis

Plan Energie Climat, Les enjeux et axes stratégiques pour la Seine-Saint-Denis

Date de lancement : Décision de lancement le 2 octobre 2007 par l'Assemblée départementale. Le plan climat est inscrit dans l'Agenda 21 du département. Le programme d'action est prévu pour 2010.

Méthodologie : Diagnostic climat territorial en utilisant le Bilan carbone territoire® de l'ADEME et concertation avec les acteurs économiques, associatifs, institutionnels et les collectivités. Ces acteurs ont été réunis en groupes de travail thématiques (mobilité, bâti et consommation) qui ont dégagé des pistes d'actions. Parallèlement, une journée de concertation avec les habitants a été organisée avec 50 citoyens sur les mêmes thèmes.

Objectifs : Facteur 4 pour 2050 et - 20 % de gaz à effet de serre entre 2005 et 2020. Les objectifs ne sont pas clairement établis à la différence des autres PCET qui adoptent une démarche très volontariste et communicationnelle.

Adaptation ou atténuation ? Quelle place pour les ICU ? Parmi les 11 axes stratégiques d'action retenus par le PCET un seul est consacré à l'adaptation : « Adapter les constructions aux changements climatiques ». Les îlots de chaleur n'apparaissent que dans cette partie.

Comment ces questions sont-elles abordées ? La question de l'adaptation et des îlots de chaleur abordée sous l'angle des risques de canicule et d'inondations qui peuvent avoir des conséquences sanitaires, géologiques (mouvements de terrains) et hydriques (sécheresse, gestion des ressources en eau).

Solutions apportées :

- Identification des îlots de chaleur
- Végétalisation des espaces publics, des bâtiments, des infrastructures... pour ombrager et refroidir localement. Les ICU et les bâtiments accueillant des publics fragiles (crèches, écoles, maisons de retraites, hôpitaux) sont jugés prioritaires.
- Optimisation de la ventilation et de la production de froid autre que les climatiseurs : mener une étude d'opportunité pour les constructions neuves.

Orientations des solutions : La question de l'adaptation et des îlots de chaleur est principalement abordée sous l'angle de l'adaptation du bâti. On la retrouve tout de même un peu de façon indirecte dans la question des modes de vie et des comportements. Les quelques solutions proposées concernent à la fois les constructions neuves (économiques en énergies et alternatives à la climatisation) et les constructions existantes (végétalisation). Cependant, aucune précision n'est avancée quant à une programmation budgétaire ou temporelle.

Gouvernance et moyens de mise en œuvre / Budget : Le Plan Climat de Seine-Saint-Denis n'en est qu'à la définition des enjeux du territoire, son plan d'action reste à définir clairement en ciblant les mesures à mettre en place, évaluant les budgets etc. Les dispositifs quant à sa mise en œuvre sont encore flous : réseau, charte, club... et les budgets seront définis par la suite.

Annexe 11 : Analyse du Plan Climat du département des Hauts-de-Seine

Lutter contre le changement climatique

Date de lancement : Avant-projet approuvé le 22 novembre 2006 par l'Assemblée départementale. Le PCET fait partie de l'Agenda 21 local du département.

Méthodologie : Etablissement du programme Climat de l'Agenda 21 à partir de réunions de Commissions de travail (bâtiments et énergies renouvelables, transports et aménagement du territoire) qui accueillent les services du Conseil général et des experts. Les stratégies se déclinent sur deux échelles : celle du domaine de compétence propre du département et celle de l'incitation des autres acteurs.

Objectifs : Facteur 4 pour 2050 – Réduction de 10 % des émissions de GES sur la période 2007-2010, améliorer la qualité de l'air, s'adapter aux conséquences du changement climatique.

Adaptation ou atténuation ? Quelle place pour les ICU ? L'adaptation est érigée en objectif du PCET, cependant, il n'y a pas d'axe stratégique qui lui soit spécialement dévolu. Les ICU quant à eux ne sont jamais cités.

Comment ces questions sont-elles abordées ? Le département fait le constat que les actions entreprises aujourd'hui pour atténuer le changement climatique ne parviendront pas à le supprimer, il faut donc s'adapter.

Solutions apportées :

- Favoriser la plantation de végétaux pour développer les zones d'ombres, capter le CO₂ et limiter le ruissellement
- Développer les corridors écologiques pour faciliter l'adaptation et préserver la biodiversité
- Réduire les consommations d'eau et d'énergie, limiter l'utilisation des intrants chimiques afin d'adapter les pratiques de gestion et d'entretien des espaces plantés
- Développer la végétalisation des constructions et des infrastructures pour diminuer les eaux de ruissellement, optimiser l'isolation, créer des zones de rafraîchissement

Orientations des solutions : C'est principalement par le développement des espaces de nature et de la végétalisation qu'il apporte des solutions. Les solutions sur le bâti ont des bénéfices pour l'adaptation et la lutte contre les ICU mais ne sont pas directement orientées dans cette direction.

Gouvernance et moyens de mise en œuvre : Le Conseil de développement durable du département des Hauts-de-Seine qui a un rôle consultatif sur la compatibilité des politiques départementales avec le développement durable, préconise une mise en œuvre autour de quatre principes d'actions : Ecouter chacun des acteurs, comprendre globalement, agir sur la continuité, évaluer avec régularité. Ce qui se traduit par de la concertation, une généralisation des études d'impact énergétique, intégration des chartes dans les outils réglementaires, une politique paysagère forte sur le domaine propre de la collectivité...

Budget : Le Plan Climat ne donne pas de budget global pour toutes ses actions mais certaines sont d'ores déjà chiffrées et datées. Parmi les propositions qui concerne l'adaptation et les ICU :

- Favoriser la plantation d'espaces verts : début de l'action en 2005 – indicateur de suivi : surface d'espaces verts
- Développer les corridors écologiques : début de l'action en 2007 – Coût de 15 k€/an – Indicateur : nombre de corridors existants
- Réduire les consommations d'eau et d'énergie : partenariat avec entreprises de travaux agricoles – début de l'action en 2005 – indicateurs : eau et énergie économisées, nombre d'espaces verts gérés sans intrants
- Développer la végétalisation des constructions : début de l'action en 2007 – coût de 100 k€/an – indicateur de suivi : superficie de murs et toitures végétalisés.

Annexe 12 : Analyse du Plan Climat de la Mairie de Paris

Quel temps fait-on demain ? Plan parisien de lutte contre le dérèglement climatique

Date de lancement : juin 2005. Le PCET sera intégré à l'Agenda 21 en cours d'élaboration. Plan adopté par le Conseil de Paris le 1^{er} octobre 2007.

Méthodologie : Etabli à partir d'un Livre Blanc, un recueil des propositions des parisiens et d'acteurs du territoire réalisé de juin 2006 à janvier 2007 avec une campagne d'information et la constitution d'ateliers thématiques à l'automne 2006, et un bilan carbone®. Les propositions du Plan climat sont déclinées par secteur selon trois niveaux de compétences de la Ville de Paris : son domaine de compétence directe, ses capacités d'incitation vis-à-vis des autres acteurs, le rôle nécessaire de l'Etat et des autres niveaux institutionnels.

Objectifs : Facteur 4 pour 2050. Pour 2020 : réduction de 30 % des émissions ainsi que de la consommation énergétique du parc municipal et de l'éclairage public / emploi de 30 % d'énergies renouvelables pour sa consommation. Sur l'ensemble du territoire, ces prévisions sont fixées à 25 %. La notion d'exemplarité est fortement mise en avant.

Adaptation ou atténuation ? Quelle place pour les ICU ? L'atténuation est présentée comme le « corps central du Plan Climat » mais on trouve une partie consacrée à « une stratégie d'adaptation du territoire de Paris au changement climatique ». Relevé de deux vulnérabilités : canicule et crues de la Seine. Les îlots de chaleur ne sont cités qu'une fois en tant que « bulles de chaleur » mais les facteurs des ICU sont décrits dans les causes de vulnérabilité de Paris.

Comment ces questions sont-elles abordées ? Justification de l'adaptation par le fait que le changement climatique est déjà là. La canicule est abordée par les impacts sanitaires, mais il y a une petite allusion à la pollution atmosphérique qui est responsable de 30 % de la surmortalité après les épisodes caniculaires.

Solutions apportées :

- Plan canicule : Réduction « drastique » de la circulation automobile lors d'épisodes caniculaires – Registre CHALEX – encouragement à la solidarité générationnelle et professionnelle – aménagement des conditions de travail – suivi du changement climatique dans la flore et la faune locale.
- Adaptation des bâtiments : maîtrise du recours à la climatisation (contrôle des climatiseurs et intérêt pour le réseau CLIMESPACE) – Distribution d'un cahier de recommandations environnementales aux pétitionnaires de permis de construire.
- Végétalisation de la ville : 32 ha d'espaces verts créés et plantation de 100 000 arbres dans les rues durant la première mandature – 20 000 m² de toitures végétalisées en 2009 – programmation de 174 projets de murs végétaux dont 55 terminés, 90 autres sites à l'étude – végétalisation étendue au réaménagement des espaces publics (ex. tramway) pour près de 3 ha – incitation à la végétalisation à travers un plan pluriannuel – Réalisation de jardins partagés sur des emprises de la ville : 30 sont réalisés en 2007, 10 projets en cours pour 2009. – engagement sur un plan sur 20 ans permettant de végétaliser tous les espaces potentiels.

Orientations des solutions : Peu de chose pour le bâti, ce qui s'explique par les très petites marges de manœuvre dans la capitale. Les solutions sont centrées sur le végétal, elles sont chiffrées et même parfois déjà en cours. Reste à voir où elles en sont aujourd'hui.

Gouvernance et moyens de mise en œuvre : Constitution du Club Climat lors de la rédaction du Livre Blanc. Il est amené à accompagner et suivre le PCET dans sa mise en œuvre. – Création d'une Agence parisienne du Climat (équivalent d'une agence locale de l'énergie) pour mettre en réseau et associer moyens privés et publics. En attendant sa création, le Plan Climat s'appuie sur les Espaces Info Energie animés par l'ADEME et la ville de Paris depuis 2004.

Budget : Aucune indication précise n'est donnée quant aux coûts des propositions d'adaptation et leur inscription dans le budget de la ville.

Annexe 13 : Analyse du Plan Climat de la Ville de Nanterre

Nanterre territoire de développement durable

Date de lancement : Plan adopté le 13 janvier 2007 par le Conseil municipal.

Méthodologie : Travail de réflexion autour d'un « Collectif Climat » composé d'élus, d'associations, d'experts, de partenaires extérieurs et de citoyens et démarche participative avec recueil de contributions et de propositions à travers les ateliers « Climat/Energie ». Diagnostics grâce au Bilan carbone® sur le domaine propre de la commune et sur son territoire.

Objectifs : Mieux maîtriser les consommations énergétiques sur la ville, développer l'utilisation d'énergies renouvelables, participer à la réduction des émissions de GES, sensibiliser et impliquer les différents publics pour une évolution des comportements individuels. Deux ambitions mises en exergue pour la période 2007-2012 : Réduction de 10 % les émissions de GES du patrimoine municipal et de ses activités par rapport à 2006 et atteindre le niveau de haute performance énergétique pour tout le bâti neuf construit sur le territoire.

Adaptation ou atténuation ? Quelle place pour les ICU ? L'adaptation n'est pas traitée dans le PCET de la ville de Nanterre, le mot adaptation n'est jamais employé, il n'y a pas d'explication quant à la nécessité d'adapter le territoire aux changements climatiques.

Comment ces questions sont-elles abordées ? Les îlots de chaleur sont totalement absents. Même le risque canicule, qui sert souvent d'entrée aux questions d'adaptation, n'est pas mentionné.

Solutions apportées :

- Sur le bâti : pour les constructions neuves, obtention du label « haute performance énergétique » qui détermine de bonnes conditions d'isolation etc. Pour l'existant, entretien et rénovation du patrimoine de la commune et incitation des autres acteurs.
- Sur le végétal : gestion appropriée des forêts et du patrimoine arboré de la commune pour favoriser la séquestration de gaz carbonique et développant les puits de carbone – adaptation des espèces végétales à l'évolution du climat.

Orientations des solutions : Les solutions qui peuvent bénéficier à la lutte contre les ICU ne sont pas directement des propositions d'adaptation de la ville au changement climatique à l'exception du choix des espèces végétales. Elles sont plutôt du domaine de la réduction des consommations d'énergie et de la diminution des émissions de GES.

Gouvernance et moyens de mise en œuvre : Le « Collectif Climat » qui a participé à l'élaboration du plan est également chargé de son suivi et de son évaluation. Pour la mise en œuvre des actions, il est assisté d'une équipe technique opérationnelle.

Budget : Aucun budget n'est fixé avec le Plan Climat.

Annexe 14 : Une comparaison entre les PCET français étudiés et des documents stratégiques d'urbanisme étrangers, des sensibilités perceptiblement différentes

Les différents plans stratégiques des pays étrangers et les PCET français ont des manières similaires de traiter les îlots de chaleur urbains :

- Les solutions apportées sont souvent des solutions techniques qui ne remettent pas en cause le modèle d'urbanisation de base ;
- La végétalisation, sous toutes ses formes (espaces verts, plantations d'arbres d'alignement, murs et toitures végétalisés) est le parti le plus souvent choisi et mis en avant par les collectivités.

Cependant, si les documents stratégiques d'urbanisme étrangers diffèrent peu en termes de solutions aux ICU par rapport aux PCET français, on ressent tout de même des sensibilités différentes en ce qui concerne les ICU et l'adaptation en général. Cela se voit ne serait-ce que sur la forme des documents qui consacrent beaucoup plus de temps à ces problématiques qu'en France où elles ne sont souvent pas du tout citées.

De même, les métropoles étrangères semblent beaucoup plus s'être penchées sur leur situation particulière grâce à des études techniques précises que les villes françaises qui reprennent en général les grandes caractéristiques des ICU sans voir la complexité du phénomène par rapport à leur situation géographique, climatique ou économique.

Enfin, nous avons souligné en France la focalisation sur le risque canicule par rapport aux ICU qui éliminait du champ de réflexion les autres problématiques telles que la pollution ou l'aspect cadre de vie. Les documents étrangers sont alors plus transversaux sur ces questions ce qui leur permet de sortir du cadre un peu trop fermé des solutions techniques pour aller vers des réflexions de développement durable.

Des moyens d'interventions développés de manière beaucoup plus fine

Certes, les documents étrangers ne semblent pas avoir de « solution miracle » qui arrangerait tous les problèmes liés aux ICU. Cependant, force est de remarquer que les solutions qu'ils proposent vont bien au-delà de ce que l'on trouve dans les PCET français. Si ces derniers s'avancent très peu sur des actions concrètes se contentant souvent de préconiser des espaces verts ou des incitations à l'adresse des propriétaires pour isoler leur logement, les documents étrangers sont beaucoup plus poussés quant à la concrétisation des actions du fait de leur meilleure prise en compte des îlots de chaleur urbains.

En réalité, cette connaissance n'est pas forcément développée dans les documents eux-mêmes mais plutôt dans des études annexes qui ont servi de base à l'élaboration des documents stratégiques et donc transparaissent dans leur contenu. Finalement, ce qui manque principalement aux PCET, et aux études françaises en règle générale, ce sont des études scientifiques et techniques de caractérisation des îlots de chaleur urbains. On le voit ici, si les métropoles étrangères peuvent avancer des idées plus développées que les villes françaises c'est parce qu'elles disposent de solides études scientifiques pour appuyer leurs propositions et qu'elles connaissent parfaitement les conditions spécifiques de leur territoire.

Ainsi, le maire de Londres, Ken Livingstone à l'époque, avait commandité une étude sur les îlots de chaleur urbains, ou plutôt, sur l'îlot de chaleur de Londres où l'on peut voir une caractérisation assez poussée des conditions de l'effet d'ICU sur Londres puisqu'y sont présentées et confrontées des mesures de températures, de vent, à l'occupation du sol de l'agglomération londonienne. Ainsi, cela permet à la *Greater London Authority* d'estimer que 30 % de développement continu sur une zone donnée conduit à un îlot de chaleur d'une intensité maximum de 4 °C ; à 70 % on a une température qui peut monter jusqu'à +6 °C par rapport à la campagne (GLA, 2010).

Le cas de Stuttgart est exemplaire en la matière : non seulement il consacre un document entier, actualisé régulièrement depuis 30 ans, au climat urbain, mais il donne des conseils quant aux mesures nécessaires pour évaluer les conditions climatiques d'une ville : stations météorologiques, stations mobiles, mesures de pollution, modèles numériques d'élévation pour déterminer les formes urbaines et leur influence sur le climat... Toutes ces méthodes permettent

de caractériser finement les spécificités de la ville et les interactions entre urbain et climat local, ce qui représente, à notre sens, un préalable à toute réflexion sur les actions à mettre en œuvre pour lutter contre les îlots de chaleur urbains. Stuttgart insiste particulièrement sur l'outil cartographique : l'ICU étant avant tout un phénomène physique et climatologique, sa représentation sous forme de cartes et de photos aériennes infrarouges, les plus détaillées possible, fournit des informations précieuses pour programmer un développement urbain en accord avec ces problématiques.

Le cas de Montréal lui aussi montre un meilleur approfondissement des questions liées aux îlots de chaleur urbains. Si le Plan de développement durable ne développe pas réellement la question des ICU (on n'y trouve qu'un très bref rappel de quelques lignes en introduction de l'action 2.12), on peut voir par ailleurs que la ville de Montréal et la province du Québec s'intéressent de près à cette question. Ainsi, l'étude de Mélissa Giguère (2009) pour l'institut national de santé publique du Québec développe les différentes possibilités en termes d'aménagement en proposant notamment deux organigrammes, l'un à l'échelle de la ville ou du quartier, l'autre à l'échelle du bâtiment, qui synthétisent toutes les solutions présentées (cf. Figure 5 et 6).

L'adaptation comme sujet à part entière

L'adaptation aux changements climatiques, peu présente en France, est beaucoup plus développée dans les documents étrangers. Par exemple, le Grand Londres lui consacre un plan stratégique entier, l'atténuation étant traitée dans un deuxième rapport, totalement indépendant. Force est alors de constater que ce rapport est beaucoup plus poussé sur les questions d'adaptation que les PCET français, ne serait-ce que sur le plan formel : les PCET ne contiennent au mieux qu'un chapitre de quelques pages (trois pages dans le cas de Paris) sur les stratégies d'adaptation, alors que le gouvernement londonien lui consacre un rapport de plus de 130 pages. De même, le guide, de 329 pages, de la Ville de Stuttgart est entièrement consacré au climat urbain, ce qui, par rapport à la France, constitue déjà la marque d'une réflexion plus poussée sur les enjeux que cela recouvre.

Il s'agit tout d'abord d'une question de date : la prise de conscience a été beaucoup plus tardive en France qu'en Allemagne. Ainsi, la première édition du *Climate booklet for urban development*, publiée par le ministère de l'Intérieur du Länder de Baden-Württemberg, date de 1977, quand en France on s'intéressait encore très peu à la climatologie des villes. Stuttgart a ainsi été l'une des villes pionnières en matière de planification urbaine prenant en compte le climat urbain car, dès le début, ce guide avait pour but d'aider à la décision pour la planification et le zoning. La dichotomie entre recherche et application qui a longtemps prévalu en France, ne semble alors pas avoir eu lieu à Stuttgart. En effet, si on trouve en France des études sur le climat urbain et les îlots de chaleur dès les années 1970 (J. Dettwiller, 1970 ; G. Escourrou, 1979) ces derniers sont uniquement à visée scientifique et ne se risquent pas, ou très peu, à élaborer des propositions d'aménagement des villes qui permettraient d'en améliorer les conditions climatiques et les taux de pollution.

Le fait que le guide de Stuttgart ait été publié pour sa première version par le ministère de l'Intérieur et aujourd'hui par le ministère de l'Economie en collaboration avec le département de protection de l'environnement de Stuttgart est révélateur de l'importance accordée au climat urbain que l'on pourrait interpréter comme le fait de vouloir conditionner le développement urbain – et donc économique – au sens large au climat de Stuttgart.

Si Montréal et Londres ne semblent pas s'intéresser d'aussi près à leur climat depuis trente ans, leurs approches de l'adaptation et des îlots de chaleur sont meilleures que celles de la France. Les approches étrangères ont pour point commun par rapport à la France de faire de l'adaptation une politique en elle-même, à part de celle d'atténuation, elles aussi indispensables, mais à appréhender différemment. Nous le disions au début de cette partie, Londres consacre un rapport complet uniquement à l'adaptation, et si le Plan de Montréal n'est pas centré dessus, la Ville et la province du Québec sont à l'origine de plusieurs études sur le sujet.

Adaptation et atténuation doivent être traitées de concert, cependant, elles relèvent de logiques différentes. Les mesures d'atténuation se font à une échelle globale alors que celles d'adaptation sont uniquement locales et beaucoup plus complexes. Les PCET français se consacrent

uniquement à l'atténuation du changement climatique *via* la réduction des émissions de gaz à effet de serre, notamment car ils ont pour vocation de lier les problématiques climatiques aux problématiques énergétiques – lien qui n'est à l'évidence pas sans fondement. Cependant, peut-être cela focalise-t-il trop l'attention sur le problème des GES en mettant à l'arrière-plan des thématiques qui ne concernent pas directement les deux piliers des Plans Climat-Energie Territoriaux.

Le traitement étranger qui plutôt que d'avoir une approche thématique s'oriente vers une distinction de traitement des thématiques permet d'avoir une vision plus transversale, notamment le Plan de Londres, qui décrit l'adaptation comme un « parcours » (*journey*), plutôt que comme une « destination », l'adaptation doit être constante et évaluée en permanence et ne doit pas être comprise comme un but en soi à atteindre comme c'est le cas pour les émissions de GES qui doivent atteindre un certain niveau à une échéance donnée. Le plan londonien d'adaptation au changement climatique tente ainsi, dans la troisième partie, d'éviter le fait de se concentrer sur un seul aspect des ICU : les conséquences des différents risques et les avantages de chaque action sont décrits en détail en fonction des problématiques transversales.

Le premier chapitre, qui concerne la santé, traite bien sûr largement de questions liées aux températures, les extrêmes de températures font augmenter les morts dues à des maladies de cœur ou de poumons de même que les problèmes directement imputables à la chaleur (crampes de chaleur, coup de chaleur...), mais aussi des problèmes de santé liés à la pollution de l'air. Cependant, les effets potentiellement positifs du changement climatique sur la santé sont également pointés : le réchauffement pourrait faire diminuer le nombre de morts excédentaires en hiver. De même, il est ici estimé que jusqu'à 24 °C, l'augmentation de température est plutôt bénéfique (les gens passent plus de temps dehors, font plus d'activités physiques, se déplacent plus volontairement à vélo...), mais, ce seuil franchi, les conséquences sont largement négatives. Ce chapitre aborde également les effets indirects du changement climatique sur la santé, à savoir, en matière d'augmentation des températures, une détérioration des conditions de travail et de vie, de l'éducation etc. ce qui ne fait qu'augmenter les inégalités face à la santé puisque ce sont en général les personnes qui sont déjà les plus fragiles, physiquement, socialement ou économiquement, qui risquent le plus d'être touchées.

Le chapitre 9 concerne les infrastructures – transports, énergie et déchets. Au niveau des transports, si des hivers moins rigoureux pourraient réduire les dommages et les retards dus au gel, à la neige ou à la glace, des étés très chauds, en rejoignant les questions de santé, seraient source d'inconfort pour les passagers, mais aussi augmenteraient les risques de feux le long des rails et les dommages sur les routes. En ce qui concerne l'énergie, le changement climatique pourrait surtout modifier la part qu'occupent chauffage et rafraîchissement dans les consommations : ainsi, la GLA estime que le nombre de jour de chauffage¹⁹ a baissé à Londres de 156 jours par décennie sur la période 1977-2006 alors que le nombre de jours de rafraîchissement augmentait d'à peu près autant. Ce changement des usages d'énergie doit être pris en compte car la climatisation demande plus d'énergie et rejette plus de carbone que le chauffage.

Cette approche permet de remédier largement au plus gros problème que nous avons soulevé dans l'appréhension des politiques visant la réduction des îlots de chaleur urbains et l'adaptation au changement climatique. Il faut ainsi prendre en compte l'adaptation dans toutes ses dimensions, voir quelles conséquences le changement climatique et les îlots de chaleur urbains ont sur les différents aspects des sociétés humaines et quels sont les meilleurs traitements en fonction des contextes en évitant le risque de la maladaptation qui pourrait indirectement aggraver les effets d'un phénomène que l'on souhaite à l'origine réduire.

¹⁹ Les jours de chauffage et de rafraîchissement permettent une mesure simple de l'énergie nécessaire pour garder un environnement intérieur confortable, frais en cas de températures chaudes, chaud quand il fait froid. Les jours de rafraîchissement sont définis ici comme le nombre de jours par an où les températures dépassent 22 °C et les jours de chauffage comme ceux dont la température descend en dessous de 15,5 °C.

Index des sigles et acronymes

A

ADEME

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AEV

Agence des espaces verts de la Région Île-de-France

AMICA

Adaptation and mitigation, an integrated climate policy approach

APUR

Atelier parisien d'urbanisme

ARENE

Agence de l'environnement et des nouvelles énergies

B

BBC

Bâtiment basse consommation

C

Capitoul

Canopy and aerosol particles interactions in Toulouse urban layer

CCIP

Chambre de commerce et d'industrie de Paris

CERTU

Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

CIAM

Congrès international d'architecture moderne

CIRED

Centre international de recherche en environnement et développement

CLU-Escompte

Couche limite urbaine – Expérience sur site pour contraindre les modèles de pollution atmosphérique et de transport d'émissions

CO₂

Dioxyde de carbone

COP15

15^e Conférence des parties

COV

Composés organiques volatils

Cresson

Centre de recherche sur les espaces sonores et l'environnement urbain

CSTB

Centre scientifique et technique du bâtiment

E

EPICEA

Etude pluridisciplinaire des impacts du changement climatique à l'échelle de l'agglomération parisienne

ETD

Projet de territoire

G

GES

Gaz à effet de serre

GIEC

Groupement d'expert international sur l'évolution du climat

GLA

Greater London Authority

GRECAU

Groupe de recherche environnement conception architecturale et urbaine

H

HBM

Habitation à bon marché

HPE

Haute performance énergétique

HQE®

Haute qualité environnementale

I

IAU-ÎdF

Institut d'aménagement et d'urbanisme Île-de-France

ICU

Ilot de chaleur urbain

INSEE

Institut national de la statistique et des études économiques

InVS

Institut de veille sanitaire

L

LAURE

Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie

M

MEEDDM

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer

MOS

Mode d'occupation des sols

MUSCADE

Modélisation urbaine et stratégie d'adaptation au changement climatique pour anticiper la demande et la production énergétique

N

NO_x

Oxyde d'azote

NQU

Nouveau quartier urbain

O

O₃

Ozone

ONERC

Observatoire national des effets du réchauffement climatique

ONU

Organisation des Nations Unies

ORS

Observatoire régional de santé

P

PCET

Plan Climat-Energie territorial

PDU

Plan de déplacement urbain

PIRVE

Programme interdisciplinaire de recherche ville et environnement

PLU

Plan local d'urbanisme

PPA

Plans de protection de l'atmosphère

PRQA

Plans régionaux pour la qualité de l'air

PRSE

Plan régional santé environnement

S

SCoT

Schéma de cohérence territoriale

SDAURP

Schéma d'aménagement et d'urbanisme de la région de Paris

SDL

Schéma directeur local

SDRIF

Schéma directeur de la région Île-de-France

SO₂

Dioxyde de soufre

SRADT

Schéma régional d'aménagement et de développement du territoire

SRCAE

Schéma régional Climat-Air-Energie

SRU

Solidarité et renouvellement urbain (Loi SRU)

Z

ZAC

Zone d'aménagement concerté

Glossaire

Adaptation

« Ajustement des systèmes naturels ou des systèmes humains face à un nouvel environnement ou un environnement changeant. L'adaptation aux changements climatiques indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. On distingue divers types d'adaptation, notamment l'adaptation anticipée et réactive, l'adaptation publique et privée, et l'adaptation autonome et planifiée. » (GIEC, 2007). L'adaptation part du principe que que l'on fasse, le changement climatique est en cours et que l'on en ressentira les effets ; il s'agit de s'adapter au mieux pour réduire les conséquences néfastes de ces effets.

Aménité

Agrément, ce qui fait qu'une chose est agréable. Il se dit particulièrement D'un lieu, d'une situation agréable, d'un air doux et agréablement tempéré. L'aménité d'un lieu. L'aménité de l'air. (Dictionnaire de l'Académie Française, 6e édition, 1832-5)

Les aménités sont les attributs naturels ou façonnés par l'homme qui différencient un territoire d'un autre territoire et qui peuvent lui donner de la valeur. (cemagref.fr)

Atténuation

« Intervention anthropique pour réduire les sources ou augmenter les puits de gaz à effet de serre. » (GIEC, 2007)

Bâtiment Basse Consommation (BBC 2005)

Label développé en partenariat entre le collectif Effinergie et les pouvoirs publics concernant les bâtiments neufs. Les constructions ne doivent pas dépasser 50 kWh d'énergie primaire (chauffage, eau chaude, éclairage, ventilation et climatisation) par mètre carré de SHON et par an. Pour tenir compte des différences climatiques selon les régions, un coefficient est appliqué un coefficient de rigueur climatique ; En Île-de-France il est de 1,3, les bâtiments ne doivent donc pas dépasser 65 kWh/m²shon/an. (effinergie.org)

Bilan Carbone ®

« Méthode [développée par l'ADEME] de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre à partir de données facilement disponibles pour parvenir à une bonne évaluation des émissions directes ou induites par une activité ou un territoire. Elle s'applique à toute activité : entreprises industrielles ou tertiaires, administrations, collectivités et même au territoire géré par les collectivités » (ademe.fr)

Biodiversité

« Diversité des organismes vivants, qui s'apprécie en considérant la diversité des espèces, celle des gènes au sein de chaque espèce, ainsi que l'organisation et la répartition des écosystèmes. » (Journal officiel du 12 avril 2009)

Développement durable

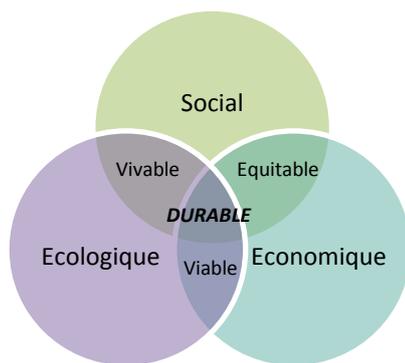
« Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. » (Rapport dit

Brundtland, « Notre avenir à tous », *Commission mondiale sur l'environnement et le développement*, 1987)

« Politique de développement qui s'efforce de concilier la protection de l'environnement, l'efficacité économique et la justice sociale, en vue de répondre aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de satisfaire les leurs.

- Le développement durable est une finalité dont la réalisation peut faire l'objet de différentes stratégies.
- Le développement durable peut concerner les activités d'une entité territoriale aussi bien que celles d'une entreprise ou d'un groupe social. » (Journal officiel du 12 avril 2009)

Figure 8 : Les trois piliers du développement durable



Facteur de vue du ciel

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

Habitat et Environnement

La certification « Habitat et environnement » concerne l'environnement intérieur et extérieur du logement ainsi que le comportement de ses utilisateurs. Elle repose sur sept thèmes environnementaux ; au moins six thèmes doivent être satisfaits pour parvenir à la certification. Pour le thème non retenu, le constructeur doit tout de même respecter des exigences minimales. Thèmes : « 1 : management environnemental de l'opération », « 2 : chantier propre », « 3 : Energie et réduction de l'effet de serre », « 4 : Filière constructive – choix des matériaux », « 5 : Eau », « 6 : confort et santé », « 7 : Gestes verts ». Les thèmes 1, 3 et 7 sont obligatoires. (cerqual.fr)

Haute Performance énergétique (HPE)

Pour répondre aux critères du label HPE « un bâtiment doit non seulement être performant d'un point de vue thermique mais aussi faire l'objet d'une certification portant sur la sécurité, la durabilité et les conditions d'exploitation des installations de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de climatisation et d'éclairage ou encore sur la qualité globale du bâtiment. A l'heure actuelle, ce label comprend deux niveaux :

Le « Label haute performance énergétique, HPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 10% à la consommation conventionnelle de référence de la réglementation ;

Le « Label très haute performance énergétique, THPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 20% à la consommation conventionnelle de référence de la réglementation. » (logement.gouv.fr)

Haute Qualité Environnementale® (HQE)

La démarche HQE® est un système de management de projet visant une qualité environnementale optimale des bâtiments. Une construction ou réhabilitation de bâtiment suivant la démarche reprend les 4 principes définis par la norme HQE :

- Maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur :
 - Eco-construction : relation harmonieuse des bâtiments avec les environs – choix de matériaux sains et écologiques – réduction des nuisances
 - Eco-gestion : Gestion de l'énergie et de l'eau – gestion des déchets – gestion de l'entretien et de la maintenance
- Créer un environnement intérieur satisfaisant :
 - Confort : confort hygrothermique – confort acoustique - confort visuel – confort olfactif
 - Santé : Qualité sanitaire des espaces – qualité sanitaire de l'air – qualité sanitaire de l'eau. (interbat.cstb.fr)

Maladaptation

« La maladaptation (ou mauvaise adaptation) désigne des activités de développement correspondant à la poursuite des politiques actuelles qui, en faisant abstraction des impacts du changement climatique, augmentent par mégarde l'exposition et/ou la vulnérabilité au changement climatique. Elle peut aussi englober les initiatives d'adaptation aux effets climatiques qui accentuent la vulnérabilité au lieu de la diminuer. » (OCDE, 2009)

Maximales / Minimales

La minimale est la « température atmosphérique la plus basse atteinte en [un lieu donné] au cours d'un intervalle de temps prédéterminé. Des intervalles de temps successifs de 24 heures déterminent ainsi en chaque site de mesure la température minimale quotidienne, qui survient le plus souvent peu après le lever du jour. » La maximale correspond à la température maximale atteinte en ce même lieu sur le même intervalle de temps. (meteofrance.com)

Par abus de langage, on parle généralement de « minimales » et de « maximales » pour désigner ces températures.

Nuisance

« Tout facteur, à caractère permanent continu ou discontinu, qui constitue une gêne, un danger immédiat ou différé, une entrave, un préjudice immédiat ou différé pour la santé d'un organisme, de l'environnement ou du fonctionnement d'un système. » (ile-de-france.ademe.fr)

Pollution

« Introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier. » (Directive européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000)

Résilience

« Capacité d'un système social ou écologique d'absorber des perturbations tout en conservant sa structure de base et ses modes de fonctionnement, la capacité de s'organiser et la capacité de s'adapter au stress et aux changements » (GIEC, 2007)

Risque

« Probabilité qu'un effet spécifique se produise dans une période donnée ou dans des circonstances déterminées. En conséquence, un risque se caractérise selon deux composantes : la probabilité d'occurrence d'un événement donné, la gravité des effets ou conséquences de l'événement supposé pouvoir se produire. » (Directive européenne Seveso 2, 1996)

Vulnérabilité

« Degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation. » (GIEC, 2007)

Bibliographie

OUVRAGES, RAPPORTS ET NOTES

- **ADEME (2009)**, *Guide méthodologique, Construire et mettre en place un Plan Climat-Energie Territorial*, décembre 2009
- **CIER (Centre for indigenous environmental resources), TetrES consultants inc. (2003)**, *Development of green roof strategy for the city of Winnipeg, Manitoba, report to Federation of Canadian municipalities*, July 2003
- **COLOMBERT Morgane (2008)**, *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*, Thèse de doctorat Génie urbain, Université Paris-Est, 2008, [en ligne] TEL, service de thèses multidisciplinaire, <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00470536/en/> (Consulté le 20 avril 2010)
- **DESCARTES (2009)**, *Consultation internationale de recherche et de développement sur le grand pari de l'agglomération parisienne, livret chantiers 1 & 2*, 19 février 2009 [en ligne] *Le grand pari de l'agglomération parisienne*, <http://www.legrandparis.culture.gouv.fr/equipesdetail/82> (Consulté le 20 avril 2010)
- **ESCOURROU Gisèle (1996)**, *Climat et micro-climat urbain, pollution atmosphérique et nuisances météorologiques localisées*, IAURIF, 1996
- **ETD (2009)**, *La prise en compte de l'énergie et du climat dans les SCoT*, juillet 2009 [en ligne] *projet de territoire* <http://www.projetdeterritoire.com/index.php/Espaces-thematiques/Gestion-de-l-espace/Actualites/Quelle-prise-en-compte-de-l-energie-et-du-climat-dans-les-SCoT> (Consulté le 2 juin 2010)
- **GICC, Région Rhône-Alpes (2010)**, *Projet ECCLAIRA, Evaluation du changement climatique, ses adaptations et impacts en Rhône-Alpes : partenariat opérationnel entre équipes de recherche et collectivités territoriales*, 2010
- **GIEC (2007)**, *Bilan 2007 des changements climatiques : rapport de synthèse*, 2007
- **GIGUERE Mélissa (2009)**, *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains*, Institut national de santé publique du Québec, juillet 2009 [en ligne] *INSPQ* <http://www.inspq.qc.ca/publications/notice.asp?E=p&NumPublication=988>
- **IAU ÎdF (2007)**, *Bilan carbone de la Région Île-de-France, opération expérimentale Bilan Carbone® - Collectivités territoriales de l'Ademe : volet Territoire et Patrimoine*, IAU ÎdF, novembre 2007
- **InVS (2004)**, *Etude des facteurs de risque de décès des personnes âgées résidant à domicile durant la vague de chaleur d'août 2003*, juillet 2004
- **LO GIUDICE Gaëlle, MARQUET Emeline (2008)**, *Balade thermique ? Sensations garanties !*, mémoire du séminaire de Master 1 « Chaleurs urbaines » de Jean-Paul Thibaud, ENSAG, mai 2008 [en ligne] http://www.grenoble.archi.fr/chaleursurbaines/atelier1_seminaire.php (Consulté le 22 avril 2010)
- **OCDE (2009)**, *Adaptation au changement climatique et coopération pour le développement : document d'orientation*, OCDE, août 2009
- **ORS Île-de-France (2003a)**, *Conséquences sanitaires de la canicule d'août 2003 en Île-de-France*, octobre 2003
- **ORS Île-de-France (2003b)**, *Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine sur la Santé en Île de France*, février 2003
- **APUR (2010)**, *Thermographie des immeubles parisiens*, 27 mai 2010 [en ligne] *APUR*, <http://www.apur.org/etude/thermographie-immeubles-parisiens> (Consulté le 15 juin 2010)

ARTICLES ET PERIODIQUES

- **Anonyme (2010)**, « Le toit vert vire au blanc », *Le Républicain Lorrain*, 18 mars 2010, [en ligne] *Le Républicain Lorrain* <http://magazines.republicain-lorrain.fr/magazine/vie-quotidienne/article/10462-le-toit-vert-vire-au-blanc.html> (Consulté le 17 juin 2010)
- **BONNET Jacques, LEROUX Marcel (1997)**, « L'interface Ville/Environnement », *Revue de géographie de Lyon Géocarrefour*, vol. 72 n°3 « Le climat urbain », 1997
- **BOUTEFEU Emmanuel (2007)**, « Végétaliser les villes pour atténuer les îlots de chaleur urbains », 10 décembre 2007 [en ligne] *Certu* http://www.certu.fr/fr/Ville_et_environnement-n29/Nature_en_ville-n140/Vegetaliser_les_villes_pour_attenuer_les_ilots_de_chaleur_urbains-a752-s_article_theme.html (Consulté le 14 juin 2010)
- **BOUTEFEU Emmanuel (2010)**, « La demande sociale de nature en ville : enquête auprès des habitants de l'agglomération lyonnaise », 3 mars 2010 [en ligne] *Certu* http://www.certu.fr/fr/Ville_et_environnement-n29/Nature_en_ville-n140/La_demande_sociale_de_nature_en_ville:_enquete_aupres_des_habitants_de_l'agglomeration_lyonnaise-a1815-s_article_theme.html (Consulté le 12 mai 2010)
- **CANTAT Olivier (2004)**, « L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps », *Norois*, n°191, février 2004, [en ligne le 10 septembre 2008] *Norois environnement, aménagement, société* <http://norois.revues.org/index1373.html> (Consulté le 20 avril 2010)
- **DESPLAT Julien, KOUNKOU-ARNAUD Raphaëlle (2010)**, « EPICEA, la météorologie urbaine au service de la Ville de Paris », *Météo – le magazine*, n°9, mars 2010 [en ligne] *Météo France*, http://france.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?page_id=11998&document_id=22188&portlet_id=52011 (Consulté le 20 avril 2010)
- **DUGUET Anca, FOUCHIER Vincent, LIOTARD Martine, TRICAUD Pierre-Marie (2009)**, « Grand Pari(s), acquis d'une consultation hybride », in. *Les cahiers de l'IAU-IdF « Stratégies urbaines »*, n°151, juin 2009
- **LOUP Jean (1971)**, « Dettwiller (J.). — Evolution séculaire du climat de Paris. Influence de l'urbanisation », *Revue de géographie alpine*, 1971, vol. 59, n° 3, pp. 382-383 [En ligne] *Persée, portail de revues en sciences humaines et sociales*, http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rga_00351121_1971_num_59_3_124_0_t1_0382_0000_1 (Consulté le 20 avril 2010)
- **MANSANET-BATALLER Maria (2010)**, « Les enjeux de l'adaptation aux changements climatiques », *Etude Climat* n°21, cdc climat recherche, avril 2010 [en ligne] *cdc climat* <http://www.cdcclimat.com/Etude-Climat-no21-Les-enjeux-de-l.html?lang=fr> (Consulté le 23 juillet 2010)
- **PIGEON Grégoire et alii (2008)**, « De l'observation du microclimat urbain à la modélisation intégrée de la ville », *La Météorologie*, n°62, août 2008 pp. 39-47, [en ligne] *I-Revues*, <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/19174> (Consulté le 20 avril 2010)
- **ROUX-GOEKEN Victor (2009)**, « L'Île-de-France entend relancer la géothermie », *Journal de l'environnement*, 5 mai 2009 [en ligne] *Journal de l'environnement*, <http://www.journaldelenvironnement.net/article/l-ile-de-france-entend-relancer-la-geothermie,9038>

DOCUMENTS DE REFERENCE

SDRIF

- **Région Île-de-France (2006)**, *Une vision régionale pour l'Île-de-France, Les orientations pour la révision du schéma directeur*, juin 2006
- **Région Île-de-France (2008a)**, *Evaluation environnementale du Schéma directeur de la région Île-de-France, projet adopté*, 25 septembre 2008

- **Région Île-de-France (2008b)**, *Rapport du Schéma directeur de la région Île-de-France, projet adopté*, 25 septembre 2008

NOUVEAUX QUARTIERS URBAINS

- **Mairie de Paris (2009a)**, *Projet Claude Bernard – MacDonald*, août 2009
- **Mairie de Paris (2009b)**, *Projet Claude Bernard – MacDonald, dossier complémentaire*, décembre 2009
- **Mairie de Paris (2009c)**, *Projet Clichy – Batignolles*, août 2009
- **Région Île-de-France (2008c)**, *Règlement de l'appel à projet « Nouveaux quartiers urbains »*, octobre 2008
- **Ville de Chevilly-Larue (2009)**, *Quartier Anatole France, Un nouveau quartier pour Chevilly-Larue*, Août 2009
- **Ville de Montreuil (2009)**, *M'Montreuil / Nouveau Quartier Urbain*, août 2009
- **Ville de Saint-Ouen (2009)**, *Les Docks de Saint-Ouen*, janvier 2009

PLANS CLIMAT-ENERGIE TERRITORIAUX

- **Conseil général des Hauts-de-Seine (2006)**, *Avant projet « lutter contre le changement climatique »*, *plan climat des Hauts-de-Seine*, novembre 2006
- **Département de la Seine-Saint-Denis (2009)**, *Plan Energie Climat, Les enjeux et axes stratégiques pour la Seine-Saint-Denis*, novembre 2009
- **Mairie de Nanterre (2007)**, *Plan climat territorial de Nanterre*, mars 2007
- **Mairie de Paris (2007)**, *Quel temps fait-on demain ? Plan parisien de lutte contre le dérèglement climatique*, octobre 2007

DOCUMENTS ETRANGERS

- **Baumüller J., Hoffmann U., Reuter U. (2007)**, *Climate booklet for urban development online, References for zoning and planning*, trad. Michael Dempsey, *Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg* (Ministère de l'économie du Bade-Wurtemberg), *Stuttgart Amt für Umweltschutz* (bureau de la protection de l'environnement de Stuttgart), 2007, [en ligne] *Climate Booklet for Urban Development*, http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/Climate_Booklet/index-1.htm (Consulté le 17 août 2010)
- **Centre régional de l'environnement de Montréal (2007)**, *Le verdissement montréalais pour lutter contre les îlots de chaleur urbains, le réchauffement climatique et la pollution atmosphérique*, 2007 [en ligne] <http://www.cremtl.qc.ca/index.php?id=1001> (Consulté le 17 août 2010)
- **Greater London Authority (2010)**, *The draft climate change adaptation strategy for London, Public consultation draft*, GLA, février 2010, Londres [en ligne] *Greater London Authority*, <http://www.london.gov.uk/priorities/environment/climate-change/climate-change-adaptation-strategy> (Consulté le 17 août 2010)

COLLOQUES ET SEMINAIRES

- **COLOMBERT Morgane, DIAB Youssef, SALAGNAC Jean-Luc (2006)**, « Climat urbain : de l'évolution des villes au changement climatique » in. *Les risques liés au temps et au climat. Actes du XIX^e colloque international de climatologie*, 2006, pp. 172-177.
- **DESPLAT Julien et alii (2009)**, « Projet EPICEA, étude pluridisciplinaire des impacts du changement climatique à l'échelle de l'agglomération parisienne », *5th Urban Research Symposium*, 2009 [en ligne] *worldbank*, <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTURBANDEVELOPMENT/0..contentMDK:22497565~menuPK:360757~pagePK:210058~piPK:210062~theSitePK:337178~isCURL:Y,00.html> (Consulté le 20 avril 2010)

- **HAOUES-JOUVE Sinda, LEMONSU Aude (2010)**, « Formes urbaines, modes d'habiter et climat urbain dans le périurbain toulousain », Séminaire *Les villes et l'adaptation au changement climatique*, Paris, 27-28 avril 2010

SITES INTERNET

- **Adivet**, association des toitures végétales : <http://adivet.net/>
- **Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie** : www.ademe.fr
- **Agence locale de l'énergie du Grand Lyon** : www.ale-lyon.org
- **Audience**, projet européen de télé-formation des architectes à la maîtrise des ambiances : <http://audience.cerma.archi.fr/>
- **Climespace**, réseau urbain de froid : <http://www.climespace.fr/>
- **Communauté d'agglomération Grenoble – Alpes Métropole** : www.lametro.fr
- **Communauté urbaine du Grand Lyon** : www.grandlyon.com
- **Grenelle de l'environnement** : <http://www.legrenelle-environnement.fr/>
- **Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE)** : [insee.fr](http://www.insee.fr)
- **Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer** : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/>
- **Observatoire régional de la santé d'Île-de-France** : <http://www.ors-idf.org>

