



HAL
open science

Chemins de l'innovation urbaine durable

Gilles Debizet

► **To cite this version:**

Gilles Debizet. Chemins de l'innovation urbaine durable: Lutte contre l'îlot de chaleur urbain, planification énergétique locale, prescription des toitures végétalisées au Canada, en Suisse et aux Etats-Unis. [Research Report] 1117C0081, Université Grenoble Alpes; Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). 2014, pp.166. halshs-01875048

HAL Id: halshs-01875048

<https://shs.hal.science/halshs-01875048>

Submitted on 22 Mar 2022

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



Projet de Recherche

Chemins de l'innovation urbaine

Gilles Debizet

Université de Grenoble-Alpes

UMR PACTE 5194 (CNRS, IEP, UPMF, UJF)

Convention financement ADEME N° 1117C0081

Le 10 août 2014

COORDINATION TECHNIQUE: Anne Grenier, ADEME, Service Economie et Prospective, 27 rue Louis Vicat Paris 15

COORDINATION SCIENTIFIQUE : Gilles Debizet, UMR PACTE, Institut de Géographie Alpine, 14bis avenue Marie Reynoard, 38100 Grenoble

L'ADEME en bref :

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

L'Agence met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public et les aide à financer des projets dans cinq domaines (la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit) et à progresser dans leurs démarches de développement durable.

www.ademe.fr

Copyright

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Résumé

La lutte contre le changement climatique conduit les autorités territoriales à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à minimiser les conséquences de certains de ses effets. Cela concerne aussi la planification spatiale qui organise la transformation des espaces urbanisés. Des innovations en matière de planification spatiale émergent ici où là et se diffusent de façon plus ou moins visibles. Plutôt que des politiques globales, ce sont des connaissances, des méthodes de travail, des outils de décision, des postures qui sont apportées aux et transformées par les urbanistes. Comment ces innovations urbaines se diffusent de villes à d'autres ?

Ce rapport résulte d'une recherche financée par l'ADEME dans le cadre du programme *Observation de la recherche urbaine*. Elle a été menée dans trois pays fédéraux par le laboratoire PACTE de l'université de Grenoble-Alpes. Le rapport est organisé en cinq parties. *Problématique et méthodologie générales* décrit les concepts scientifiques de la socio-économie de l'innovation, formule les hypothèses de recherche et présente la méthode de constitution et d'analyse des corpus des trois terrains. Trois chapitres sont ensuite consacrés à des innovations dans leur terrain : *Les politiques de déploiement des toits verts en Amérique du nord*, *La prise en compte de l'îlot de chaleur urbain au Québec* et *La planification énergétique territoriale en Suisse romande*. Placée au début du rapport, la *Synthèse pour les décideurs* fait aussi office de conclusion

RÉSUMÉ	4
SYNTHÈSE POUR LES DÉCIDEURS	7
Objets étudiés et concepts de l'innovation.....	7
Résultats de l'analyse de trois innovations urbaines sur leur terrain de diffusion	10
Un modèle de diffusion pour les innovations urbaines ?	18
Préconisations.....	20
REMERCIEMENTS	23
INTRODUCTION	25
1 PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALES	26
1.1 Comprendre le déploiement des innovations urbaines durables : un enjeu pour les décideurs publics et des questions pour la recherche.....	26
1.2 Les concepts scientifiques relatifs au déploiement des innovations	27
1.3 Méthodologie générale	34
2 LES POLITIQUES DE DÉPLOIEMENT DES TOITS VERTS EN AMÉRIQUE DU NORD	38
Introduction	38
2.1 Spatialités et temporalités de la réalisation de toits verts	39
2.2 Politiques municipales de déploiement : Portland, Chicago, Washington et Toronto	49
2.3 Conception et diffusion des mesures de déploiement des toits verts.....	85
Tables des figures et tableaux Green roof	96
Bibliographie Green roof Amérique du nord.....	97
3 LA PRISE EN COMPTE DE LA CHALEUR DANS L'URBANISME AU QUÉBEC.....	101
INTRODUCTION	101
Précisions sur la méthodologie	102
3.1 Définition évolutive de l'ICU dans la littérature grise québécoise.....	103
3.2 L'ICU dans la littérature scientifique et la thermographie	109
3.3 Les raisons du succès de la carte thermographique	117
Conclusion	123
Tables des figures et tableaux ICU Québec.....	126
Bibliographie ICU Québec.....	127
4 LA PLANIFICATION ÉNERGÉTIQUE TERRITORIALE EN SUISSE.....	129
Introduction	129
Préambule sur la méthodologie	129
4.1 Une méthode de planification énergétique communale	130
4.2 Une gouvernance non centralisée	139
4.3 Des mécanismes de généralisation de la PEC.....	144
Conclusion	152
Tables des figures et tableaux PET Suisse	155

Bibliographie PET Suisse.....	156
BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE	156
SOMMAIRE DÉTAILLÉ	164

Synthèse pour les décideurs

La lutte contre le changement climatique conduit les autorités territoriales à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à minimiser les conséquences de certains de ses effets, cela concerne aussi la fabrication et la transformation de la ville. Des innovations urbaines telles que des savoir-faire ou des méthodes nouvelles en matière d'urbanisme et d'aménagement émergent ici où là et se diffusent de façon plus ou moins visibles. Des organisations supra-locales essaient mais peinent à les diffuser. Les singularités de chaque projet et de chaque commune, l'inertie des expertises et des pratiques des professionnels de la transformation de la ville et la répartition des rôles entre des organisations territoriales rendent difficiles l'identification des innovations et, a fortiori, l'analyse de leur propagation.

Comment expliquer le succès ou l'abandon d'innovations urbaines ? Les "théories de l'innovation" modélisent des processus et proposent des catégories explicatives. Couramment utilisées dans le domaine du marketing, de la santé publique ou des technologies, elles sont peu mobilisées dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire. Lesquelles sont applicables à ce champ d'activité et pertinentes pour comprendre la diffusion des innovations urbaines ? Comment les utiliser pour accélérer la diffusion des innovations visant à lutter contre le changement climatique dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement ?

Nous faisons l'hypothèse que ces différentes théories correspondent à des périodes différentes d'observation du processus de propagation de l'innovation. Nous n'avons donc privilégié aucune d'entre elles mais avons laissé le terrain révéler des liens qui, dans un second temps, seront rattachés à telle ou telle théorie. La recherche est donc exploratoire ; des approfondissements ont été menés en fonction des points clés identifiés au cours des enquêtes dans les différents pays.

Après la présentation des objets étudiés et des concepts de l'innovation utilisés, cette synthèse expose les résultats de l'analyse de trois innovations sur leur terrain de diffusion : *Les politiques de déploiement des toits verts en Amérique du nord, la planification énergétique territoriale en Suisse romande et la prise en compte de l'îlot de chaleur urbain au Québec*. Ensuite, des éléments de modélisation de la diffusion des innovations urbaines sont proposées avant de formuler des préconisations à l'ADEME.

Objets étudiés et concepts de l'innovation

Des terrains dans des pays fédéraux et des innovations variées : mesures locales déployant un objet technique, démarche générique de planification, représentation d'un phénomène environnemental

Nous avons analysé la diffusion aux villes ou communes de trois innovations dans trois pays fédéraux où les rôles des institutions territoriales étaient supposés plus diversifiés qu'en France : les États-Unis, la Suisse et le Canada. Les innovations ont été définies afin de diversifier les façons d'entrer dans le sujet : le déploiement d'un objet technique (les toits verts), une démarche de planification thématique (la planification énergétique communale) et la prise en compte d'un phénomène environnemental (l'îlot de chaleur urbain). Pour chacun des sujets/pays, nous nous sommes efforcés d'identifier ce qui s'est diffusé de villes à d'autres, les actions menées par des institutions supra-locales et les configurations qui ont facilité la diffusion de ses innovations urbaines.

Du fait des contingences de la recherche (notamment le nombre d'entretiens), les sujets ont été progressivement restreints en tenant compte des modalités et du stade d'avancement de la propagation de l'innovation.

Les politiques de déploiement des toits verts en Amérique du nord. Il n'existe pas à proprement parler pas de volonté d'une autorité supralocale - et a fortiori de définition d'une politique générique - de déploiement des toits verts aux États-Unis, ni au Canada. Ce sont des villes qui, soumises à des problèmes environnementaux, ont décidé de prendre des mesures favorisant ou imposant la végétalisation des toitures ; certaines ont commencé il y a une dizaine d'années et n'ont cessé de

renforcer les mesures, d'autres s'y sont mis très récemment ; certaines imposent la végétalisation sur les nouvelles constructions, d'autres ont mis en place un système d'incitations très efficace. Notre analyse a porté sur l'identification de ces mesures et l'évaluation de leur efficacité dans les villes les plus avancées. Dans la mesure où il n'y a pas de définition partagée en terme de contenu ni de transfert de politique globale de villes à d'autres, nous avons observé les configurations d'adoption de ces mesures et les transferts de connaissances entre les villes nécessaires pour les mettre au point.

La planification énergétique territoriale en Suisse romande. A l'inverse du cas précédent, les autorités supralocales que sont les Cantons et la Confédération souhaitent généraliser la démarche de planification énergétique communale (PEC). Il s'agit d'un nouveau volet de la planification spatiale stratégique (les plans directeurs communaux) dont les grands principes sont définis par la loi fédérale sur l'aménagement du territoire et les modalités (procédures, articulation avec la planification spatiale opérationnelle, contrôle, incitations) définies par une loi et des réglementations spécifiques à chaque canton. En 2012, cette démarche de PEC était déjà généralisée dans certains cantons (notamment celui de Genève) tandis qu'elle était balbutiante voire inexistante dans d'autres ou bien limitée à quelques grandes villes. Un an après la décision de sortir du nucléaire (mi-2011), la Confédération et les Cantons ont décidé d'accélérer la généralisation de la PEC dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique et de développer les énergies renouvelables. Nous avons analysé conjointement l'élaboration de la méthode générique de planification énergétique communale et l'évolution du cadre de référence sociotechnique tant à l'échelle de la Suisse qu'à l'échelle cantonale (cas du canton de Fribourg) ainsi que la place confiée à une association (Cité de l'Energie) chargée de l'accompagnement des communes.

La prise en compte de l'îlot de chaleur urbain au Québec. Cas intermédiaire entre les deux précédents en terme d'encadrement supralocal, le concept (phénomène physique) d'îlot de chaleur urbain (ICU) a fait l'objet de sensibilisation et de diffusion de la part d'une organisation provinciale en direction des villes de la province canadienne. Le principal vecteur utilisé -et diffusé- est la carte thermographique issue des images thermographiques prises depuis un satellite. De telles cartes ont été utilisées par un nombre croissant de municipalités dans le cadre de leur planification stratégique depuis quelques années et, de façon émergente et très récente, pour définir des règlements de zones dans des communes pionnières. Cette carte thermographique apparaissait comme une puissante traductrice de connaissances environnementales relatives à l'îlot de chaleur urbain en direction du champ de l'aménagement ; nous avons analysé en quoi cette carte thermographique dispose des caractéristiques favorables à son utilisation par les aménageurs urbains ainsi que la façon dont elle tronque le concept scientifique d'îlot de chaleur urbain, que les acteurs de l'aménagement ont dû redéfinir.

Les différentes théories de la diffusion des innovations

a) La théorie de la diffusion des innovations la plus connue dans le monde académique et, probablement, la plus utilisée dans les domaines du marketing et de la santé publique a été définie par Everett Rogers dans un ouvrage de référence "Diffusion of innovations" édité à cinq reprises : 1962, 1971, 1983, 1995 et 2003 (Rogers 2003). Les innovations se diffusent progressivement selon plusieurs canaux parmi les membres d'un système social. Rogers décortique le processus d'adoption d'une innovation et en déduit les caractéristiques générales d'une innovation à être adoptée. Il présente aussi les éléments généraux facilitant/accélérant la diffusion d'une innovation.

- ▣ L'adoption (ou l'abandon) d'une innovation par une organisation n'est pas un processus instantané. Elle prend du temps et passe par les phases suivantes : connaissances, conviction, décision, application et, éventuellement, confirmation (abandon à défaut).
- ▣ Une innovation dispose de caractéristiques déterminant son taux d'adoption. *L'avantage relatif* d'une innovation est le degré selon lequel une innovation est perçue plus intéressante que l'idée ou l'objet auquel elle succède. La *compatibilité* d'une innovation est le degré selon lequel une innovation est compatible avec les valeurs, les croyances, les habitudes et les besoins des adoptants potentiels. La *simplicité* (antonyme de complexité) d'une innovation est le degré selon lequel elle est (perçue comme) facile à comprendre et à utiliser. L'*essayabilité* ou la capacité à être essayée est le degré selon lequel une innovation peut être expérimentée avec un faible engagement. L'*observabilité* ou la

capacité à être observée est le degré selon lequel une innovation et ses effets sont visibles à des adoptants potentiels.

- ▣ La diffusion d'une innovation est conditionnée par l'utilisation des réseaux de communication préexistants, l'action de leaders d'opinion et les efforts d'agents du changement, et le niveau de centralisation des organisations adoptantes.
- ▣ Le taux d'adoption d'une innovation suit une courbe en S par rapport au temps : des pionniers jusqu'aux adoptants tardifs en passant par les adoptants précoces. Les efforts de généralisation d'une innovation visent à avancer le moment où les adoptants précoces se multiplient juste au début de la croissance maximale du taux d'adoption. Le taux d'adoption final dépend des caractéristiques (cf. ci-dessus) de l'innovation relatives au(x) milieu(s) adoptant(s) et du mode de décision (facultatif, collectif ou autoritaire).

b) A l'opposé de cette approche déterministe, les approches interactionnistes refusent le principe de diffusion d'une innovation : elles considèrent qu'une innovation ne peut être définie une fois pour toute parce qu'elle est inévitablement transformée par celui qui l'adopterait. La théorie des acteurs-réseaux dont la paternité est attribuée à Michel Callon, Bruno Latour, Madeleine Akrich et John Law constitue le fondement des approches interactionnistes les plus utilisées en France pour étudier l'émergence d'innovations notamment dans le champ des sciences et techniques. Dans cette théorie, il n'existe pas de structure a priori, c'est la réalité du terrain et le travail d'observation, de recueil des données et d'enquête qui permet d'identifier les actants les plus puissants : les plus déterminant pour la production d'un objet, la construction d'une politique ou d'une connaissance.

Parmi les développements récents, deux nous intéressent parce qu'ils sont adaptés aux activités de conception (dans notre cas l'élaboration des mesures de l'action publique, la conception d'une méthode de planification, la représentation du phénomène d'ICU ...) : les notions d'*objet-frontière* et d'*objet intermédiaire*. La notion d'*objet-frontière* a été développée pour analyser les mécanismes de coordination entre deux communautés scientifiques impliquées dans un projet de muséum d'histoire naturelle (Star et Griesemer 1989a) "*Il s'agit d'objets, abstraits ou concrets, dont la structure est suffisamment commune à plusieurs mondes sociaux pour qu'elle assure un minimum d'identité au niveau de l'intersection tout en étant suffisamment souple pour s'adapter aux besoins et contraintes spécifiques de chacun de ces mondes.*" (Trompette et Vinck 2009). La notion d'*objet intermédiaire* fut utilisée pour qualifier des objets de diverses formes (textes, plans, échantillon ...) qui circulaient entre les membres d'un réseau d'acteurs impliqués dans des activités connectées. Il contribue à la circulation des savoirs. Les objets intermédiaires ont une durée de vie limitée : de nouveaux objets intermédiaires succèdent aux précédents en fonction de l'avancement des activités. L'objet intermédiaire peut devenir un objet-frontière lorsque des éléments structurels sont partiellement communs à plusieurs mondes sociaux (Vinck 2009).

c) Entre ces deux théories, l'une plutôt déterministe et l'autre interactionniste, Patrice Flichy proposent des grandes catégories expliquant pourquoi une innovation se généralise à une certaine période et pas auparavant. Il définit le concept de *cadre de références sociotechniques*. Aux origines d'un cadre de référence sociotechnique, se trouve une série d'imaginaires techniques qui constituent l'une des ressources mobilisées par les acteurs pour construire le cadre de fonctionnement¹. Parallèlement et de façon imbriquée, des imaginaires sociaux orientent un cadre d'usage.

¹ P. Flichy définit le cadre de référence comme un cadre technologique, institutionnel et économique autorisant et favorisant la diffusion et l'utilisation des innovations. Nous ajouterions la dimension territoriale.

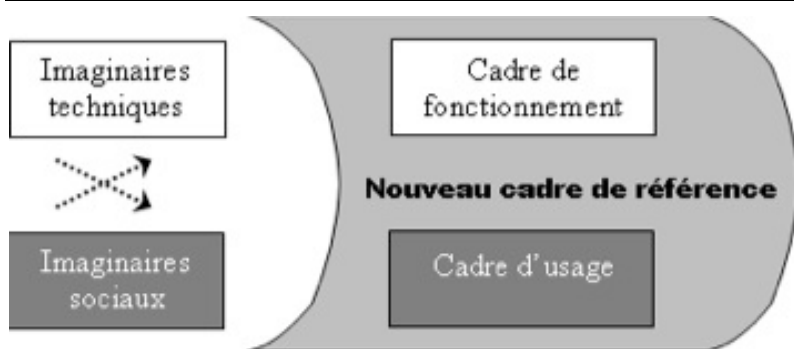


Figure 1 Le concept de cadre de références sociotechniques (Debizet d'après Flichy) (Debizet 2010)

Un ensemble d'innovations ne devient stable que si les acteurs réussissent à créer un alliage entre le cadre de fonctionnement et le cadre d'usage. Le cadre de références sociotechniques n'est pas la somme du cadre d'usage et du cadre de fonctionnement mais une nouvelle entité qui s'étend sur une période suffisamment longue pour pouvoir être observée. La stabilité du cadre peut cacher de longs mouvements plus ou moins souterrains du « technique » et du « social » (les imaginaires) qui prépareront la rupture du cadre de référence.

Résultats de l'analyse de trois innovations urbaines sur leur terrain de diffusion

Les politiques de déploiement des toits verts en Amérique du nord

Depuis une dizaine d'années en Amérique du nord, les toits verts connaissent un fort développement : la surface annuelle construite a décuplé en six ans dans les villes américaines. Les "toitures végétalisées", "green roofs" en anglais et "toits verts" en français canadien (terme que nous utiliserons dans la suite de ce chapitre) sont des toits de bâtiments recouverts par de la végétation. Ils se distinguent de toits ordinaires par l'ajout de trois couches : un substrat dans lequel les plantes ou arbustes -voire des arbres- puisent leur besoin en eau, une couche drainante et une couche filtrante empêchant les racines de dégrader le revêtement d'étanchéité du toit.

Le principe est identique à celui utilisé depuis des siècles sur les maisons de Scandinavie. Les plastiques de synthèse ont remplacé les matériaux naturels depuis quelques décennies. Ces innovations technologiques ne sauraient expliquer le soudain essor des toits verts en Amérique du nord. Les 300 publications scientifiques récentes recensées en 2013 (Blank et al. 2013) mettent en évidence les bénéfices environnementaux et économiques des toits verts : ils sont substantiels à l'échelle de la ville, effectifs pour les riverains et incertains et conditionnels pour les propriétaires du bâtiment. Les bénéfices perçus par ces derniers ne semblent pas à la hauteur des coûts des travaux supplémentaires (minimum 50\$ par mètre carré) et de l'entretien régulier. Il ne peut y avoir de déploiement massif des toits verts sans action des autorités publiques.

En recensant les actions menées par quatre villes nord-américaines parmi les plus avancées en terme de déploiement des toits verts (Portland, Chicago, Washington DC et Toronto), nous avons construit une typologie des mesures (cf. tableau ci-dessous). Parmi les mesures mentionnées, certaines sont spécifiques aux toits verts et assurément intentionnelles, d'autres sont indirectes : elles concernent seulement une fonction que le toit vert assure, le cas plus général est la rétention des eaux pluviales (stormwater). Une autre qualification d'une mesure tient à son caractère obligatoire ou incitatif.

Mesures	Facultatif	Obligatoire
Indirectes	Green Building grant P <i>Subvention à des projets de type HQE</i>	Green Building standard CW <i>Score minimal sur un ensemble de critères HQE</i>
	Stormwater fee W <i>Taxe Eaux pluviales (si basée sur la surface imperméabilisée)</i>	
Directes	Stormwater fee discount PW <i>Réduction de la taxe eaux pluviales</i>	Stormwater requirement PCWT <i>Règle de rétention d'eau</i>
	Green roof grant PCWT <i>Subvention spécifique aux toits verts</i>	Green roof requirement CT <i>Obligation de végétaliser le toit</i>
	Density bonus P <i>Bonification de surface constructible</i>	
	Expedited permit C <i>Délivrance accélérée du permis de construire</i>	
P = Portland C = Chicago W= Washington T= Toronto		

Tableau 0-1 Typologie des mesures favorisant ou imposant les toits verts

Dans chacune des villes étudiées, un processus à peu près similaire balise l'élaboration des mesures finalement instaurées :

- ▣ La phase "Initiation" commence avec l'engagement d'une personne et s'achève avec la réalisation d'un projet démonstrateur. L'initiateur s'engage dans le sens où il met des moyens importants dans l'idée et prend des risques pour faire émerger une nouvelle politique municipale de façon plus ou moins consciente, il peut être un employé de la ville (Portland), un élu (Chicago) ou une personne qui va agir de l'extérieur (Toronto).
- ▣ La phase "Projets démonstrateurs" commence avec la réalisation des premiers toits verts par la municipalité et s'achève avec leur évaluation. Elle vise à prouver les avantages aux potentielles parties prenantes. Au moins deux projets démonstrateurs sont réalisés, monitorés et évalués : l'un -situé dans un lieu emblématique- vise à maximiser la perception sensible et symbolique des bénéfices, l'autre -localisé dans un lieu discret- est conçu pour être reproductible (selon un budget limité) et évaluer les bénéfices et les coûts dans l'optique d'une généralisation à l'échelle de la ville.
- ▣ La phase suivante "Programme pilote" commence par le lancement d'un appel à projet avec des incitations à la clé et s'achève par son évaluation. Elle remplit trois fonctions : primo, découvrir et affiner des solutions les plus compétitives ; secundo tester sur les plans économique, politique, social et urbain les mesures de la phase suivante ; tertio, élargir la sensibilisation en direction des différentes communautés.
- ▣ La dernière phase "Mesure générale" correspond à la mise en oeuvre de mesures éligibles à tous les acteurs ou applicables à tous les projets de mêmes catégories. Précédée d'une communication en direction des acteurs ciblés, cette phase commence par l'ouverture des guichets délivrant les incitations ou par l'entrée en vigueur de nouvelles règles associées aux procédures administratives habituelles (permis de construire notamment). Cette phase est précédée par une évaluation juridique et économique détaillée et la traduction de la mesure générale en termes technico-juridiques. Des ajustements ont lieu au cours des deux premières années en fonction de la réception des mesures par les acteurs ciblés.

Le recueil de connaissances développées dans d'autres villes permet de shunter une ou plusieurs des premières phases. Ainsi, Washington DC qui n'a pas développé son propre projet démonstrateur ni de programme pilote a pu instaurer quelques mois avant Portland une subvention unitaire spécifique qu'elle fixe prudemment à 3\$ par pied carré et ajuste par la suite à 5\$ par pieds carrés en 2008. Effectivement, des connaissances extra-locales se diffusent de villes à d'autres ; combinées à des connaissances locales, elles permettent d'élaborer les mesures générales sans avoir suivi des phases précédentes.

connaissances composant de la mesure	Local	Extra-locale ou locale	Extra-locale
Prescriptions techniques (pour l'incitation ou le règlement de zone)	Pluviométrie, réseau d'assainissement, climat	Prescriptions techniques ou Liens entre solution technique et performances + Mise en oeuvre et exploitation	
Montant de l'incitation	Prix du marché de l'immobilier + morphologie du tissu urbain visé	Montant de l'incitation ou Méthode d'optimisation + coût selon les solutions	
Traduction dans le code local du bâtiment	Les autres + code du bâtiment municipal		Code du bâtiment provincial + normes techniques nationales

Tableau 0-2 Connaissances locales et extra-locales pour l'élaboration des mesures "green roof"

Globalement, nous distinguons trois phases dans la diffusion de connaissances relatives aux toits verts en Amérique du nord au vu des interactions des pionniers des toits verts que nous avons interrogés.

- Le transfert de connaissances via Green Building. La certification LEED Green Building apporte non seulement une procédure générale (score, modalités ...) et un système de valeurs favorables (sustainability) mais aussi des prescriptions techniques spécifiques au toit vert. Ces connaissances "clé en main" ont été utilisées pendant la période 2000-2005 lors des phases "projets démonstrateurs" et "programme pilote" par les villes de Chicago et Portland et, dans un autre cadre, par Washington.
- Les échanges interpersonnels de connaissances entre pionniers. Les pionniers municipaux (chargé de l'élaboration des mesures) ont utilisé les réseaux interprofessionnels nationaux (notamment celui de l'association GRHC cf. infra) pour renforcer leur crédibilité locale et développer leurs connaissances. Ils naviguent entre les sphères locales et nationales pour concevoir des mesures générales susceptibles d'entraîner une végétalisation massive des toits verts. Cela correspond à la période 2004-2010 (voire 2012 pour Toronto).
- Consolidation et diffusion de connaissances : les pionniers municipaux participent aux évaluations et aux ajustements locaux des mesures générales et transfèrent des connaissances de façon interpersonnelles dans leur métropole. Selon le temps qu'il leur reste et les consignes de leur hiérarchie, ils participent à la consolidation de connaissances aux niveaux régional et national.

Cette dernière phase est en cours en Amérique du nord depuis quelques années. Le travail de consolidation et de diffusion des connaissances est essentiellement assuré par des organisations d'envergure continentale.

Equivalent de l'AFNOR pour l'Amérique du nord, l'ASTM (*American Society for Testing and Material*) a produit plusieurs normes techniques sur la végétalisation des toits dès le milieu des années 2000. Elles ont été peu citées par les personnes que nous avons interrogées mais font peut-être référence dans le milieu de la construction.

Le premier rôle en matière de diffusion des connaissances revient à l'association Green Roofs for Healthy Cities (GRHC). Elle publie des manuels à l'intention des concepteurs et des prescripteurs, elle propose des modules de formation et certifie les professionnels. Elle produit des rapports mettant en évidence les bénéfices des toits verts et publie sur son site internet des communications scientifiques. En revanche, la consolidation est peu poussée en ce qui concerne les politiques ou simplement les mesures.

Green Roof for Healthy Cities -une association à but non lucratif- rassemble plus de 400 entreprises ou travailleurs indépendants et joue un rôle essentiel dans la promotion de la

végétalisation des toits et des murs en Amérique du nord. Elle organise des rencontres régionales ou continentales visant à élargir la communauté "green roof". Elle attribue chaque année un "award of excellence" à une personne publique ayant contribué à la promotion des toits verts (cf. monographie de Chicago) et publie le classement annuel des métropoles les plus "green roof" des Etats-Unis et du Canada (cf. section 1.1).

Au-delà du volontarisme des villes de réaliser des "green buildings" et d'apparaître comme champion de la "sustainability" (alliance entre la lutte contre le changement climatique et l'amélioration du cadre de vie), c'est essentiellement la pression d'une loi états-unienne sur la protection des milieux aquatiques qui pousse les grandes villes à développer les toits verts.

Une loi fédérale -le Clean Water Act- interdit la décharge d'eaux polluées dans le milieu naturel. Par dérogation, elle instaure un permis de polluer sous réserve d'un engagement à mener des actions visant à réduire les émissions de polluants. Depuis 1987, les municipalités ne respectant pas les exigences fédérales doivent négocier ce permis avec leur Etat (maître des procédures de délivrance du permis) et l'agence fédérale de protection de l'environnement (US-EPA) qui contrôle les rejets et expertise les permis.

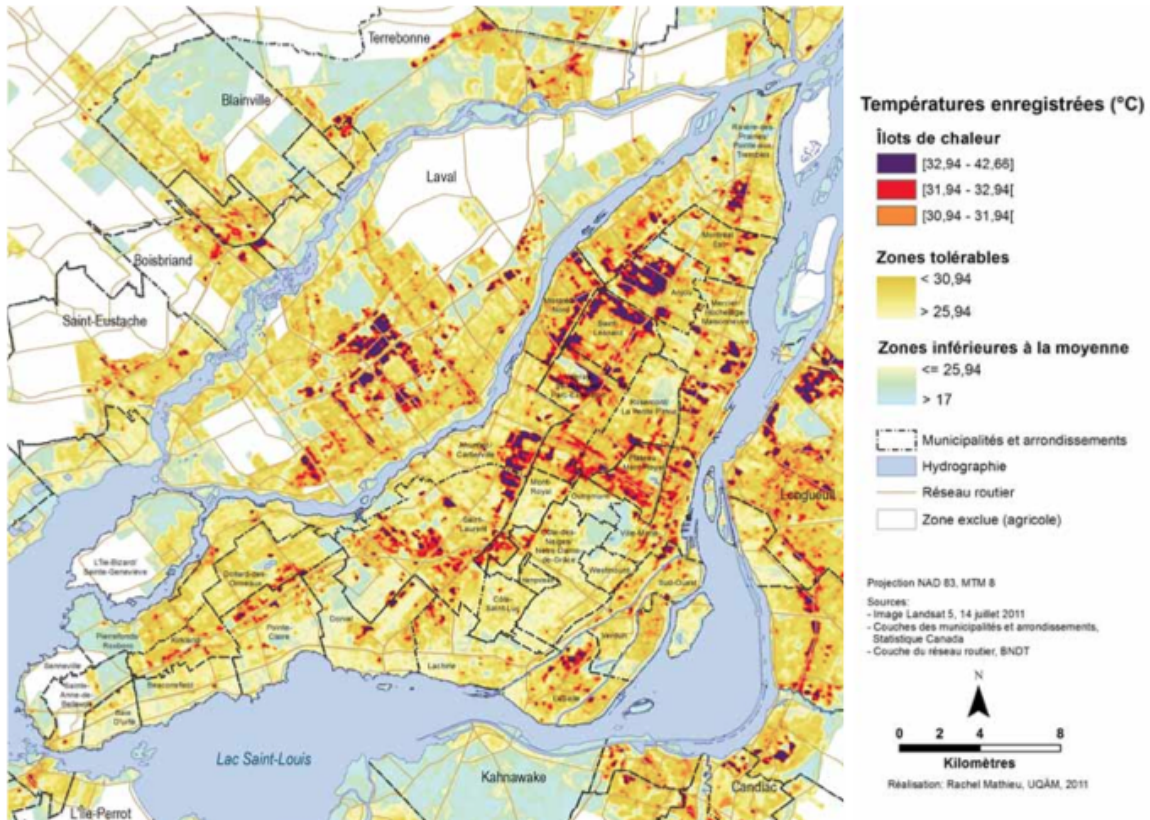
Les villes au centre des métropoles ont en général des surfaces très largement imperméabilisées et un réseau d'assainissement unitaire : les eaux pluviales ruissellent jusqu'aux égouts et se mélangent aux eaux usées dans le réseau d'assainissement. Lors des épisodes pluvieux intenses, le réseau déborde et les eaux mélangées ruissellent jusque dans la rivière, le lac ou l'estuaire. Retenir les eaux pluviales sur les parcelles éviterait de coûteux travaux d'élargissement du réseau d'assainissement. Ces villes s'efforcent de convaincre l'Etat et l'EPA qu'elles sont en mesure de développer la rétention des eaux pluviales sur les toits et les parcelles. C'est sous cette pression que la végétalisation des toits est promue par de nombreuses villes du nord-est américain qui sont particulièrement exposées aux tempêtes. La perspective de leur accroissement du fait du changement climatique exacerbe évidemment cette pression.

Toronto n'est pas soumise à cette pression par son administration fédérale mais les débordements du réseau d'assainissement unitaire posent des problèmes de qualité des eaux du lac Ontario. Dans la mesure où le lac constitue un élément d'attractivité et qu'elle est la première ville du Canada, elle s'efforce de ne pas être en reste par rapport à ses voisines états-uniennes.

La prise en compte de l'îlot de chaleur urbain au Québec

Issue des satellites Landsat dont les données ont été rendues publiques dans les années 90, la carte thermographique révèle une multiplicité d'îlots de chaleur urbains au sein des métropoles. Utilisée au milieu des années 2000 à Montréal, puis mise en ligne en 2009 pour le sud de la province de Québec, elle a fortement contribué à l'appréhension du problème de surchauffe estivale dans le domaine de l'aménagement.

CARTE 7 | LES ÎLOTS DE CHALEUR À MONTRÉAL – 2011



Source : FrancVert, volume 2, numéro 3, automne 2005. « Portrait des îlots de chaleur urbains à Montréal », Frédéric Guay et Yves Baudouin, UQAM.

Figure 2 Carte thermographique des îlots de chaleur urbains à Montréal (Ville de Montréal 2012)

Le succès de la carte thermographique s'explique par des caractéristiques favorables à son adoption (selon Rogers) :

- ses avantages (relativement à l'autre technique d'observation et de représentation) et son essayabilité : les images satellites permettent de représenter des températures (certes de surface et non ambiante) à un coût négligeable par rapport à des campagnes de mesures de températures ambiantes suivies de traitements informatiques complexes pour reconstituer des températures ambiantes dans l'espace; ce faisant, des cartes thermographiques peuvent être développées pour répondre à différents usages sans risque financier ou technique,
- sa simplicité et son observabilité : le passage sans (ou quasiment sans) médiation de la mesure (par satellite) à la représentation rend la carte thermographique très facile à comprendre et apporte une objectivité indiscutable aux faits révélés ; la représentation sur un fond de carte permet à tout un chacun d'observer la pertinence de la carte par rapport à des expériences vécues, par exemple sur des parcs de stationnement et dans des jardins publics (cf. carte ci-dessus),
- sa compatibilité avec les milieux adoptants : d'une part, la carte thermographique conforte une vision commune selon lesquelles la végétation est bénéfique aux citoyens et, inversement, les zones commerciales automobiles nuisibles ; d'autre part, en discriminant l'espace urbain, elle sert la fonction essentielle et spécifique des urbanistes qui consiste à spatialiser l'action publique.

La carte thermographique révèle de multiples îlots de chaleur urbains dans la ville (cf. carte ci-dessus) : là où se situent des toits de grande surface, elle laisse penser que la chaleur se propage de ces toits vers leur environnement immédiat. Ce phénomène basé sur la mesure de température de surface en journée ne correspond pas à la définition historique de l'ICU basée sur l'écart de température ambiante nocturne entre la ville et sa périphérie (cf. colonne du milieu dans le tableau ci-dessous). La définition de l'ICU donnée dans les documents des institutions provinciales et locales diffère donc de la définition historique : la notion "d'environnement immédiat" a été

introduite et le moment de la journée et le type de température (ambiante ou de surface) ont été omis, elle est alors compatible avec le message véhiculé par la carte thermographique (cf. colonne de droite ci-dessous).

Représentations ICU	îlot de chaleur urbain (SINGULIER)	îlots de chaleur urbains (PLURIEL)
Type de représentation graphique	transept urbain ou carte avec courbe isotherme	carte thermographique satellite
Température révélée	Air la nuit	Surface le jour
Informations véhiculées	Différentiel de T° d'air selon la circulation de l'air et le rayonnement thermique nocturne des surfaces (inertie thermique) préalablement balayées par l'air	Différentiel des T° de surface selon le type de surface exposée au soleil (nature, albedo, épaisseur du revêtement ...)
Échelle spatiale du problème	aire urbaine "milieu urbain / milieu rural"	intra-urbaine "environnement immédiat"
Spatialités valorisées	milieu rural autour de la ville	parcs et jardins publics, zones d'habitat peu dense avec arbres
Spatialités dévalorisées	centre ville	zones commerciales et industrielles
Origine scientifique	19ème siècle puis années 60 / climatologues urbains	à partir des années 80 / géographes + télédétection
Principale méthode de mesure	capteurs de température d'air reliés à une centrale de relevé	scanner infra-rouge depuis un satellite Landsat

Tableau 0-3 Deux représentations différentes du concept l'îlot de chaleur urbain

En fait, les définitions de l'ICU naviguent au cours du temps. Dans une première période (ville de Montréal de 2004 à 2006 et administrations provinciales à partir de 2006), la définition donnée de l'ICU dans les documents de l'aménagement concilie les dimensions urbaine (un seul ICU basé sur l'écart ville/périphérie) et intra-urbaine (de multiples ICU dans la ville distinguent des bâtiments par rapport à leur environnement immédiat). Dans une seconde période (les différentes autorités montréalaises à partir de 2006 puis les villes moyennes du sud-ouest de la province à partir de 2009), il ne subsiste que la référence à l'environnement immédiat. Depuis 2012, les autorités locales et les institutions provinciales utilisent à nouveau une définition large de l'ICU, mais cette tendance observée dans deux documents de planification reste à confirmer.

En résumé, la carte thermographique s'est avérée tout à fait compatible avec les besoins et les représentations des professionnels de l'aménagement mais peu avec la redéfinition historique de l'ICU. De nouvelles définitions de l'ICU ont donc été formulées dans les documents d'aménagement.

Pris isolément dans chaque ville, le processus d'adoption suit les phases identifiées par Rogers : connaissance, conviction, décision et confirmation. Considérés globalement, ces multiples processus d'adoption confortent la crédibilité de la carte thermographique et accélèrent sa diffusion et son utilisation dans les villes du Québec. Une institution supra-locale (INSPQ) a contribué à amorcer la diffusion de la carte au-delà de la Ville de Montréal. Elle a d'abord présenté des mesures de lutte aux ICU ce qui fait apparaître la lutte aux ICU à la portée des autorités municipales. Après que quelques institutions locales aient crédibilisé la carte thermographique et son usage pour la planification stratégique, l'INSPQ a mis en ligne une carte interactive permettant aux municipalités et habitants de visualiser les ICU de leur territoire. Le programme pilote d'appel à projets de traitement des ICU et sa médiatisation ont contribué à mettre cette préoccupation à l'agenda de la planification stratégique.

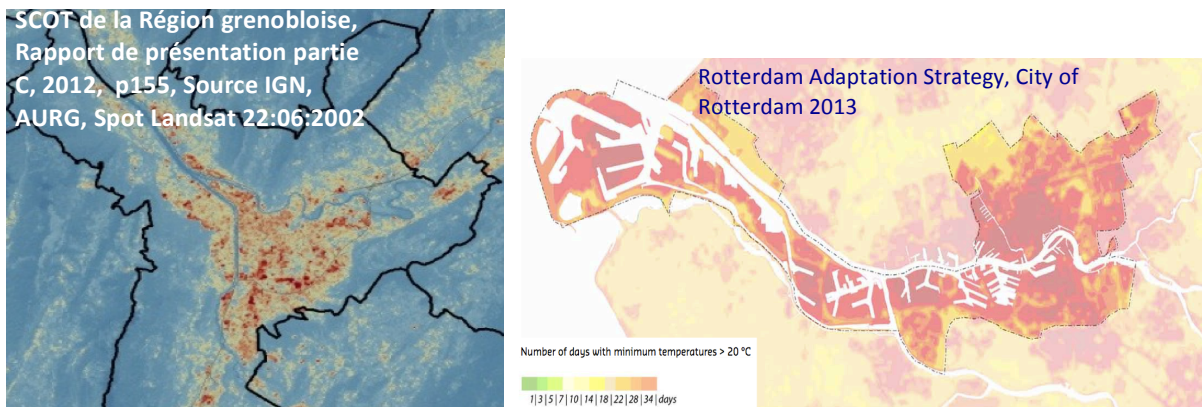


Figure 3 Carte thermographique des aires urbaines de Grenoble (France) et Rotterdam (Pays-Bas)

D'autres métropoles, notamment en Europe (cf. les cartes de Grenoble et Rotterdam ci-dessous) utilisent des cartes thermographiques dans la planification stratégique. A Rotterdam, elle apparaît dans un document sur la stratégie d'adaptation en 2013 qui préconise la végétalisation des toits des bâtiments portuaires. A Grenoble, la carte est apparue en 2012 dans le rapport de présentation du SCoT mais n'a pas (encore ?) été reprise dans des documents de planification spatiale plus détaillés.

La diffusion aux villes moyennes qui caractérise le cas québécois est particulièrement intéressante, nous avons pu l'observer sur une période de 10 ans grâce à la précocité de son utilisation à Montréal (dès 2004). L'amélioration de la résolution des cartes permise par la thermographie par avion risque fort de ne plus faire apparaître les ICU intra-urbains (cf. explication dans le chapitre 3). Cela risque de stopper net l'utilisation de la carte thermographique au Québec et de remettre en cause les mesures que cette carte justifiait.

La planification énergétique territoriale en Suisse romande

La planification énergétique territoriale a commencé il y a une quinzaine d'années dans les communes (ou les cantons) pionnières ; elle est encore loin d'être appliquée dans la majorité des communes suisses, voire même loin d'être applicable dans certains cantons. Elle se situe à l'intersection de deux champs d'actions publiques : la construction (et la rénovation) des bâtiments et l'aménagement. Ils relèvent tous deux de la compétence des Cantons selon la constitution de la confédération. Il revient donc aux Cantons de définir ce que doit être la planification énergétique territoriale : dans quel cadre légal elle s'inscrit et par quels dispositifs elle peut contraindre les acteurs de la construction. Cela se traduit par une diversité de configurations selon les cantons.

Cependant, les autorités cantonales ont mis en place de longue date des organisations-frontières dans les domaines de l'action publique qui nécessitent une harmonisation entre eux et/ou avec la Confédération. L'énergie est un de ces domaines. En 2000, puis en 2008, les directeurs cantonaux de l'Énergie ont produit un modèle de prescriptions énergétiques cantonales (MOPEC), l'une concerne la planification énergétique territoriale. Avec le Conseil Fédéral (gouvernement de la confédération helvétique), ils ont mis en place une instance légère de coordination de programmes d'incitation à l'efficacité énergétique et au développement des énergies renouvelables en direction des communes : "SuisseEnergie pour les communes". Cette organisation-frontière soutient (et donc pilote en partie) l'association Cité de l'énergie qui délivre pour la Suisse le label européen Energy City.

La Suisse dans son ensemble (et selon sa diversité) a progressivement renforcé ses objectifs énergétiques depuis 1983. Prise en 2011, la décision d'abandonner le nucléaire constitue une évolution majeure. Élaboré au cours des années 2000, le concept de société à 2000 watts rend socialement désirable et techniquement réaliste la mutation énergétique du Pays en phase avec l'abandon du nucléaire. Adopté par la confédération et une majorité de Cantons, il permet à tout acteur territorialisé (du ménage au pays) de se fixer des objectifs à moyen terme (2020, 2030 ou 2050) perçus comme atteignables moyennant des actions à mettre en oeuvre à court terme.

Ces institutions ont décidé ensemble d'accélérer les actions incitatives et réglementaires visant l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables. Les communes constituent une des cibles prioritaires puisque les programmes incitatifs ciblant les communes présentent le meilleur rendement en terme de réduction de consommation par montant investi. Elles ont décidé de généraliser la démarche de planification énergétique communale (PEC) qui consiste à établir un état des lieux de la consommation et des ressources énergétiques, définir des objectifs à moyen terme et élaborer un plan d'actions spatialisé sur le territoire communal. Pour propager cette démarche au plus grand nombre de communes, elles s'appuient sur la labellisation Cité de l'énergie.

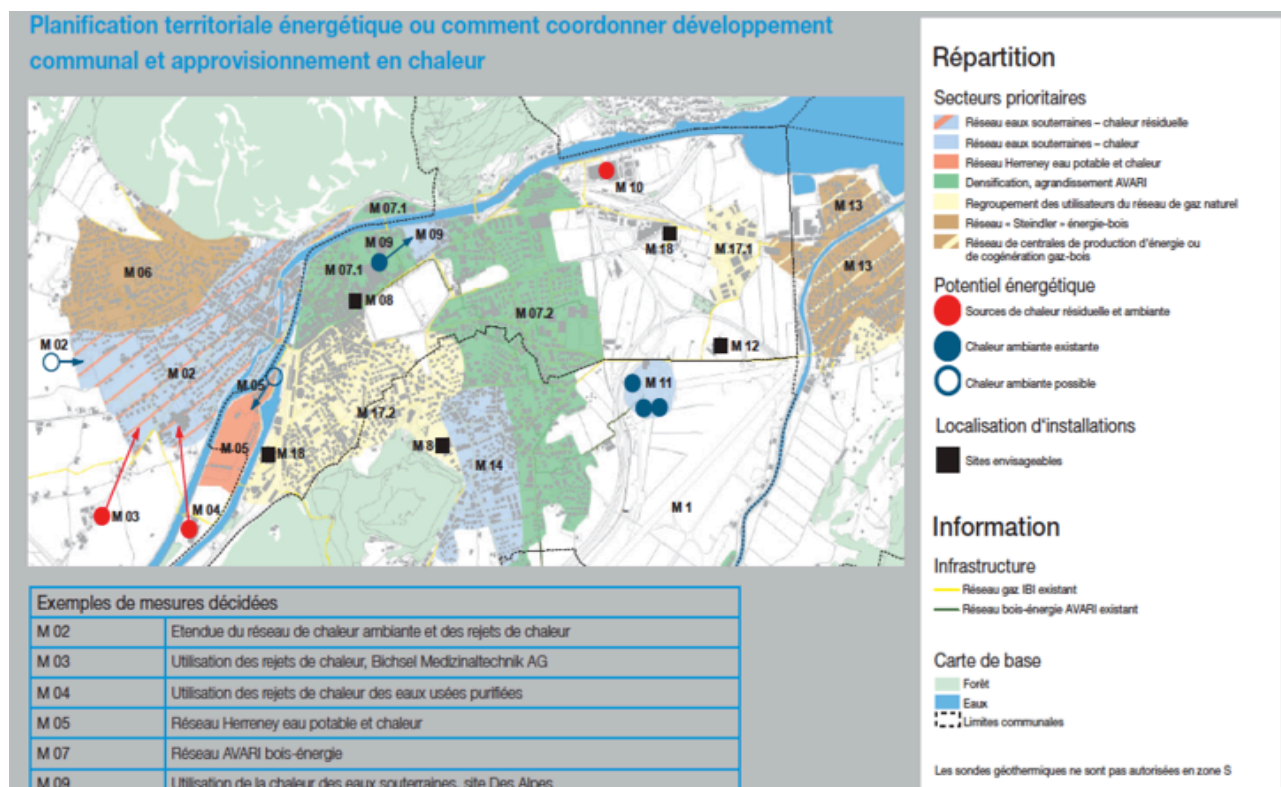


Figure 4 Exemple d'état des lieux des ressources (Cité de l'énergie, SuisseEnergie et ARE 2013)

A l'échelle d'un canton, il convient de faire évoluer le cadre légal pour permettre l'intégration des mesures, issues de la planification énergétique communale, dans les documents d'urbanisme opérationnels. Il s'agit, in fine, d'imposer les énergies renouvelables ou les plus efficaces aux acteurs de l'immobilier et de l'aménagement d'une façon qui soit adaptée aux ressources et aux besoins du territoire ainsi qu'à ses priorités. L'évolution du cadre est aussi nécessaire pour que la Canton impulse, prescrive et contrôle les planifications énergétiques communales.

Jusqu'à maintenant, ce sont les articulations interterritoriales (des objets-frontières au sens de Vinck et Trompette) qui ont fait l'objet de la plus grande attention : Confédération-communes via la méthode préconisée par SuisseEnergie, Office Fédérale de l'Aménagement et l'association Cité de l'énergie, Confédération/Cantons via le pilotage des programmes en direction des communes, Canton/Communes par l'inscription de la PEC dans le cadre de l'aménagement et pour mettre en place des financements incitatifs. Comme dans les communes pionnières, ces articulations ont été portées avec conviction et volontarisme par des fonctionnaires et élus en charge de l'énergie. Les aménageurs et urbanistes paraissent peu impliqués dans la définition de ces objets intermédiaires alors, qu'ils soient fonctionnaires des communes ou prestataires, que ce sont eux qui auront à traduire les mesures de la PEC dans les documents s'imposant aux acteurs de la construction et aux propriétaires.

Somme toute, la PEC a nécessité un ensemble d'objets-frontières dont la conception prend en compte la compatibilité avec les cadres d'actions eux-mêmes relativement mouvants à l'échelle du territoire suisse (du moins de la Suisse romande) mais sans doute moindrement à l'échelle communale. Dans ce système relativement fluide et trans-territorial, toute mise en oeuvre de la PEC constitue potentiellement une expérience observable dont les acteurs impliqués pourront tirer

profit au sein du canton (dans le cas des autorités cantonales) ou auprès de leur client (dans le cas des conseillers Cité de l'Energie et des bureaux d'études). Ainsi se diffuse et se diffusera la démarche de PEC. Le recours à Cité de l'Energie vise à accélérer cette diffusion.

Un modèle de diffusion pour les innovations urbaines ?

Mêmes si elles ont en commun de s'inscrire dans la planification ou la programmation urbaine et d'être motivées par la lutte contre le changement climatique, les innovations analysées sont de nature très différentes : les mesures municipales de déploiement des toits verts, la démarche de planification énergétique communale et l'utilisation de la carte thermographique des îlots de chaleur urbain. Cependant, la diffusion de ses innovations présente des caractéristiques proches et s'appuie sur des mécanismes similaires.

Le temps local des pionniers

La durée d'un projet immobilier, l'intervalle entre deux révisions d'un plan d'affectation des sols ou de zonage ou bien encore la période d'ouverture de subventions s'étale sur quatre ans au minimum si l'on inclut le retour d'expériences. Deux retours d'expériences complets espacés par un temps de concertation et de validation politique couvre au moins une dizaine d'années.

Du coup, élaborer et instaurer des mesures générales relatives aux toits verts en une dizaine d'années comme Portland et Toronto l'on fait est une gageure. De même, le précurseur Canton de Genève a du mérite à imposer le concept énergétique à tous les échelons de planification de la transformation de l'espace (du canton au bâtiment) une quinzaine d'années après la loi cantonale organisant la sortie du nucléaire. C'est le sort des villes pionnières que de progresser en fonction de leurs propres retours d'expérience et d'enchaîner les phases d'initiation, de projet démonstrateur et de programme pilote avant de mettre au point des mesures générales.

Mobilisation de connaissances extra-locales et utilisation d'objets intermédiaires

Accélérer la mise au point de mesures à intégrer dans la planification spatiale ou la programmation urbaine requiert de ne pas attendre ses propres retours d'expériences et donc de s'enquérir des enseignements d'expériences menées ailleurs pour modifier des représentations et élaborer des mesures nouvelles pour le territoire d'action.

Il convient donc de mobiliser des connaissances extra-locales. Il peut s'agir de prescriptions techniques, de liens entre des solutions et des performances ou des coûts (pour élaborer des mesures locales en faveur des toits verts), de mode de présentation de phénomènes physiques (carte thermographique -ICU) ou de ratios de calculs d'indicateurs de performances (associés à la méthode de planification énergétique communale -PEC). Ces connaissances peuvent être échangée de façon orale et informelle entre des personnes exerçant des activités similaires à l'exemple des quelques pionniers municipaux que nous avons interrogés. En revanche, elles doivent être un minimum codifiées si elles sont transférées à des personnes exerçant des activités différentes ou dans des contextes variés. Ainsi, se construisent des objets intermédiaires (Vinck 2009) sans qu'il n'y ait forcément de relation interpersonnelle entre le producteur de l'objet et ses lecteurs : un guide technique, un rapport d'études, une carte, un tableau de ratios...

L'un des défis que doivent lever ces objets intermédiaires est de véhiculer des messages à des personnes qui n'ont pas la même infrastructure de connaissances que le producteur de l'objet. Lorsqu'il y a une relation interpersonnelle, des ajustements itératifs s'opèrent, le lecteur peut demander des explications au producteur ne serait-ce qu'en reformulant ce qu'il comprend. Après quelques itérations interpersonnelles entre le producteur et des lecteurs, l'objet intermédiaire a des chances d'être interprété conformément au souhait du concepteur et de la même façon par les nouveaux lecteurs qui partagent la même infrastructure de connaissances que les premiers lecteurs.

Dans le cas de la carte thermographique, tous les lecteurs perçoivent de prime abord une multitude d'îlots de chaleur urbains conformément à l'intention du producteur. Des lecteurs aménageurs ont imaginé un phénomène d'irradiation horizontale de la chaleur du coeur des toits vers la périphérie alors qu'un énergéticien aurait cherché d'autres explications puisqu'il sait que la chaleur ne peut se propager de façon aussi puissante du toit vers le sol quelques mètres plus bas.

Ce n'est pas que l'objet intermédiaire véhicule des connaissances mais plutôt qu'il active des représentations chez ses lecteurs en fonction de leur infrastructure de connaissances.

Le défi de la diffusion de connaissances sans relations interpersonnelles tient dans l'anticipation des interprétations que feront les différentes catégories de lecteurs ciblés ... et celles qui n'étaient pas visées.

Méthodes et outils génériques compatibles et processus d'adoption

Plusieurs outils ou méthodes génériques ont été proposés : la méthode de planification énergétique territoriale et la carte thermographique. Cette dernière a été facilement adoptée par les aménageurs car elle s'avère simple à comprendre et tout-à-fait compatible avec leur représentation et l'essence de leur activité (cf. caractéristiques d'une innovation de Rogers). Le passage sans (ou quasiment sans) médiation de la mesure (par satellite) à la représentation rend la carte thermographique très facile à comprendre. La représentation sur un fond de carte permet à tout un chacun d'observer la pertinence de la carte par rapport à des expériences vécues. La carte conforte la représentation partagée selon laquelle la végétalisation est positive pour le cadre de vie. Et, enfin la discrimination de l'espace correspond à une fonction régulière et spécifique de l'aménageur.

De même, l'on observe que les mesures de déploiement des toits verts s'inscrivent systématiquement dans des cadres préexistants qui leur sont compatibles : les procédures de la certification LEED Green Building d'abord (Portland et Chicago), les procédures de zonage (Chicago), d'instruction des permis de construire (partout), le code du bâtiment (Toronto), le système de taxes sur les eaux pluviales (Portland et Washington).

Inversement, l'on peut s'interroger sur l'appropriation de la démarche de planification énergétique communale par les urbanistes. Ils ne sont pas outillés sur le plan cognitif pour établir un état des potentiels énergétiques ni quantifier des objectifs. Leurs expériences vécues les rapprochent de la consommation finale mais pas de celle de l'énergie primaire qui repose sur des abstractions complexes. Ils auront peut-être une expérience personnelle de production d'énergie renouvelable mais probablement pas de toutes celles disponibles sur la commune. Le concept énergétique est peut-être transversal pour l'énergéticien (cf. chapitre 4 du rapport) mais c'est une dimension supplémentaire à intégrer par l'homme de la transversalité qu'est l'urbaniste. Cette intégration s'effectue par une démarche créative -en partie intuitive- de programmation urbaine, ce qui suppose de s'affranchir de la démarche d'optimisation énergétique ou du moins de la mettre provisoirement de côté.

C'est peut-être pour ces impératifs de simplicité et de compatibilité que l'association Green Roof for Healthy Cities se contente de présenter des mesures instaurées par quelques villes et ne formule pas ce que devrait être une politique de déploiement des toits verts. Énoncer simplement une politique suffisamment complexe pour être compatible avec un grand nombre de configurations est impossible. Ainsi, promouvoir une politique dans sa globalité quelle que soit la configuration serait vouée à l'échec parce qu'elle ne peut convaincre la diversité de décideurs et ce faisant être adoptée (cf. processus d'adoption de Rogers). En revanche des mesures peuvent être promues isolément, charge à chaque ville de sélectionner certaines, les combiner puis les adapter.

Mise en compatibilité des cadres de références et instauration d'organisations-frontières

Il n'est pas rare que le cadre de références sociotechniques (Flichy 1995) dans lequel évoluent les acteurs que l'on souhaite voire adopter une innovation ne soit pas compatible avec cette innovation. Le cadre de référence est un ensemble congruent d'éléments relatifs au fonctionnement et à l'usage d'une activité. Une modification sensible de l'activité (par exemple la prise en compte de l'énergie ou de la chaleur dans la planification spatiale) requiert la modification de certains éléments du cadre.

C'est ce qu'a fait le Canton de Fribourg en modifiant le cadre légal de l'aménagement du territoire (cadre de fonctionnement). C'est aussi ce qu'ont fait des rédacteurs des agences gouvernementales et des plans stratégiques locaux québécois en modifiant la définition d'un ICU (cadre d'usage) pour qu'elle soit compatible avec le message véhiculé par la carte thermographique.

Les cadres de références de l'aménagement peuvent être hautement imbriqués avec d'autres cadres lorsque plusieurs échelles territoriales ou bien plusieurs secteurs d'actions publiques sont impliqués. Modifier le cadre pourrait perturber un système patiemment construit. L'existence d'organisations-frontières (Trompette et Vinck 2009) permet d'instruire la modification du cadre et celle des cadres connexes. *SuisseEnergie pour les communes* remplit ces fonctions récurrentes d'ajustement et d'harmonisation des cadres de fonctionnement relatifs à l'énergie dans les domaines des constructions et de l'urbanisme. Dans le canton de Fribourg, le Conseil d'Etat (gouvernement), le Grand Conseil (parlement) et des groupes de travail réunissant les parties impliquées pendant plus d'un an ont défini les relations Canton/Communes en matière de planification énergétique. Considérées globalement, ces organisations ont formé une méta-organisation-frontière aboutissant à la modification du cadre légal susnommé.

Inversement, l'on peut se demander si la faible implication des aménageurs et les risques de non-appropriation de la méthode de planification énergétique communale par les aménageurs ne sont pas liés à la disproportion de moyens entre l'organisation-frontière Suisse pour les Communes et l'Office Fédéral de l'Aménagement.

En tout cas, le système fédéral suisse et l'existence d'une organisation-frontière semblent permettre une transformation régulière des bases légales confédérales et cantonales. Comparativement à la France, cela permet aux collectivités pionnières de progresser et d'en faire pleinement profiter les autres et cela procure aussi une stabilité rassurante dans le sens où des changements substantiels ne sont décidés qu'après en avoir évalué les effets secondaires avec les parties impactées.

Rôle d'agent de changement : organisation et actants

Rogers soulignait le rôle des agents de changement. Dans chacun des cas étudiés, une organisation extra-locale a consolidé des connaissances et, au minimum, amorcé la diffusion de l'innovation dans tout ou partie de son territoire d'action : l'Institut National de Santé Publique pour l'îlot de chaleur au Québec, l'association parapublique Cité de l'Energie pour la planification énergétique territoriale, l'association de professionnels privés GRHC pour les toits verts.

A ces organisations promouvant intentionnellement les innovations, il conviendrait d'ajouter des dispositifs ou des imaginaires (des actants au sens de la théorie des acteurs-réseaux) qui ont tout autant agi sur les adoptants. C'est le cas de la procédure du permis temporaire de rejet des eaux polluées instituée par le Clean Water Act aux Etats-Unis. C'est aussi le cas du concept de la Société à 2000 watts en Suisse. Ce dernier est un puissant imaginaire qui présente à la fois des dimensions sociale et technique susceptibles de faire émerger un nouveau cadre de références (Flichy 1995).

Inversement, point de dispositif ou de nouvel imaginaire associé aux îlots de chaleur urbains au Québec, Cela pourrait expliquer qu'il n'a été pris en compte que dans la planification stratégique (qui n'engage que l'institution qui l'a publiée) et n'a quasiment pas donné lieu à des mesures contraignant les acteurs de la ville.

Préconisations

Dans la mesure où les modifications du cadre institutionnel français ne relèvent pas des compétences de l'ADEME, nous nous contentons ici de faire des préconisations relatives au déploiement des innovations environnementales dans le champ de l'aménagement et de l'urbanisme. Ces préconisations s'inspirent des résultats exposés ci-dessus mais ne tiennent pas compte des programmes passés ou présents de l'ADEME dont nous sommes loin d'avoir connaissance.

Evaluer la compatibilité des innovations avec les cadres d'action ciblés au cours de leur développement : mettre en compatibilité ou recommander la modification d'un cadre

Les innovations urbaines durables répondent à des enjeux nouveaux ou renforcés. Les cadres de fonctionnement de l'aménagement ont été conçus à une époque où ces enjeux n'existaient pas ou étaient mineurs. Évaluer la compatibilité de l'innovation avec le cadre existant peut éviter des

déconvenues. Par exemple, élaborer un outil/système d'indicateurs de l'adaptation d'un territoire au changement climatique sans tenir compte des compétences institutionnelles et des données accessibles de l'autorité agissant sur le territoire conduit à sur-dimensionner l'outil, le rendre difficile à utiliser et, in fine, à discréditer l'ensemble des indicateurs.

L'évaluation de la compatibilité avec les milieux ciblés permet d'identifier les dispositifs et les acteurs existants sur lesquels l'innovation pourra s'appuyer et d'ajuster l'innovation. A trop ajuster à l'existant, le risque est de réduire la portée de l'innovation, l'évaluation de la compatibilité doit donc aussi permettre de remettre en cause une procédure ou faire entrer dans le jeu un nouvel acteur et, in fine, de suggérer une évolution du cadre d'action à l'Etat ou à une collectivité territoriale.

Si elle est réalisée progressivement depuis l'amont du processus de développement, elle devrait permettre de faire des économies ou d'améliorer la pertinence de l'innovation à budget constant. Cela suppose la mobilisation de connaisseurs des cadres de fonctionnement de l'aménagement et de la construction dans le comité de pilotage dès la phase de projets-démonstrateurs. Par exemple, la gouvernance des bâtiments visés par le bâtiment-démonstrateur devrait être précisée par les porteurs ; des critères de reproductibilité, et pas seulement de performance, devraient être introduits dans les appels à projets des programmes pilotes.

S'appuyer sur les agents de changement préexistants : identifier, consolider, accompagner. Et régionaliser ?

Il existe toujours des acteurs qui ont intérêt à ce qu'une innovation se généralise. Dans le cas contraire, l'innovation aurait très peu de chance d'être adoptée. Ces acteurs sont potentiellement des adoptants précoces les plus motivés. Ils peuvent aussi être des agents de changement qui amorcent la diffusion de l'innovation.

Il convient de distinguer ces adoptants potentiellement motivés parmi les adoptants ciblés. La mise en compatibilité évoquée ci-dessus pourrait être pensée en fonction de cette distinction. Dans une première période, le dispositif d'accompagnement serait calé pour la diffusion des pionniers (innovation émergente) aux adoptants précoces (innovation en voie de stabilisation) : consolidation des connaissances, ciblage des acteurs les plus motivés et des vecteurs de communication, accompagnement par une organisation préexistante et, éventuellement, incitations. Il conviendra de veiller à ce que le cadre d'action n'empêche pas l'adoption ; le cas échéant, il faudra soit suspendre le dispositif d'accompagnement, soit changer les acteurs cibles, soit faire modifier le cadre.

Dans une seconde période -correspondant à la diffusion des adoptants précoces aux adoptants tardifs-, l'innovation pourrait être ajustée pour être plus simple et compatible avec les routines des acteurs, quitte à perdre certaines de ses finalités. Le dispositif d'accompagnement devrait être redéfini en fonction de l'évolution du cadre d'action.

Les enjeux environnementaux et les ressources différant selon les territoires, il se peut qu'une innovation soit en voie de diffusion au-delà des adoptants précoces dans une région alors qu'elle n'est pas adoptée du tout dans d'autres régions. S'il est important de veiller à ce que l'innovation soit définie de façon être utilisable par une part substantielle des communes et/ou intercommunalités du pays (son utilisation dans la totalité des communes serait un exercice vain, un puits sans fond), le dispositif d'accompagnement peut être régionalisé ou spécifique à certains types de territoire (par exemple les villes moyennes ou les bourgs ruraux). Si la régionalisation doit être envisagée à chaque fois, elle ne saurait être systématique, cela dépend de l'innovation et des milieux adoptants ciblés.

Mettre en place des organisations-frontières : observer les innovations émergentes et affiner des dispositifs de diffusion

Du fait de leur diversité et de l'appropriation de la lutte contre le changement climatique, les territoires sont un terreau d'innovations dans le domaine de l'aménagement. Les Départements, les Régions, l'ADEME, les services déconcentrés de l'Etat sont aux premières loges pour les observer. Parallèlement, les directions centrales de l'Etat et de ses agences en charge des

innovations environnementales et l'Union Européenne ont des objectifs en terme de politique énergétique et financent de la R&D relatifs à des objets techniques tels que les bâtiments et les réseaux urbains.

Sans créer de nouvelles organisations qui sont déjà très nombreuses pour les activités de transfert de connaissances, il pourrait être opportun de mettre en place une organisation-frontière trans-institutionnelle pérenne couvrant la thématique de l'énergie pour les communes et intercommunalités (et éventuellement de l'eau pour les intercommunalités). L'objectif commun serait de diffuser les innovations en phase avec des objectifs énergétiques co-définis par l'Etat et les Régions. Les missions de veille des innovations émergentes des territoires et d'anticipation des évolutions technologiques seraient réparties entre les membres et mises en commun. Cette organisation-frontière pourrait devenir progressivement un lieu de discussion fine des méthodes d'intégration de l'énergie dans les outils de planification spatiale stratégique et opérationnelle.

Avec une centaine de Départements et une forte culture jacobine, une telle organisation-frontière n'est actuellement pas envisageable, mais elle pourrait être pertinente et même nécessaire demain, après la réforme de la régionalisation.

Remerciements

Le coordinateur scientifique Gilles DEBIZET remercie l'ADEME pour son soutien financier aux recherches et tout particulièrement la coordinatrice technique Anne Grenier (ADEME) pour l'accompagnement de cette recherche et l'organisation des séminaires transversaux avec les équipes du programme "Observation de la Recherche urbaine". Il remercie les coordonnateurs des trois autres projets et leurs équipes pour leurs remarques : Guillaume Faburel, Séverin Poutrel et Taoufik Souami.

Il remercie tout particulièrement :

- Raymond Levitt, Evelyne Martinez-Santayana et Arnaud Kourula pour leur accueil et leurs conseils au Collaboratory Research for Global Projects de Stanford University,
- Franck Scherrer, Danielle Dagenais, Isabelle Thomas-Maret et Christophe Abrassart ainsi que Maryse Poirier, Monique Brochu, Marie Lessard et Gérard Beudet de l'avoir accueilli à l'Université de Montréal et conseillé sur les arcanes de l'organisation municipale à Montréal, avec une mention particulière à Danielle Dagenais pour la confrontation de nos hypothèses de recherche
- Antonio Dacunha, Emmanuel Reynard, Jean Ruegg, Marcia Cuchod, Sandra Guinand et Magali Henry de l'avoir accueilli à l'Université de Lausanne et guidé dans la compréhension du fonctionnement de l'aménagement du territoire dans les cantons suisses,
- Karen Snyder et Bob Sokol, planner à Vancouver, pour mon initiation à la culture pratique et à l'urbanisme nord-américains,
- Marc Magaud et Estelle Delfosse de l'ambassade de France à Washington pour leur soutien et conseils,
- Jérôme Chenal et l'équipe du CEAT de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne pour leurs commentaires sur le cas suisse,
- Simon Perreault, étudiant en maîtrise d'urbanisme à l'université de Montréal pour ses contributions à l'enquête et à l'analyse du corpus relatif à l'Ilot de Chaleur Urbain,
- Jean-Marc Francony, enseignant-chercheur à PACTE pour son aide dans la constitution de la base de données de documents de l'Environmental Protection Agency,
- Clément Morandy, étudiant en master Sciences du Territoire STADE à l'Université de Grenoble pour le traitement statistique relatif aux toits verts aux Etats-Unis,
- Tuuli Parviainen, étudiante en master Sciences du Territoire *International Development Studies* à l'Université de Grenoble pour les monographies des politiques toits verts aux Etats-Unis et au Canada,
- Myriam Houssay-Holzschuch et Dominique Baud, enseignante-chercheure au Laboratoire PACTE pour leur conseil et le co-encadrement des mémoires de Tuuli et Clément,
- Anne Tricot (CNRS & PACTE), Laurence Rocher (Uni Lyon & EVS) et Damienne Provitolo (CNRS & AZUR) pour nos échanges sur l'adaptation au changement climatique des villes dans le cadre du projet CACHALEAU,
- Premilla Choolun, Lucie Thomas et Henry Tidy et la société AMK France pour les transcriptions,
- Nathalie Leardini et Catalina Esparza pour leur attention et leur patience dans la gestion administrative des contrats,
- aux personnes interrogées au cours des enquêtes pour leur gentillesse et leur disponibilité avec une mention spéciale à Tom Liptan, persévérant initiateur du premier programme municipal de développement des toits verts en Amérique du Nord. Que les innovateurs philanthropes que j'ai rencontrés me pardonnent de ne pas les citer ici car la liste serait trop longue.
- aux membres du Conseil scientifique de l'UJF et son vice-président Laurent Daudeville de m'avoir accordé le congé sabbatique indispensable à cette recherche et à mes collègues de master d'avoir compensé mon absence.

Enfin, mon admiration à mes proches pour leur patience.

Introduction

La lutte contre le changement climatique conduit les autorités territoriales à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à minimiser les conséquences de certains de ses effets, cela concerne aussi la fabrication et la transformation de la ville. Des innovations urbaines telles que des savoir-faire ou des méthodes nouvelles en matière d'architecture et d'urbanisme durable émergent ici où là et se diffusent de façon plus ou moins visibles. Des organisations supra-locales essaient mais peinent à les diffuser compte tenu de la dispersion des rôles, de l'inertie des pratiques des professionnels de la transformation de la ville et des singularités de chaque projet et terrain. Dans ces conditions, comment expliquer le succès ou l'abandon d'innovations urbaines ?

Les "théories de l'innovation" modélisent des processus et proposent des catégories explicatives. Couramment utilisées dans le domaine du marketing, de la santé publique ou des technologies, elles sont peu mobilisées dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire. Lesquelles sont applicables à ce champ d'activité et pertinentes pour comprendre la diffusion des innovations urbaines ?

Nous faisons l'hypothèse qu'au-delà des contradictions sur les causalités de l'adoption ou non des innovations, ces différentes théories correspondent à des échelles temporelles et à des moments différents d'observation du processus de propagation de l'innovation. De notre point de vue, ces théories pourraient être davantage utilisées pour améliorer l'efficacité des politiques d'innovation environnementale menées en France.

Ce rapport de recherche est organisé en quatre parties :

- *Problématique et méthodologie générales* décrit les concepts scientifiques de la socio-économie de l'innovation, reformule les hypothèses de recherche et présente les concepts qui seront utilisés pour l'analyse de la diffusion de connaissances et de méthode innovantes dans trois pays fédéraux.
- *Les politiques de déploiement des toits verts en Amérique du nord* relate la mise au point de mesures visant à favoriser ou imposer les toitures végétalisées dans quatre villes (Portland-Oregon, Chicago-Illinois, Washington D.C. et Toronto au Canada) et les éléments supra-locaux qui ont concouru à des transferts entre villes.
- *La planification énergétique territoriale en Suisse romande* traite de la méthode d'intégration de la dimension énergie dans la planification communale.
- *La prise en compte de l'îlot de chaleur urbain au Québec* porte sur l'utilisation de la carte thermographique des îlots de chaleur urbains par les villes québécoises dans le cadre de leur planification stratégique.

A chaque, nous nous efforçons d'identifier ce qui s'est diffusé de villes à d'autres, les actions menées par des institutions supra-locales et les configurations qui ont permis la diffusion de ses innovations urbaines. Placée au début de ce rapport, la *synthèse pour les décideurs* fait aussi office de conclusion générale.

1 Problématique et méthodologie générales

Cette partie est consacrée à définir précisément le projet de recherche. Après un positionnement des enjeux climatiques en ville, il énonce et discute les concepts théoriques relatifs à la diffusion des innovations. Puis, il expose la méthodologie générale, sa déclinaison intervenant dans les chapitres suivants.

1.1 Comprendre le déploiement des innovations urbaines durables : un enjeu pour les décideurs publics et des questions pour la recherche

Aux niveaux planétaire et national, la lutte contre le changement climatique a fait l'objet de discussions serrées et d'une forte médiatisation. Au nom d'un objectif de réduction de ses émissions des GES la France a défini un programme d'actions impactant plusieurs secteurs d'activités économiques : les « technologies de l'énergie », le bâtiment et l'urbanisme, l'accompagnement des collectivités locales ...

Au niveau local, la mise en œuvre prit des formes plus pragmatiques : le foisonnement d'initiatives locales entretient des définitions disparates du développement durable opérationnel (Emelianoff 2003, Torres 2005 ...). Les collectivités inscrivent nombre de leurs actions sur l'espace dans le cadre du DD, suite aux modifications des lois organiques de l'aménagement du territoire du logement et des transports.

Passé l'enthousiasme (Touraine 1999), la dénonciation d'une utopie dangereuse (Prudhomme) ou les craintes d'un leurre (Lascombes 2001, Bourg & al. 2006), les sciences sociales s'intéressant au territoire (géographie, sciences politiques, urbanisme ...) soulignent les contradictions (Mancébo, Theys) et les difficultés de mise en œuvre du DD dans les territoires : la transversalité (Emelianoff 2005, Voiron-Canicio & Saint-Amand 2009), le management par indicateurs, la participation citoyenne et le décloisonnement public/privé (Behar 2006) exigent un fort volontarisme, entraînent des remises en cause laborieuses et ont des effets nuancés ou incertains. L'atténuation des émissions de GES et l'adaptation aux effets du changement climatique passe par des nombreux et hétérogènes processus d'apprentissage par les acteurs qui fabriquent et transforment la ville.

Une grande partie des actions publiques en milieu urbain vise à transformer physiquement l'espace : ces opérations sont censées modifier les conditions de vie/de travail des populations ou des organisations ou bien encore limiter les impacts occasionnés par les activités humaines. Ces transformations physiques se concrétisent sur un espace via des projets, bien souvent imbriqués et relevant de plusieurs autorités : aménageurs, maîtres d'ouvrage immobilier, propriétaires, voire locataires sont autant d'acteurs décisionnels qui interviennent directement dans la transformation de la ville.

Encadrés par la planification spatiale (SDAU, POS puis DTA, SCoT, PLU...) et des programmes sectoriels (PDU, PLD, PLH ...) qui définissent des objectifs et des règles d'urbanisme ou de financement, les projets immobiliers se situent aux confins de l'action publique dans le sens où c'est un utilisateur de bâtiment ou un opérateur économique, souvent privé, qui concrétise cette transformation physique de l'espace en offrant de nouvelles fonctions aux activités humaines. Que ce soient des infrastructures de transport, des éco-quartiers ou des bâtiments, la pluralité des acteurs décisionnels est générale.

La recherche sociopolitique sur les infrastructures des transports des années 90 met en évidence la congruence d'enjeux territoriaux (Offner 1998) et le rôle de l'expertise et la construction difficile de consensus (Fourniau 1997). L'extension et surtout la transformation urbaine mobilisent des interactions et des systèmes plus complexes et plus ténus. Les métropoles, formes spatiales de l'hypermodernité, sont moins fabriquées par des plans que par un millefeuille de groupes sociaux (y compris d'entreprises) dont l'individualisation et le marché ne sont pas les moindres moteurs (Ascher 1995). Les jeux d'acteurs et la construction des enjeux et des connaissances dans les projets privés sont aussi des déterminants de l'action publique.

Le développement durable reconfigure les règles du jeu et les partitions. Il introduit les générations futures en traversant les échelles spatiales et en transgressant les secteurs de l'action publique. L'adhésion qu'il suscite et la crainte du réchauffement climatique conduisent à définir de nouveaux

référentiels (Bertrand 2009) et des nouvelles façons de faire la ville (Souami 2009) : nouvelle imbrication entre volontarisme politique et pragmatisme opérationnel plutôt que retour de la planification spatiale ou simple coordination/mobilisation des acteurs décisionnels de l'aménagement.

Le sentiment d'urgence climatique a conduit des organisations supra-locales à tenter d'accélérer le passage à l'acte des villes et des filières économiques de la construction et de l'aménagement. Des lois ont été modifiées, des financements spécifiques ont été mis en place notamment par les Régions et les services et agences de l'Etat, et notamment par l'ADEME dont les missions historiques sont en forte adéquation avec la lutte contre le changement climatique.

Pour autant, les pratiques de fabrique et de transformation de l'espace urbain change-t-elle pour répondre au nouvel objectif. Des travaux traitent des innovations dans des projets urbains (Souami, Emelianoff, ...) ou immobiliers (Debizet et Symes 2009) (Renauld 2012). Ils identifient le rôle des concepts et des dispositifs exogènes au projet urbain ou immobilier novateur : les modèles d'écoquartiers, des certifications environnementales, des programmes de coopérations européens, de nouveaux principes de construction etc. D'autres publications portent sur les acteurs concourant à la diffusion des innovations durables dans le domaines de la construction et l'aménagement : les artisans (Colombard-Prout, Laumonier, et Roudil 2007), les grandes entreprises les comités de normalisation (Cauchard 2010), les mouvements professionnels militants (Henry et Paris 2009)(Debizet 2010), des dispositifs tels que l'OPATB (Debizet 2011).

Ces actions, bien souvent publiques, visant à faire émerger et à transférer des innovations sociotechniques d'un projet à un autre, d'une ville à une autre sont peu mises en parallèle avec la R&D consacrée aux technologies vertes, en particulier celles liées à l'énergie.

Les opérateurs de recherche technologique et les groupes industriels souligne l'importance de la production de connaissances scientifiques et technologiques : le processus d'innovation suivrait systématiquement le chemin suivant : recherche fondamentale, recherche appliquée en laboratoire, prototype expérimental, démonstrateur avant que le « marché » ne prenne le relais. La notion de « verrou » est fréquemment utilisée pour désigner les technologies sur lesquelles il convient de progresser. Les notions de « freins » et de « leviers » reposent sur l'hypothèse que la route est déjà tracée. Le monde social au sein duquel les innovations devront être déployées est pensé de façon dichotomique, d'un côté les acteurs économiques pour lesquels des dispositifs d'aides publiques (subvention, promotion, défiscalisation...) devront être mis en oeuvre pour transformer de façon transitoire la marché, de l'autre des acteurs sociaux dont les réticences devront être vaincues et au mieux prises en compte d'où la notion d'"acceptabilité sociale". Elle laisse supposer qu'une technologie est pertinente par essence mais se heurte à la réticence des acteurs sociaux.

De toute évidence, une conception de l'innovation qui permettrait d'analyser conjointement le déploiement des innovations dans les territoires et les processus d'innovation dans la fabrique de la ville s'avère nécessaire. Le recours aux théories de l'innovation s'impose avant même de définir les innovations auxquelles cette recherche s'intéresse.

1.2 Les concepts scientifiques relatifs au déploiement des innovations

La théorie de l'acteur réseau et de la traduction est très largement utilisée en France par les sociologues des organisations. Utilisée en épistémologie des sciences, notamment dans la « fabrique de la science », ainsi que pour analyser l'innovation technologique, cette théorie a été mobilisée dans la sociologie des organisations, la géographie des risques (November Camacho Latour 2010) et le design architectural et urbain. Approfondissement/traduction de la théorie de l'acteur-réseau, le concept d'objet-frontière, développé dans des approches anthropologiques des collaborations de travail et de production de connaissances (Star & Griesmer 1989, Trompette P. & Vinck D. 2009) peut-être mobilisé pour analyser des collaborations d'acteurs autant dans la fabrique de la ville que dans la gestion de projet multi-entreprises. Il met aussi en lumière les infrastructures de connaissances spécifiques des acteurs s'impliquant de façon inédite dans un projet commun.

Ces concepts sont mobilisés pour analyser les processus d'innovations dans de nombreuses publications francophones et anglophones mais c'est un ouvrage intitulé "The diffusion of innovations" qui est, de loin, le plus cité dans les articles relatifs aux innovations. Dans cet ouvrage, E. Rogers expose une théorie des innovations distinguant le processus d'adoption de celui de production ce qui suppose de définir de façon relativement stabilisée une innovation pour pouvoir observer son adoption à différentes périodes. L'idée selon laquelle une innovation puisse être stable et distinguable des milieux où elle est utilisée s'oppose à la théorie de l'acteur-réseau et de la traduction selon laquelle adopter une innovation ne peut se faire qu'en l'adaptant : cette adaptation étant constitutive d'une nouvelle innovation, précisément l'innovation devant être étudiée.

Dans un ouvrage (Flichy 1995) explicitement écrit en réaction à la théorie de l'acteur-réseau, P. Flichy met en évidence le concept de cadre de référence sociotechnique pour expliquer le succès des grandes innovations techniques; ce faisant, il souligne l'importance des évolutions sociétales pour expliquer les changements techniques.

Ces trois conceptions du déploiement des innovations sont brièvement exposées avant d'évaluer leur intérêt heuristique pour décrire les chemins de l'innovation urbaine à l'heure du développement durable.

1.2.1 Les déterminants de la diffusion des innovations selon Rogers

Everett Rogers a conceptualisé les mécanismes de la diffusion des innovations en mobilisant plusieurs centaines d'articles scientifiques sur le sujet. Son ouvrage "Diffusion of innovations" a été à édité à cinq reprises : 1962, 1971, 1983, 1995 et 2003. Une innovation est "une idée, une pratique ou un objet qui est perçu comme nouveau par un individu ou une unité susceptible de l'adopter" (Rogers 2003). Les innovations se diffusent progressivement selon plusieurs canaux parmi les membres d'un système social.

Le processus d'adoption d'une innovation (decision-making process)

L'adoption (ou le rejet) d'une innovation n'est pas un processus instantané. Elle relève d'un processus qui prend du temps et passe par différentes phases (figure p. 170) : knowledge, persuasion, decision, implementation, confirmation.

- La **connaissance** (knowledge) advient quand une personne prend conscience de l'existence d'une innovation et tente de comprendre comment elle fonctionne.
- La phase de **conviction** (persuasion) advient lorsque qu'une personne adopte une attitude favorable (ou défavorable) vis à vis de l'innovation. Cela implique de programmer l'adoption de l'innovation et de la situer/représenter dans une situation future plus ou moins incertaine. C'est en cela qu'une innovation peut être liée à d'autres, notamment à de nouvelles idées, de nouvelles valeurs ou de nouveaux enjeux.
- La phase de **décision** (decision) advient quand une personne (or a "decision-making unit") mène des activités qui conduisent au choix d'adopter (ou de rejeter) une innovation. C'est à ce moment que l'innovation est essayée ou que vont être recueillies des informations auprès de ce ceux qui l'ont essayée.
- La phase **d'application** (implementation stage) advient quand une personne (or a decision-making unit) utilise ou fait utiliser l'innovation. Si les phases précédentes étaient uniquement mentales, celle-ci prend une forme pratique. Les problèmes d'application sont généralement plus nombreux lorsque l'adoption relève d'une organisation car les personnes utilisatrices sont plus moins volontaires et impliquées dans le processus de décision. C'est au cours de cette phase et, particulièrement dans cette situation, que l'innovation se transforme (Rogers utilise le terme "réinvention" pp180-188).
- La phase de **confirmation** correspond à celle où l'adoptant est conforté dans son choix ou bien abandonne l'innovation. Rogers distingue la dissonance et la discontinuité.

Le taux d'adoption d'une innovation dépend :

- a) des caractéristiques de l'innovation : son avantage relatif, sa compatibilité, son degré de

-
- complexité, son aptitude à être essayée et observée,
 - b) du processus d'adoption de l'innovation : selon que son adoption est facultative, collective ou imposée,
 - c) des canaux de communication : par des médias de masse ou des relations interpersonnelles,
 - d) de la nature du système social : plus ou moins forte interconnexion des adoptants potentiels, normes facilitant l'adoption ...
 - e) des efforts des agents du changement : renforcement des relations interpersonnelles, argumentation ...

Une innovation présente des caractéristiques déterminant son taux d'adoption :

- ▣ **L'avantage relatif** d'une innovation (relative advantage) est le degré selon lequel une innovation est perçue plus intéressante que l'idée ou l'objet auquel elle succède. Cet avantage peut correspondre à un intérêt économique (exemple des machines à ramasser les tomates en Californie), un intérêt social (exemple des habits à la mode conférant un statut social considéré comme supérieur). Cet avantage relatif peut être modifié par un acteur (notamment public) en proposant des incitations monétaires ou non qui favorisent l'adoption de l'innovation et accroissent son avantage économique ou social. Ces incitations peuvent être attribuées au diffuseur ou à l'adoptant, elle peut viser des individus ou des groupe d'individus, elles peuvent être immédiates (au moment de l'adoption) ou futures. Il peut être aussi introduit des pénalités à ne pas adopter une innovation (par exemple, des taxes plus élevées ou un service gratuit dégradé si l'on adopte pas l'innovation).
- ▣ **La compatibilité** d'une innovation (compatibility) est le degré selon lequel une innovation est compatible avec les valeurs, les croyances, les habitudes et les besoins des adoptants potentiels. Il peut arriver qu'une innovation soit plus rapidement adoptée si elle est diffusée simultanément avec d'autres : "technology cluster" (p249) correspond à un bouquet d'innovations susceptibles d'être adoptées de façon interdépendantes. Par exemple, une innovation technologique est véhiculée en parallèle avec une nouvelle représentation (voir les notions *d'imaginaire technique* et *d'imaginaire social* de Flichy). Non exempte de valeur, le nom d'une innovation peut être un frein ou un obstacle à son adoption. L'acceptabilité d'une innovation est une caractéristique de sa compatibilité.
- ▣ La **simplicité (antonyme de complexité)** d'une innovation est le degré selon lequel elle est (perçue comme) facile à comprendre et à utiliser. Plus une innovation est complexe, moins elle a des chances d'être adoptée. Le niveau de complexité peut différer selon les groupes sociaux : par exemple, les premiers ordinateurs se sont diffusés rapidement dans la communautés des ingénieurs et des informaticiens, nombre d'entre eux s'étonnaient de la faible diffusion des ordinateurs ne comprenant pas que ce qui leur apparaissait simple était en fait très complexe pour les quidam. (*ndlr : Rogers ne distingue pas la compréhension de l'utilisation ; il s'agit de comprendre comment utiliser l'innovation mais pas nécessairement de comprendre son fonctionnement technique interne*).
- ▣ **L'essayabilité** ou la capacité à être essayée (trialability) est le degré selon lequel une innovation peut être expérimentée sans engagement important. Plus une innovation est essayable, plus elle a des chances d'être adoptée. Rogers mentionne indistinctement une innovation facilement essayée ou pouvant être essayée par morceau. (*Rogers ne mentionne pas la réversibilité de l'adoption d'une innovation, une innovation entraînant des situations d'irréversibilité a peu de chance d'être adoptée : par exemple, la défaillance d'une nouvelle armature de béton peut entraîner de lourdes et irréversibles conséquences contrairement à une décoration qui peut être facilement remplacée*). On notera que cette caractéristique est particulièrement importante pour les adoptants précoces ; elle a peu d'importance en phase de généralisation : plus le taux d'adoption est fort, plus un adoptant potentiel connaît personnellement des personnes qui ont déjà essayé l'innovation.
- ▣ **L'observabilité** ou la capacité à être observée (observability) est le degré selon lequel une innovation et ses effets sont visibles aux adoptants potentiels. Ceci contribue positivement à son adoption. Une innovation utilisée dans des situations intimes (safer sex, software for

domestic computer ...) se diffusera plus lentement qu'une innovation utilisée dans les lieux publics (téléphone mobile, applications pour mobile ...). (Rogers ne mentionne pas les formes de visibilité, ainsi les scènes semi-publiques des réseaux sociaux rendent visibles des idées et des applications pourtant utilisées dans des espaces physiques privés ndlr).

Dans la suite de l'ouvrage, Rogers ne distingue pas les catégories b, c, d, e ci-dessus : il s'attache à cerner les dynamiques du système social vis-à-vis de l'innovation au sein des chapitres 7 (innovativeness and adopters categories), 8 (diffusion networks), 9 (the change agent), 10 (consequences of innovation). Il met notamment l'accent sur :

- le rôle des leaders d'opinion,
- des réseaux de communication (intensité de personnes interconnectées par des "patterned" flux d'informations : interconnectivité est le degré selon lequel les unités d'un système social sont reliés par des réseaux interpersonnels)
- les agents du changement (change agents) sont des personnes qui influence les "clients" de l'innovation-décision dans un sens souhaité par l'agence du changement.
- les types de décision d'adoption (innovation-decision) : caractéristique qui dépend à la fois de l'innovation et du système social qui l'adopte :
 - facultative (optional) : le choix d'adopter ou pas est fait par une personne indépendante des décisions prises par les autres acteurs du système social
 - collective : le choix d'adopter (ou rejeter) doit être fait par consensus entre les membres du système social,
 - autoritaire : le choix est fait par un nombre restreint de personnes et s'impose à un grand nombre de personnes.

Rogers distingue les systèmes de diffusion selon leur niveau de centralisation (centralized and decentralized diffusion system). L'adoptant peut jouer un rôle actif dans la diffusion. Schön (1971) observait qu'une innovation pouvait provenir de multiples sources décentralisées et se diffuser via des réseaux horizontaux avec un haut degré de réinvention (p395) : l'innovation est modifiée par les utilisateurs pour l'adapter à leur besoin particulier. Les adoptants deviennent ainsi les principaux agents du changement. Tableau de comparaison entre centralisé et décentralisé p396)

==> decentralized diffusion systems sont plus appropriés pour diffuser des innovations qui n'impliquent pas un haut degré d'expertise technique et concernent des besoins et des conditions relativement homogènes.

==> l'efficacité d'une diffusion décentralisée peut être accrue par une stratégie et une coordination centralisée.

Il introduit la notion de masse critique : le seuil de masse critique (critical mass) au-delà duquel une innovation se propage sans efforts (de la part des agents du changement). C'est particulièrement le cas pour les innovations interactives dont l'avantage à les utiliser augmente avec le nombre d'adoptants (cas de email, sms, téléphone mobile)

1.2.2 Le concept de cadre de références sociotechniques de Flichy

Dans son ouvrage consacré au lien entre l'innovation technique et la société, P. Flichy propose le concept de cadre de référence sociotechnique (Flichy 1995). Aux origines d'un cadre de référence sociotechnique, se trouve une série d'imaginaires techniques qui constituent l'une des ressources mobilisées par les acteurs pour construire le cadre de fonctionnement². Parallèlement et de façon imbriquée, un imaginaire social oriente un cadre d'usage³. Un ensemble d'innovations ne devient stable que si les acteurs réussissent à créer un alliage entre le cadre de fonctionnement et le

² P. Flichy définit le cadre de référence comme un cadre technologique, institutionnel et économique autorisant et favorisant la diffusion et l'utilisation des innovations. Nous ajouterions la dimension territoriale.

³ P. Flichy cite la mobilisation successive de plusieurs imaginaires sociaux qui correspondent chacun à un cadre d'usage envisagé pour le télégraphe. Au XVIII^e, les aristocrates l'associaient à la correspondance amoureuse ; entre la révolution française et 1830, il était un outil de consolidation de l'unité de l'Etat ; il devint ensuite un monopole d'Etat en 1837 pour éviter une inéquité d'accès aux informations boursières qui aurait pu compromettre le développement du capitalisme.

cadre d'usage. Le cadre de référence sociotechnique n'est pas la somme du cadre d'usage et du cadre de fonctionnement mais une nouvelle entité qui s'étend sur une période suffisamment longue pour pouvoir être observée. La stabilité du cadre peut cacher de longs mouvements plus ou moins souterrains du « technique » et du « social » (les imaginaires) qui prépareront la rupture du cadre de référence.

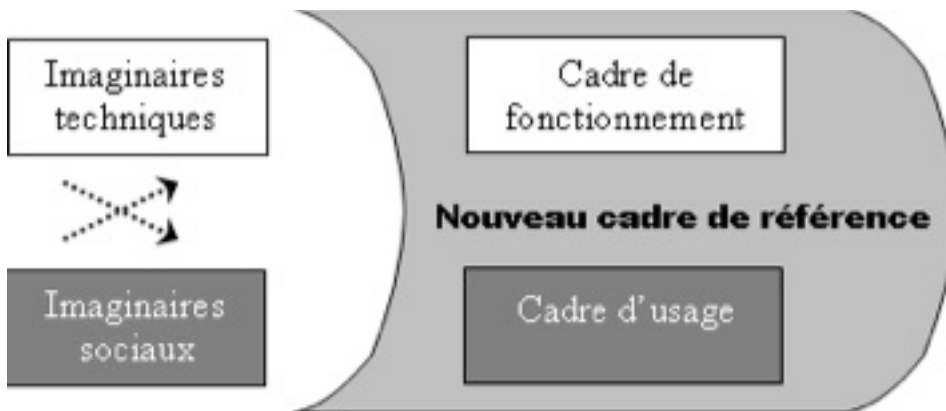


Figure 5 Le concept de cadre de référence (Debizet d'après Flichy)

Pour illustrer le contenu des cadres d'usage et de fonctionnement, prenons l'exemple de l'expertise en planification des transports qui a connu un développement très important en France au cours des 60 à 90 (Debizet 2010).

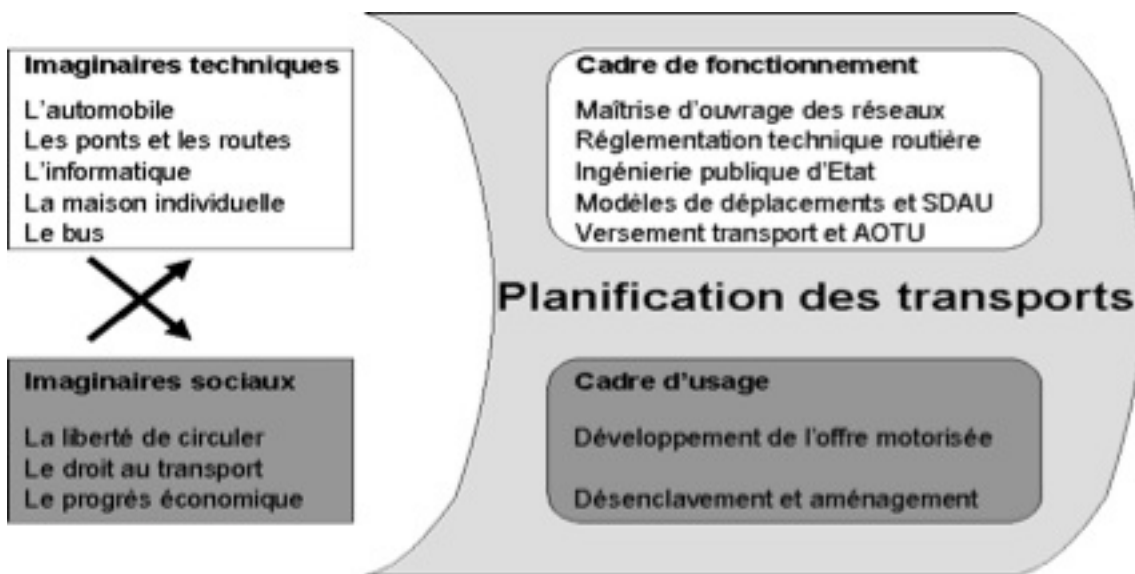


Figure 6 Cadre de référence Planification des transports (Debizet, 2004 p. 160)

Au cours de la période allant des années 70 aux années 90, la planification des transports fut le levier d'une politique de développement de l'offre de transports. Imaginaires techniques et imaginaires sociaux s'étaient auparavant répondu en écho, dès le début des années 60, pour préparer un développement de l'offre de transports que la planification permet de généraliser à toutes les échelles du territoire. Le cadre de fonctionnement de la planification des transports combinait des éléments organisationnels (maîtrise d'ouvrage, AOTU⁴, versement-transport) et cognitifs (modélisation des déplacements) ainsi que des dispositifs qui articulaient ces deux catégories : la réglementation technique (d'essence nationale) et les SDAU⁵ (pensés à l'échelle

⁴ L'Autorité Organisatrice des Transports Urbains (AOTU) finance et organise les transports publics à l'échelle de l'agglomération urbaine. Prélevé sur la masse salariale des entreprises et administrations de la zone, le versement-transport finance une part essentielle du déficit d'exploitation.

⁵ Le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme planifie l'utilisation de l'espace correspondant au bassin de vie (aire urbaine) selon un horizon temporel de 20 à 30 ans.

métropolitaine) étaient plutôt formatés par une ingénierie publique d'Etat. Il s'agissait alors de développer l'offre motorisée dans les aires urbaines (voies rapides urbaines, branches autoroutières, services de transports publics ...), de désenclaver les territoires ruraux et d'aménager le territoire national en développant les liaisons interurbaines.

En résumé, le concept de cadre de références sociotechniques explique le succès d'une innovation et en particulier son avènement à une période précise, d'une part, par les transformations sociétales exogènes à l'innovation et, d'autre part, par des synergies dynamiques entre des innovations combinant plusieurs dimensions : technique, sociale, économique, politique etc et l'alliage entre les finalités et les modalités d'utilisation de l'innovation. Il n'explique pas pourquoi ni comment tel ou tel acteur adoptent une innovation mais dans quel contexte sociétal historique et selon quelles dynamiques sociotechniques une innovation a eu (et "aurait" si le concept est utilisé dans une perspective prospective) du succès.

1.2.3 Les approches interactionnistes : ANT, objets-frontières, objets intermédiaires

Elaborée essentiellement par Michel Callon, Bruno Latour, Madeleine Akrich et John Law, la théorie de l'acteur-réseau, considère que "la société" n'existe pas en tant que telle : elle n'est qu'assemblage/désassemblage des liens que créent les individus. Des analyses ethnographiques des activités au sein de laboratoires scientifiques et d'innovations sociotechniques sont à l'origine de cette théorie. Plutôt que de définir les cadres organisant les activités et l'innovation, Bruno Latour et Michel Callon ont porté leur attention sur les interactions entre les chercheurs et entre les chercheurs et les objets (le microscope, les protocoles de recherche ...). Les artefacts sont considérés comme des acteurs (le terme "actant" est souvent utilisé pour souligner leur dimension intrinsèquement agissante) au même titre que les acteurs humains. L'action des "actants" est conditionnée par le réseau des actants avec lesquels il est en relation : "*La structure des relations entre individus (c'est-à-dire la structure du réseau) impose des contraintes aux actions que chaque individu peut entreprendre ; en même temps, cette même structure offre des occasions d'action.*"(Callon 2006). Une organisation telle qu'une firme ou un collectif peut être transitoirement considérée comme un actant, elle n'en reste pas moins un ensemble plus ou moins stable de relations entre des actants.

Dans cette théorie, il n'existe pas de structure a priori, c'est la réalité du terrain et le travail d'observation, de recueil des données et d'enquête qui permet d'identifier les actants les plus puissants : les plus déterminant pour la production d'un objet, la construction d'une politique ou d'une connaissance. C'est pour étudier les sciences et techniques - la manière dont elles naissent et se diffusent dans la société - qu'a été élaborée ce qui a été appelé ultérieurement la théorie de l'acteur-réseau.

Elle présente en effet plusieurs avantages (Callon 2006) :

- elle libère du concept de contexte : si elles existent, les chaînes causales sont déployées par les réseaux: "*Chaque point a le contexte qui lui est fourni par l'ensemble des liens qu'il établit avec d'autres points*"
- elle permet d'étudier rigoureusement les phénomènes de "path dependency" : de voir comment par "*un enchaînement d'évènements*" même de nature très différente "*des forces se décomposent ou des formes se dessinent*".

La théorie a stimulé de nombreux travaux relatifs à l'action et la cognition distribuées : "l'action comme une action collective distribuée, qui s'incarne parfois dans la figure d'une agence individuelle, d'autres fois dans celle d'un groupe, mais qui dans tous les cas est une action composée, dispersée, reprise, déviée, relancée".

Parmi les développements, deux sont particulièrement adaptés aux activités de conception innovante.

La notion d'objet-frontière a été développée pour analyser les mécanismes de coordination entre deux communautés scientifiques impliquées dans un projet de museum (Star et Griesemer 1989b). "Il s'agit d'objets, abstraits ou concrets, dont la structure est suffisamment commune à plusieurs mondes sociaux pour qu'elle assure un minimum d'identité au niveau de l'intersection tout en étant suffisamment souple pour s'adapter aux besoins et contraintes spécifiques de chacun

de ces mondes." (Trompette et Vinck 2009). La notion a été par la suite utilisée dans de nombreux travaux scientifique pour analyser les intersections entre des modes sociaux différents collaborant dans un lieu spécifique et/ou à un projet commun. Sa flexibilité en fait un support accueillant aux traductions hétérogènes tant comme dispositif d'intégration des connaissances que de médiation dans les processus de coordination ; il est aussi le support de l'incorporation invisible des infrastructures de connaissances propres : standards, convention et normes indexés à chacune des communautés impliquées. (Trompette et Vinck 2009)

La notion d'objet intermédiaire fut utilisée pour qualifier des objets de diverses formes (textes, plans, échantillon ...) qui circulaient entre les membres d'un réseau d'acteurs impliqués dans des activités connectés. Il contribue à la circulation des savoirs. L'objet intermédiaire articule les processus en amont de sa fabrication et les projections de son utilisation en aval. Certains objets intermédiaires (un brouillon par exemple) présentent un faible niveau de codification et facilitent l'intégration des connaissances. D'autres, au contraire, (un plan d'exécution par exemple) font appel à des codifications de haut niveau, inaccessibles à des tiers non connaisseur, ils n'appellent pas d'interactions mutuelles, mais ont un fort caractère prescriptif. Les objets intermédiaires ont une durée de vie limitée au cours de la collaboration, des objets intermédiaires remplacent les précédents en fonction de l'avancement des activités. L'objet intermédiaire peut devenir un objet-frontière lorsque des éléments structurels sont partiellement communs à plusieurs mondes sociaux. (Vinck 2009).

1.2.4 Approche heuristique appliquée au déploiement des innovations par les acteurs de la fabrication/transformation de la ville

Les théories et concepts décrits ci-dessus relèvent de positions opposées sur la structuration de la société. La théorie de l'acteur-réseau ne présuppose pas d'éléments structurants dépassant les acteurs : ce sont les interactions qui font société et non le contraire. A contrario, le concept de cadre de référence sociotechnique met en exergue un faisceau d'éléments organisationnels (institutions, dispositifs de régulation, organisation des marchés...) et la congruence d'intérêts et de représentations qui forment ensemble, et pendant une période suffisamment longue, un cadre permettant ou non l'adoption généralisée d'une innovation. A contrario aussi de la théorie de l'acteur-réseau, en s'attachant à modéliser un processus de diffusion des innovations, Rogers construit des catégories incontournables : un système social, des organisations, des agents de changement, des canaux de communication (en distinguant média et relations interpersonnelles). Cependant, ni Rogers ni Patrice Flichy ne se revendiquent structuralistes : c'est en développant une analyse heuristique transdisciplinaire sur les innovations qu'ils identifient des éléments structurants, respectivement un processus et un contexte relatif.

Tous les deux distinguent une phase d'émergence de l'innovation et une phase de diffusion, cela suppose qu'à un moment donné une innovation puisse être décrite et considérée comme stable dans le temps. A contrario, considérant que la société n'est qu'assemblages/désassemblages de liens entre les personnes, la théorie de l'acteur-réseau n'attribue pas de permanence a priori à un objet : une innovation ici ne sera pas la même qu'une innovation ailleurs comme l'explique un sous-titre d'un des articles fondateurs de la théorie (Akrich, M., Callon, M., et Latour, B. 1988) "L'adopter c'est l'adapter" : la diffusion des innovations a donc peu de sens selon cette théorie. De fait aussi, les travaux non-monographiques utilisant la théorie des acteurs réseaux dans le domaine de la fabrique de la ville ont tendance à déconstruire les catégories stables des analyses urbaines (Farias et Bender 2010).

Au-delà de ces différences fondamentales, des points de convergences importants apparaissent entre la théorie de diffusion des innovations et la théorie des acteurs réseaux. La "réinvention" d'une innovation recoupe "l'adaptation" d'une innovation. Deux des caractéristiques déterminant le taux d'adoption d'une innovation "essayabilité" et "observabilité" relèvent sans aucun doute des dynamiques d'interactions entre une innovation et ses adoptants. Le processus de décision au sein d'une organisation se structure autour d'aspects (connaissance, conviction, décision et confirmation) qui peuvent aussi bien avoir une dimension individuelle que collective et organisationnelle. Enfin, l'importance accordée aux canaux de communication et aux relations interpersonnelles n'est pas incompatible avec l'attention aux objets intermédiaires et aux objets frontières.

La théorie de la diffusion des innovations présente deux points communs essentiels avec le concept de cadre de référence : elle met au premier plan les temporalités du processus et propose une description à dessein (dans l'objectif de d'expliquer le succès ou l'insuccès d'une innovation) du système social dans lequel se déploient l'innovation. Là où Rogers décomposent en de multiples catégories le processus de diffusion, Flichy propose deux catégories beaucoup plus globales et relativement ouvertes.

La diffusion d'innovations relatives à l'activité de fabrique de la ville, d'un projet à d'autres ou d'une villes à d'autres, est peu traité dans les littératures scientifiques, que ce soit celle de l'innovation ou celle de l'urbanisme et l'aménagement. Il n'existe donc pas une approche partagée ni même discutée de cette diffusion. Notre parti pris consistera donc à utiliser comme *principale grille de lecture la théorie de la diffusion des innovations* car elle décompose le plus en détail le processus et les conditions de diffusion. Nous testerons ainsi sa pertinence et ses limites heuristiques.

La grille d'analyse comportera en outre des concepts clés des autres théories les plus pertinents par rapport au sujet et notamment :

- ▣ les notions **d'objets intermédiaires** et **d'objets-frontières** car la préoccupation des enjeux climatiques et énergétiques introduits des connaissances environnementales qui ont été développées en dehors des métiers de l'aménagement et de l'urbanisme,
- ▣ les notions **d'imaginaire social** et **d'imaginaire technique** car la récente opérationnalisation du développement durable dans la fabrique de la ville mobilise des imaginaires mais encore peu de règles stabilisées ou de standards,
- ▣ du concept de cadre de référence nous retiendrons la **congruence d'éléments fonctionnels** (organisations, procédures, outils ...), les éléments du cadre d'usage nous intéressent peu dans cette recherche car ils sont abondamment traités dans la plupart des travaux de la recherche urbaine française.

1.3 Méthodologie générale

1.3.1 Hypothèses de la recherche

Quatre hypothèses étaient formulées dans la proposition de recherche :

1. la diffusion de l'innovation urbaine passe par des modalités, et repose sur des concepts, différents selon les secteurs ciblés par les aides publiques : aménagement & urbanisme, industrie (produits en série), bâtiments & travaux publics ...
2. les modalités, et plus largement les différents canaux de l'innovation urbaine, varient selon les pays en particulier en fonction du caractère fédéral ou centralisé des relations entre l'Etat les collectivités locales versus la Fédération et les États.
3. les gouvernements sollicitent la recherche en sciences sociales (y compris en urbanisme) pour mieux comprendre les modalités de l'innovation urbaine eu égard aux enjeux de la durabilité et en particulier de la transition climatique,
4. la recherche urbaine, qu'elle soit française ou anglo-saxonne, peine à répondre à ces questionnements seule, c'est à dire sans l'appui d'autres disciplines telles que la socio-économie de l'innovation.

Les deux dernières avaient pour objet de positionner la proposition de recherche "Chemins de l'innovation urbaine" parmi d'autres que l'ADEME auraient pu recevoir. Le parti pris (cf.1.2) expose de façon précise ces hypothèses, elles seront rediscutées dans la conclusion du mémoire final.

Vu le parti pris, il convient de réécrire les deux premières hypothèses en les structurant autour de la théorie de la diffusion des innovations. Elle deviennent :

Le déploiement des innovations urbaines suit un processus, adapté à l'aménagement et à l'urbanisme, de la théorie de la diffusion des innovations que Rogers a développée et appliquée à un large spectre de domaines régulés par les autorités publiques (agriculture, santé publique, technologies...).

L'organisation institutionnelle de l'urbanisme (et de l'aménagement des villes) influence, voire prédétermine, les modalités et les canaux du déploiement des innovations urbaines et en particulier ceux répondant à des enjeux de transition climatique.

1.3.2 Choix des pays et des innovations

Les pays avaient été définis dans la proposition de recherche, ils ont été déterminés d'une part par opposition au modèle centralisé français et d'autre part en fonction des possibilités d'appui scientifique d'universités étrangères très bien implantées dans les milieux à étudier :

- ▣ les acteurs de l'urbanisme et de l'environnement par l'institut de géographie de la faculté des géosciences de l'université de Lausanne, qui se situe à l'épicentre géographique de la Suisse romande,
- ▣ les acteurs de l'urbanisme dans les villes québécoises par l'Institut d'Urbanisme de l'université de Montréal
- ▣ les acteurs de la construction de bâtiments et d'infrastructures par le Collaboratory for Research on Global Projects de Stanford University.

La planification énergétique territoriale (PET) et la prise en compte de l'îlot de chaleur urbain (ICU) ont été retenus car ces démarches étaient mises à l'agenda des urbanistes depuis quelques années respectivement en Suisse et au Québec et faisaient l'objet d'actions répétées de sensibilisation par des organismes fédéraux, provinciaux/cantonaux et interprofessionnels auprès des communes. Ces sujets novateurs étaient déjà définis dans la proposition de recherche.

Il restait à en préciser le périmètre : s'agit-il de l'élaboration d'une politique définie par des objectifs précis, des outils de décisions et des dispositions ciblées sur des catégories d'acteurs ou bien simplement d'une démarche définie par des orientations et quelques principes d'actions ? Après l'exploration de la littérature grise et les premiers entretiens de chaque enquête, les périmètres des deux innovations ont été ajustés de façon définitive. Au moment de l'enquête, la planification énergétique territoriale était en phase de mise à l'agenda des communes et les dispositions opérationnelles génériques étaient encore peu développées en Suisse. La prise en compte de l'ICU se situait, à quelques exceptions près, au stade de mise à l'agenda au Québec, la politique de traitement ICU était en cours d'élaboration tant au niveau générique qu'au niveau des communes. Ces innovations sont précisées dans les sections 2.1. et 3.1.

Il restait à définir l'objet innovant à étudier aux États-Unis. Quelle politique locale innovante en matière d'urbanisme ou de construction étudier ? L'immensité et la diversité géographiques du pays, la taille des institutions territoriales et des organisations professionnelles ont conduit à privilégier un périmètre facile à cerner et à tracer. Une démarche et des d'un enjeu nouveau (comme les ICU ou la PET) peut susceptible de grandes variations selon les territoires, variations qui auraient rendus nécessaires des décryptages institutionnels incompatibles avec le temps impartis par le projet de recherche.

Les politiques locales de déploiement des toitures végétalisées répondent relativement bien à ce critère. Délimités par l'objet physique (et non par un enjeu ou un problème), ces politiques sont facilement repérables. Plusieurs domaines d'actions publiques locales sont concernés par les toitures végétalisées du fait qu'elles répondent à plusieurs fonctions : rétention des eaux pluviales, lutte contre les ICU, contribution à la biodiversité et au paysage L'élaboration et la mise en oeuvre de ces politiques requièrent donc une coordination des différents services municipaux. Enfin comme la PET et la lutte contre les ICU, elles visent les acteurs privés et notamment les professions de la construction. L'innovation "Politique locale de déploiement des toitures végétalisées" est précisée dans la sections 4.1..

En résumé, les trois innovations étudiées sont :

- ▣ les politiques locales de déploiement des toits verts (Amérique du Nord).
- ▣ la planification énergétique territoriale (Suisse romande)
- ▣ la prise en compte de l'ICU dans l'urbanisme (Québec et France)

1.3.3 Exploration bibliographique

Le déploiement des innovations relatives à la fabrique de la ville fait l'objet de recherche bibliographique d'une part sur les concepts fondamentaux de sociologie de l'innovation (cf. section 1.2.) et d'autre part sur l'innovation dans le champ de l'urbanisme. Il ne s'agit pas de produire une revue de littérature mais de décrire les concepts et de discuter de leur pertinence par rapport aux hypothèses de recherche ainsi qu'aux terrains et sujets étudiés.

Pour chacun des trois sujets et pays, deux types de littérature ont été explorés :

- ▣ - grise : les documents de planification spatiale, de programmation d'action ou de présentation de dispositions émis par les collectivités ainsi que les documents produits par les organisations chargées de formuler et de diffuser de la connaissance et des savoir-faire
- ▣ - scientifique : les publications traitant du sujet ou de l'urbanisme relatives aux villes étudiées

Ces analyses bibliographiques sont détaillées dans chacune des chapitres suivants.

1.3.4 Enquête

Les enquêtes ont été menées dans quatre pays en fonction des séjours de Gilles Debizet :

- ▣ Suisse de décembre 2011 à mars 2012
- ▣ France de mars 2012 à mai 2012 avec Simon Perreault (étudiant en maîtrise d'urbanisme de l'université de Montréal en stage au laboratoire PACTE)
- ▣ Québec en juin et septembre 2012 et juillet 2013
- ▣ États-Unis de juillet à septembre 2012 et Toronto en juillet 2013 par Danielle Dagenais

Les entretiens visent à recueillir des informations sur les relations entre les faits et les représentations des acteurs. Les entretiens sont conduits de façon semi-directive. Ils commencent par des questions appelant un récit : l'interviewé n'est pas interrompu par l'enquêteur. Au cas où l'interviewé se montre peu loquace, des questions de relance sont prévues. L'entretien s'achève par des questions courtes et précises sur des thèmes non abordés dans les récits. Les entretiens sont individuels et durent environ une heure, ils sont enregistrés et retranscrits.

Des séances de restitution intermédiaire des résultats à des groupes d'urbanistes auront lieu en Suisse à l'automne 2013 et au Canada en décembre. Les enseignements de ces séances seront intégrés au rapport de recherche final s'il est remis fin 2013.

1.3.5 Analyse de discours

Une cinquantaine d'heures d'entretien seront analysés en fonction des hypothèses générales de la recherche et des problématiques déclinées sur chaque thème et terrains. La grille d'analyse commune est essentiellement basée sur la théorie de la diffusion des innovations (cf. 1.2.4).

Les transcriptions sont codées avec le logiciel N'Vivo, cela permettra d'illustrer facilement les analyses par des citations et de diversifier les problématiques tant pour le rapport de recherche que pour des publications ultérieures.

La partie commune du codage comprend les codes suivants :

- ▣ processus de décision : connaissances, conviction, décision, application, réinvention, confirmation
- ▣ caractéristiques de l'innovation : avantage relatif, compatibilité, simplicité, essayabilité, observabilité
- ▣ objets d'interconnaissances : objet intermédiaire, objet-frontière
- ▣ cadre de référence : imaginaire social, imaginaire technique, congruence, bien commun, réglementation

Les catégories de codes suivantes sont spécifiques à chaque innovation étudiée : échelles spatiales, marqueurs temporels, professions impliquées, démarche et dispositions

2 Les politiques de déploiement des toits verts en Amérique du nord

Introduction

Les toits verts connaissent un fort développement depuis une dizaine d'années en Amérique du nord : la surface annuelle construite a décuplé en six ans dans les villes américaines. Cet essor de la végétalisation des toits s'observe aussi en Asie et en Europe : les toits verts font l'objet de très nombreuses publications scientifiques essentiellement issues des pays tempérés et urbanisés (Blank et al., 2013). Les "toitures végétalisées", "green roofs" en anglais et "toits verts" en français canadien (terme que nous utiliserons dans la suite de ce chapitre) sont des toits de bâtiment recouverts par de la végétation. Ils se distinguent du toit ordinaire par l'ajout de trois couches : un substrat dans lequel les plantes ou arbustes -voire des arbres- puisent une partie de leur besoin en eau, une couche drainante et une couche filtrante empêchant les racines de dégrader le revêtement d'étanchéité du toit.

Le principe est identique à celui utilisé depuis des siècles sur les maisons de Scandinavie : les plastiques de synthèse ont remplacé les matériaux naturels. Sur le plan technologique, ces innovations datent de plusieurs décennies. Elles ne peuvent expliquer le récent essor des toits verts en Amérique du nord. Les connaissances sur les toits verts se sont étoffées depuis une dizaine d'années comme l'illustrent 300 publications scientifiques recensées en 2013 (Blank et al., 2013). Elles mettent en évidence les bénéfices environnementaux et économiques des toits verts : ils sont substantiels à l'échelle de la ville, effectifs pour les riverains et, incertains et conditionnels, pour les propriétaires du bâtiment. Les bénéfices perçus par ces derniers et les acteurs la filière du bâtiment ne semblent pas à la hauteur des coûts des travaux supplémentaires (minimum 50\$ par mètre carré) et de l'entretien régulier. Il ne peut y avoir de végétalisation massive des toits sans action des autorités publiques.

D'où des incitations en direction des propriétaires et des promoteurs de bâtiments développées par de nombreuses autorités publiques. Plusieurs États du nord-est des États-Unis ont proposé des déductions fiscales à partir du milieu des années 2000 (Shepard, 2010)⁶. Au même moment, des villes ont proposé des incitations économiques, généralement en direction des acteurs privés après avoir expérimenté le toit vert sur leurs propres bâtiments (Carter and Fowler, Laurie, 2008) (Dagenais et al. 2011). En 2008, une première ville (Chicago) a rendu les toits verts obligatoires pour la plupart des nouvelles constructions y compris celles d'initiative privée.

Nous présumons que la mise en place de politiques par un nombre croissant de municipalités nord-américaines en direction des opérateurs privés explique l'essor continu des toits verts en Amérique du nord. Nous supposons que le principe d'action municipale s'est propagé de villes à d'autres. Il ne suffit pas de décréter un principe, une municipalité doit aussi définir une politique et la mettre en oeuvre. Nous posons donc la question de la nature de ce qui se diffuse et des processus de diffusion de villes à d'autres.

Existerait-il une politique locale quasi-générique de déploiement des toits verts qui se diffuse dans les villes nord-américaines ? Ou bien, sont-ce des actions municipales telles que des dispositifs incitatifs, des règles de construction, des méthodes de mobilisation des acteurs, des outils d'évaluation, des connaissances ou des imaginaires ? Et comment ces éléments de politique (ou cette politique générique) se diffusent-ils ? Des acteurs supra-locaux contribuent-ils à leur diffusion ? Et pour finir, une question à portée opérationnelle : quels sont les obstacles et les freins à la mise en place des actions municipales et à leur efficacité ?

Ce chapitre s'attache à vérifier ces présomptions et à répondre à ces interrogations. La première partie caractérise spatialement le développement des toits verts et des documents afférents sur le continent nord-américain. La seconde présente les politiques municipales menées dans quatre villes parmi les plus dynamiques. La dernière partie modélise les chemins de ces innovations urbaines et les conditions qui ont contribué à leur diffusion et à l'essor des toits verts.

⁶ Les États de Maryland en 2004, Pennsylvania en 2007 et New York en 2009 offrent des déductions fiscales aux propriétaires couvrant jusqu'à 25 % des surcoûts induits par la végétalisation (Shepard, 2010)

La première partie vise à identifier les espaces les plus dynamiques en terme de toits verts. Des recensements effectués par des organisations nationale ou continentale ont été traités pour reconstituer des séries longues et effectuer des comparaisons entre villes, tenant compte des dynamiques de la construction et de la démographie.

La deuxième partie porte sur la genèse et l'évolution du contenu des politiques de déploiement de toits verts de 2000 à 2012 menées par les villes de Portland (Oregon, Etats-Unis), Chicago (Illinois, Etats-Unis), Washington (District of Columbia, Etats-Unis) et Toronto (Ontario, Canada). Ces monographies s'appuient essentiellement sur la littérature grise produite par ces villes et sur les entretiens réalisés auprès des principaux acteurs des politiques municipales en 2012 et 2013. Les politiques de ces villes sont ainsi caractérisées selon une grille commune : les liens entre les enjeux et le processus d'élaboration et de validation politique, la chronologie des actions municipales selon une typologie commune et les effets des actions sur la mise oeuvre de toits verts.

La troisième propose une modélisation du processus local d'élaboration et de mise oeuvre des politiques de déploiement des toits verts et des échanges entre villes et elle brosse les cadres d'actions supralocaux.

2.1 Spatialités et temporalités de la réalisation de toits verts

Gilles Debizet avec la contribution de Clément Morandy

Dans cette première partie, nous nous attachons à dresser un panorama simplifié du déploiement des toits verts en Amérique du nord tant du point de vue de leur matérialité que sur le plan des connaissances. Il mobilise exclusivement des données quantitatives.

Dans une première section, nous mobilisons deux bases de données sur les projets de végétalisation de toitures pour localiser les lieux majeurs de déploiement et les dynamiques. Notre traitement révèle une croissance rapide et très hétérogène des toits verts. Dans la deuxième section, nous utilisons une base de données, constituée de documents mis en ligne par une organisation gouvernementale, pour esquisser une généalogie thématique et spatiale. Dans la dernière section les hypothèses expliquant le déploiement des toits verts sont provisoirement discutées.

2.1.1 Une croissance rapide et hétérogène des toits verts selon les villes et les régions

L'association Green Roof For Healthy Cities qui fédère plus de 600 professionnels des toits verts aux Etats-Unis et au Canada a recensé plus de 20 millions de pieds carrés de toits verts installés au cours de l'année 2013 soit vingt fois plus qu'en 2006. La progression est continue et tout porte à croire que ce mouvement va se poursuivre dans les prochaines années.

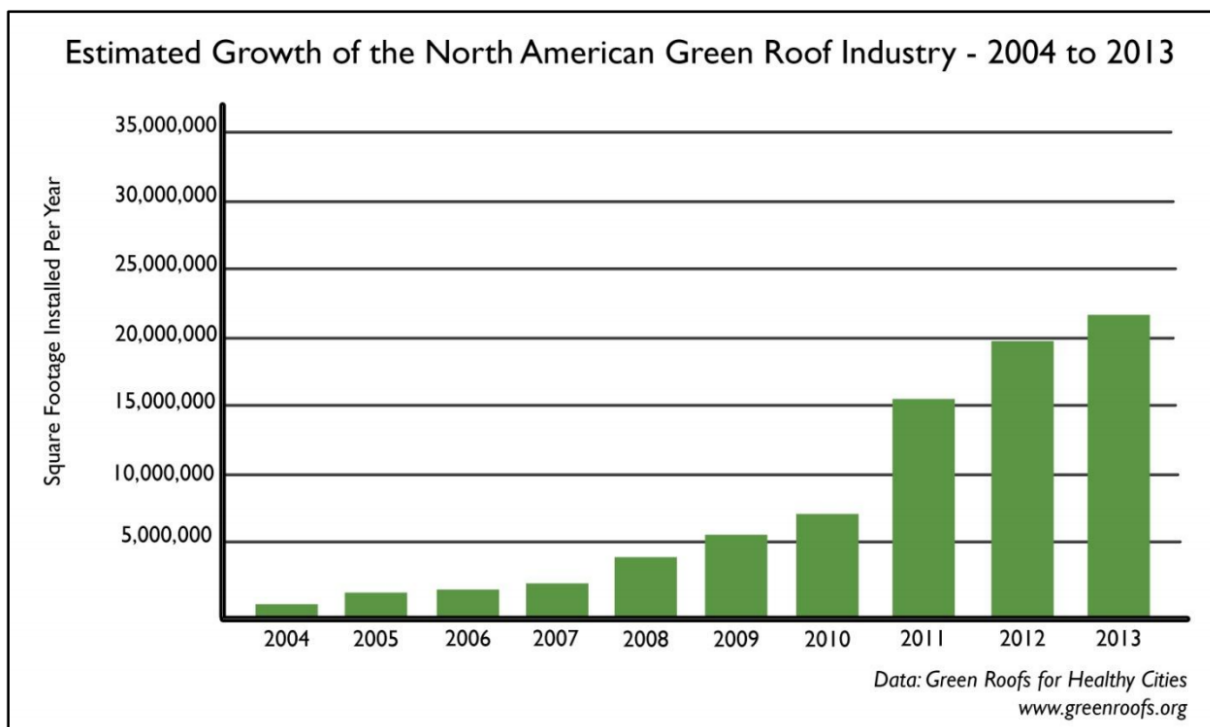


Figure 7 Annual area of green roofs installed in the USA and Canada (GRHC 2014)

Cette progression n'est pas uniforme sur tout le territoire. Le classement que GRHC mène depuis 2005 par aire urbaine met en évidence des écarts très importants selon les villes comme l'illustre le classement Top10 de 2008 et 2012.

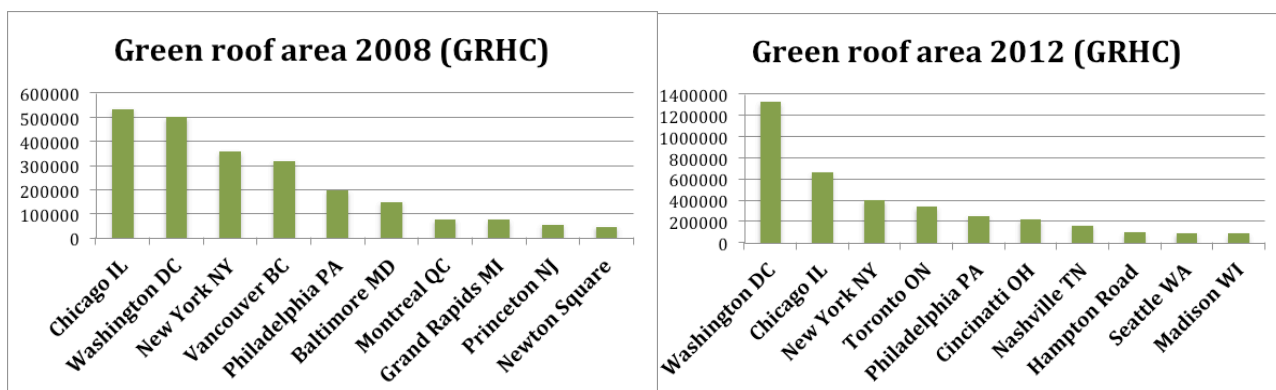


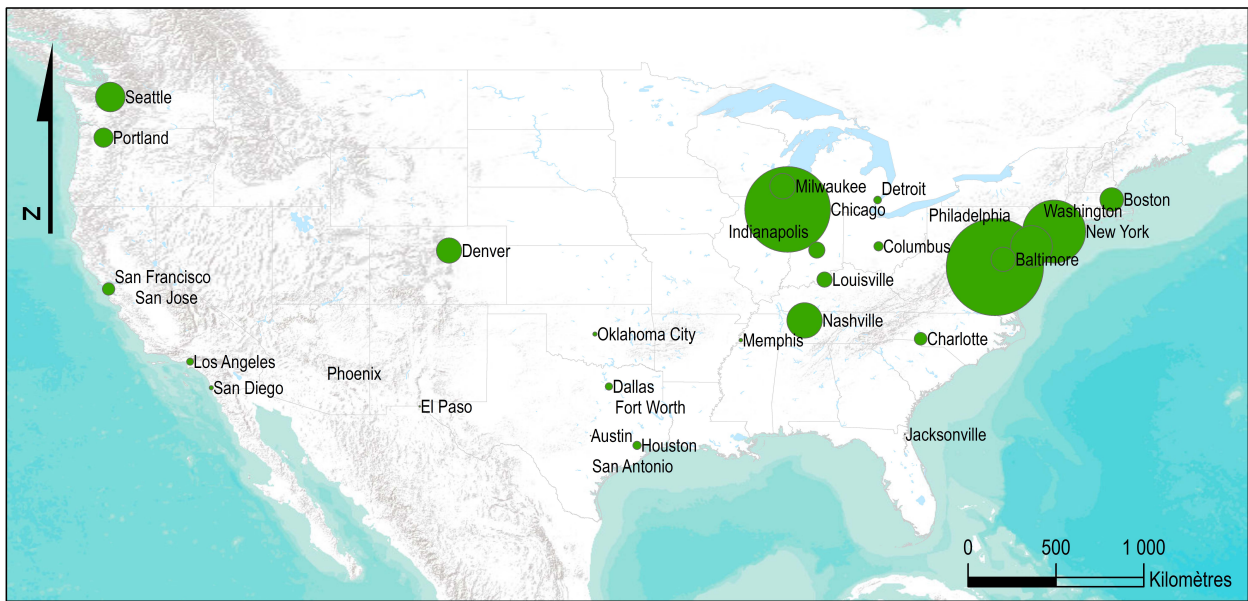
Figure 8 Top 10 Green roof area in 2008 et 2012 (GRHC)

A elles seules, trois métropoles (Chicago, Washington et New York) réalisent près des deux tiers du Top 10 en 2008 comme en 2012. Six villes du Top 10 2008 n'apparaissent pas dans celui de 2012. Il y a donc de grandes disparités selon les métropoles. Certes, les aires métropolitaines de New York, Chicago et New York sont beaucoup plus peuplées que Vancouver, Baltimore, Montréal et surtout que Grand Rapids, Princeton et Newton Square qui n'apparaissent qu'en 2008. Cependant, Washington surclasse New York qui est trois fois moins peuplée tandis que des métropoles très peuplées⁷ de Los Angeles, Dallas et Houston n'apparaissent dans aucun des classements.

Les disparités sont encore plus marquantes lorsque l'on observe les surfaces installées par ville (et non plus par métropole).

⁷ Selon l'agence statistique américaine CENSUS <http://www.census.gov/popest/data/metro/totals/2012/>

Cartographie des villes américaines selon la superficie de toits verts construits entre 2010 et 2013 (Données GRHC)



Légende

Surface de toit verts en ft²

- 10 000
- 100 000
- 1 000 000

Figure 9 Map : Area of 2000-2013 installed green roof of the 30 most populous US cities (Morandy-Debizet / GRHC & USCENSUS)

Très peu de toits verts ont été installés dans le sud des Etats-Unis. Washington, Chicago et New York sont très largement en tête, New York arrive quatrième et les autres villes sont loin derrière. Pour neutraliser l'effet de la population, nous avons représenté la surface de toits verts installés par habitant.

Méthode de reconstitution des surfaces de toits verts par ville

Deux organisations nord-américaines recensent les surfaces de toits verts à partir de déclaration par les professionnels ayant contribué à leur conception ou leur installation. Le site greenroofs.com met en ligne une liste des projets depuis 2000 mais sa mise à jour est de plus en plus éparse depuis 2008-2009. GRHC a commencé un peu plus tard ; depuis 2004, elle publie quasiment chaque année un classement par villes ou par aires métropolitaines et nous a fourni pour les années 2010 à 2013 la liste détaillée des projets de toits verts.

Nous avons reconstitué pour les années 2000 à 2009 les surfaces maximale et minimale des toits verts déclarés dans les trente villes états-uniennes les plus peuplées. Les hypothèses de la reconstitution sont décrites dans l'annexe 1. A noter qu'il ne s'agit que des surfaces déclarées par des professionnels à l'association GRHC, les surfaces effectivement installées sont très probablement supérieures.

Les surfaces prises en compte pour les cartes ci-dessous correspondent aux valeurs minimales.

Cartographie des villes américaines selon la superficie de toits verts pour 100 000 habitants construits entre 2000 et 2013

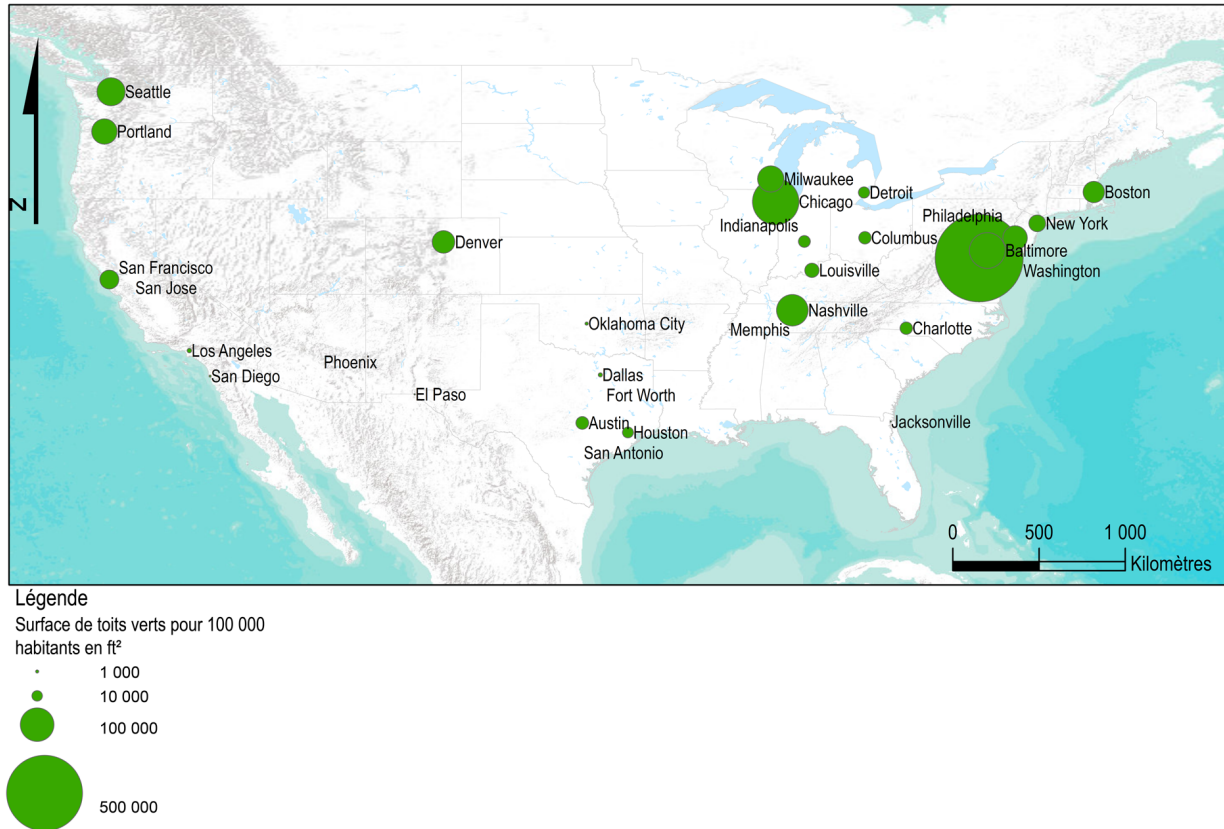


Figure 10 Map : Area per capita of 2000-2013 installed green roofs for the 30 most populous US cities (Morandy-Debizet / GRHC & US Census)

En dehors des modestes surfaces installées à Austin et Houston, il n'y a quasiment pas de toit vert dans les villes du sud. Cela laisse supposer une influence du climat sur l'installation de toits verts. Quant au nord, toutes les grandes villes ont effectivement accueilli des toits verts mais de façon très inégale. Comment expliquer que Washington et, dans une moindre mesure, Chicago surclassent Baltimore, Nashville, Seattle, Portland, Milwaukee, Boston et Denver ainsi que New York et San Francisco ?

Pour évaluer l'effet du dynamisme économique, nous avons calculé la surface de toits verts par unité d'habitation construite au cours de la même période.

Cartographie des villes américaines selon la superficie de toits verts par unité d'habitation construites entre 2000 et 2013

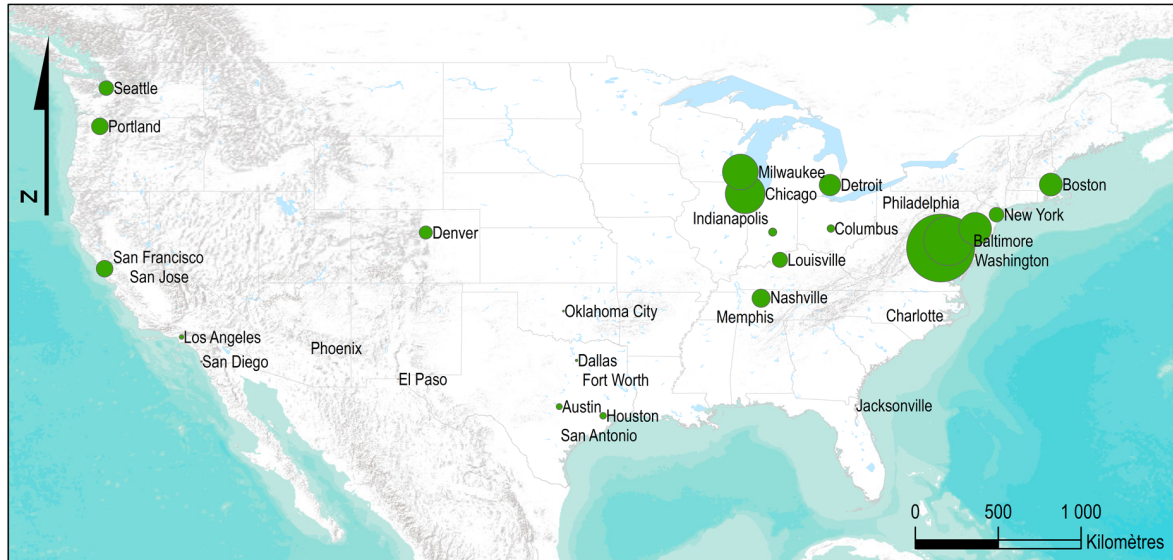


Figure 11 Map : Area per new housing unit of 2000-2013 installed green roofs for the 30 most populous US cities (Morandy-Debizet GRHC & US Census)

Les écarts se resserrent dans le quart nord-est du pays : Milwaukee, Philadelphia et Baltimore se rapprochent de Chicago. Inversement, des villes à la démographie dynamique telles que Seattle et Portland s'en éloignent. Washington continue de surclasser les autres.

Apparaissent ainsi des effets régionaux : Milwaukee et Chicago sont proches et toutes les deux situées au bord du Lac Michigan. Les deux autres grandes villes de la région (Grand Rapids et Madison) étaient classées dans le Top 10 de 2008.

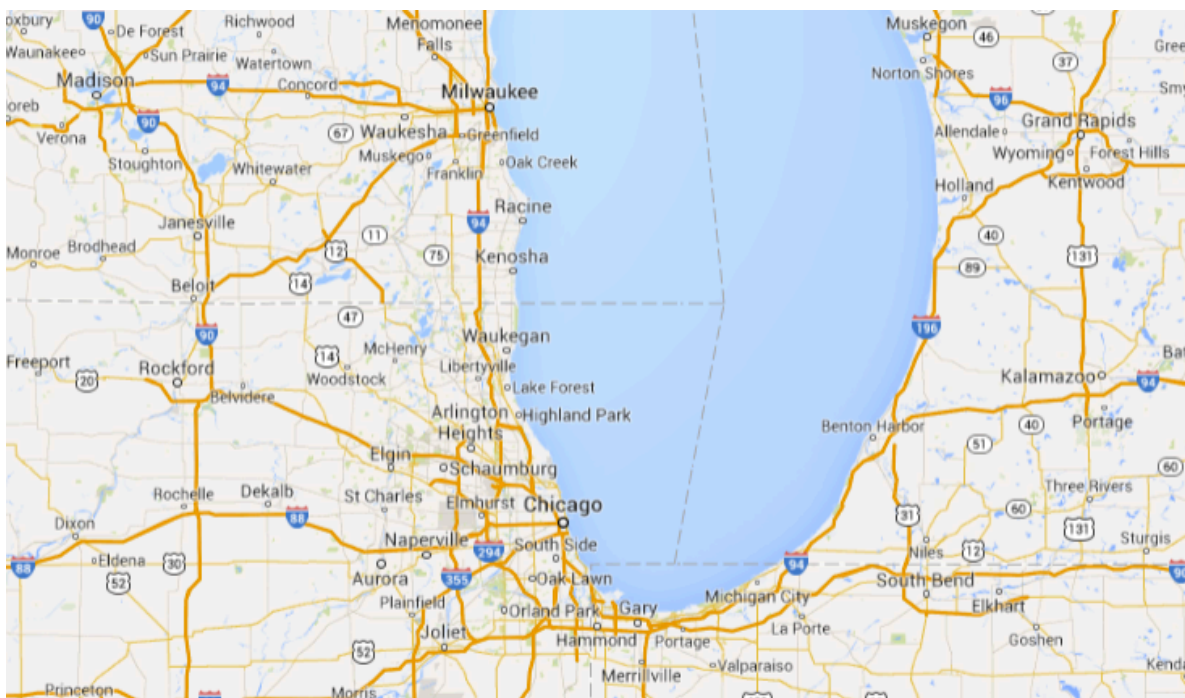


Figure 12 Map of the region of Chicago (Google maps)

De même, Philadelphia (Top 10 2008 et 2012) et Baltimore (Top 10 2008) sont proches de Washington. Cette dernière est située dans le même estuaire.



Figure 13 Map of the region of Washington DC (Google maps)

Ces observations nous conduisent à formuler deux nouvelles hypothèses :

- des politiques très favorables aux toits verts sont menées depuis une dizaine d'années sur les villes de Chicago et Washington,
- ces politiques se propagent de façon régionale.

Pour étayer ces hypothèses, nous analysons, dans la section suivante, les documents recensés par une agence fédérale s'intéressant aux toits verts : Environmental Protection Agency (EPA)

2.1.2 Analyse des documents émis par l'EPA

▣ Constitution du corpus statistique

US EPA a mis en ligne une base de documents. Nous avons recensés 600 documents au format pdf contenant les chaînes de caractères *greenroof* ou *green-roof* ou *ecorooft*. Après élimination des doublons et d'une pléiade de tableau de mesures normalisées de concentration de polluants, 400 fichiers ont été analysés avec le logiciel N'Vivo qui permet de dénombrer les sections où apparaissent des chaînes de caractères⁸. Dans un premier temps, nous avons repéré les sections de 99 mots contenant l'une des chaînes *green_roof* et le nom des trente villes les plus peuplées des Etats-Unis ainsi que les sections thématiques de 99 mots contenant l'un des mots suivants :

- Biodiversity, Food, Heat, Efficiency, Energy, UHI, Water, Retention, Runoff, Stormwater, Water management, Watershed, Landscape
- Policy, Density bonus, Guidelines, Incentive, Rebate, Tax

Ensuite, nous avons déterminé des matrices croisant les thématiques et les villes. La majorité des documents ont été mis en ligne en 2008 et 2009, nous présumons que du personnel a été affectée à la veille, la récolte et la mise en ligne de documents pendant cette période.

⁸ Nous avons remplacé l'espace entre chaque mot par le caractère underscore « _ ». Ainsi « density bonuses » devient « density_bonuses ». Il en va de même pour les autres recherches incluant un espace.

▣ **Classement et chronologie des thématiques associées aux toits verts**

Comme le montre la graphique ci-dessous, les thématiques liées à l'eau sont largement dominantes en particulier les eaux pluviales (stormwater). Viennent ensuite l'énergie et la chaleur (qui peut aussi être le chauffage) puis le paysage et l'îlot de chaleur urbain. Biodiversité et alimentation sont très peu mentionnées.

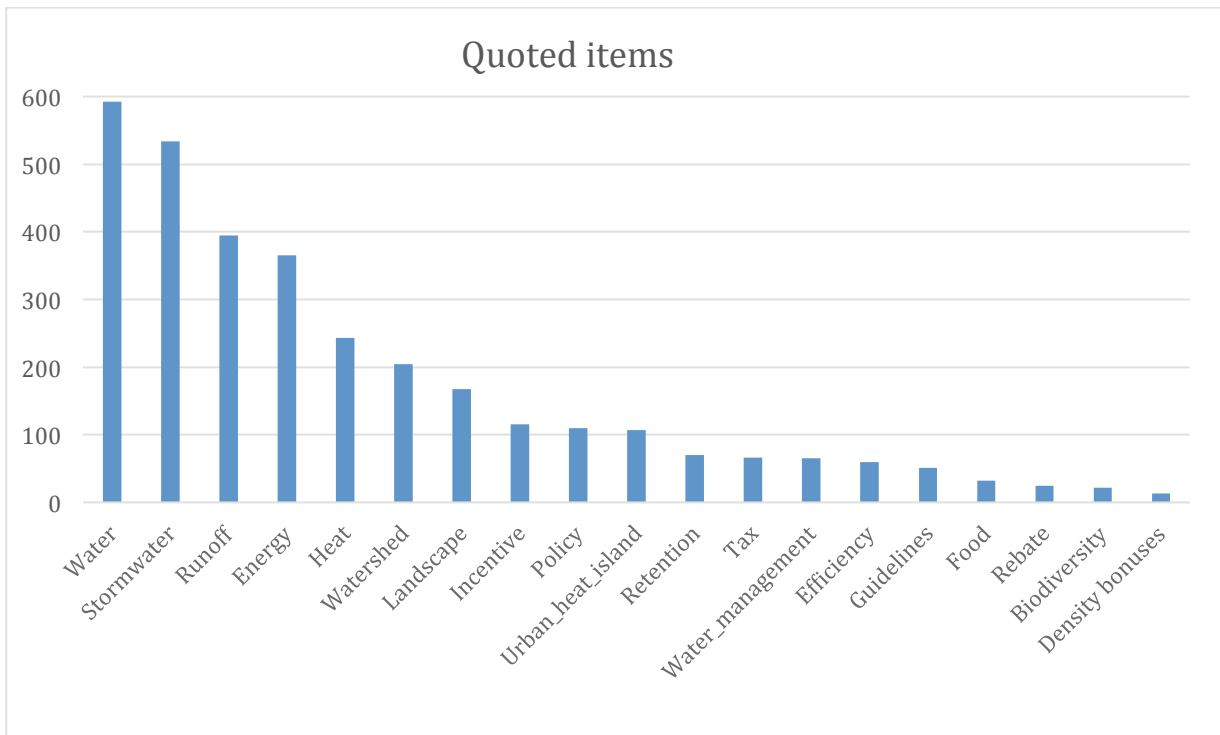


Figure 14 Ranking of items among EPA documents

Les thématiques liées à l'énergie et à la chaleur sont apparues plus tôt avant d'être supplantées par le thème des eaux pluviales⁹.

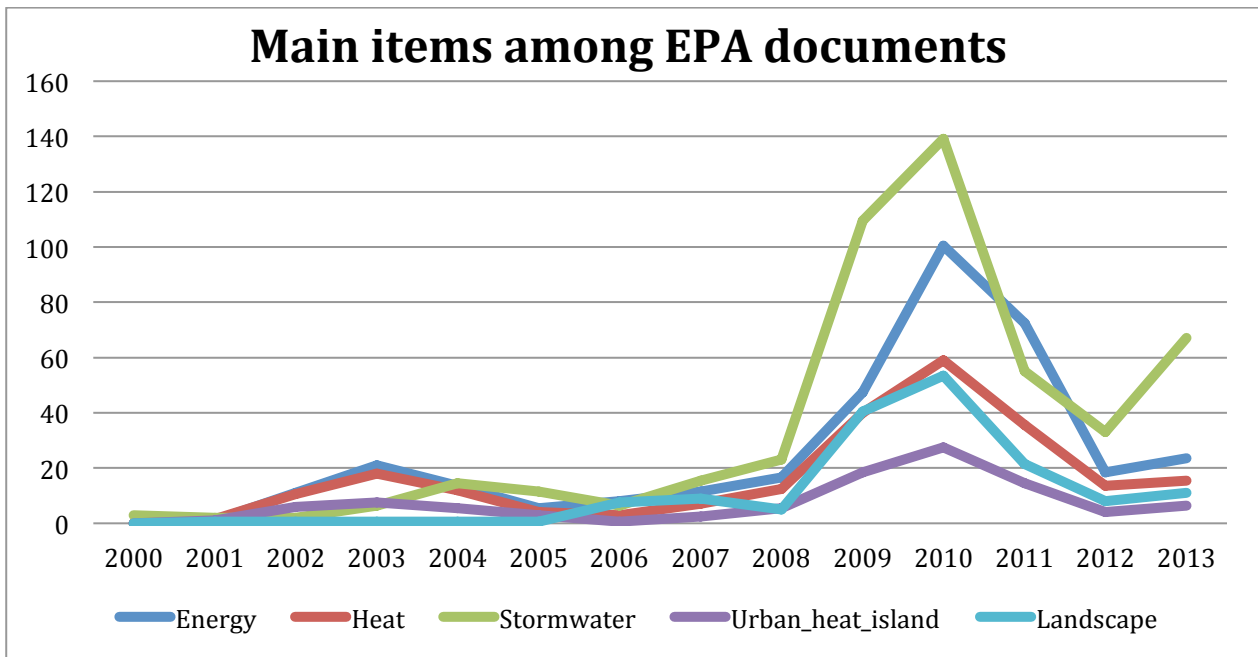
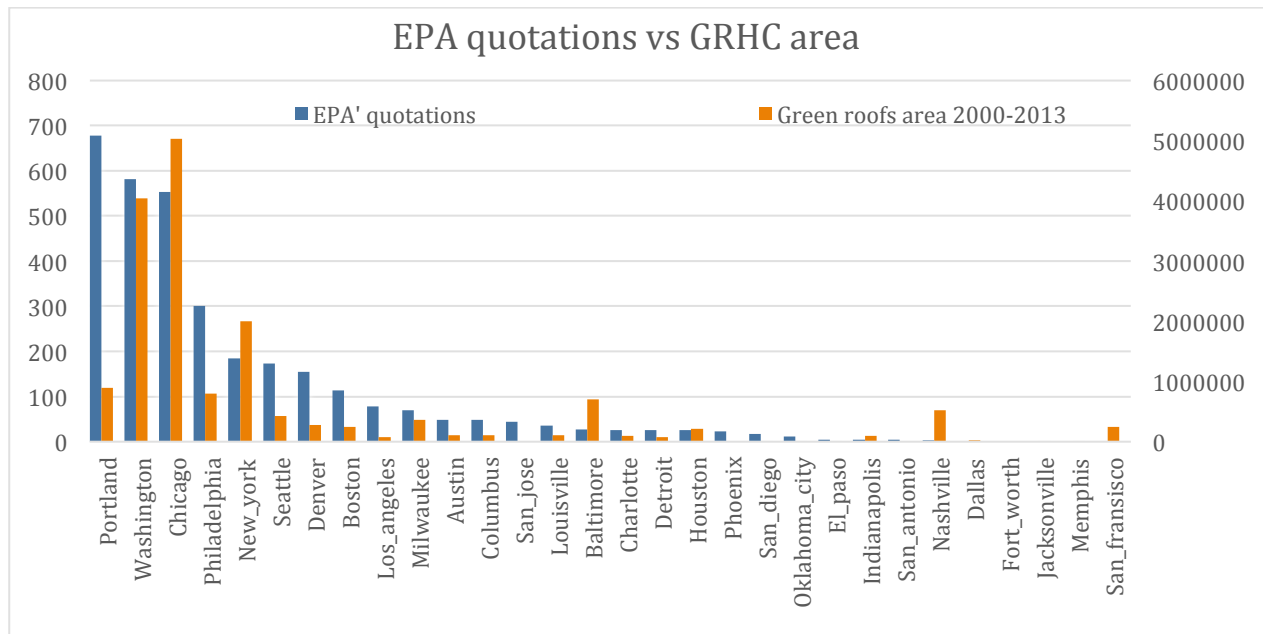


Figure 15 Chronology of the main items among EPA documents

⁹ Afin de lisser les variations dans le graphique ci-dessous, le nombre de citations pour l'année n est égal à la moyenne des citations des années n et n-1.

▣ **Classement et chronologie des villes**

Les villes sont très inégalement mentionnées. Portland, Washington et Chicago arrivent largement en tête, suivie de Philadelphie, New York, Seattle et Denver. Les premières villes du sud sont Los Angeles (9^{ème}), Austin (11^{ème}) et San José (13^{ème}).



Portland, Washington, Chicago arrivent en tête bien devant New York. Comme Portland, Philadelphia, Seattle et Denver sont surreprésentées par rapport à la surface de toits verts recensée par GRHC. L'ordre des villes a évolué au cours du temps. Chicago apparaît plus tôt et résiste à l'essor de Portland. Washington perce en 2006. Les autres villes arrivent après et loin derrière.

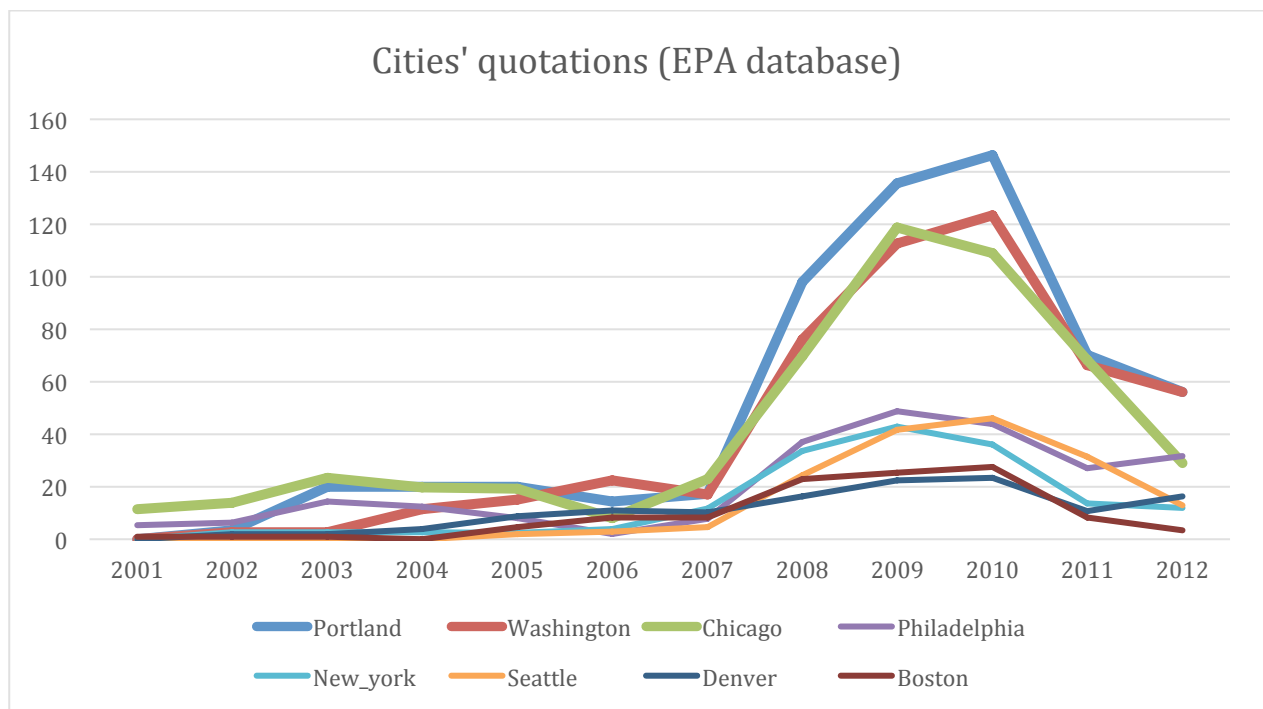


Figure 16 Chronology of quotations of the main 8 cities (EPA database)

▣ Analyse croisée des thématiques et des villes

Dans cette section, nous avons répartis les villes dans trois groupes en fonction de leur nombre de citations dans la base documentaire de l'EPA : plus de 150, entre 60 et 150, entre 15 et 60.

Le tableau ci-dessous montre le pourcentage relatif de citations relatives aux 5 thématiques suivantes : Stormwater, Energy, Heat, Landscape et Policy pour le trio de tête des villes citées.

	Portland	Chicago	Washington	Moyenne du groupe	Moyenne générale
Stormwater	33	27	38	32	32
Energy	20	23	21	21	21
Heat	16	14	9	13	14
Landscape	8	8	15	10	10
Public Policy	24	28	17	23	23
Nombre d'occurrence	356	311	286	953	1569

Tableau 4 Répartition des citations des 5 thématiques par ville : Portland, Chicago et Washington

Comme déjà vu plus haut, la thématique eaux pluviales domine dans ces 3 villes.

La répartition thématique est assez similaire selon les villes. Washington est la plus associée à la thématique eaux pluviales qui est la plus importante pour les trois villes. Washington est la plus citée pour le paysage et la moins pour sa politique.

	Philadelphie	New York	Seattle	Denver	Boston	Moyenne du groupe	Moyenne générale
Stormwater	36	25	34	37	36	33	32
Energy	14	25	22	22	21	20	21
Heat	13	19	13	16	16	15	14
Landscape	7	9	16	12	20	12	10
Public Policy	30	22	16	13	7	20	23
Nombre d'occurrence	147	106	88	68	61	599	1569

Tableau 5 Répartition des citations des 5 thématiques par ville ayant entre 60 et 150 citations

Parmi les villes du deuxième groupe, la répartition est relativement homogène selon les villes. Chaleur est toujours citée après les eaux pluviales et l'énergie dans les cinq villes mais. Les eaux pluviales sont encore en tête sauf à New York. Seattle, Denver et surtout Boston ne se distinguent pas pour leur politique.

	Los_angeles	Milwaukee	Austin	San_jose	Baltimore	Moyenne du groupe	Moyenne générale
Stormwater	26	59	10	13	12	25	32
Energy	21	14	27	26	41	24	21
Heat	13	3	27	13	35	16	14
Landscape	10	7	3	10	6	8	10
Public Policy	31	17	33	39	6	27	23
Nombre d'occurrence	39	29	30	31	17	146	1569

Tableau 6 Répartition des citations des 5 thématiques par ville ayant moins de 60 citations

Le troisième groupe comprend 3 villes du sud : Los Angeles (Californie), Austin (Texas) et San José (Texas). La répartition thématique est la plus hétérogène des trois groupes. Les deux villes du Texas ne sont quasiment pas citées en lien avec la thématique eaux pluviales contrairement à Milwaukee, en bordure du Lac Michigan où le thème est majoritaire. A Austin et Baltimore, la thématique chaleur est la plus élevée des trois groupes.

■ Discussion sur les trois hypothèses

○ Sur l'influence du climat

Alors que les thématiques Energie et Chaleur prédominaient en 2001 et 2002, elles ont été progressivement dépassées par l'item Eaux Pluviales. Cet essor de Eaux pluviales est concomitant à celui des 3 villes du premier groupe qui sont focalisées sur cette thématique, comme la plupart des villes de la côte Est.

Inversement, les villes continentales du sud progressent peu en nombre de citations et chutent drastiquement en pourcentage. Leur implication dans les toits verts est associée à l'énergie et, pour Austin à la chaleur, et non aux Eaux pluviales. Trois raisons peuvent expliquer leur faible association aux Eaux Pluviales :

- une pluviométrie plus faible et des épisodes de pluie intense plus rares,
- un développement urbain plus tardif et utilisant davantage les réseaux d'assainissement séparés,
- une difficulté à maintenir de la végétation sur un toit sans irrigation.

○ Sur l'influence des politiques favorables aux toits verts

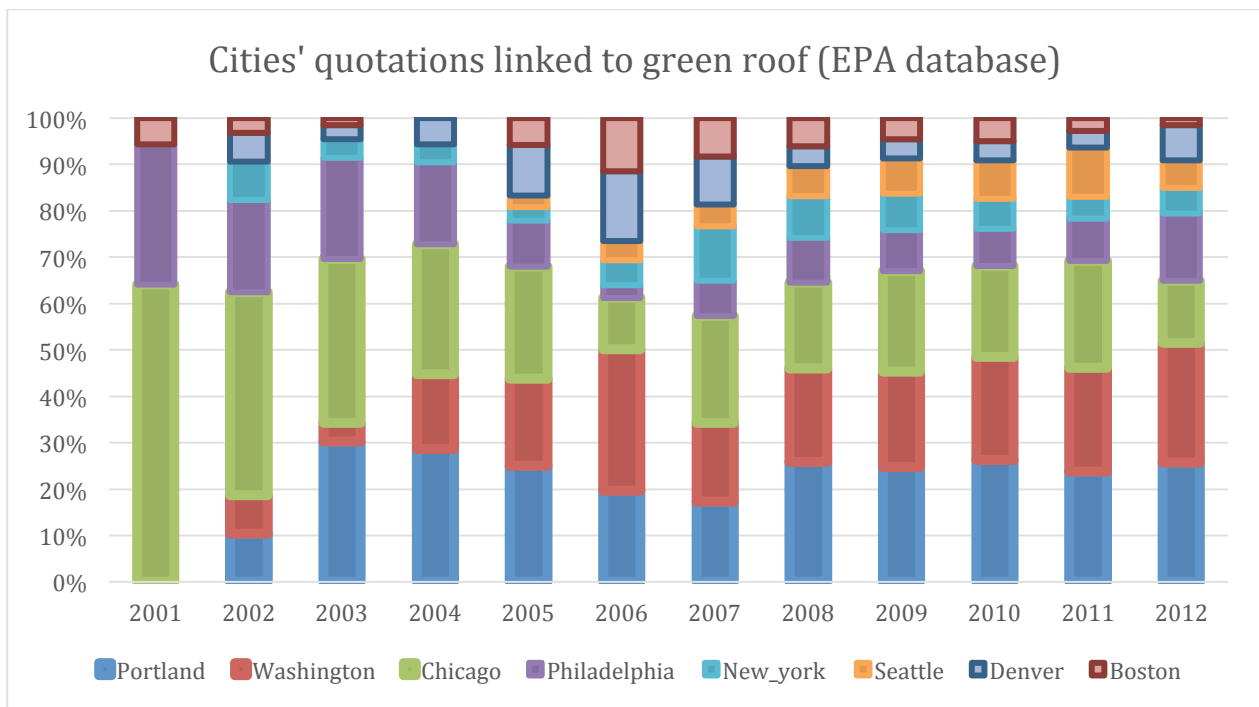


Figure 17 Chronology of the distribution of quotations among the main 8 cities (EPA database)

Les thématiques relatives aux politiques n'ont pas été analysées dans cette section, elles le sont dans la dernière partie de ce chapitre. Cependant, le poids prédominant du trio de tête des villes dans la documentation compilés par EPA interpelle. Il ne peut s'expliquer par leur appartenance à une région climatique car elles se distinguent de leurs voisines situées dans la même région. La place que ces villes occupent parmi les 8 villes les plus citées, c'est à dire leur rayonnement relatif révèle des chronologies singulières.

Dominante au début, Chicago régresse en 4ème position en 2006. Son rayonnement progresse soudainement en 2007 et se stabilise par la suite avant de chuter en 2013. L'année 2007 est une renaissance.

Portland émerge en 2003, son rayonnement est à peu près constant si ce n'est en 2006 où l'essor de Washington la restreint et en 2007 du fait de la renaissance de Chicago.

Apparue en 2004, Washington progresse régulièrement avant de chuter soudainement en 2007 (concurrencée par Chicago) et de reprendre sa lente progression.

Des évènements marquants dans ces villes pourraient expliquer ces bifurcations dans la compilation des documents sur les toits verts.

- Sur la propagation régionale

L'hypothèse d'un rayonnement de Chicago et de Washington sur les villes voisines n'est pas vérifiée. Nous observons même le phénomène inverse. Apparues début des années 2000, Baltimore et Philadelphie s'effacent progressivement au profit de Washington, leur voisine partie plus tardivement.

De même Milwaukee, pourtant championne des eaux pluviales 59% (le plus fort taux des villes étudiées) ne profite pas de l'essor de cette thématique (sa part diminue).

Il se pourrait bien que ces villes, où ont été menées plus tôt des actions (et la communication) relatives aux toits verts, aient inspiré leur grande voisine.

2.2 Politiques municipales de déploiement : Portland, Chicago, Washington et Toronto

Cette section a été rédigée par Gilles Debizet à partir de monographies détaillées rédigées par Tuuli Parviainen dans le cadre d'un stage de recherche au laboratoire PACTE sous sa direction¹⁰. Tous les entretiens ont été réalisés par Gilles Debizet sauf deux à Toronto par Danielle Dagenais.

Cette section rassemble quatre monographies de villes américaines : Portland, Chicago et Washington aux Etats-Unis et Toronto au Canada. Elles sont les plus dynamiques d'Amérique du Nord en matière de toits verts. Les monographies portent sur l'élaboration des mesures municipales de végétalisation des toits en direction des acteurs de l'immobilier et des propriétaires. La méthodologie d'enquête et la structure des monographies sont communes aux quatre monographies et présentées dans la première section.

2.2.1 Méthodologie et structure des monographies

▣ Le choix des terrains enquêtés

Les municipalités semblaient être les principales autorités publiques porteuses d'actions visant à développer les toits verts. Les contingences de cette recherche limitaient à une douzaine le nombre d'entretiens. Un minimum de trois villes était nécessaire pour identifier des similitudes et des différences. Afin d'éviter les particularismes régionaux, ces villes devaient être situées dans des grandes régions différentes. Enfin, le dernier critère tenait au volontarisme des villes : puisque seules trois villes pouvaient être investiguées, il fallait éviter les villes menant peu d'actions.

Il existe une seule base de données accessible gratuitement sur les projets de toits verts couvrant les Etats-Unis et le Canada *Greenroofs.com*¹¹. La moitié des projets de toits verts réalisés depuis 2000 s'avérait concentrée dans une quinzaine de villes : les villes du nord des Etats-Unis et Toronto. Dans le classement (Tableau 1), Chicago (Illinois USA), Washington (DC USA), Portland (Oregon USA), Atlanta (Georgia USA) se distinguent assez nettement. Les trois dernières sont sensiblement moins peuplées que Montréal (Québec Canada), Indianapolis (Indiana USA), Columbus (Ohio USA), Detroit (Michigan USA) et Charlotte (Caroline du nord USA) où le nombre de toits recensés est inférieurs à la dizaine. Cela laisse supposer que les villes moyennes en tête du classement ont développé des politiques publiques efficaces depuis plusieurs années.

Nous avons donc retenu : **Portland** situé dans l'Oregon sur la Côte Ouest, **Chicago** la première ville du Midwest et **Washington DC**, deuxième ville de la Côte Est qui avec sa banlieue, Arlington (Virginia), dépasse New York en nombre de toits verts. L'enquête à Washington permettait en outre d'interviewer des grands témoins des toits verts au niveau fédéral. Par la suite, l'enquête a

¹⁰ Ce stage a donné lieu à un mémoire coencadré par Myriam Houssay-Holzschuch.

¹¹ Greenroofs.com est un site internet privé vivant de la publicité des entreprises, Sa base de données recensant 1436 projets (au 20 mai 2013) est alimentée directement par auto-déclaration. Les contributeurs sont généralement des maîtres d'ouvrages, des entreprises de fournitures ou des maîtres d'œuvre.

été étendue en juillet 2013 à **Toronto** et à **Montréal** avec la collaboration de la faculté d'Aménagement de l'Université de Montréal.

nombre toits verts dont surface > 100 ft2	Ville	Population 2010	Rang USA population	nombre toits verts / million habitants
75	New York, NY, USA	8 175 133	1	9
63	Chicago, IL, USA	2 707 120	2	23
62	Washington, DC, USA	581 530	24	107
35	Portland, OR, USA	537 081	31	65
23	Atlanta, GA, USA	486 411	34	47
21	Toronto, Ontario, Canada	2 615 000	–	8
18	Ithaca, NY, USA	30 014	> 600	600
17	Philadelphia, PA, USA	1 556 396	5	11
16	Baltimore, MD, USA	631 366	19	25
14	Arlington, VA, USA	199 776	100	70
14	Boston, MA, USA	590 763	22	24
14	St. Louis, MO, USA	319 294	52	44
13	Minneapolis, MN, USA	372 833	47	35
11	Seattle, WA, USA	582 454	23	19

Tableau 7 Top15 des villes où ont été réalisés des toits verts depuis de plus de 100 pieds carré : Source greenroofs.com consulté le 22 mai 2013

▣ **Enquête : sélection des personnes et des questions**

L'enquête a commencé à Portland parce qu'un architecte-paysagiste de la ville était reconnu comme le pionnier des initiatives municipales en faveur des toits verts en Amérique du nord. Pour cette première ville enquêtée, il était important d'interroger un large spectre de témoins du déploiement des toits verts afin de définir les personnes prioritaires dans les autres villes. Les réponses aux sollicitations étant systématiquement positives, nous avons interviewées 8 personnes : deux universitaires, trois employés municipaux du Bureau of Environnement Services, un urbaniste de la ville, un promoteur immobilier et un responsable de la promotion des techniques de Green Building dans une agence de l'Etat d'Oregon.

Cette enquête élargie a permis de resserrer les personnes à interviewer à Washington (3 personnes), Chicago (1), Toronto (2) et Montréal (2) et d'identifier les grands témoins fédéraux et continentaux : GRHC (1 à Kansas City et 1 à Toronto), US-EPA (1), US Conference of Mayors (1), l'association interprofessionnelle Water Environment Federation (1), Environnement-Canada (1). Au total, 19 personnes ont été interviewées par Gilles Debizet et 2 par Danielle Dagenais (Toronto-soient de 9 de plus que prévues.

Les entretiens ont été menés de façon semi-directive. Dans un premier temps, la personne interviewée est invitée à décrire son parcours professionnel et son organisation. Dans un second temps, il lui est posé des questions ouvertes incitant l'interviewé à raconter l'histoire des toits verts sur son territoire d'action (la ville, les Etats-Unis ou le Canada), des questions de relance sont prévues. Dans un dernier temps des questions basées sur les concepts de l'innovation (cf. chapitre 1) sont posées pour obtenir des précisions sur les thèmes non traités ou pour approfondir un point déjà abordé et particulièrement intéressant. La grille d'entretien (cf. annexe) a sensiblement évolué au cours des premiers entretiens.

▣ *Le corpus documentaire mobilisé*

Autant la littérature scientifique relative aux bénéfices des toits verts s'est rapidement étoffée depuis quelques années (300 publications recensées en 2012), autant celle portant sur l'analyse de politiques publiques reste limitée. Quelques articles et rapports scientifiques traitent des politiques publiques -presque exclusivement municipales- favorisant les toits verts en Amérique du nord : les actions menées sont décrites trop brièvement pour cerner la globalité de la politique et son évolution. Nous avons donc mobilisé abondamment la littérature grise en particulier celle produite par les autorités locales pour la mise en oeuvre des mesures.

▣ *Structure des monographies*

Les monographies portent sur les politiques de déploiement des toits verts. On entend par politique, l'ensemble des mesures qui, au dire d'au moins un acteur, ont pour effet de favoriser la réalisation de toit vert sur des constructions neuves ou existantes.

La première section porte sur la genèse des actions locales en faveur des toits verts selon les discours institutionnels et/ou des personnes interviewées, les principales évolutions de la politique sont décrites suite à une analyse détaillée des documents officiels.

La deuxième section décrit dans le détail chacune des mesures adoptées par la ville en direction des acteurs privés. Les mesures sont répertoriées selon deux critères :

- ▣ leur nature : incitatif, obligatoire, accompagnement
- ▣ la spécificité "toit vert" : distinction entre des mesures directes (conditionnées exclusivement à la réalisation de toit vert) et indirectes (conditionnées à une performance à laquelle peut, entre autres, satisfaire un toit vert).

La dernière section récapitule les modifications substantielles de la politique et évalue ses effets sur la surface de toits verts réalisée (cf. 1.1.2.) en prenant en compte la dynamique du secteur de la construction de la ville.

Les monographies ci-dessous synthétisent des monographies rédigées en anglais par Tuuli Parviainen, étudiante en master Sciences du territoire -option *International Development*.

2.2.2 Portland : la ville pionnière en Amérique du nord par sa politique incitative

Portland est située sur la côte ouest des États-Unis à une centaine de kilomètres de l'océan Pacifique entre deux chaînes de montagnes et à la limite nord de l'Etat d'Oregon. La ville est habitée à 76% par des blancs, 6% d'afro-américains, 9% d'hispaniques et 7% d'asiatiques pour une population totale de 580 000 habitants (US Census 2010). Portland est un pôle logistique aérien et maritime international ainsi que ferroviaire et routier : il dessert le vaste arrière-pays et les états voisins de Washington et de Californie. La ville abrite plusieurs entreprises internationales (Intel est le premier employeur de la ville) et une vigoureuse industrie de l'acier.

La ville de Portland est un bastion démocrate, elle est dirigée par un conseil collégial -un maire et quatre commissionnaires- élus tous les quatre ans. Elle a mis en place des instances participatives regroupant plusieurs quartiers (95 au total). Le maire Sam Adams (2009-2012) visait à faire de Portland la ville la plus durable du monde avec des objectifs ambitieux en matière de réduction des émissions de carbone et d'investissement dans les énergies vertes.

La ville est située au cœur d'une métropole de 1,5 million d'habitants comprenant 24 municipalités réparties dans trois comtés. Fait exceptionnel aux États-Unis, le conseil de l'institution métropolitaine (appelé la Métro par la suite) est élu au suffrage universel direct. La Metro est en charge des zones naturelles, de la planification spatiale, des transports et de la gestion des déchets (Metro, Oregon, 2014).

La pluviométrie est élevée (précipitation annuelle = 40 pouces = 1 m) et régulière. Contrairement à Washington et Chicago, les hivers et les étés restent tempérés (moyenne en août 67°F soit 19°C). Cependant, des vagues de chaleur se produisent parfois à Portland.

▣ **Pionnière des toits verts pour la gestion des eaux pluviales et la durabilité des bâtiments et du territoire**

A la place de l'expression *green roof* ou *greenroof* couramment utilisée en Amérique du nord, la ville de Portland utilise le terme *ecorooft* qu'elle définit comme "*a lightweight roof system of waterproofing material with a thin soil and vegetative protective cover*". La végétation et le sol sont ainsi présentés comme des moyens de protéger la membrane étanche (Portland Watershed Management Plan, City of Portland, Environmental Services, 2005).

En 1996, un architecte-paysagiste travaillant pour la ville a végétalisé le toit de son garage et mesuré sa capacité à retenir les eaux pluviales (*stormwater*). Convaincant progressivement son entourage professionnel et des élus malgré la réticence des ingénieurs en charge de l'exploitation du réseau d'eaux usées, cet architecte a synthétisé des connaissances sur les bénéfices des toits verts construits en Europe (surtout en Allemagne) et initié une expérimentation grandeur nature sur un immeuble de logements sociaux contrôlé par la ville de Portland (Liptan, 2012). Par la suite, le monitoring d'autres toits verts a confirmé leur performance (Living Architecture Monitor, GRHC, 2009). Les toits verts sont considérés par la ville comme une infrastructures de gestion des eaux pluviales (*stormwater management*) ainsi qu'une contribution de la ville au développement durable (City of Portland, Environmental Services, 2009a)(City of Portland, Environmental Services, 2011a).

La gestion des eaux pluviales représentait un enjeu important pour la ville. En effet, un tiers du réseau d'assainissement de la ville mélange les eaux pluviales avec les eaux usées (*combined sewerage*) ; il en découle des déversements d'eaux polluées dans la rivière et les milieux naturels lors des épisodes pluvieux intenses. Conformément à loi fédérale *Clean Water Act*, la ville de Portland devait donc solliciter l'autorisation provisoire de rejeter les eaux pluviales auprès du *Department of Environmental Quality* de l'Etat d'Oregon (City of Portland, Environmental Services, 2014a). Elle obtenu un premier permis en 1995 dans lequel elle s'engageait à mener d'importants travaux sur le réseau d'assainissement municipal. Renouvelé en 2004, le second permis a été profondément amendé l'année suivante. Approuvé en 2005, le *Portland Watershed Management Plan* a toujours pour but de protéger et restaurer les écosystèmes naturels, il se base sur une gestion intégrée du bassin. Novateur pour l'époque, il définit 20 actions réparties dans 6 catégories. Au sein de la catégorie *Stormwater management*, la végétalisation des toits est reconnue pour satisfaire plusieurs fonctions : la réduction du ruissellement des eaux pluviales bien sûr, mais aussi le filtrage des polluants contenus dans ces eaux, la protection de la qualité des eaux ainsi qu'un habitat pour la faune sauvage (City of Portland, Environmental Services, 2005).

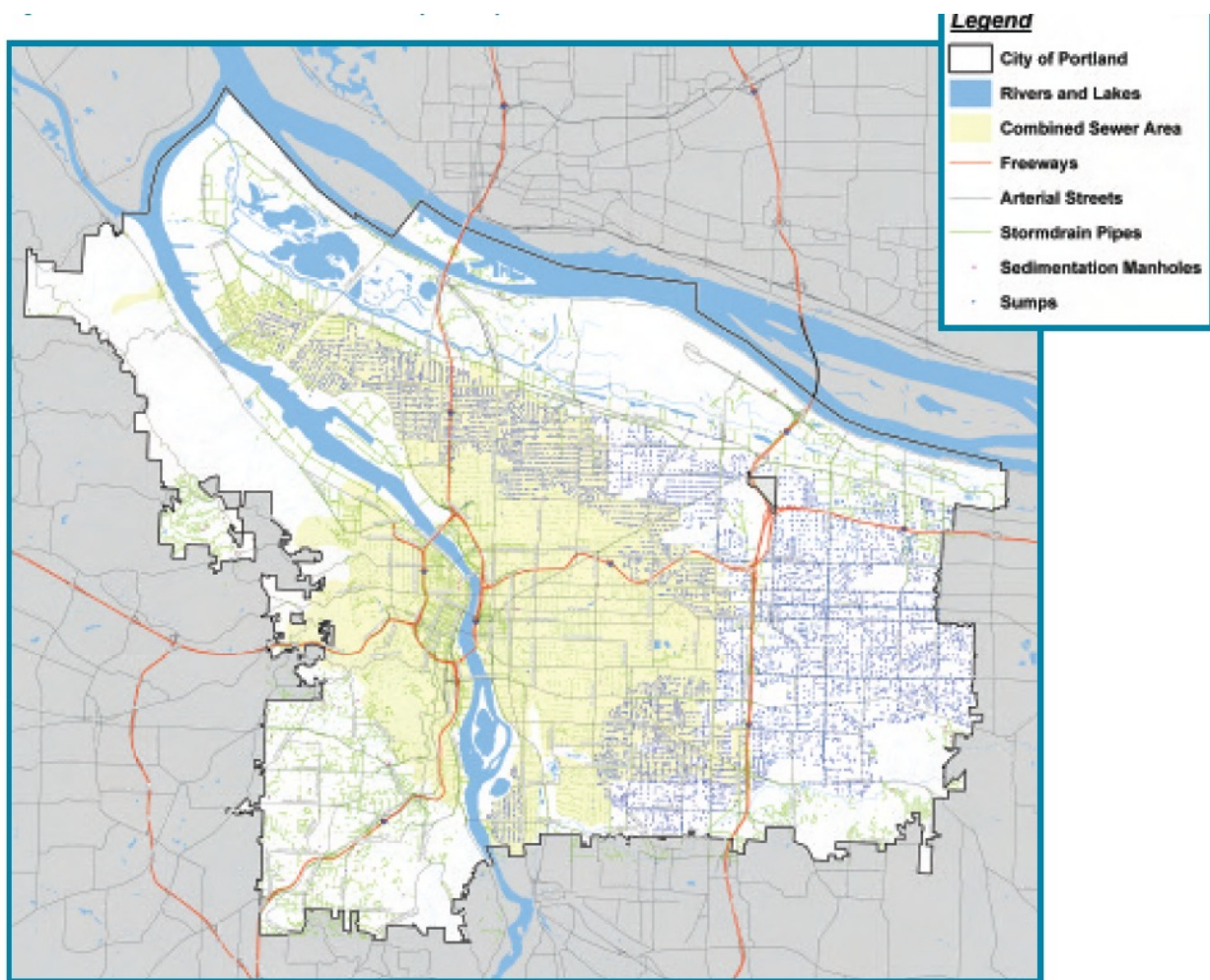


Figure 18 Portland Stormwater Conveyance system (City of Portland, Environmental Services, 2005)

En conformité avec le troisième permis couvrant la période 2011-2016, la ville a fixé des règles en terme de rétention des eaux pluviales. Par exemple : tous les projets immobiliers qui créent plus de 50 m² de surfaces imperméable doivent conserver les eaux pluviales "autant que faire se peut" sur le site. Les toits verts ne sont pas exigés mais ils sont recommandés (Stormwater management Plan, City of Portland, 2011).

Proposée par l'association fédérale *United States Green Building Challenge* (USGBC), le *Green Building Challenge* constitue une autre parenté. Dès 2001, la ville de Portland a adopté une *Green Building Policy* basée sur la certification LEED pour ses propres bâtiments. Lors de sa mise à jour en 2005, elle s'est engagée, non seulement à ce que les projets de bâtiment atteignent le niveau *Gold*, mais aussi à végétaliser les toits. Depuis cette date, au moins 70% de la surface du toit doit être végétalisée sur toutes les nouvelles constructions municipales ou à l'occasion de gros travaux de maintenance (Green Building Policy, City of Portland, 2005). Il faut noter que le toit vert n'est pas incompatible avec le code de la construction de l'Etat d'Oregon. Le *Oregon Building Codes* a été modifié en 2009 dans un objectif de renforcer les performances énergétiques des bâtiments et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Depuis juillet 2011, un document annexe au code recommande les toits verts sans les imposer (Oregon Reach Code, Building Codes Division, 2014).

Le toit vert s'inscrit aussi dans le plan climat de Portland. Dès 2001, la ville de Portland avait élaboré un Plan Climat (*Portland and Multnomah County Local Action Plan on Global Warming*), l'un des premiers du pays porté par une grande ville quatre ans avant la convention des maires états-unien pour la protection du climat (*U.S. Mayors Climate Protection Agreement*). La version 2009 du *Climate Action Plan of Portland* vise une réduction de 50% de réduction des émissions de carbone d'ici 2030 et de 80% d'ici 2050. Les infrastructures vertes et les bâtiments verts sont considérés comme les principaux moyens de réduire les émissions de carbone tout en permettant

de créer des emplois verts, d'assurer la santé des écosystèmes naturels et d'améliorer l'équité sociale en protégeant les groupes les plus vulnérables à des événements météorologiques extrêmes imposés par le changement climatique (Climate Action Plan: Executive Summary, City of Portland, 2009). A l'horizon 2030, le Plan Climat vise une réduction de 25% de l'énergie totale utilisée pour tous les bâtiments et zéro émission nette de gaz à effet de serre pour tous les nouveaux bâtiments. Il énonce une vision pour 2050 en neuf points dont un concerne les toits verts : "*The urban forest and green roofs cover the community, reducing the urban heat island effect, sequestering carbon, providing habitat, and cleaning the air and water*"

Cette diversité des enjeux et des documents de cadrage se répercute en terme d'organisation des services municipaux : le *Bureau of Planning and Sustainability* pilote le *Green Building program* et le *Green Investment Fund* correspondant à la certification LEED tandis que le *Bureau of Environmental Service* pilote les engagements et règles relatives au *Stormwater management* ainsi que les programmes d'incitation des toits verts. Le deuxième promeut la végétalisation des toits tandis que le premier aurait tendance à privilégier les usages énergétiques des toits, en l'occurrence les panneaux solaire thermiques ou électriques.

Quoi qu'il en soit, la ville de Portland fut un membre actif et recherché de l'association Green Roof for Healthy Cities. Elle accueillit la deuxième conférence annuelle de l'association en 2004. Signe de son avance, elle organisa elle-même en 2006 et 2009 deux conférences régionales sur le développement local des toits verts (Living Architecture moniteur, GRHC 2009).

Après avoir expérimenté les toits verts par la conjonction de l'enjeu eaux pluviales et de la démarche Green Building sur son propre parc, la ville de Portland s'est fixé des objectifs précis en terme de végétalisation des toits municipaux dès 2005. Elle a renforcé les spécifications techniques en matière de rétention des eaux pluviales à plusieurs reprises entre 2005 et 2011 mais n'a jamais imposé la végétalisation des toitures des bâtiments privés. C'est donc par des incitations et l'accompagnement des porteurs de projets et des propriétaires qu'elle promeut les toits verts.

■ **Une politique en direction des promoteurs et propriétaires essentiellement basée sur des incitations directes**

- Des mesures indirectes diversifiées : déductions fiscales et obligations réglementaires pour la rétention des eaux pluviales, subvention pour les bâtiments verts novateurs

Avant de décrire les mesures concernant les constructions privées, il convient de rappeler que la démarche Green Building adoptée par la ville pour ses propres bâtiments attribue une proportion non négligeable de points (près d'un dixième) si le toit est végétalisé. Plus la ville se fixe un objectif élevé de certification LEED, plus le toit vert a des chances d'être économiquement compétitif - comparativement à d'autres dispositifs techniques- pour grappiller les derniers points nécessaires.

En ce qui concerne les bâtiments privés ou non-municipaux, nous identifions le règlement de rétention des eaux pluviales, les déductions fiscales et la subvention pour les projets innovants.

Le règlement de rétention des eaux pluviales

Dans le cadre du *Portland Watershed Management Plan*, découlant lui-même du Permis municipal de rejeter les eaux usées approuvé par l'Etat d'Oregon, la ville de Portland a imposé des règles de rétention des eaux pluviales à la parcelle. Le *Portland Stormwater Management Manual* présente des solutions de gestion des eaux pluviales (Portland Stormwater Management Manual, City of Portland, Environmental Services, 2008). Il impose trois approches selon l'ampleur et la nature du projet :

- l'approche simplifiée consiste à choisir un système technique de rétention des eaux pluviales sur une liste fermée. Elle concerne les projets neufs ou réaménagés de moins de 10 000 pieds carrés de surface imperméabilisée (toits, terrasses, aires de stationnement et allées).
- L'approche de présomption est nécessaire pour les nouveaux bâtiments, les extensions ou les réaménagements de plus de 10.000 pieds carrés, c'est à dire, des projets résidentiels et commerciaux à grande échelle,

-
- L'approche de la performance est obligatoire pour les projets exceptionnels. Il s'agit de calculer précisément la performance du projet en terme de rétention d'eau et de vérifier qu'elle est plus élevée que le minimum exigé.

Les exigences de conception spécifiques à chaque système technique sont précisées dans le manuel. Concernant les toits verts, le manuel précise : la pente, l'étanchéité, les matériaux de protection, les couches de substrat, de drainage et anti-racine, la couverture végétale. Il précise aussi comment entretenir : les engrais à utiliser (les engrais chimiques et pesticides / herbicides sont interdits), les méthodes d'irrigation sont également répertoriées.

La réduction de la taxe "eaux pluviales"

La ville de Portland a instauré en 1977 une taxe pour le service public de gestion des eaux pluviales dans l'objectif de financer la séparation des réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales (stormwater fee). A titre d'exemple, elle s'élève à 17\$ par mois pour une maison individuelle et à 7\$ pour 1000 pieds carrés de surface imperméabilisées pour les bâtiments non résidentiels. Depuis 2006, après sept années de discussion suite à des plaintes d'habitants sur le caractère onéreux et inefficace de la taxe, une réduction de près de 50% peut être accordée en cas de récupération ou d'infiltration des eaux pluviales (ENB - 4.16 Clean River Rewards Stormwater Discount Program, City of Portland, Environmental Services 2012). Pour les maisons individuelles et petits bâtiments résidentiels, le toit vert permet de bénéficier de la réduction : la réduction atteint 100% s'il est prouvé que la totalité de l'eau pluviale est retenue ou infiltrée dans le sol. Pour les autres bâtiments, il est en plus nécessaire de drainer les surfaces au sol (driveways and paved area)¹².

La ville mène des contrôles et peut imposer des pénalités si les bénéficiaires ne maintiennent pas les systèmes en fonctionnement. Un guide et une assistance technique sont proposés en ligne par le site internet de la ville (Technical Assistance, City of Portland, Environmental Services 2014).

La subvention pour des bâtiments verts novateurs

Des subventions pour des bâtiments verts novateurs (*Green Investment Grant*) ont été accordées à 36 projets résidentiels, multifamiliaux et commerciaux novateurs pour un montant annuel de \$ 425,000\$ entre 2005 et 2009 en fonction des critères suivants : efficacité énergétique, gestion sur place des eaux pluviales (rétention ou économie) et minimisation des déchets (Green Investment Grant, Bureau de la planification et de développement durable 2014). Le programme est copiloté par le *Bureau of Planning and Sustainability*, le *Water Bureau*, *Bureau of Environmental Services* et le *Energy Trust of Oregon*.

- Des mesures directes (spécifiques aux toits verts) exclusivement incitatives : subventions et bonus de densité

Deux mesures visent exclusivement les toits verts : Green Roof Grants, Density Bonus. Elles sont incitatives.

Subvention aux toits verts

En application du *Portland Watershed Management Plan* de 2005, la ville de Portland a mis en place un programme de subvention de cinq ans dénommé Grey to Green Initiative. Concernant les

¹²**For residential:** 1. A full discount when all roof drainage is fully retained on the property. Eco-roofs will be valued in the same manner as retention facilities. 2. A partial discount of 67% of the full potential discount when private onsite stormwater management detains or partially retains stormwater discharges from roof areas. 3. A supplemental discount of 25% of the full potential discount when the total developed area is less than 1,000 square feet. 4. A supplemental discount of 8% of the full potential discount when there are four or more trees on the property taller than 15 feet. This supplemental discount does not include street trees such as trees planted in an adjacent public right-of-way. **For Commercial, Industrial, Institutional and Multi-Family Properties.** BES calculates discounts based on the extent and effectiveness of private onsite systems to control the pollution, flow rate and disposal of stormwater runoff from all developed areas. Equal weight will be given to each of these three components of stormwater management. The effectiveness of each stormwater facility will be based on separate sizing standards for pollution reduction, flow rate and disposal controls determined by BES. Ratepayers must provide the size or capacity of the onsite stormwater management facilities and the amount of developed areas served by each facility type.

toits verts, l'objectif est d'augmenter de 43 acres¹³ leur surface à l'horizon 2013 (Grey to Green, City of Portland, Environmental Services 2014). Une subvention de 5\$ par pied carré est accordée pour tous les bâtiments non-municipaux en construction ou existants. La subvention est accordée au vu des critères suivants : coût du toit, superficie totale de la toiture, proportion de la surface de toit vert, visibilité, durabilité, innovation et du respect de spécifications relatives au sol, à la membrane, aux plantes et l'intégrité structurelle du bâtiment. En 2011, des critères de diversité ont été ajoutés : entreprises de construction ou de conception appartenant à des minorités, des femmes ou des jeunes ou participant à des programmes d'insertion visant les mêmes populations (City of Portland, Environmental Services 2012b).

Bonus de densité

Dans la partie centrale et historique de la ville, la hauteur des immeubles et la surface de plancher constructibilité sont limitées par le plan d'urbanisme (City of Portland, Environmental Services, 2009b). Une bonification de densité est accordée à tous les projets d'envergure. La surface de plancher supplémentaire autorisée pour l'ensemble du bâtiment est proportionnelle à la surface de toiture végétalisée dans les conditions suivantes : 100% si la végétation couvre 10 à 30% du toit, 200% si elle couvre 30 à 60% et 300% au-delà. La demande de bonification est instruite par le *Bureau of Environmental services* qui se prononce sur la base d'une description détaillée du toit vert et de son plan d'exploitation et de maintenance.

- Accompagnement des porteurs de projet de toits verts

La sensibilisation et la formation constituent un volet important de la politique de déploiement des toits verts. En plus des retours d'expériences, des guides de réalisation, des présentations et des visites en lignes, des visites guidées de projets et des conférences sont proposées aux gestionnaires de programmes immobiliers et aux organisations communautaires de propriétaires ou d'habitants. La ville soutient et anime aussi le "*Green Roof Think Tank*" qui a pour but de consolider et partager les connaissances sur les toits verts en partenariat avec les acteurs de la filière dans le nord ouest américain (City of Portland, Environmental Services, 2011b) (*Panel Presentation of "The Portland Ecoroof Program,"* 2012).

■ Evaluation des effets la politique de déploiement des toits verts

Les actions menées par la ville ont conduit à la croissance des toits verts. Avec 37 000 pieds carrés réalisés en 2012, Portland se classait en 14^{ème} position dans le top 20 de l'association GRHC (Annual Survey Report 2012, Green Roofs for Healthy Cities, 2013). Si il avait été tenu compte de la surface recensée par la ville (112 000 pieds carrés) elle aurait été classée 8^{ème}. Le cumul de toits verts installé est passé de quelques dizaines de pieds carrés en 1996 à 58 500 en 2004 et 645 000 en 2012. La progression sur la période 2005-2013 est cependant près de trois fois moindre (720 000 pieds carrés contre 1 873 000) que l'objectif fixé en 2005 par le Grey to Green Initiative.

¹³ 1 acre = 4047 mètres carrés = 43 560 pieds carrés

Portland Extensive Ecoroofs Annual Square Footage Installed

only projects with known installation dates are included

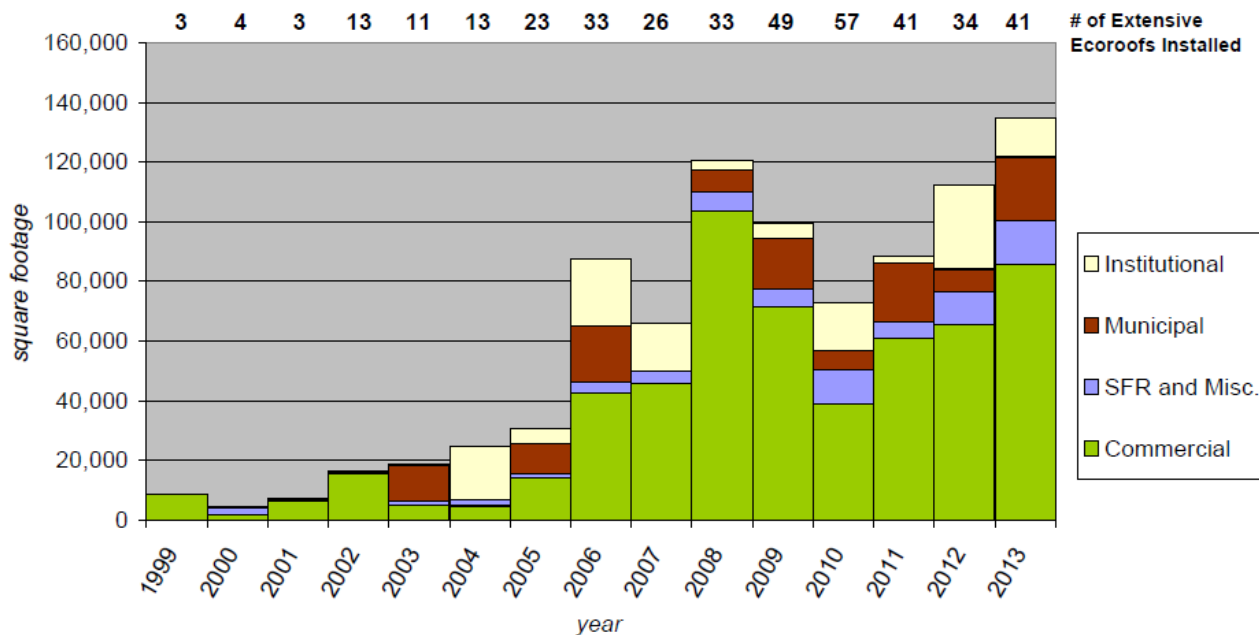


Figure 19 Portland's Ecoroof Construction 1999-2013 (City of Portland, Bureau of Environmental Services, 2014)

Les bâtiments commerciaux (en vert) couvrent plus de la moitié de la surface de toit vert. Les surfaces relatives aux bâtiments municipaux (en marron) sont très variables car liées à des opérations peu nombreuses et de grande taille. Celles portés par des investisseurs institutionnels (en jaune) peuvent être de taille très variée (résidentiel, bureau...). La catégorie "SFR and Misc" (en bleu) correspondant à des maisons individuelles et de petits bâtiments mixtes correspond à des petites surfaces.

Le tableau suivant récapitule les grandes l'instauration des mesures municipales selon la période.

Green Building Standard	LEED for all City-owned new buildings and constructions	Mandatory GOLD-LEED and Ecoroof requirements for all City-owned new constructions, major renovations and existing buildings						
Stormwater Retention Requirements		Technical specifications for all new small buildings, performance required for greater ones (floor area > 10 000 sf)					Onsite management for projects >500 sf of impervious area	
Green Building Grant		For non-city-owned buildings, according overhead investment						
Stormwater Fee Discount		For residential and commercial buildings						
Grey To Green Grant						\$5 per square feet for non-City owned, new and existing buildings,	A new diversity criteria added	
FAR Density Bonus	For large scale development projects located in the City Center District							
Year	2001	2002-2004	2005	2006	2007	2008- 2010	2011	2012- 2014

Tableau 8 Chronology of city of Portland's measures actually promoting green roofs

En alignant le graphique des surfaces de toits verts installés sur le tableau chronologique des actions, nous constatons :

- ▣ progression continue et modeste jusqu'en 2005, date de la signature du plan de gestion du bassin versant,

- forte progression des surfaces en 2006 consécutive à l'instauration de règles de rétention des eaux pluviales (*Stormwater Retention Requirements*) et à la mise en place de subventions aux projets innovants (*Green Building Grant*) dont certains comprenaient un toit vert,
- très forte progression en 2008 consécutive à la mise en place de la subvention de 5\$ par pied carré (*Grey To Green Grant*) et à l'instauration de réduction de taxe eaux pluviales (*Stormwater Fee Discount*),
- chute en 2009 en 2010 que nous expliquons par la crise immobilière (cf. infra),
- progression continue depuis 2010 après le renforcement des règles de rétention d'eau.

Pour évaluer l'effet de la crise, nous avons utilisé les statistiques fédérales de production de logements sur la commune de Portland et calculé un ratio de surfaces de toit vert de 2000 à 2012. Sur le premier graphique, il apparaît que la production de logement a sensiblement augmenté de 2000 à 2007 (passant de 1800 à 4200 par an) puis drastiquement chuté en 2008 et 2009 (passant de 4200 à 900). Commencé avec le secteur résidentiel, la crise immobilière a touché les bureaux et les commerces quelques mois plus tard.

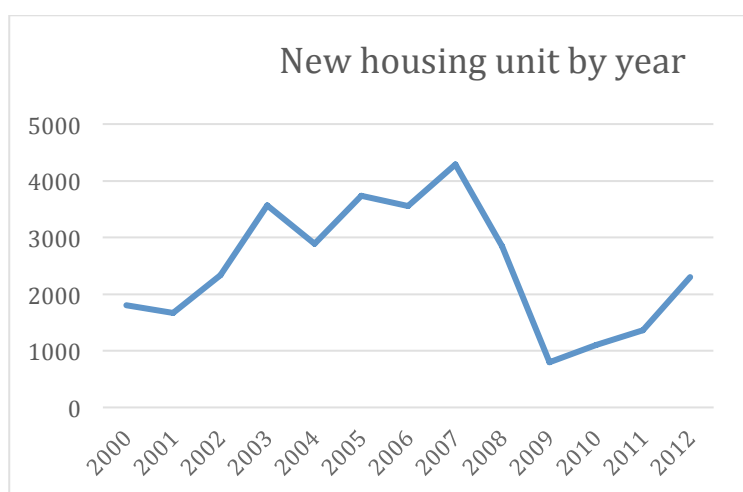


Figure 20 Annual new housing units 2000-2012 in Portland (US Census)

Même s'il ne s'applique pas exactement sur les mêmes périmètres de bâtiments le ratio de la surface de toit vert par unité de logement construit peut constituer un indicateur de la pénétration du toit vert sur le marché de la construction. La pénétration progresse lentement et régulièrement de 2000 à 2007 (l'indice passe de 3 à 20). Elle est beaucoup plus élevée depuis 2010 (indice 60 environ). La pointe de l'indice observée en 2008 et 2009 peut s'expliquer par un décalage temporel entre l'effondrement de la construction de logements (jaune) et la chute (plus nuancée et plus tardive) des bâtiments commerciaux et municipaux.

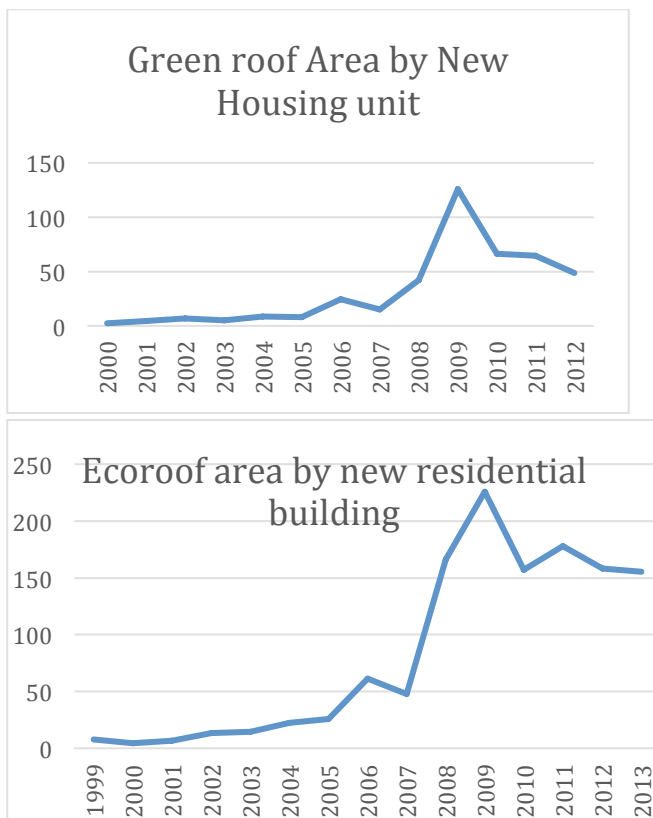


Figure 21 Ecoroof area by new housing unit and new residential building in Portland (City of Portland and US Census 2014)

Il semble donc que la subvention à la réalisation de toit vert mise en place en 2008 contribue fortement au déploiement de toit vert. L'on peut faire l'hypothèse qu'en l'absence de la crise immobilière, la surface de toit vert aurait rapidement progressée entre 2007 et 2010 avant d'atteindre le palier observé.

Ainsi, les mesures mise en place par la ville de portland ont des effets certains sur la mise en oeuvre de toits verts par les promoteurs et les propriétaires immobiliers. A production immobilière constante, les mesures indirectes telles que les règles de rétention d'eaux pluviales et les subventions à la réalisation de green building auraient contribué à une augmentation annuelle de 10 à 20% des surfaces de toits verts réalisés. Les mesures directes (c.-à-d. spécifiques aux toits verts) telles que la réduction de la taxe des eaux pluviales et la subvention à la végétalisation se ont contribué à une croissance annuelle de 50% pendant trois ans avant d'atteindre un palier correspondant à un taux de pénétration trois fois plus élevé qu'auparavant.

La concomitance de l'instauration de la réduction de la taxe des eaux pluviales et de celle de la subvention à la végétalisation ne permet pas de distinguer l'efficacité relative de l'une ou de l'autre.

■ Conclusion

C'est avant tout pour répondre au problème des eaux pluviales que Portland a mise en place des incitations à végétaliser les toits pilotées par le service *Stormwater Management*. Les toits verts sont une des mesures phares de l'approche intégrée de la gestion des eaux pluviales négociée avec l'Etat d'Oregon et l'EPA dans le cadre du permis de rejet des eaux polluées de 2005.

Les premières prescriptions à destination des acteurs de la construction ont été inscrites dans la démarche Green Building. Les synergies entre ces deux innovations relèvent autant des valeurs - la durabilité notamment- que des aspects opérationnels et notamment de procédures (compatibilité au sens de Rogers).

Un programme pilote octroyant des subventions par appel à projet a permis aux services de la ville d'apprendre (essayabilité, observabilité) afin de caler le montant de la subvention unitaire accordée systématiquement aux propriétaires et aux promoteurs depuis 2008 (incitation de type "guichet").

Alors que les promoteurs des toits verts le préconisent, le maire et les conseillers municipaux n'envisagent pas de rendre les toits verts obligatoires, la culture de l'ouest américain est évoquée pour expliquer cette position¹⁴. Le système de subventions persiste donc, et persistera tant que les eaux pluviales constituent un problème majeur pour la ville. Constatant le faible nombre de demandes de subventions dans les quartiers défavorisés et de la part des minorités, la ville a recruté un animateur en charge de la sensibilisation en direction de ces communautés et introduit en 2011 des critères de diversité pour le calcul de la subvention. Ainsi, la politique de développement des toits verts prend en compte une dimension nouvelle complémentaire à ses dimensions environnementales historiques.

2.2.3 Chicago : première ville états-unienne à imposer le toit vert dans la construction

Chicago est située au centre nord des Etats-Unis au bord du Lac Michigan à l'embouchure des rivières Calumet et Chicago. En amont du système des Grands Lacs américano-canadiens qui se déversent dans le golfe du St Laurent, Chicago est reliée au système fluvial du Mississipi. Troisième ville des Etats-Unis (2,7 millions d'habitants), elle est peuplée à 33% par des afro-américains, 30% par des blancs, 29% par des hispaniques et latinos et 6% par des asiatiques. L'aire métropolitaine de Chicago comprend 9,5 millions d'habitants (US Census 2014).

Depuis sa fondation en 1830, la ville a connue une croissance importante par l'immigration de force de travail. La ville est marquée par une séparation entre le nord (essentiellement blanc) et le sud (essentiellement afro-américain). La métropole est un centre industriel (agro-alimentaire, manufacture, impression, édition...) et logistique majeur grâce à sa position fluviale, à sa fonction d'étoile ferroviaire entre l'est et l'ouest ainsi que le sud et le nord du continent nord-américain, et plus récemment par le réseau autoroutier. La ville elle-même est un centre financier majeur, le siège de plusieurs bourses de matières premières d'envergure mondiale et d'entreprises internationales. Le revenu par habitant s'élevait à 47 400\$ à comparer à la moyenne des USA 56 800\$. La ville a attiré 46 millions de touristes (Chicago Tribune, 2014) et procure une part non négligeable du PIB métropolitain (532 milliards \$ en 2010).

Elle est dirigée depuis des décennies par des démocrates, en général pour des mandats très longs (Richard J. Daley 1955-1976, Richard M. Daley 1989-2011). Elu en 2011, l'actuel maire (Emanuel Rahm) était auparavant le secrétaire général de la Maison-Blanche sous l'autorité du président Barack Obama, lui-même ancien sénateur de l'Illinois d'une circonscription de Chicago-Sud. Le conseil municipal compte une cinquantaine de membres.

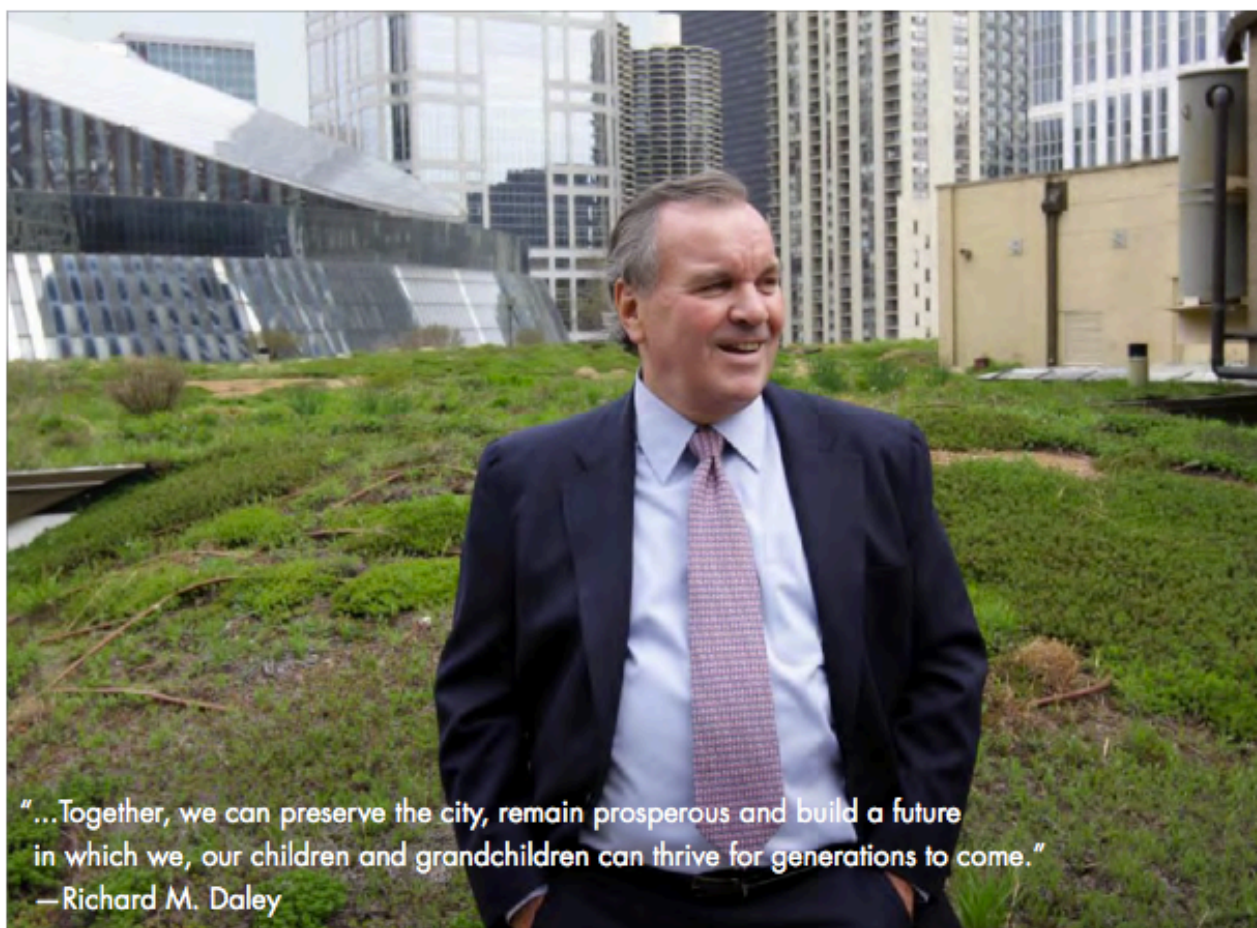
Chicago a un climat continental humide avec des saisons très marquées. La température moyenne mensuelle varie de -3°C à 24°C. Les étés sont chauds et humides avec des événements météorologiques pouvant être intenses : un vague de chaleur atteignant des températures supérieures à 40°C a tué une centaine de personnes en 1995, l'année suivante une tempête a causée des inondations et engendré 645 millions \$ de dommages et six décès (Grabs Project, 2010).

▣ Toits verts et Green buildings outils de durabilité et de marketing territorial

Chicago a toujours été dans les trois premières villes nord-américaines en terme de réalisation de toits verts selon le classement annuel de l'association GRHC depuis sa création en 2004 (Green Roofs for Healthy Cities, 2013b). Dès 2001, l'hôtel de ville a été recouvert d'un toit vert de 30 000 pieds carrés semi-intensif en plein centre de la ville et visible depuis les gratte-ciels qui l'entourent. Le monitoring a confirmé les bénéfices du toit vert en terme de rétention des eaux pluviales, de biodiversité et d'abaissement des températures de surfaces (Living Architecture Monitor, GRHC, 2009). La décision avait été prise par le maire après une visite en Allemagne (Berkshire, 2012).

Selon le chargé de mission green roof, le maire considérait le toit vert comme un moyen de traiter le problème de l'eau pluviale tout en rendant la ville plus douce au sens esthétique, et accessoirement, moins chaude en été. Et, si la ville est plus vivable, elle attirera des habitants et le business ce qui reste un objectif majeur pour lui (Berkshire, 2012a).

¹⁴ Entretien avec l'initiateur des toits verts à Portland.



Mayor Daley (shown above) stands atop the green roof at City Hall. Chicago has more green roofs built or under construction than any North American city.

Figure 22 Le maire de Chicago sur le toit vert de l'hotel de ville (Chicago Climate Action Plan 2008)

Un nouveau bâtiment, le Chicago Center for Green Technology, ouvert en 2002, a été le premier bâtiment à obtenir la certification LEED Platinum : il est recouvert par des plots de toits verts permettant de tester les bénéfices de différents types de sols et de végétation (Green roof test plot: 2003 end of year project summary report, MWH, 2004). En 2003, Chicago a accueilli la première conférence annuelle de l'association GRHC. Le maire a été primé par l'Award of Excellence pour son action au service la promotion des toits verts (Living Architecture Monitor, GRHC, 2009).

La ville a mené plusieurs actions de développement des toits verts : information, intégration des prescriptions "Green building" dans la réglementation dès 2004, règlement sur la rétention des eaux pluviales, subvention spécifique aux toits verts et, plus récemment, obligation de végétaliser les toits sur une grande part des bâtiments construits sur le territoire communal (Grabs Project, 2010)(Berkshire, 2010).

La ville de Chicago, fortement incarnée par son maire, se présente comme un champion de la lutte contre le changement climatique et des Green Buildings. Son horizon géographique est au minimum continental comme en témoigne les trajectoires politiques de ses deux derniers maires et de l'actuel président des Etats-Unis. Depuis son origine, Chicago se positionne en compétition territoriale avec New York (référence livre sur l'urbanisme à Chicago). Un article rédigé par le chef des conseillers politiques du maire Emanuel Rahm dans la *Harvard Law and Policy Review* (Negron, 2013, p286-287) montre que cette rivalité est encore d'actualité. Elle s'incarne les Green Buildings et les toits verts : "For example, Chicago is home to nearly twice the green-roof square footage as New York City, and the Second City is first when it comes to LEED-certified buildings

(...) For example, Washington, D.C., has rapidly caught up to New York City in number of LEED-certified buildings thanks to its Green Building Act of 2006."

La compétition territoriale s'est portée sur la durabilité. La comptabilisation des bâtiments certifiés Gold ou Platinum LEED répond donc autant à une façon de faire contrôler par un organisme tiers les bâtiments que d'augmenter le nombre de références dans la base de données de l'USGBC pour des comparaisons entre villes. Pour se faire la ville a instauré en 2000, le Chicago Standard basé sur les prescriptions LEED pour ses propres bâtiments et l'a étendu à tous les bâtiments bénéficiant d'une assistance financière de la ville. Le Climate Action Plan adopté en 2008 intègre ces dispositions, il constitue autant un outil de marketing territorial qu'un moyen d'intégrer des objectifs de sobriété énergétique et de faible émission de carbone dans les domaines d'actions de la ville, notamment dans l'aménagement et les bâtiments. Brièvement mentionnés dans le Plan Climat de 2008, les toits verts font l'objet d'objectifs chiffrés dans la version suivante : 6000 toits verts en 2020 pour 400 en 2010 (City of Chicago Climate Action Plan, City of Chicago, 2014).

A Chicago, le maire exerce traditionnellement un leadership fort, il arbitre et joue avec les intérêts des multiples communautés (ethniques, syndicales, professionnelles ...) pour mener des politiques très volontaristes au nom du développement socio-économique de la ville. Il peut s'appuyer sur de puissants outils de maîtrise de l'urbanisme pour imposer ses priorités politiques au secteur privé de l'immobilier. De nombreuses zones avec des prescriptions urbanistiques spécifiques couvrent le territoire. En outre, 163 périmètres disposent d'une fiscalité spécifique conçue à l'origine pour financer les équipements publics en leur sein (Tax Increment Financing -TIF). Concrètement, la ville peut subventionner des projets de bâtiments en utilisant de façon anticipée les futures recettes fiscales de ces bâtiments. La ville finance ainsi un grand nombre de projets de bâtiments privés sur son territoire. Enfin, la ville et le comté attribuent des dégrèvements de taxe pour le logement social ou vendent des parcelles leur appartenant (Negron, 2013).

Ces dispositifs ont été abondamment utilisés pour développer le logement à prix raisonnable (aux finalités identiques à celui du logement social en France). Ils peuvent aussi l'être pour des objectifs de durabilité : d'une part, des prescriptions spécifiques peuvent être imposées à tous les bâtiments de même type d'une même zone, d'autre part, dans le cadre du TIF, l'octroi de subvention peut être conditionné au respect de prescriptions projet par projet. Il en est de même pour les projets bénéficiant de dégrèvements fiscaux ou de la vente de terrains communaux.

Enfin, sur le plan environnemental, il faut noter la *Great Lakes and St. Lawrence Cities Initiative* qui rassemble les maires des grandes villes états-uniennes et canadiennes dans l'objectif de protéger les Grands Lacs et le Saint-Laurent en tant que milieux naturels. Les villes travaillent ensemble pour observer le milieu naturel, améliorer les infrastructures de traitement des eaux avant rejet et développer des programmes de protection. Le maire de Chicago en a été l'initiateur en 2003. Réduire les déverses d'eaux pluviales constitue un des principaux objectifs de cette association (Great Lakes & St. Lawrence Cities Initiative, 2014).

Chicago est particulièrement concernée par cet enjeu. Près de 60% de la surface de la ville est couverte par des revêtements imperméables empêchant les eaux pluviales de s'infiltrer dans le sol. Le réseau d'assainissement de Chicago, commencé en 1856 récolte conjointement les eaux usées et les eaux pluviales. Afin de satisfaire le loi fédérale Clean Water Act, la ville a construit un grand tunnel (*Deep Tunnel*) et dépense 50 millions \$ par an pour améliorer le réseau. Malgré ses efforts, le réseau d'assainissement se déverse fréquemment dans la rivière et dans le lac Michigan (Levenfeld Pearlstein, LLC, 2008).

Selon le Plan Climat, les toits verts "can moderate roof temperature, providing shade in hot weather and insulation in colder months, thus reducing energy requirements."(City of Chicago, 2008). Ils ont progressivement été imposés sur la plupart des constructions neuves au cours des années 2000. Fin 2010, 359 toits verts ont été repérés par photographie aérienne, ils couvriraient une surface totale de 5,47 millions de pieds carrés. La ville de Chicago a utilisé plusieurs types de dispositions.

▣ **Une politique en direction des promoteurs et propriétaires imposant finalement les toits verts obligatoires pour l'essentiel des nouveaux bâtiments**

- Des mesures indirectes diversifiées : obligations réglementaires pour la rétention des eaux

Le règlement de rétention des eaux pluviales

En 2008, les autorités publiques ont commencé à imposer des prescriptions relatives à la rétention des eaux pluviales. Elle s'applique à toutes les nouvelles constructions de plus de 15 000 pieds carrés ou qui engendrent plus de 7500 pieds carrés de surface imperméabilisée. Tous ces projets de bâtiments doivent fournir un plan de gestion des eaux pluviales (stormwater plan) à approuver par la ville. 1/2 pouce d'eau doit être retenu sur l'ensemble des surfaces imperméabilisées du projet. Un guide produit par la ville montre les meilleures solutions pour retenir l'eau, une méthode a été développée et proposée pour calculer cette valeur en fonction des différentes solutions suggérées, aucune solution n'est imposée. Des pénalités financières sont prévues si les prescriptions (conception, mesures, maintenance) ne sont pas respectées (Levenfeld Pearlstein, LLC, 2008).

En 2014, de nouvelles prescriptions ont imposées par le Comté (Cook's County), elles n'imposent pas le toit vert mais un toit vert permet de les respecter (Friends of the Chicago River, 2014).

- Des toits verts progressivement imposés dans les dispositifs initialement basés sur la certification Green Building

Deux dispositifs ont été mis en place dans la première moitié des années 2000 pour promouvoir la démarche Green Building proposée par l'association USGBC : le Chicago Standard, des subventions pour les petits bâtiments résidentiels non soumis au Chicago Standard. Ces dispositifs ont intégré l'obligation de réaliser des toits verts par étape. Le permis express (Expedited Permit) créé en 2008 est lui aussi conditionné par la combinaison de la certification LEED et la végétalisation du toit.

Le Chicago Standard

Le Chicago Standard est basé sur la certification LEED (Chicago Standard, City of Chicago, n.d.). La végétalisation des toits apporte des points dans une proportion non négligeable : selon leurs caractéristiques, ils permettent d'obtenir plus du dixième des points nécessaires pour obtenir la certification. Après avoir été testé sur des bâtiments publics, le Chicago Standard a été imposé en 2004 sur les projets de bâtiment recevant une assistance financière de la ville. Des proportions minimales de toits verts de l'ordre de 25 à 50% étaient requises pour certains types de bâtiments.

Les deux photos ci-dessous illustrent la façon dont la règle d'un minimum de 25% a été mise en oeuvre sur une zone de développement de Chicago-Sud. La photo suivante correspond probablement à des toits réalisés après 2008 avec une règle minimale de 75 ou de 100% (voir en haut à gauche et en bas à droite).

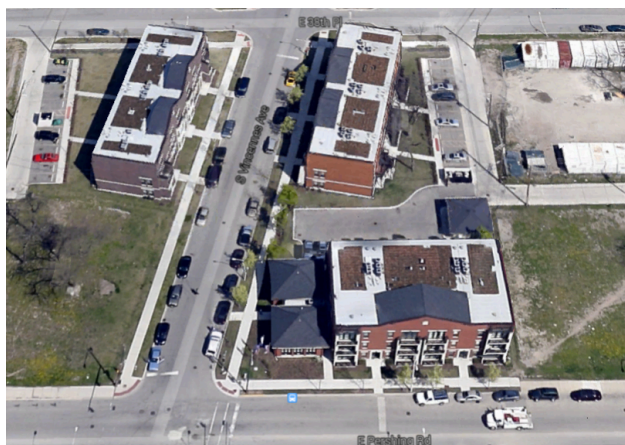


Figure 23 Photos aériennes d'un nouveau développement à South Chicago East 38th (Google Maps 2014)

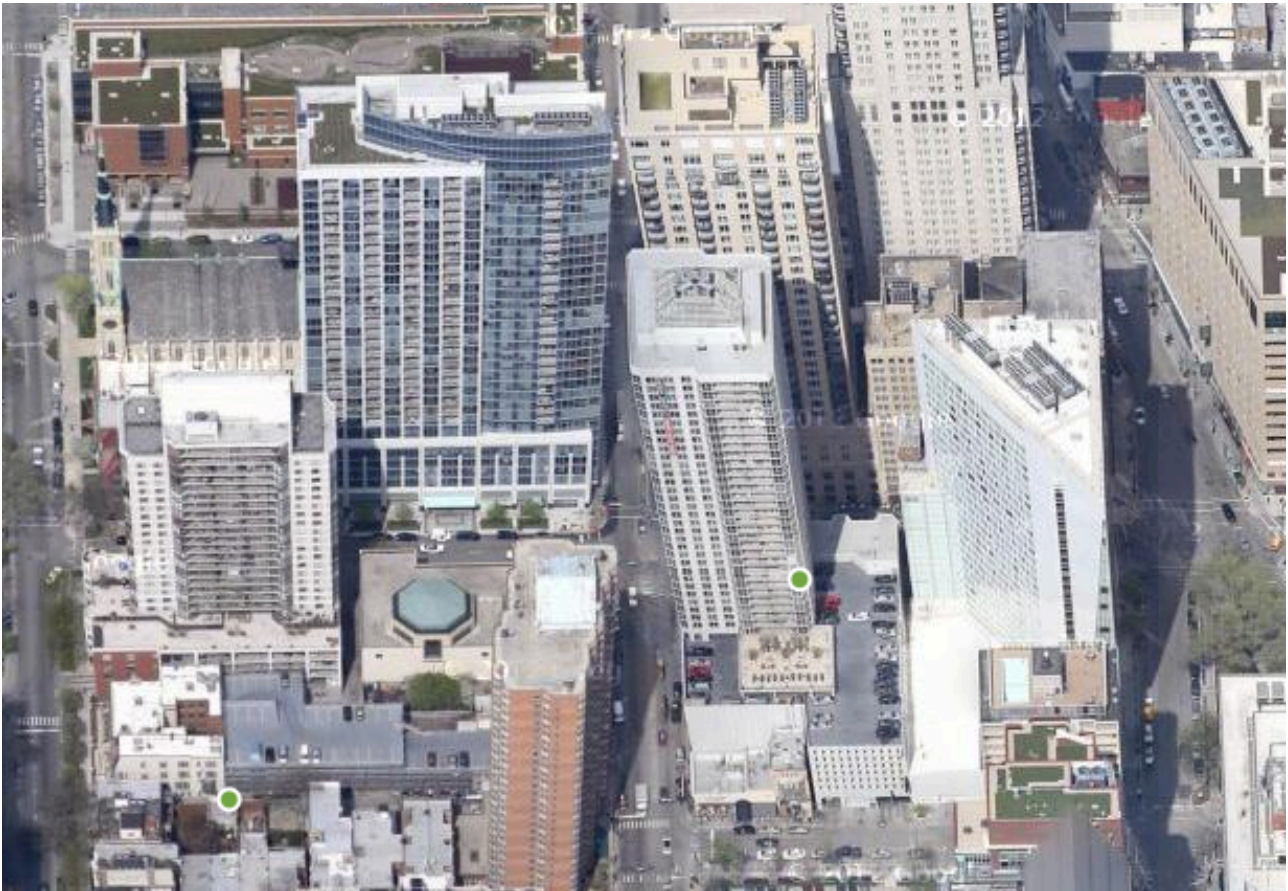


Figure 24 Photo aérienne du centre ville de Chicago (Google Maps 2014)

Fin 2007, la ville a largement étendu le champ d'application du Chicago Standard à presque tous les bâtiments recevant une aide de la ville (et notamment la TIF cf. supra) et aux zones faisant l'objet de développement planifié et donc de prescriptions urbanistiques particulières. A cette occasion, elle a aussi généralisé le toit vert Sustainable Development Policy, City of Chicago, 2007). Les seuils minimaux ont très sensiblement augmenté : ils varient encore selon la destination et la taille du bâtiment ainsi que, pour certains bâtiments (industriels notamment), les performances relatives à la rétention des eaux pluviales. Ils sont très élevés lorsque le projet bénéficie d'assistance financière de la ville. En dehors des bâtiments de moins de quatre logements qui sont exemptés, le seuil minimal exigé est toujours supérieur à 50%, souvent à 75% et parfois à 100%. Le tableau suivant les décrit.

City of Chicago Sustainable Development Policy

This policy applies to all new Redevelopment Agreements, Planned Developments, Site Plan Approvals and Amendments to existing Planned Developments reviewed by the Department of Housing and Economic Development and the former Department of Zoning and Land Use Planning's weekly Design Review Committee after December 1, 2007.

	Financial Assistance		Non-Financial Assistance (Planned Developments) (Lakefront Protection Ordinance Developments)
	(RFP/Negotiated Sale w/ Land Write Down) (Empowerment Zone Grants) (TIF) (DHED Housing Assistance)	(Industrial Dev. Rev. Bonds) (Enterprise Zone Fac. Bonds) (Bank Participation Loans) (Class L) (Class 6B)	
Residential			
Market Rate SF, TH, Multi-units (<4 units)	Building Certification		
4 or more Townhomes (TH)*	100% Green Roof + Building Certification		50% Green Roof + Building Certification
4 or more Market Rate Units (including Hotels)	100% Green Roof + Building Certification		50% Green Roof + Building Certification
> 20% Affordable Units or CPAN	Building Certification	Building Certification	Building Certification
Institutional			
Hospitals	100% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or 75% Green Roof + LEED Certification	75% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or 50% Green Roof + LEED Certification	75% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or 50% Green Roof + LEED Certification
Community Centers, Government Buildings and Schools**	50% Green Roof + LEED Certification	25% Green Roof + LEED Certification	25% Green Roof + LEED Certification
Industrial			
	100% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or LEED Certification or Exceed Stormwater Ordinance by 20%*** or 50% Green Roof + 50% VUA Shading in 5 yrs	100% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or LEED Certification or Exceed Stormwater Ordinance by 20%*** or 50% Green Roof + 50% VUA Shading in 5 yrs	100% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or LEED Certification or Exceed Stormwater Ordinance by 20%*** or 50% Green Roof + 50% VUA Shading in 5 yrs
Commercial			
Retail over 10,000 square feet (footprint)	100% Green Roof + LEED Certification or 50% Green Roof + LEED Certification + 50% VUA shading in 5 yrs	100% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or 50% Green Roof + LEED Certification or 50% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 + 50% VUA shading in 5 yrs	100% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or 50% Green Roof + LEED Certification or 50% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 + 50% VUA shading in 5 yrs
Retail under 10,000 square feet (footprint)	100% Green Roof + LEED Certification	100% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or 50% Green Roof + LEED Certification	50% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004
Grocery Stores located in Food Deserts (see Note #6)	Exceed ASHRAE 90.1-2004 + 50% shading after 5 years	Exceed ASHRAE 90.1-2004	Exceed ASHRAE 90.1-2004
Office	100% Green Roof + LEED Certification	100% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004 or 50% Green Roof + LEED Certification	50% Green Roof + LEED Certification
Existing Buildings*** and Landmark Buildings			
	Building Certification or LEED-CI Certification or 100% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004	50% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004	50% Green Roof + exceed ASHRAE 90.1-2004

NOTES:
 * Projects with 4 or more units and contiguous roof space without private access to roofs. Emergency access routes do not apply.
 ** Buildings gathering facilities serving multiple purposes will be considered a community center.
 *** Projects that are regulated by the stormwater management ordinance must provide evidence of a 33% reduction of impervious area from a baseline condition (as defined by ordinance). GCR: Retain 0.60 inches of stormwater from the proposed impervious area (up from 0.57).
 The policy applies to existing buildings when the value of the renovation is more than 50% of the assessed value of the building for Single-Family Residential Projects, and more than 20% of the assessed value of the building for Multi-unit (more than 6) Residential and Mixed-use Residential projects.
 1. The area of green roof coverage will be based on the net area of the roof, which is defined as the usable space of the roof including pathways. Up to 10% of the green roof area can be hardscape. Remainder of roof must meet Energy Star level for reflectivity.
 2. Projects exceeding 100,000 sq ft must meet Energy Star level for reflectivity.
 3. Projects exceeding 100,000 sq ft must meet Energy Star level for reflectivity.
 4. All new and renovated alloys must follow City of Chicago Department of Transportation (CDOT) Green Alloy standards.
 5. Apply the requirements for the predominant use for mixed-use projects.
 6. These requirements pertain to grocery stores that are located within Food Deserts as identified by the "Chicago's Food Deserts by Tract" within community boundaries' map.

REFERENCES:
 LEED Certification: <http://www.usgbc.org/>
 Green Building: <http://www.usgbc.org/greenbuildings.org>
 Energy Star Certification: <http://www.energystar.gov/>
 Chicago Green Homes: <http://www.cityofchicago.org/environment>
 ASHRAE 90.1 - 2004: <http://www.ashrae.org/technology/page/548>
 City of Chicago Green Alley Standards: Tel. 312.744.3900
 City of Chicago Stormwater Ordinance: <http://cityofchicago.org/environment>

LEGEND:
 SF = Single Family
 TH = Townhomes
 CPAN = Community Participation Agreements
 TH = Tax Exempt
 VUA = Vehicular Use Area

Figure 25 Greenroof Matrix instaurée le 1er décembre 2007 (Ville de Chicago)

En 2013, les prescriptions relatives aux toits verts ont été rendues plus flexibles : il est possible de réserver une part de la toiture à des panneaux solaires dans le cadre du Chicago Solar Express program (Mayor Emmanuel Launches..., City of Chicago, 2013).

La certification Green Homes pour les petits bâtiments résidentiels

Le programme encourage les propriétaires et les constructeurs à utiliser des technologies énergétiques, des produits et des pratiques efficaces afin de réduire les impacts environnementaux. Il concerne les maisons individuelles et immeubles résidentiels multifamiliaux de moins de 80 pieds (environ 24 mètres) neufs ou existants qui ne sont pas soumis au Chicago Standard.

Un guide définit des spécifications regroupées en sept catégories : site, efficacité énergétique, matériaux de construction, santé et sécurité, préservation des ressources, formation du propriétaire et innovation. Chaque spécification apporte des points. La végétalisation de plus de la moitié d'un toit rapporte environ un dixième des points nécessaires pour obtenir le certificat de la ville (Chicago Green Homes Guide, Department of Buildings, City of Chicago, 2009).

Nous présumons que le Green Homes program a été instauré en 2004 en même temps que le Chicago Standard. Le certificat ouvre le bénéfice du permis express (Expedited Permit cf. infra) et de subventions.

Le permis express (Expedited permit ou Green Permit)

Le permis express a été mis en place avant 2005. Sous réserve de satisfaire à des prescriptions de type Green Building et toit vert, le permis de construire peut être accordé en 2 à 4 semaines au lieu du délai habituel de 10 à 12 semaines et les droits d'instruction sont réduits.

Le projet doit viser la certification LEED Silver et satisfaire des prescriptions dans un ou plusieurs des neuf items : Green roofs, Exceptional Energy Performance, Renewable Energy, Extra Affordability, Transit-oriented development and difficult-to-develop areas, Innovation, Exceptional Water management, Exceeds LEED or Chicago Green Homes Certification, Natural Ventilation, Exceptional Bike Parking (Grabs Project, 2010) (Green Permit Requirements, Department of Buildings, City of Chicago, n.d.). Le nombre d'items complémentaires à satisfaire dépend de la destination et du type de bâtiment et s'il est neuf ou pas, il conditionne le permis express (moins de 30 jours) et la réduction partielle ou totale des droits d'instruction (jusqu'à 25 000\$). Par exemple, pour un bâtiment tertiaire de plus de 24 mètres de hauteur :

Benefit tier	Requirements
Expedited permit (goal less than 30 days)	LEED Certified + 50 % green roof + 2 menu items
Expedited permit (goal less than 30 days) and consultant review fee paid up to \$25,000	LEED Silver + 75% green roof + 2 menu items

Tableau 9 Green Permit requirements, example for an office building (Grabs Project, 2010)

Le permis express a eu un succès important dès son origine. 19 permis ont été accordés en 2005 et 36 au cours des six premiers mois de 2006 alors que l'objectif pour l'année complète était de 40 (Webb, 2006).

On notera qu'en 2014, le *Green Permit* peut être obtenu sans nécessairement réaliser un toit vert, il suffit de valider de LEED Silver et deux autres items¹⁵.

- Un programme transitoire de subvention et bonus de densité spécifiques au toit vert

Un programme *Green Roof Grant* a été lancé en 2004 pour les nouveaux bâtiments mais il n'est plus disponible depuis 2008 ou 2009 (probablement après la généralisation de l'obligation de réaliser des toits verts en 2008). A titre d'illustration, végétaliser plus de 50% du toit ou plus de 2000 pieds carrés d'un bâtiment résidentiel ou destiné à des petits commerces permet d'obtenir un bonus de densité et une subvention pouvant atteindre 50% du surcoût de la végétalisation dans la limite de 10 000\$. Les demandes étaient plus nombreuses que l'enveloppe budgétaire ne le permettait ; une vingtaine de projets a été financée chaque année.

¹⁵ Fiche GREEN PERMIT PROGRAM BENEFIT TIER STRUCTURE consultée le 13 juillet sur le site web de la ville de Chicago.
<http://www.cityofchicago.org/content/dam/city/depts/bldgs/general/GreenPermit/2014GreenPermitRequirements.pdf>

- Accompagnement

Avant de rendre les toits verts obligatoires sur une grande partie du territoire, la ville a recensé tous les professionnels ayant une expérience de toits verts avec l'aide de GRHC et leur a demandé de caractériser leurs produits ou prestations. L'inventaire a été ensuite publié sur le site internet de la ville. Ainsi, les promoteurs avaient à leur disposition des professionnels en mesure de les aider. Auparavant, le chargé de mission "green roof" de la ville a fait de nombreuses conférences auprès des associations de promoteurs et des propriétaires, il a aussi accueilli individuellement tous les porteurs de projets à la recherche d'explications (Berkshire, 2012a). Ceux qui sont en contact avec les promoteurs, les chefs de projet de développement de la ville ont été formés sur les toits verts et sur la façon d'en parler aux promoteurs dès leur première rencontre.

De nombreuses pages du site web de la ville étaient dédiées à la sensibilisation et à l'apport de connaissances mais nous avons constaté en 2013 et 2014 que ce n'est plus le cas : les informations mises en ligne par le site web de la ville sont maintenant presque exclusivement administratives.

- ▣ **Evaluation des effets la politique de déploiement des toits verts**

Depuis 2004, Chicago a toujours été dans le top 3 du classement de GRHC. Près de 600 000 pieds carrés ont été réalisés en 2012 dans la région métropolitaine (Green Roofs for Healthy Cities, 2013b). La ville a elle-même commandé un relevé aérien des toits verts sur l'ensemble du territoire communal en 2010 : 359 toits verts ont été identifiés pour un total de 5 469 500 pieds carrés. Ces toits étaient essentiellement réalisés dans des zones huppées avec une forte concentration au centre ville (152). La taille médiane d'un toit était de 5200 pieds carrés. 300 des toits verts correspondaient à des situations où la végétalisation du toit était imposée.

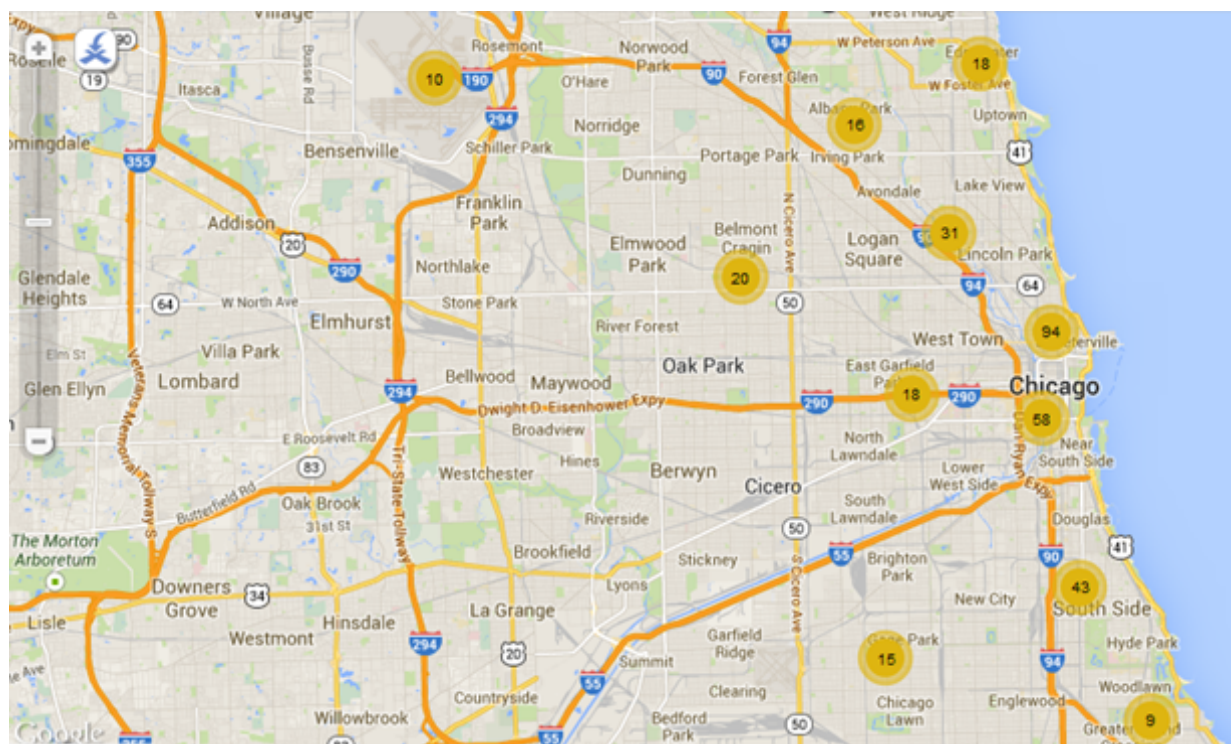


Figure 26 Carte des toits verts à Chicago septembre 2010 (Chicago Green Roofs, City of Chicago, 2012)

Selon les données recueillies par GRHC, la surface annuelle de toits verts réalisés a sensiblement progressé de 2004 à 2007 (de 183 000 à 520 000 pieds carrés) et est restée stable jusqu'en 2011 avant de passer aux environs de 600 000 pieds en 2012 et 2013. La surface 2013 est à considérer avec prudence car elle est provisoire, en attente des résultats des relances faites par GRHC en juin et juillet 2014. On remarquera l'écart entre la surface relevée par photo-aérienne en septembre 2010 et le cumul 2004-2010 recueilli par GRHC respectivement 5,5 et 2,5 millions de pieds carrés.

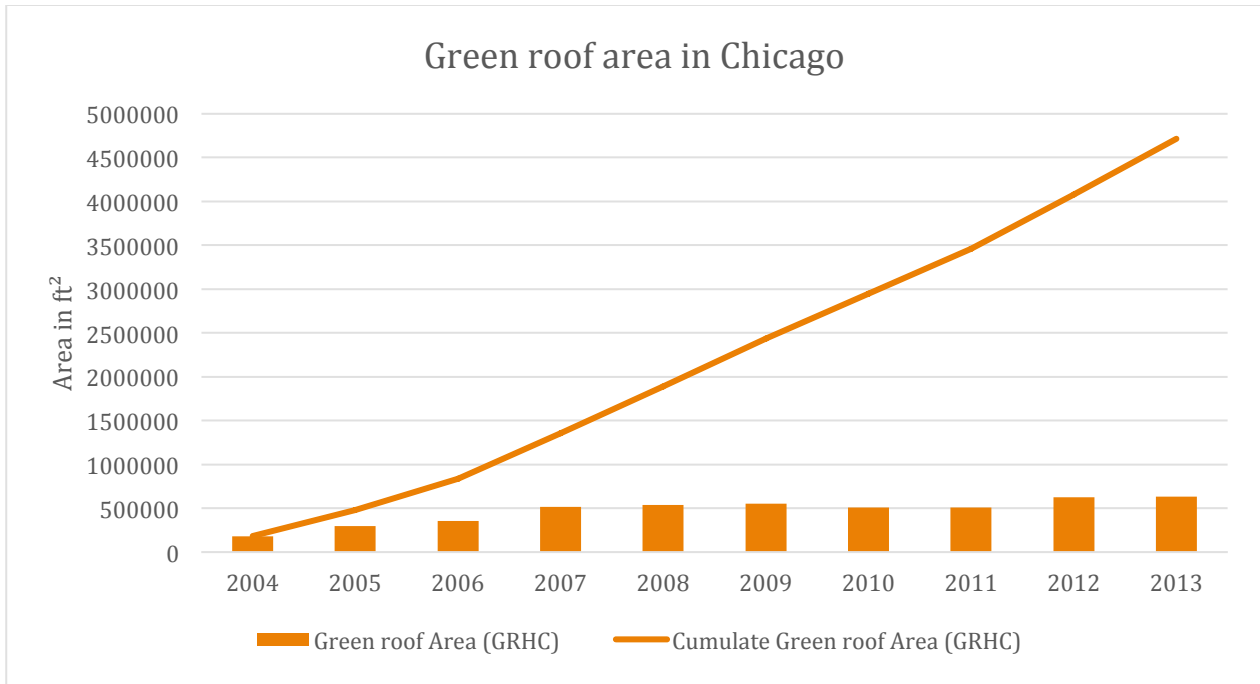


Figure 27 Surfaces annuelles de toits verts réalisés de 2004 à 2013 (GRHC survey)

Le tableau suivant récapitule la chronologie des actions prises par la ville au cours de la même période.

Chicago Standard		GR Obligatory for important and some financially assisted buildings (25 to 50%)	GR obligatory for all buildings located in development zones or financially assisted (50 to 100%)						
Stormwater Retention requirement			A 0,5 inch retention required for all development and redevelopment, except single or two-family houses						
Green Roof Grants		For small residential and commercial buildings							
Expedited Permit		For all new or improving buildings (LEED or Green Globe required or Green Homes agreement)							
	2000-2003	2004	2005- 2006- 2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013

Tableau 10 Measures chronology implemented by City of Chicago

En superposant le tableau et la figure, on constate une augmentation progressive à partir de 2004, année de mise en place du Chicago Standard et de la subvention¹⁶. Il est ensuite surprenant de ne pas constater de progression après l'augmentation des proportions de surfaces végétalisées et l'extension des périmètres où les toits verts sont rendus obligatoires. Cela peut s'expliquer par la crise immobilière que traduit le graphique suivant qui porte sur le nombre annuel de logements construits sur la ville de Chicago de 2004 à 2012. Il a plus que doublé entre 2004 et 2006 (6200 à 14000) et chuté de 90% en 2008 et 2009 (passant de 13 500 en 2007 à 1250 en 2009).

¹⁶ Cette subvention ciblée sur les petits bâtiments commerciaux et résidentiels était deux fois plus demandée que ne le permettait l'enveloppe budgétaire. Seuls une vingtaine de projets ont été financés chaque année, pour une surface totale relativement limitée (Berkshire, 2012a).

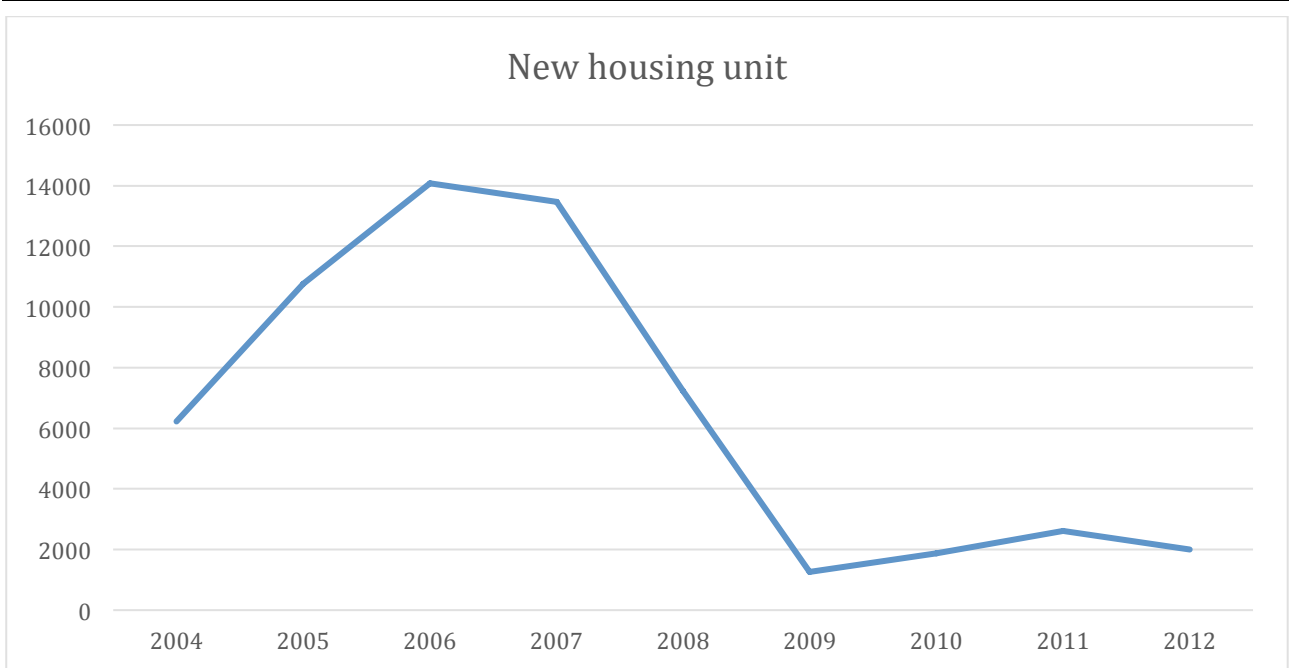


Figure 28 New housing units in Chicago 2004-2012 (US census 2014)

Pour neutraliser l'effet de la crise, nous avons calculé un ratio de surfaces de toit vert par unités de logements construits. Même s'il ne s'applique pas exactement sur les mêmes périmètres de bâtiments, il constitue un indicateur de la pénétration du toit vert sur le marché de la construction.

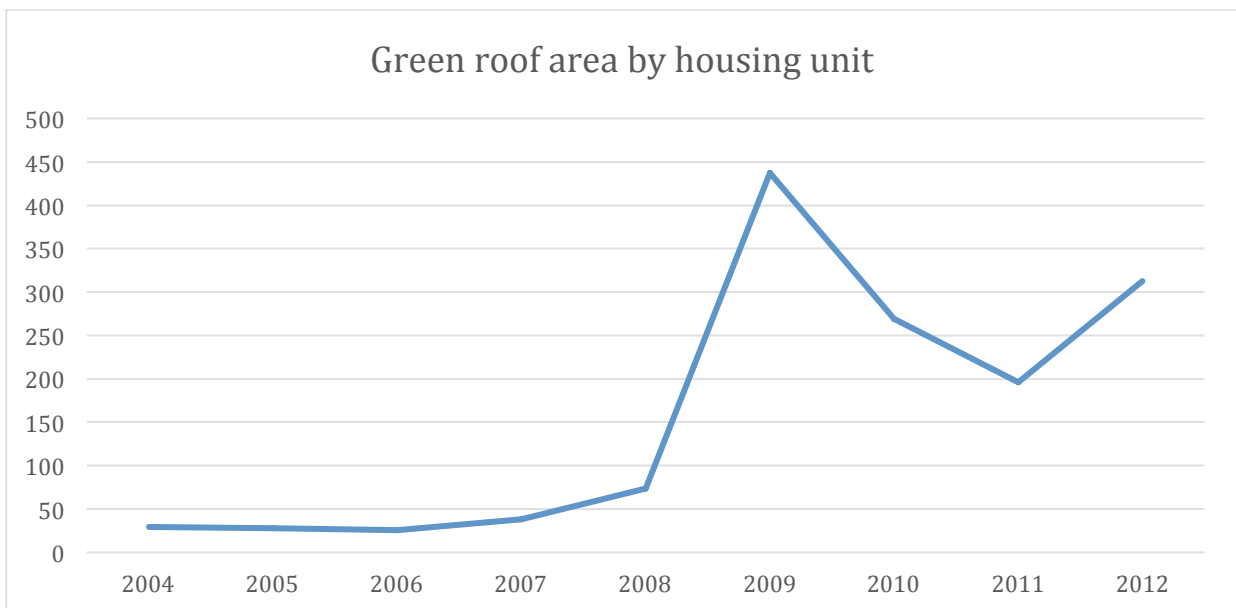


Figure 29 Green roof area by housing unit in Chicago 2004-2012 (GRHC and US Census)

L'indicateur de pénétration est stable et faible jusqu'en 2006. Il augmente de 50% en 2007 et de 100% en 2008. La pointe de l'indice observée en 2008 et 2009 pourrait s'expliquer, comme à Portland, par un décalage temporel entre l'effondrement de la construction de logements et la chute (plus nuancée et plus tardive) des bâtiments commerciaux et municipaux.

Il semble donc que l'extension du périmètre d'obligation de végétaliser et l'augmentation des proportions minimales de toit mises en place en 2008 contribuent fortement au déploiement de toits verts. L'on peut faire l'hypothèse qu'en l'absence de la crise immobilière, la surface de toit vert aurait rapidement progressé entre 2008 et 2010 avant d'atteindre le palier observé qui se situe à un niveau dix fois plus élevé qu'en 2006 et trois fois plus qu'en 2008. L'on peut supposer que l'abandon des subventions en 2009 (date incertaine) a eu peu d'effet du fait que les toits verts

étaient quasiment devenus obligatoires. Il n'est pas possible de tirer des enseignements sur les effets de l'introduction d'une exigence de rétention d'eau car elle est doublement masquée par le renforcement des obligations en matière de toit vert.

Nous n'avons pas connaissance de la proportion de nouveaux bâtiments (ni de nouveaux logements) sur qui ne pèsent pas d'obligation de végétalisation. Nous supposons que le niveau du palier observé depuis 2010 augmenterait si l'obligation s'appliquait à un nombre plus important de nouveaux bâtiments.

■ **Conclusion**

Chicago se caractérise par un portage politique fort de la végétalisation des toits. La communication politique met l'accent sur la durabilité et le changement climatique même si la question des eaux pluviales a fortement pesé. La forte implication du politique n'est probablement pas spécifique aux toits verts, elle correspond à un mode de gouvernement basé sur le leadership du maire et une maîtrise forte et assumée de l'urbanisme. Les outils de zonage et de financement permettent à la ville d'imposer les toits verts sur une grande part du territoire en tenant compte de la diversité des quartiers en matière de marché de l'immobilier. Les résultats sont au rendez-vous puisque la surface de toit vert par unité de logement a substantiellement et soudainement progressé (de 50 à 250 pieds carrés).

Les prescriptions relatives aux toits verts se sont insérées dans les dispositifs d'obligation et de subvention préalablement mis en place pour les Green building. De 2004 à 2007, le programme pilote accordant des subventions à des bâtiments innovants de type green building sélectionnés par appel à projet a permis un premier apprentissage collectif tant du côté des professionnels que des services de la ville. Sur la même période, l'imposition modérée (une proportion de 25 à 50%) de la végétalisation des toits -sur une part des projets que la ville est susceptible de maîtriser- a permis d'évaluer la faisabilité économique des toits verts (essayabilité, observabilité des avantages relatifs, compatibilité). Au vu de ses expériences, la ville s'est autorisée à mettre en place l'obligation de réaliser des toits verts qui est probablement la plus contraignante et étendue des villes états-uniennes.

Cette obligation n'aurait peut-être pas été aussi élevée (en terme de proportion de toit vert) si elle avait été inscrite dans le code des bâtiments car elle aurait dû être appliquée à l'ensemble du territoire communal, y compris aux zones les plus fragiles socialement et économiquement. Le fait d'asseoir l'obligation sur le zonage et sur les dispositifs de financement (TIF) permet d'exempter ces secteurs de la ville et, ce faisant, d'élever l'exigence de végétalisation ailleurs.

L'apprentissage collectif de la première phase (2004-2007) a préparé une grande part des acteurs de la construction. Des efforts d'information ont été faits en 2008 et 2009. Ce n'est plus le cas aujourd'hui, preuve que les toits verts sont intégrés dans les routines de la construction. Ils ont perdu leur valeur en terme d'image à tel point que le maire de Chicago met désormais l'accent sur les panneaux solaires.

2.2.4 Washington : championne des toits verts installés et des incitations

Washington est une ville de 600 000 habitants (50% afro-américaine, 43% blanche, 4% asiatique selon US Census 2010) dans une métropole de près de 6 millions répartis sur trois Etats Maryland, Virginia et West Virginia. Elle constitue la plus grande métropole de chacun de ces Etats.

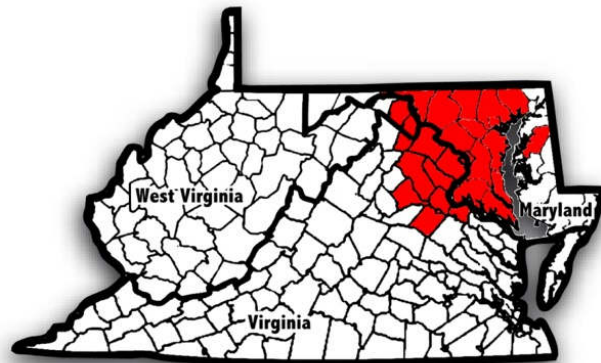


Figure 30 Cartes de l'aire métropolitaine de Washington (DC MSA) et de la conurbation Washington-Baltimore (DC-balt-metro)

En tant que capitale des Etats-Unis, Washington est le siège des institutions politiques fédérales. A ce titre, elle n'est pas rattachée à un Etat et est soumise à un statut administratif particulier de District et placé sous la juridiction exclusive du Congrès des États-Unis. Depuis le Home Rule Act de 1973, le conseil du District (composé de 13 membres élus) peut voter des taxes et un budget mais celui-ci doit être approuvé par le Congrès. Contrairement au reste du pays où les pouvoirs des municipalités sont définis et contrôlés par les Etats, ce sont directement des Départements ou les Agences fédéraux qui délivrent les autorisations habituellement délivrées par les Etats (cf. monographie de Portland). C'est notamment le cas pour le permis municipal de rejet des eaux assainies dans le milieu naturel que la Clean Water Act a instauré¹⁷.

Elu par le Conseil du District, le maire dirige l'administration municipale. Le District est un bastion du parti démocrate, le maire actuel Mayor Vincent Gray a été élu en 2011. Par la suite, nous utiliserons indifféremment Washington, District of Columbia, Washington DC ou DC pour désigner l'autorité locale.

Les autorités locales sises dans l'aire métropolitaine ont mis en place une instance de coordination et de discussion : le Metropolitan Washington Council of Governments (MWCOG). C'est une association non-gouvernementale qui regroupe 21 municipalités, des membres des parlements du Maryland et de Virginia et des membres du Sénat et de la House of Representatives fédéraux.

Avec 425 millions \$, l'aire métropolitaine constitue la 4ème métropole économique des États-Unis. Au cœur de cette métropole, Washington tient ses ressources du gouvernement fédéral (29% des emplois sont fédéraux) et des organisations qui lui sont liées (World Bank, International Monetary Fund (IMF), Inter-American Development Bank ... 200 ambassades) ainsi que du tourisme.

Le climat est humide et sub-tropical. La température moyenne mensuelle maximale est modérée (21 °C en aout) mais la région est exposée à des vagues de chaleur et des tempêtes en été (City-data.com, 2014).

Washington est située sur la cote est des États-Unis au bord des rivières Anacostia et Rock Creek dans l'estuaire de la Chesapeake Bay qui débouche sur l'océan Atlantique à plus d'une centaine de kilomètres. Le territoire du District est réparti sur trois bassins versants comme le montre la carte ci-dessous. La partie la plus urbanisée est drainée par un réseau unitaire (combined sewer) hachuré en gris sur la carte (Chesapeake Bay Foundation, 2008). Un quart de l'espace est couvert par des parcs et forêts (City-data.com, 2014).

¹⁷ Le National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) Permit

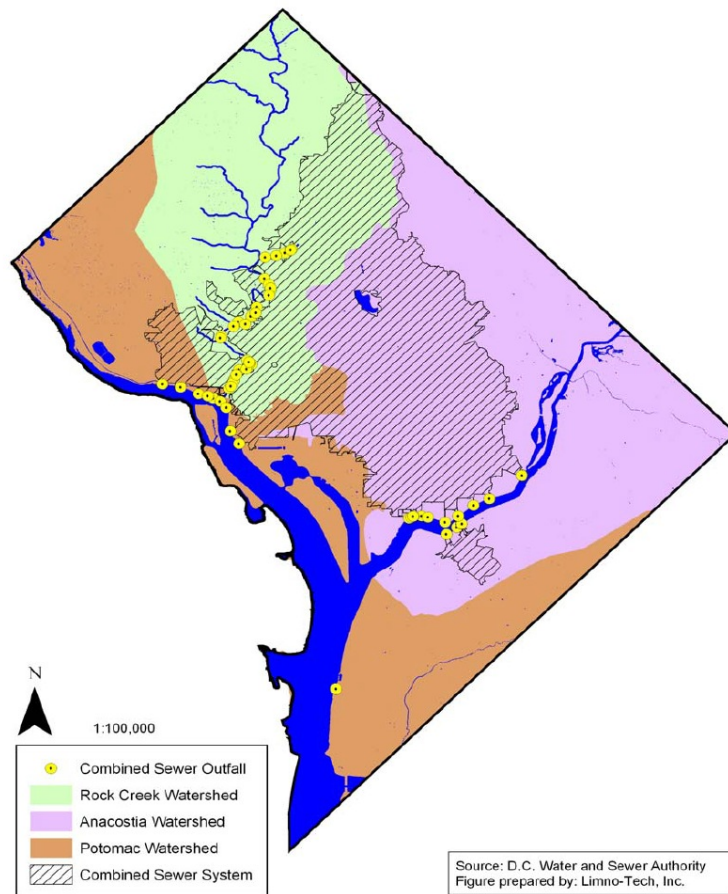


Figure 31 Réseau d'assainissement unitaire et bassins-versants de Washington DC (Barbara Deutsch et al., 2005a)

▣ **Une Championne des toits fortement contrainte par des problèmes d'eaux pluviales**

Avec plus de 1 millions de pieds carrés de toits verts pour DC et plus de 2 millions pour l'aire métropolitaine en 2012 et 2013, Washington occupe la première place dans le classement de l'association GRHC. Au début des années 2000, la ville et les diverses autorités locales en charge de la protection des milieux naturels ont mis en œuvre des mesures réglementaires et incitatives visant à limiter les surverses des eaux polluées dans l'estuaire. Ces mesures sont aussi associées à des objectifs d'efficacité énergétique, de qualité de l'air et de développement de l'emploi (Barbara Deutsch et al., 2005b) (DDOE, 2014a).

Un tiers du réseau d'assainissement de la ville est unitaire (eaux usées et pluviales). Chaque année, le réseau est saturé en moyenne à 75 reprises et déverse directement 1,5 millions de gallons d'eaux polluées dans la rivière Anacostia (Chesapeake Bay Foundation 2008).

En 2003, la Chesapeake Bay Foundation, une association de protection des milieux naturels de l'estuaire, a initié un programme subventionnant la réalisation de toits verts en direction des propriétaires de bâtiment. Son objectif était de démontrer la faisabilité technique, économique et politique des toits verts sur les bâtiments commerciaux (Chesapeake Bay Foundation, 2008). Ce programme a été financé par le succès d'une procédure judiciaire menée contre le District of Columbia et la *Water and Sewer Authority* (devenue maintenant DC Water) pour leur gestion inappropriée des eaux pluviales dans le district. La Chesapeake Bay Foundation a ainsi obtenu 300 000\$ pour des projets de démonstration de toits verts : 8 toits verts ont été réalisés dans l'aire métropolitaine dans un objectif de sensibilisation et de démonstration (Chesapeake Bay Foundation, 2008).

Suite à cette décision de justice, le District of Columbia Water and Sewer Authority s'est engagé à réaliser à construire d'ici 20 ans trois tunnels souterrains pour éviter la saturation des réseaux d'assainissement de la ville. Ce projet ayant été évalué à plus de 2,5 milliards de dollars, une

somme colossale pour une ville de 600 000 habitants, le District essaie de temporiser en mettant en avant les Green Infrastructures (Fears, 2012).

En 2006, le Metropolitan Washington Council of Governments crée un programme intitulé Anacostia Watershed Restoration Partnership. Il a pour objectif de résoudre les problèmes de pollution par les eaux pluviales du bassin versant à l'horizon 2032 (Anacostia Initiatives, District of Columbia, 2014).

En 2007, le District met en place une subvention pour la réalisation de toit vert. Elle est pilotée et instruite par le District Department of Environment (DDOE), le service de la ville chargé de mettre en oeuvre les politiques municipales en matière d'environnement et d'énergie. Elle met ainsi en oeuvre le DC Green Building Act de 2006 qui avait fixé le niveau LEED-silver de l'USGBC pour tous ses bâtiments et imposait LEED-standard aux bâtiments non résidentiels de plus de 10 000 pieds carrés et aux bâtiments résidentiels de plus de 50 000 pieds carrés que le District co-finance.

Ces actions s'inscrivent dans le plan climat de la ville élaboré en 2006 et renouvelé en 2011 : l'ambition est de faire du district " *the healthiest, greenest and most livable city in the nation over the next 20 years*" (About Sustainable DC, District of Columbia 2014). Le plan vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 50% en 2031 par rapport à l'année 2006 et de 80% en 2050 (Sustainable DC Plan, District of Columbia, DDOE 2011).

Dans ce plan, les toits verts sont cités comme une des solutions au défi de la protection des ressources en eau. Il vise l'installation de 2 millions de pieds carrés de toits verts supplémentaires d'ici 2018 ce qui est relativement modeste si l'on prend en compte les statistiques de GRHC à moins que ce chiffre se base sur le décompte du DDOE (cf. infra).

De son côté et à peu près au même moment, le gouvernement fédéral -premier propriétaire foncier et immobilier du district- s'impose le niveau silver pour ses nouveaux bâtiments et les rénovations majeures et s'efforce autant que possible de végétaliser les toits, nombre de ses bâtiments nouveaux ou rénovés en sont dotés¹⁸.

En 2005, Washington accueille la 2^{ème} conférence annuelle de GRHC, trois ans plus tard le maire de Washington reçoit le prix de "Civic Leader Award of Excellence" de l'association pour sa mise en oeuvre d'une politique de promotion des toits verts (GRHC, 2008).

▣ **Une politique en direction des promoteurs et propriétaires basée sur des subventions et des incitations indirectes associées au renforcement de la réglementation des eaux pluviales**

- Des mesures indirectes centrées sur la rétention des eaux pluviales : obligations réglementaires, marché de compensation, refonte de l'assiette et déductions de la taxe

Au-delà des bâtiments municipaux, les différentes autorités locales agissant sur le périmètre du district of Columbia ont mis en oeuvre depuis une dizaine d'années des dispositions qui incitent indirectement à la végétalisation des toits : le règlement de rétention des eaux pluviales, des déductions de la taxe sur les eaux pluviales et la **subvention pour les projets innovants**.

Le règlement de rétention des eaux pluviales et marché de compensation

Le District of Columbia a reçu son premier permis relatif au rejet des eaux assainies en 1999 de la part l'EPA (US Environmental Protection Agency) en vertu de son statut particulier (non rattaché à un Etat). Le nouveau permis accordé en 2004 a expiré en 2009. Le permis suivant n'a été délivré qu'en octobre 2011 du fait de divergences entre l'EPA, le District of Columbia et, probablement, des Départements fédéraux officieusement concernés car propriétaires de nombreux bâtiments. Alors que le permis de 2004 mentionnait des pratiques de types green infrastructures pour les aires urbanisées, le permis de 2011 établit des performances minimales en terme de gestion des eaux pluviales (US EPA, 2010) que le District of Columbia s'engage à inscrire dans sa réglementation.

¹⁸ <http://www.gsa.gov/portal/content/103493>

Il s'agit notamment d'une obligation de retenir sur place un minimum de 1,2 pouce d'eau (seuls 10% des épisodes pluvieux génèrent une hauteur de pluie supérieure à cette valeur) sur tous les projets immobiliers neufs de plus de 5000 pieds carrés et de 0,8 pouce pour les rénovations majeures (US EPA, 2012) (District of Columbia, DDOE, 2014). Le permis de construire peut cependant être délivré s'il n'atteint que la moitié de la performance, le maître d'ouvrage devra alors compenser la différence en finançant des mesures de rétention sur un toit existant ou bien acheter des crédits sur le marché privé de Stormwater Retention Credits (cf. infra).

Les acheteurs de ce marché sont les propriétaires des bâtiments neufs (ou rénovés de façon majeure) qui retiennent entre 0,6 et 1,2 pouce d'eau pluviale. Les vendeurs sont des propriétaires de bâtiments existants ayant pris des mesures -agrées par le DDOE- permettant de retenir plus de 1,2 pouce d'eaux pluviales. Il s'agit d'accroître la contribution des solutions et des sites les plus compétitifs au volume global de rétention d'eau sur le territoire et d'apporter des financements complémentaires pour les projets les plus ambitieux de végétalisation de bâtiments existants.

Changement d'assiette et déductions de la taxe "eaux pluviales" (stormwater fee)

La taxe sert à couvrir les dépenses de gestion des eaux pluviales. Initialement basée sur l'unité résidentielle, elle a été révisée en 2010 pour prendre en compte la surface imperméabilisée de la propriété. Ainsi le propriétaire d'une parcelle de surface imperméabilisée entre 7000 et 11000 paiera 9 fois plus que celui d'une surface de 700 à 2000 pieds carrés (2,67\$ par mois). La taxe s'applique aussi aux bâtiments commerciaux et à l'habitat collectif à raison de 2,67\$ mensuel pour 1000 pieds carrés de surface imperméabilisée (Changes to District's Stormwater Fees, DDOE, 2014).

Cette taxe concerne évidemment tous les bâtiments existants. Les propriétaires de maison individuelles peuvent demander pour une période de 3 ans une déduction pouvant atteindre 55% après avoir dés-imperméabilisé des surfaces qui l'étaient initialement. Le toit vert constituant une des solutions, les caractéristiques à remplir pour bénéficier de la réduction sont décrites dans un guide (Notice of Final Rulemaking..., DDOE, 2014d).

La certification Green building

Dans la lignée du DC Green Building Act de 2006, la ville s'est imposée la certification LEED et l'a imposé peu après aux bâtiments résidentiels de plus de 10 000 pieds carrés qu'elle cofinance (ce qui est le cas du logement social). Depuis 2012, cette obligation a été étendue aux développements privés de plus de 50 000 pieds carrés. La végétalisation d'un toit apporte, au titre de différentes rubriques de LEED, plus du dixième des points.

De nombreuses spécifications de LEED ont été introduites dans le code des bâtiments du District. Rappelons que le code des bâtiments est une prérogative des États, le District of Columbia dispose donc de son propre code.

- Des mesures directes (spécifiques aux toits verts) exclusivement incitatives : subvention

Une subvention de 3\$ par pied carré dans la limite de 12000\$ par projet a été instaurée en 2007 par le DDOE. En 2008, ces montants ont été augmentés respectivement à 5\$ et 20000\$, puis à nouveau fin 2013 pour atteindre 7\$ à 15\$ par pied carré dans certaines sous-bassins-versants (voir la carte ci-dessous). Une aide supplémentaire de 250\$ est attribuée pour les bâtiments de moins de 2500 pieds carrés dans le cas où une étude de la structure est menée.

Cette subvention s'applique aux bâtiments neufs comme existants sous réserve de respecter les prescriptions techniques.

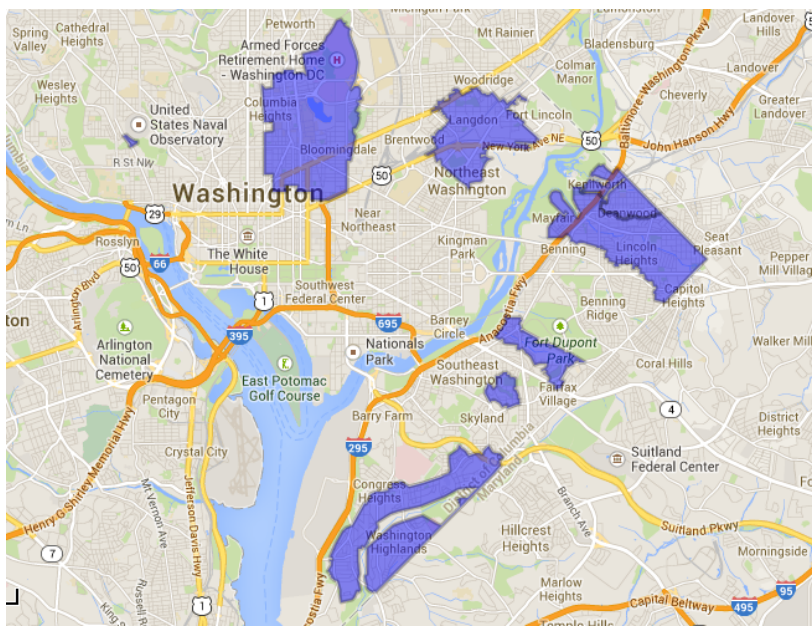


Figure 32 Targeted Sub-watersheds for extra grants since 2013 (DDOE 2014)

Cette subvention est cumulable avec les déductions de la taxe "eaux pluviales" (stormwater fee). Ce cumul rend rentable la végétalisation de toit existant à l'occasion du remplacement de la membrane compte tenu du fait que le toit vert double la durée de vie usuelle de la membrane.

○ Accompagnement

DDOE s'appuie sur l'association DCGreenworks pour la sensibilisation et la formation des habitants, des propriétaires et des acteurs économiques (small business).

Créée en 2000, cette petite association s'est impliquée dans des programmes environnementaux communautaires : volontaires de quartiers pour le verdissement, formation de chômeurs au jardinage, sensibilisation aux techniques vertes... En 2004, elle a participé à la conception de projets expérimentaux de toit vert : l'un pour le District of Columbia, l'autre pour un promoteur immobilier. En 2007, elle a été choisie par DDOE pour animer le Pilot Green Roof Subsidy Program, au bout de 3 ans 160 000 pieds carrés ont été installés avec sa médiation sur des bâtiments commerciaux et résidentiels. DDOE l'a chargée en 2008 de promouvoir les barils de récupération des eaux pluviales (2700 ont installés depuis) ("our story | dc greenworks," n.d.).

Le DDOE a aussi développé en partenariat avec les Départements du District en charge de l'économie et de l'emploi des programmes de formation des petits entrepreneurs et des chômeurs (Tulou and Karimi, 2012). Les premières années, DDOE mettait une liste de professionnels à disposition des propriétaires.

▣ **Evaluation des effets de la politique de déploiement des toits verts**

Le District of Columbia of Columbia a mis en place en quelques années des incitations financières relativement généreuses en terme de subventions et de déductions fiscales. Elle a aussi profondément modifié l'assiette de la taxe des eaux pluviales pour en faire un mécanisme incitant à réduire l'imperméabilité des sols et à retenir l'eau de la toiture. Les résultats sont au rendez-vous : entre 2004 et 2012, la surface annuelle de toits verts réalisés est passée de 15 000 à 1 050 000 pieds carrés selon GRHC et de 0 à 497 000 (en 2012) pieds carrés selon DDOE.

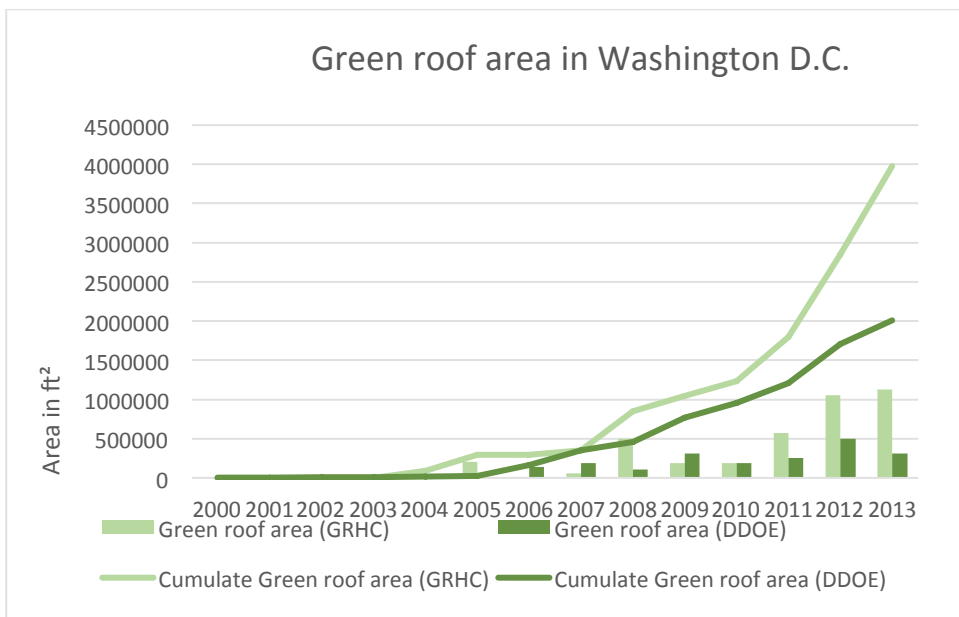


Figure 33 Green roofs annual area before correction (GRHC et DDOE 2002-2013)

Commentaire sur l'écart de surface recensée par GRHC et par DDOE

Sur ce graphique, l'écart est important entre les surfaces recensées par GRHC et celle issues de DDOE (un document pdf téléchargé sur le site de DDOE intitulé "DDOE_greenroof_database_website" daté de février 2014).

Nous avons analysé l'année 2012 pour laquelle nous disposons de surface par projet : 22 recensés par DDOE et 71 par GRHC. Il apparaît peu de correspondances entre les deux bases de données : au mieux un tiers des surfaces de toits recensées par DDOE se retrouvent dans GRHC, la réciproque n'est vérifiée qu'à peine dans un sixième des cas. La liste DDOE ne mentionne aucune surface entre 7050 et 14425 alors que GRHC en compte 6 pour un total de 59 000 pieds carrés ni entre 32 234 et 260000 pieds carrés alors que GRHC en recense 6 pour un total de 398 000 pieds carrés. Quelques surfaces qui n'apparaissent que dans la liste GRHC 2012 apparaissent dans la liste DDOE en 2011.

Il est donc vraisemblable que la liste DDOE soit d'une part légèrement anticipée par rapport à celle de GRHC et d'autre part incomplète. Par exemple, alors que deux opérations de 390 000 et 550 000 pieds carrés apparaissent respectivement en 2012 et 2013 sur la liste GRHC, seules deux opérations de plus de 100 000 pieds carrés apparaissent sur la liste DDOE depuis 2011 : 260 000 (phase 1 du quartier général de USCG) en 2012 et 140 000 (phase 2 du siège de USCG) en 2013. Les 550 000 pieds carrés recensés par GRHC pourraient correspondre eux aussi au siège de l'USCG selon l'inventaire des toits verts de l'agence en charge des bâtiments fédéraux (GSA)¹⁹. Reste à savoir si les 390 000 recensés par GRHC en 2012 correspondent bien à un autre projet que celui de l'USCG et donc des 550 000 pieds carrés comptabilisés l'année suivante.

Alimentées par les déclarations volontaires de prestataires des toits verts, la liste GRHC n'est pas à l'abri de doublons. Sans compter le doublon potentiel du siège de l'USCG, nous avons identifié entre 2 et 7% de doublons potentiels en tenant compte de la proximité des valeurs mais ce pourrait être le double si deux déclarants d'un même projet avaient, l'un indiqué la surface de la toiture et, l'autre la surface végétalisée.

In fine, la surface annuelle de toits verts à Washington peut faire l'objet de variation importante d'une année à l'autre du fait de très grands projets de bâtiment portés par des institutions fédérales.

Dans le graphique suivant, nous avons retiré les toits verts de plus de 100 000 pieds carrés ainsi que corrigé la surface de l'année 2008, car elle correspond, contrairement aux précédentes et aux suivantes, à l'aire métropolitaine et pas seulement au District of Columbia. Elle a été divisée par deux conformément au rapport observé en 2012 et 2013 entre la surface de toits verts de DC et celle de la métropole.

¹⁹ <http://www.gsa.gov/portal/content/103493> consulté le 23 juillet 2014.

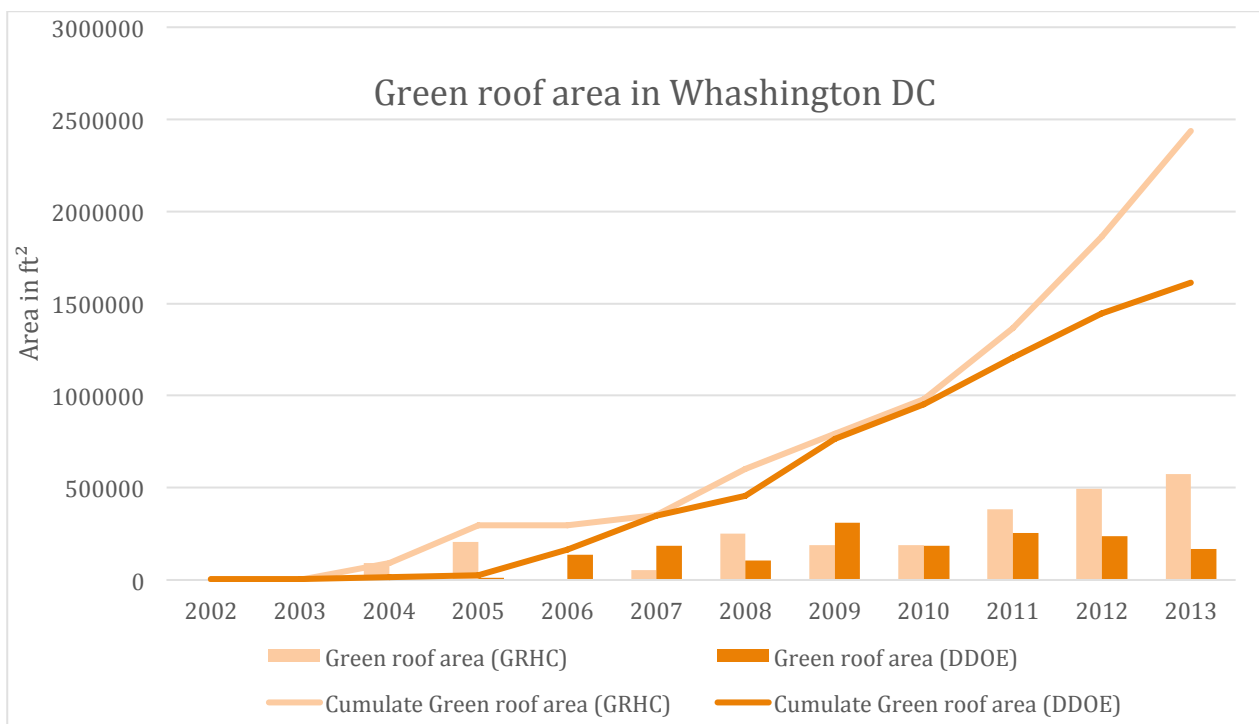


Figure 34 Ajusted (without > 100 000 sqft) green roofs annual area in DC (GRHC&DDOE 2002-2013)

Tableau 11 Chronology of DC measures in Washington

Grants Chesapeake Bay Foundation		Pilot projects							
Green Building			For District owned buildings			+ for >10,000 financially assisted buildings			+ for all private buildings >50,000
Green Roof Grants			\$3 /sf				\$5 /sf		\$7-15 /sf
New Stormwater Fee + Discount							For all buildings		
Stormwater Retention requirement + trading							A 1,2 inch for all projects over > 5,000		
Year	2001 -2003	2004-2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013

L'installation de toits verts a démarré en 2005/2006 notamment avec les projets pilotes cofinancés par l'association environnementaliste Chesapeake Bay Foundation.

La mise en place de la réglementation (1,2 pouce) se traduit par un doublement de la surface en 2011 suivie par une augmentation annuelle de 20% en 2011 et 2012 qui peuvent s'expliquer par les dispositions incitatives (déduction de la taxe eaux pluviales, augmentation de la subvention...). Les données ne permettent pas de savoir si cette progression porte sur le neuf ou l'existant.

Entre, ces deux périodes, il n'y a pas pas de progression mais plutôt des fluctuations que l'on pourrait expliquer ainsi :

- ▣ entre 2005 et 2008 par des décalages temporels (d'une année) dans les déclarations à DDOE et les enregistrements dans la liste du DDOE,
- ▣ entre 2008 et 2009-2010 par la crise immobilière qui a fait chuter la construction de maisons individuelles dès 2008, de condominium (promotion résidentielle privée) à partir de 2009 et de bâtiments tertiaires et commerciaux privés à partir de 2010.

Nous avons essayé d'évaluer les effets des mesures sur la pénétration des toits verts. L'indicateur de surface de toit vert par unité de logement construit fluctue indépendamment des mesures. Nous l'expliquons par le fait que la construction de logements n'est pas représentative de la construction en général compte tenu du faible poids démographique de Washington dans l'aire métropolitaine (un dixième de la population) et de sa fonction singulière de ville administrative.

■ **Conclusion**

Contraint à plusieurs reprises par des autorités juridiques et administratives fédérales, le District of Columbia a développé à partir de 2007 des mesures pour retenir les eaux pluviales sur les parcelles et notamment en toiture des bâtiments. Ce furent d'abord des subventions par pied carré de toits verts (comme Portland l'avait fait quelques années plus tôt) de 3\$ partir de 2007 et de 5\$ à partir de 2008 et 7 à 15\$ dans quelques zones particulières.

Après moult discussions avec l'EPA le District a ensuite utilisé la taxe sur les eaux pluviales de façon novatrice à partir de 2010. Primo, il a totalement modifié son assiette en remplaçant le montant forfaitaire par ménage par un montant unitaire selon la surface imperméabilisée de la parcelle. Deuxio, il a imposé une hauteur minimale requise de rétention d'eau pluviale de 1,2 pouce pour tous les projets nouveaux ou rénovés de plus de 5000 pieds carrés. Tertio, il autorise une performance deux fois moindre que cette hauteur minimale sous réserve de réaliser le complément sur un bâtiment existant. Quatro, il a instauré une bourse (ou mobilisant d'autres techniques)

Le principe de marché de compensation existait déjà dans le Clean Water Act et il était appliqué pour les polluants de l'eau par plusieurs villes américaines. C'est un employé de DDOE qui a eu l'idée de l'appliquer à la rétention des eaux pluviales. DDOE a proposé à EPA de l'inclure dans le permis finalement délivré en octobre 2011. C'était pour DDOE une des conditions pour fixer le seuil minimal aussi élevée (1,2 pouce) (Tulou and Karimi, 2012).

Alors que le marché de compensation est aussi une idée libérale (au sens européen du terme), DDOE soulignent que la possibilité de s'affranchir de la moitié de l'exigence de 1,2 pouce incite les promoteurs qui construisent dans les parties riches de la ville à rechercher des toits en réfection dans les quartiers pauvres afin de financer leur végétalisation. Autrement dit, le marché de compensation entraîne des transferts financiers des riches vers les pauvres et introduit les toits verts dans les zones pauvres où les propriétaires n'ont pas les moyens de les financer.

Effet ou pas de la nouvelle exigence et de la taxe relatives aux eaux pluviales, toujours est-il que le principal maître d'ouvrage de la capitale (General Service Administration : l'agence immobilière du gouvernement fédéral) a végétalisé plusieurs centaines de milliers de pieds carrés en 2012 et 2013 tout comme de nombreux promoteurs ... et l'ambassade de France.

Certes les nouvelles constructions privilégient la toiture végétalisée pour respecter l'obligation de rétention mais il faudrait que la végétalisation progresse massivement sur les toits existants pour résoudre les problèmes de surverses des eaux usées lors des épisodes pluviaux intenses. Il n'est pas certain qu'elle croisse suffisamment vite dans les prochaines années pour que le district puisse longtemps s'affranchir de la réalisation de gigantesques tunnels qu'il s'était engagé à réaliser d'ici 2024 (Fears, 2012). C'était l'avis que le directeur du DDOE a émis à un représentant de l'EPA mi-2012 et qui a entraîné son limogeage par le maire de Washington.

2.2.5 Toronto : championne de Canada après intégration dans son code du bâtiment

La capitale provinciale de l'Ontario a une population de 2,6 millions d'habitants après la fusion de 6 municipalités en 1998, elle est la 4ème ville la plus peuplée d'Amérique du nord. Elle se situe au coeur d'une agglomération de 5,6 millions d'habitants. Toronto est le centre financier et économique du Canada. La ville seule représente 11% du PIB du pays.

Elle se situe au nord-ouest du Lac Ontario et de la région américano-canadienne des Grands Lacs. Elle est traversée par deux rivières desservant la riche province de l'Ontario, la plus peuplée du Canada. Son climat est continental mais reste tempéré par le lac ; les températures mensuelles hivernales sont négatives, la température estivale oscille généralement entre 15 et 25 °C mais

peut augmenter à tel point que l'on parle de vague de chaleur. Elle causerait plus d'une centaine de décès prématurés par an (Canadian Environmental Health Atlas, 2014).

▣ ***Championne du Canada imposant les toits verts après un long processus d'élaboration accompagné par GRHC***

Toronto est la première ville d'Amérique du nord à rendre obligatoire les toits verts pour (presque) tous les nouveaux bâtiments, en janvier 2010. L'activisme de l'association nord-américaine Green Roofs for Healthy Cities n'est pas pour rien dans cette décision. Depuis 2010, elle apparaît dans le Top10 du classement de GRHC.

En 1998, Cardinal Group Inc., une firme de conseil et d'ingénierie de Toronto publie un rapport intitulé "Greenbacks from Green Roofs: Forging a new industry in Canada" (Steven Peck et al., 1999). Le rapport recense les bénéfices des toits et des murs verts, examine les barrières à une diffusion rapide de ces techniques par le marché et fait des recommandations pour les lever en proposant un "National Action Plan". L'année suivante, une association à but non lucratif est créée avec le soutien de Cardinal Group Inc. et de huit autres compagnies intéressées par le développement des toits verts. Elle bénéficie du soutien du maire-adjoint Ootes et de son successeur Joe Pantalone.

Sur les conseils de GRHC, les toits verts sont intégrés en 2002 dans le Natural Environment Plan qui est un volet du Official Plan of Toronto (Participant's Manual, GRHC 2006). Ce dernier plan est un document légal de planification à long terme que les municipalités sont tenues d'élaborer et de voter selon la loi provinciale Ontario Planning Act. En 2003, le maire Joe Pantalone organise une table-ronde sur l'Environnement qui décide de la mise en place d'une Green roof Task Force. Le conseil de la ville décide de la création de deux projets démonstrateurs : en 2002, situé au-dessus d'un parking, le parvis de l'hôtel de ville est aménagé pour laisser place à huit plots expérimentaux végétalisés de plus de 300 m² puis en 2003, un toit vert extensif -sans maintenance- est installé sur un bâtiment communautaire de quartier (Banting et al., 2005).

Ces projets sont aussi utilisés pour des expérimentations en vue d'évaluer les bénéfices environnementaux en terme d'efficacité énergétique, de rétention des eaux pluviales et de résilience des plantes ainsi que les coûts d'exploitation en partenariat avec Toronto and Region Conservation Authorities (TRCA), Seneca College, l'University of Guelph and Ryerson University (Greenroofs.org, 2007) (Banting et al., 2005). Ces mesures montrent que le toit vert peut réduire le volume annuel d'eaux pluviales rejeté de 55% et le débit de pointe de 85% lors d'épisodes pluvieux intenses. En 2005, le rapport de recherche -commandé par la ville de Toronto avec le soutien de fonds de recherche provinciaux- estime que les subventions municipales aux toits verts seraient compensées par les économies dans la gestion des eaux d'assainissement.

Dans la lignée des discussions de la table-ronde environnementale (Mayor's Environmental Round Table) de 2005, la ville lance un programme pilote de subventions pour les toits verts en 2006 (City of Toronto, 2006). En mai 2007, le conseil municipal augmente le montant de la subvention et demande à l'exécutif de préparer une réglementation (bylaw) visant à imposer les toits verts sur les nouvelles constructions. Elle est adoptée en mai 2009 tandis que les subventions deviennent dédiées aux bâtiments existants (Ecoroof incentive program, City of Toronto, n.d.) .

La maturation de ces décisions relatives aux toits verts s'inscrit dans deux champs d'action de la ville : la gestion des eaux pluviales et la lutte contre le changement climatique.

Afin de répondre au problème de pollution des rivières et du lac Ontario par les surverses des réseaux d'assainissement lors des épisodes pluvieux intenses, la ville a établi un plan de gestion des eaux pluviales publié en 2003 qui fixe des orientations en matière de rétention sur les parcelles urbanisées (City of Toronto, 2003). En application de ce plan, la gestion des eaux pluviales fait l'objet depuis avril 2007 de vérifications au cours de l'instruction et de la délivrance des permis de construire des nouveaux bâtiments (Wet Weather Flow Management Policy, City of Toronto, 2014).

La ville de Toronto a adopté une stratégie globale relative à l'énergie et au climat en 2009 assimilable à un Plan Climat. Elle vise une diminution de 80% des gaz à effet de serre à l'horizon 2050. La ville fixe des objectifs quantitatifs de réduction des consommations d'énergie et de

développement des énergies renouvelables selon les vecteurs thermiques et électriques aux échéances 2012, 2020 et 2050. Le 12^{ème} des 13 programmes concerne les toits verts, plus particulièrement des subventions pour les bâtiments industriels et commerciaux (City of Toronto, 2009).

En application de ce plan et du plan municipal de gestion des eaux pluviales, la ville a renforcé les spécifications constructives et performanciennes, dénommées ensemble Green Standard. Outre les objectifs énergétiques, le Green Standard vise à améliorer la qualité de l'air et de l'eau ainsi que l'environnement naturel. Un règlement technique (bylaw 583-2009) entré en vigueur en janvier 2010, impose la réalisation de toit vert pour les nouveaux bâtiments résidentiels dont la surface de plancher est supérieure à 2000 m². L'obligation a été étendue aux bâtiments industriels tout en étant reformulée : soit respecter les spécifications constructives détaillées relatives aux toits verts soit respecter les deux conditions suivantes : réflexion minimale du rayonnement solaire (albedo) et retenir au moins 5 mm d'eau pluviale. Selon le service instructeur de la ville, le toit vert est la solution la plus économique et la plus simple à mettre en oeuvre pour respecter ces deux dernières conditions.

Ces évolutions règlementaires ont nécessité une modification du Code provincial des bâtiments (en 2009) et fait l'objet d'ajustements sur la façon de formuler les exigences pour lever les incertitudes juridiques (en 2012). Le fait que Toronto soit la plus grande ville du Canada et le poumon économique de l'Ontario a évidemment facilité la modification du code. Les services de la ville avaient pris soin d'associer les services provinciaux à l'élaboration de la règle.

▣ **Une politique basée depuis 2010 sur l'obligation pour les bâtiments neufs**

- Des subventions directes progressivement ajustées puis limitées aux bâtiments existants en 2010.

En mai 2006, la ville a adopté un programme pilote de subventions pour les toits verts (City of Toronto, 2006) d'un montant annuel de 200 000\$. Sont éligibles à ce programme, tous les bâtiments existants ou neufs chauffés ou ventilés dont la végétalisation couvre au moins 50% du toit et a une épaisseur minimale de 75 mm (150 mm pour le neuf). Le montant de la subvention est fixé à 10\$/m² dans la limite de 10 000\$ par projet.

Mi 2007, 16 toits verts avaient été réalisés : le montant de la subvention est augmenté à 20\$/m² pour les maisons individuelles et 50€/m² pour les autres bâtiments.

En 2010, le programme est revu pour tenir compte de la nouvelle obligation de réaliser des toits verts sur les nouvelles constructions dans le cadre d'un programme dénommé Eco-Roof Incentive Program. Supprimée pour les bâtiments neufs, la subvention est maintenue pour les bâtiments existants (City of Toronto, 2014a)

En 2012, la subvention (pour les bâtiments existants hors maison individuelle) est étendue aux toits frais (cool roof), le montant de subvention s'élève de 2 à 5\$/m², tandis que la subvention pour les toits verts passe parallèlement de 50 à 75\$/m². La proportion minimale de toiture à végétaliser est la même que celle définie pour les nouvelles constructions (cf. section suivante)

La carte ci-dessous localise les projets ayant bénéficié de ce programme.

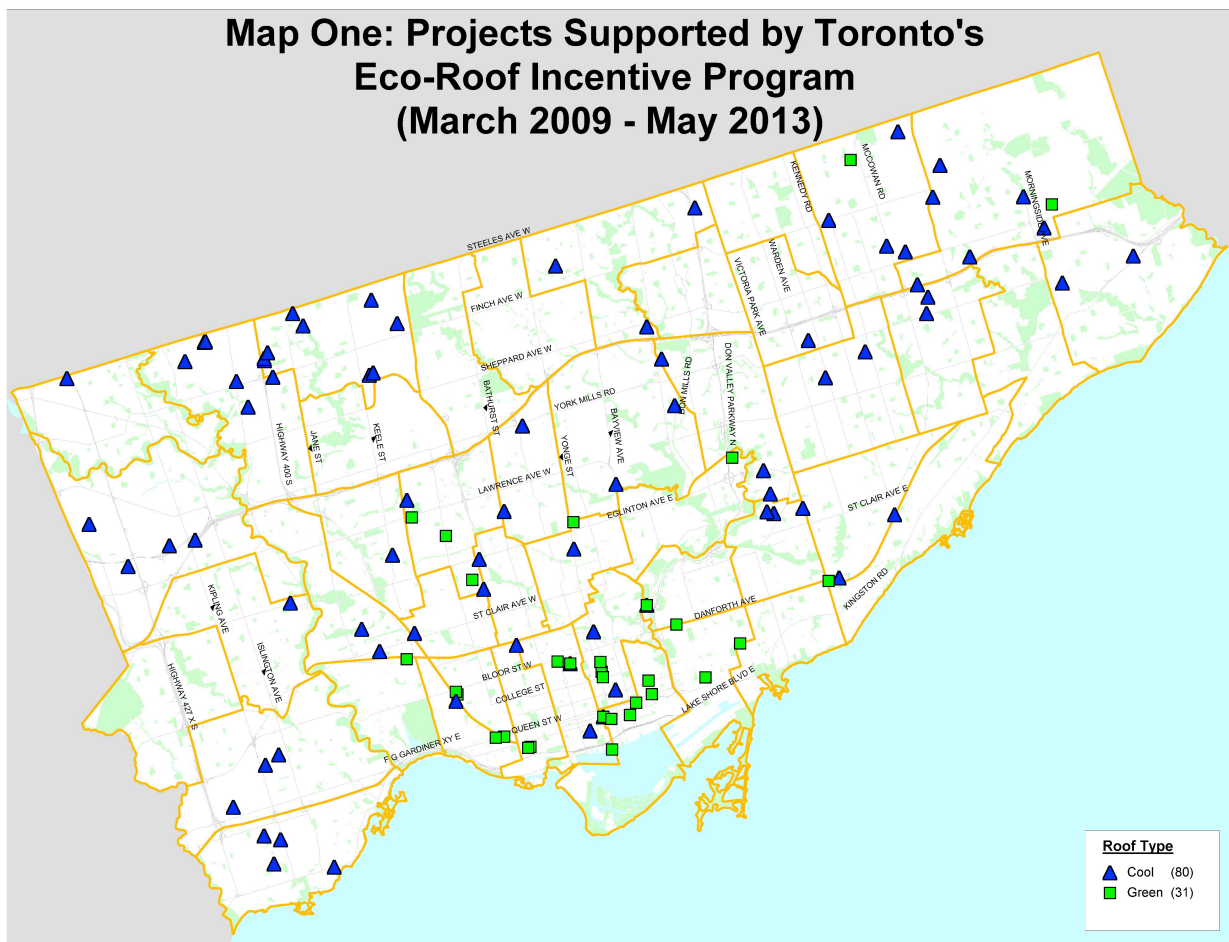


Figure 35 Bâtiments existants ayant bénéficié d'une subvention Ecoroof (City of Toronto 2013)

- L'obligation de végétaliser les nouveaux bâtiments depuis 2010

En mai 2009, le conseil municipal décide de rendre obligatoire la végétalisation des toits sur les nouveaux bâtiments de plus de 2000 m² de surface de plancher. La proportion minimale de toiture à végétaliser dépend de la taille du projet (ici exprimé en surface de plancher : Gross Floor Area). Les bâtiments de moins de 6 étages ou 20 mètres de hauteur sont exemptés de cette obligation.

Gross Floor Area (Size of Building)	Coverage of Available Roof Space (Size of Green Roof)
2,000- 4,999 m ²	20%
5,000- 9,999 m ²	30%
10,000- 14,999m ²	40%
15,000- 19,999 m ²	50%
20,000m ² or greater	60%

Tableau 12 Surface minimale de toits verts sur les nouveaux bâtiments (City of Toronto 2009)

Depuis mai 2012, les bâtiments industriels sont aussi astreints à l'obligation (City of Toronto, 2014c). Le toit doit être végétalisé sur au moins 2000m² ou 10% de la surface disponible ou respecter les trois conditions suivantes :

- un revêtement réfléchissant (cool roof) sur la totalité de la toiture
- rétention de 5 mm au moins de chaque pluie ou plus de 50% du volume annuel d'eau pluviale
- paiement d'une taxe de 200\$/m² de toiture.

Les Toronto Green Standards récapitulent toutes les dispositions réglementaires s'appliquant aux bâtiments et relatives à l'énergie et aux impacts environnementaux. Il reprend les obligations ci-dessus à ceci près qu'il autorise depuis 2012 des toits non végétalisés sous réserve de respecter

des performances minimales en terme de réflexion du rayonnement solaire et de rétention des eaux pluviales (5 mm minimum). Selon les services de la ville, le toit vert est généralement le moyen le plus économique de respecter ces deux conditions.

Le Green Standard explicite aussi des performances d'un niveau supérieur (Tier 2 vs Tier 1), leur respect permet de bénéficier de réductions non négligeables sur les droits d'instruction du permis de construire. Par exemple pour les eaux pluviales, le niveau supérieur exige 25 mm de hauteur d'eau à retenir.

o **Accompagnement**

La ville de Toronto met à disposition de nombreux documents et guides sur un site dédié. Proposés sur les pages dédiées aux règles de construction pour les principaux types de bâtiments (mais pas pour les masions individuelles), les Green Standards sont structurés par fonction : Qualité de l'air, Efficacité énergétique et GEG, Qualité de l'eau, Ecologie, Déchets solides, Ilot de chaleur (Toronto Green Standard, City of Toronto, 2010). Pour chacune, le document expose les objectifs, les prescriptions à respecter et apporte des connaissances supplémentaires (au-delà de la réglementation) utiles.

A ces efforts de la ville, il faut ajouter celui de l'association GRHC dont le siège est à Toronto et qui a organisé de nombreuses conférences et sessions de formation pour les promoteurs et professionnels de la construction.

Le site de la ville met aussi à disposition des guides sur la biodiversité qui présentent les meilleures pratiques notamment en matière de toits verts : normes facultatives de l'ASTM, hauteur de substrat, plantation, maintenance... (Guidelines for Biodiverse Green Roofs, City of Toronto 2013).

Préalablement à l'instauration de l'obligation, la ville a mis en place de nombreux groupes de travail et groupes cibles avec les représentants des professionnels.

▣ **Evaluation des effets de la politique de déploiement des toits verts**

Comme le montre le graphique ci-dessous, la végétalisation des toits a commencé modestement à Toronto avant de décoller soudainement en 2010 après l'instauration de l'obligation. Contrairement à Washington le programme pilote de subvention lancé en 2006 ne s'est pas traduit par une croissance des surfaces annuelles, cela s'explique peut-être par l'enveloppe limitée qui lui était consacrée.

Sur ce graphique, la surface 2013 est à considérer avec prudence car elle est provisoire, en attente des résultats des relances faites par GRHC en juin et juillet 2014.

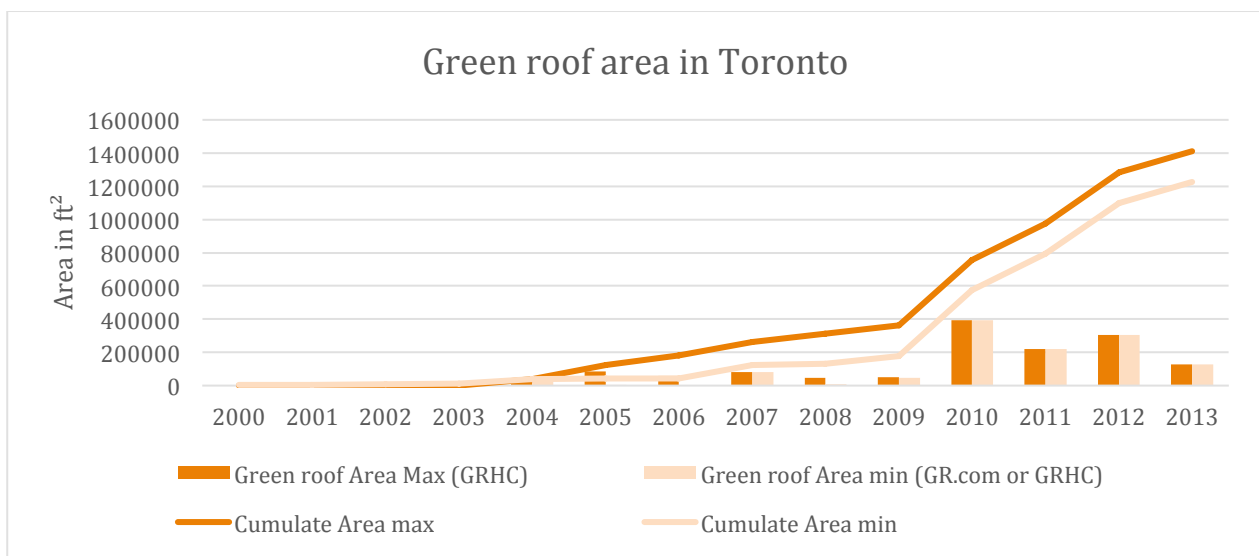


Tableau 13 Green roof area 2000-2013 (GRHC)

Green roof grant (Pilot program 2007-09) (Eco-Roof Incentive Program 2010-)		10\$/m2 all	20\$/m2 home 50\$/m2 multiR, commercial and office	20\$/m2 home 50\$/m2 multi-R, office RETROFIT ONLY	20\$/m2 home 75\$/m2 multi-R, and office or 2-5€/m2 for cool roof RETROFIT ONLY			
Green Roof Mandatory (Green roof bylaw Bylaw and Toronto Green Standard)				For new residential, commercial, and institutional Floor Area > 2,000m2	Same + Industrial building			
Stormwater retention requirements (Toronto Green Standard)					5 mm			
Albedo requirement (Toronto Green Standard)					indice ISR > 75			
	2000-2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013

Tableau 14 Chronology of Toronto measures

La chute de l'année 2011 est surprenante par comparaison avec Chicago où l'obligation de réaliser des toits verts est aussi en vigueur. Elle s'explique par la présence de 8 bâtiments (dont au moins 5 publics) de plus de 15 000 pieds carrés en 2010 totalisant 214 000 pieds carrés contre zéro en 2011. La végétalisation des bâtiments publics avait vocation à montrer l'exemple au moment où la municipalité rendait obligatoire les toits verts (entretien avec Jane Welsh, City of Toronto). Si l'on retire ces 8 bâtiments du total annuel de 2010 et 4 bâtiments de 2012 répondant au même critère, la surface annuelle de toit vert oscille de 10% autour de 200 mille pieds carrés. Il n'est pas impossible que la surface de toit vert baisse en 2013 du fait du remplacement de l'obligation de végétaliser les toits par des exigences en matière d'albedo et de rétention d'eau.

■ Conclusion sur Toronto

Contrairement à Portland et à Washington, il n'a pas été contraint par une autorité supra-locale mais poussé par le tenace président et fondateur de l'association GRHC. Le processus ayant abouti à l'obligation de végétaliser les toits a duré une dizaine d'années et se décompose en quatre phases :

- Initiation : création d'un groupe d'intérêt et de l'association GRHC, récolte et diffusion de la connaissance sur les bénéfices des toits verts, enrôlement de personnes au sein de la ville
- Projets démonstrateurs municipaux : mise en oeuvre, observation et évaluation des bénéfices économiques par un tiers légitime
- Programme pilote : mise en oeuvre d'un programme pilote de subventions (enveloppe limitée, latitude...) ciblé sur les acteurs privés
- Délimitation de l'obligation : prise en compte des bénéfices environnementaux observés, estimation économie des la faisabilité politique et juridique, mise en oeuvre, ajustements et extension aux bâtiments industriels, en complément mise en oeuvre de la subvention pour l'existant

A Toronto, comme ailleurs, les actions toits verts ont d'abord épousé le moule de l'efficacité énergétique des bâtiments et le mouvement plan climat. La polyvalence du toit vert l'a permis. Cependant, cette polyvalence ne peut tenir lieu d'argument face aux oppositions que l'obligation a engendré. Sous la pression des promoteurs immobiliers et des responsables d'écoles privées, la ville a dû amender l'obligation (Del Percio, 2012)(City of Toronto, 2012). Puisque la rétention des eaux pluviales et la lutte contre les îlots de chaleur urbains étaient utilisés comme arguments promoteurs pour justifier les toits verts, la ville a autorisé d'autres solutions que la végétalisation des toits en définissant explicites les performances dans la réglementation.

Même si cette modification réglementaire n'interrompt pas, pour le moment, la végétalisation des toits, elle signifie sur le plan sémantique la fin d'une politique de déploiement des toits verts et son remplacement, de fait, par des dispositions éminemment techniques. La généralisation d'une innovation conduit à sa banalisation !

2.3 Conception et diffusion des mesures de déploiement des toits verts

En introduction, nous nous demandions s'il existait une politique générique des toits verts qui se diffuse d'une ville à d'autres. Au vu des monographies, il y a lieu de discuter l'existence même d'une politique générique de déploiement des toits verts. Le seul fait d'annoncer cette discussion constitue une réponse à la question sur ce qui se diffuse d'une ville à d'autres : ce n'est pas une politique mais des éléments d'une politique. Même si les politiques diffèrent entre les villes, les monographies révèlent des mesures types, réglementaires, incitatives ou d'accompagnement, que nous observons être menées dans plusieurs villes.

Le choix d'enquêter dans les villes les plus en pointe aux Etats-Unis et au Canada a permis de disposer d'un panorama probablement complet des mesures municipales les plus efficaces pour végétaliser massivement les toits verts sur un territoire. Leur description fait l'objet de la première section. Ces villes étudiées ont élaboré progressivement une politique en empruntant et en inventant conjointement et alternativement, c'est pourquoi la deuxième section sera consacrée au processus d'élaboration de la politique combinant adoption et invention. Une fois ceci posé, nous pisterons les mesures empruntées en utilisant leur chronologie révélée par les monographies et mobilisant les propos des acteurs des toits verts que nous avons interrogés. Enfin, la quatrième section brosse brièvement le cadre de référence supra-local des politiques municipales.

2.3.1 Les mesures des politiques locales favorisant les toits verts

Nous avons identifié les mesures mise en place par les municipalités et qui ont pour effet de favoriser les toits verts selon les dires des acteurs. Certaines sont spécifiques aux toits verts et assurément intentionnelles, d'autres les favorisent indirectement. Une autre qualification d'une mesure tient à son caractère obligatoire ou incitatif. Par définition -puisque nous les avons sélectionnées ainsi- une mesure indirecte obligatoire est aussi une incitation à choisir un toit vert. Pour éviter cette confusion, c'est en fonction de la nature (et non de ses effets) que nous classons une mesure obligatoire ou incitative.

Mesures	Facultatif	Obligatoire
Indirectes	Green Building grant P <i>Subvention à des projets de type HQE</i>	Green Building standard CW <i>Score minimal sur un ensemble de critères HQE</i>
	Stormwater fee W <i>Taxe Eaux pluviales (si basée sur la surface imperméabilisée)</i>	
	Stormwater fee discount PW <i>Réduction de la taxe eaux pluviales</i>	Stormwater requirement PCWT <i>Règle de rétention d'eau</i>
Directes	Green roof grant PCWT <i>Subvention spécifique aux toits verts</i>	Green roof requirement CT <i>Obligation de végétaliser le toit</i>
	Density bonus P <i>Bonification de surface constructible</i>	
	Expedited permit C <i>Délivrance accélérée du permis de construire</i>	
P = Portland C = Chicago W= Washington T= Toronto		

Tableau 15 Récapitulatif des mesures favorisant ou imposant les toits verts

Nous avons distingué la taxe Eaux pluviales (*Stormwater fee*) de la réduction de la taxe Eaux pluviale (discount). Nous reconnaissons ainsi à la seule taxe Eaux pluviales des vertus incitatives si son assiette est basée sur la surface imperméabilisée comme c'est devenu le cas à Washington en 2010. Pour les définitions des mesures sont précisées dans les monographies.

2.3.2 Processus d'élaboration des mesures

Un processus assez similaire s'est déroulé dans chaque ville pour aboutir à un ensemble de mesures stabilisées. Le tableau récapitule la chronologie pour les quatre villes étudiées.

La phase "Initiation" commence avec l'engagement d'une personne et s'achève avec la réalisation d'un projet démonstrateur. L'initiateur s'engage dans le sens où il met des moyens importants dans l'idée et prend des risques pour faire émerger une nouvelle politique municipale de façon plus ou moins consciente, il peut être un employé de la ville (Portland), un élu (Chicago) ou une personne qui va agir de l'extérieur (Toronto). Au cours de cette phase, l'initiateur va chercher de la connaissance en dehors du territoire, en Europe en l'occurrence. Il doit convaincre et enrôler suffisamment de personnes clef dans la municipalité pour vaincre les réticences et les réticents ; à Chicago le maire n'a pas eu beaucoup d'efforts à faire pour convaincre compte tenu de son leadership. Cette phase n'a pas eu lieu à Washington dans le sens où la ville a financé, contre son gré, le programme pilote d'une association environnementale après une décision de justice.

La phase "Projets démonstrateurs" commence avec la réalisation du premier toit vert par la municipalité et s'achève avec l'évaluation. Elle vise à prouver les avantages aux potentielles parties prenantes en termes sensibles (paysage, odeur...), technico-économiques (bénéfices, coûts...) et politique (image, valeur...). Elle permet d'élargir le réseau enrôlé. Au moins deux projets démonstrateurs sont réalisés, monitorés et évalués : l'un est situé dans un lieu emblématique et fréquenté avec un budget élevé afin de maximiser la perception sensible et symbolique des bénéfices, l'autre est localisé dans un lieu discret et conçu pour être reproductible (budget limité) afin d'évaluer ses bénéfices et ses coûts et de déterminer ceux d'une généralisation à l'échelle de la ville. A Washington, cette phase a été confondue avec la phase suivante et menée par une association environnementale et non la municipalité.

La phase suivante "Programme pilote" commence avec le lancement d'un appel à projet avec des incitations à la clé, elle s'achève avec son évaluation. Elle remplit trois fonctions : primo, découvrir et affiner des solutions, notamment les plus compétitives ; secundo tester sur les plans économique, politique, social et urbain les modèles de la phase suivante (programme incitatif et guichet) ; tertio, élargir la sensibilisation en direction des différentes communautés. A Washington, l'association s'est surtout préoccupée de la première et de la troisième fonction, la plupart des 6 projets étaient situés sur des bâtiments appartenant à des organisations environnementalistes.

La dernière phase "Mesures générales" constitue la mise en oeuvre de la politique à grande échelle, plus exactement de quelques mesures éligibles à tous les acteurs ou applicables à tous les projets de mêmes catégories. Précédée d'une communication en direction des acteurs ciblés, cette phase commence par l'ouverture du ou des guichets délivrant les incitations ou par l'entrée en vigueur de nouvelles règles associées aux procédures administratives habituelles (permis de construire notamment). Cette phase est précédée par une évaluation juridique et économique détaillée et la traduction de la mesure générale en termes technico-juridiques. La modification de la règle doit respecter des procédures internes à la municipalité (qui sont souvent longues dans le cas de réglementation et, parfois, l'accord d'une institution tierce (en l'occurrence l'Etat ou la Province pour le Building Code). Des ajustements ont lieu au cours des deux premières années en fonction de la réception des nouvelles mesures par les acteurs ciblés.



Figure 36 Phases of green policy process

2.3.3 L'instauration accélérée de mesures générales

Les phases *Projets démonstrateurs* et *Programme pilote* durent environ 3 années ; les premiers afin d'évaluer les bénéfices pendant au moins une année après la stabilisation du couvert végétal, les deuxièmes afin de bénéficier de plusieurs retours d'expérience y compris après ajustement de l'incitation ou des conditions prescriptives.

La phase "Initiation" dure au minimum 2 ans le temps nécessaire à la définition et à la réalisation du projet démonstrateur. Elle est plus longue si l'initiateur doit auparavant convaincre des intermédiaires avant le décideur (maire ou conseil municipal).

Ces phases ne sont pas forcément jointives, elles sont séparées par des périodes d'instruction par les services concernées, les instances politiques et les parties impliquées au cours desquelles les navettes sont plus ou moins nombreuses et les délais allongés en conséquence. Un façon de réduire la durée des interphases est de mener en même temps que l'instruction et l'évaluation des projets démonstrateurs ou pilotes. Cela requiert une impulsion de la hiérarchie et une anticipation des résultats de l'évaluation sur place en mobilisant des connaissances extérieures.

La subvention unitaire à la végétalisation en est l'illustration.

A partir de 2005, les programmes pilotes se multiplient dans les villes américaines. Après avoir partagé leurs connaissances techniques, les associations environnementalistes échangent leurs informations sur les barrières des toits verts et notamment sur le coût : il est chiffré entre 5 à 24\$ le m² selon les retours d'expériences (Bradford R. Spangler, 2007). On s'enquiert même de coût des toits verts en Allemagne lors de la conférence annuelle de l'association GRHC. Entre les communes, les promoteurs des toits verts s'entraident pour conforter mutuellement leur expertise et leur légitimité. Les rares études menées se trouvent sur internet, et notamment sur le site de GRHC (Taylor, 2007).

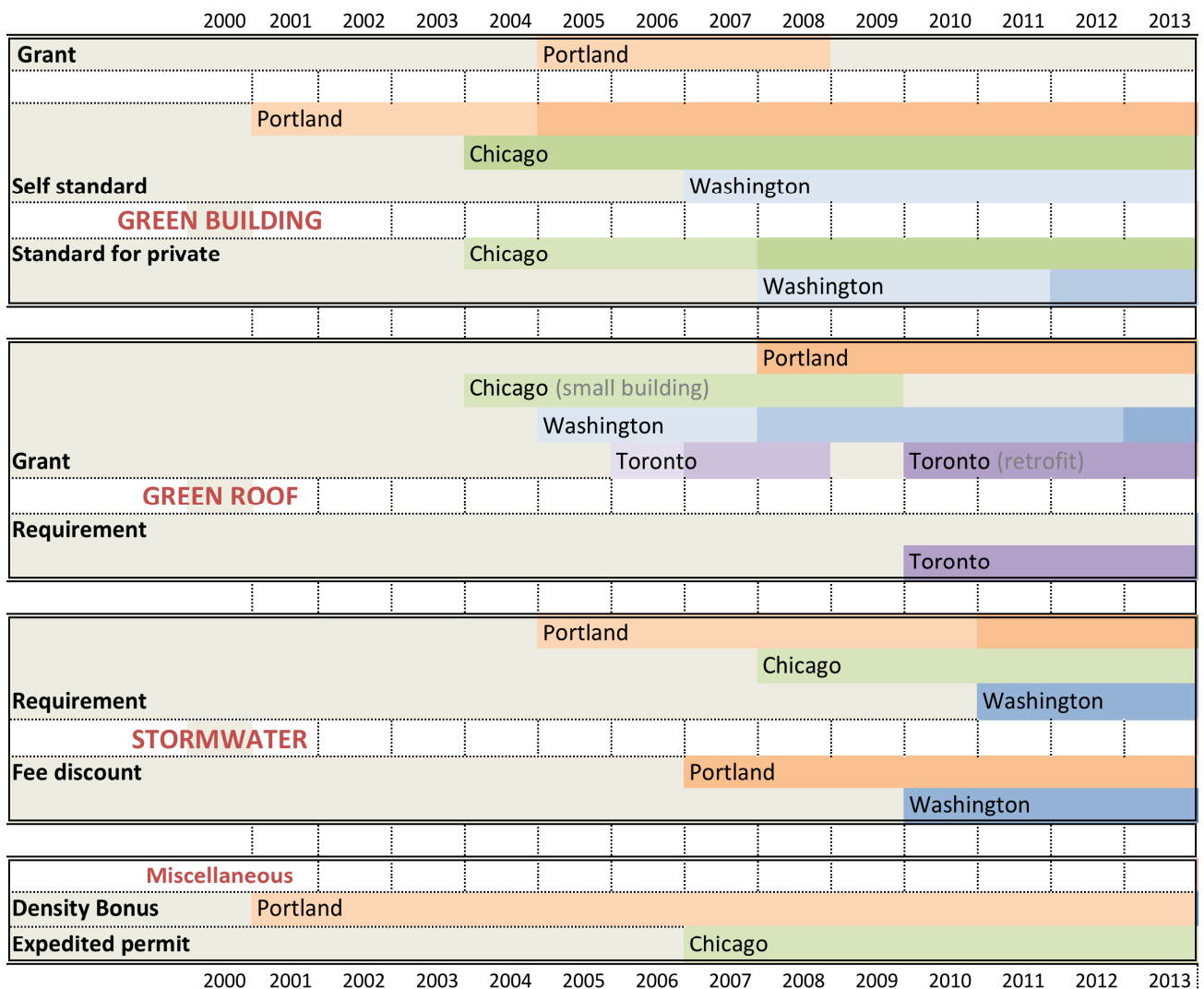
Ainsi, quelques mois avant Portland, Washington a pu instaurer en novembre 2007 une subvention unitaire spécifique qu'elle fixe prudemment à 3\$ par pied carré sans passer par l'étape du programme pilote de subvention à des projets innovants. Instruisant parallèlement une subvention

similaire, Portland la fixe à 5\$. En 2008, après quelques mois d'observation locale et extra-locale, Washington relève la sienne de 3 à 5\$.

2.3.4 Des connaissances qui se diffusent d'une ville à d'autres

L'expression *green roof policy* - que nous traduisons par *politique de déploiement des toits verts* - prend un sens générique pour désigner l'ensemble des mesures prises par des autorités locales afin de déployer les toits verts au milieu des années 2000. GRHC lui consacre un atelier et un rapport en 2006 (GRHC, 2006b) et les premiers articles dans des revues scientifiques apparaissent (Carter and Fowler, 2008). Ces documents listent des mesures incitatives prises par plusieurs villes européennes ou américaines sans cerner globalement les politiques menées ici où là. Cette façon de présenter les politiques n'a pas vraiment évolué depuis lors : les sites internet des organisations continentales ou internationales de promotion des toits verts²⁰ décrivent encore les politiques sous la forme de liste de mesures ou d'étude de cas sommaire. Nous-même avons constaté des divergences importantes entre les villes : réglementation vs incitations, toit vert vs eaux pluviales et des articulations complexes entre règles et mécanisme financier (cf. Washington). Ce ne sont assurément pas des politiques qui se diffusent d'une ville à une autre.

Les monographies détaillant la conception des mesures, nous pouvons analyser les connaissances mobilisées pour décrire ensuite les modes de diffusion de ces connaissances. La figure suivante présente la chronologie des mesures et les trois thématiques successives des politiques de toit vert.



²⁰ C'est le cas du site International Green Roof Association basé en Allemagne http://www.igra-world.com/green_roof_policies/index.php. La rubrique de GRHC consacrées à ce sujet s'appelle Policy Initiatives.

Tableau 16 Chronology of municipality green roof measures 2000-2013

■ **Connaissances mobilisées pour concevoir les mesures générales**

- Des prescriptions green roof assises sur la démarche GREEN BUILDING

Des quatre villes, c'est Portland la première qui a associé des prescriptions de végétalisation au standard Green Building. Cela concernait les projets municipaux. Chicago fait de même en 2004, non seulement pour ses bâtiments (Self standard) mais aussi pour une partie des projets que la ville aide financièrement. Puis c'est au tour de Washington. Situé en dehors des Etats-unis, Toronto n'a pas adopté le standard Green Building.

Les toits verts ont surfé sur la vague Green Building qui émerge au début des années 2000. D'abord et très concrètement, la certification LEED révèle aux constructeurs la possibilité de végétaliser la toiture. Non seulement la notation LEED attribue des points au toit vert (de l'ordre de un dixième du total) mais elle le légitime et le fait connaître auprès des architectes et surtout des énergéticiens peu habitués à composer avec la végétation. Ensuite, les villes utilisent les dispositifs mis en place pour LEED en ajoutant, tout simplement, la prescription toit vert.

Ce mouvement s'inscrit évidemment dans les valeurs véhiculées par le développement durable qui assemble en général l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre avec celui de *livable community*, intraduisible en français mais correspondant globalement aux notions de cadre de vie et de convivialité. Green Building a précédé les plans climat (*climate action plan* étant le nom commun mais les termes et les contours différents selon les villes) qui se sont généralisés aux Etats-Unis grâce à l'action des l'association US Mayors qui rassemblent les villes américaines et é exercé au milieu des années 2000 un lobbying auprès des pouvoirs fédéraux afin d'engager les Etats-unis dans la lutte contre le changement climatique.

La certification Green Building s'est diffusée de ville à ville par l'intermédiaire de US Mayors et des milieux professionnels. Les villes ont mis en place dans leurs services des procédures pour piloter la certification. Pour prescrire les toits verts, il suffisait de pointer les rubriques éponymes dans le référentiel technique de la certification LEED.

Lorsque Chicago a imposé la réalisation de toit vert dans les règlements de zone et les contrats d'assistance financière (cf. TIF dans la monographie), les prescriptions devaient être suffisamment précises pour que le toit vert remplisse les fonctions attendues, mais pas trop pour ne pas assumer, de fait, des responsabilités de designer. Elle a probablement eu besoin d'adapter à la marge les prescriptions LEED à moins qu'elle les ait empruntées à une autre ville ne serait-ce qu'en consultant son cahier des charges à destination des promoteurs.

- Les subventions (*Grant*) ou règles (*Requirement*) GREEN ROOF

Par rapport à la précédente, les mesures traitées dans cette section se distinguent par le fait qu'elles ne sont pas assises sur Green Building.

Les subventions mises en place à partir de 2004 par Chicago, de 2005 par Washington et de 2006 par Toronto étaient attribuées sur appel à projet après sélection selon des critères de performance énergétique et environnementale et d'innovation sociotechnique. A ce stade, il n'était pas nécessaire de fixer des prescriptions, au contraire, l'objectif était de disposer d'une diversité de propositions.

En revanche, dans la phase suivante -dénommée "mesures générales"-, des subventions sont octroyées proportionnellement à la surface végétalisée. Cela nécessite non seulement de définir des prescriptions techniques mais aussi un montant de subvention par unité de surface. Portland et Washington (2008) ont pu, s'inspirer des prescriptions contractuelles de Chicago ou d'autres villes. Quant au montant unitaire de la subvention, une fois une valeur de départ fixée (cf. supra), il peut être mis à jour en fonction des demandes de subvention et des réactions des promoteurs ou propriétaires comme l'ont fait Washington et Toronto.

La traduction de recommandations techniques dans un code de bâtiment requiert une rédaction beaucoup plus précise et fortement contextualisée puisque liée au code du bâtiment spécifique à la ville. A Toronto (2010), il a fallu plusieurs mois, voire années, pour modifier le code du bâtiment

(cf. monographie et la section "cadre d'action plus ou moins agissant"). Toronto n'a pas adapté des prescriptions venues d'ailleurs, elle les a réinventées. Les villes voisines pourront facilement adopter cette innovation parce que leur code du bâtiment est structuré de la même façon et s'appuie sur les normes en vigueur dans l'Ontario. Par contre, il est vraisemblable que les villes états-uniennes devront adapter voire réinventer les règles si d'aventure elles introduisent les toits verts dans le code municipal du bâtiment.

- Les règles (*Requirement*) et les déductions de taxes (*Fee discount*) de type STORMWATER

Dernières en date à être instaurées avec l'intention de développer les toits verts, les déductions fiscales et les règles relatives aux eaux pluviales sont élaborées dans des cadres existants établis de longue date : celui de la fiscalité et celui du règlement de l'assainissement

Portland a introduit de nouvelles règles en 2005 basées sur une approche intégrée de la gestion des eaux pluviales. Pour les bâtiments de moins de 10 000 pieds carrés, le maître d'ouvrage choisit une solution technique dans un catalogue et suit les prescriptions associées. Pour élaborer le catalogue, il a sans doute été nécessaire de consulter des manuels techniques et peut-être les publications scientifiques pour les technologies les plus innovantes et notamment les toits verts. Ces prescriptions sont facilement copiables d'une ville à d'autres, elles nécessitent cependant d'être adaptées aux formes urbaines et à la pluviométrie locale. Pour les bâtiments de plus de 10 000 pieds carrés, un calcul est demandé, ce qui suppose une méthode et une typologie de végétations et substrats avec les caractéristiques de rétention d'eau.

Ces mêmes règles peuvent être utilisées, éventuellement après ajustement, pour définir les modalités d'octroi de la déduction fiscale.

- Divers : bonification de surface constructible (*density bonus*) et permis express

Il convient de préciser les modalités pour en bénéficier : les prescriptions techniques à respecter et l'ampleur du bonus. Les premières sont adaptées de celles déjà définies plus haut. La seconde est optimisée pour être attractive et suppose donc une évaluation économique des surcoûts de la végétalisation et des gains apportés par le bonus ainsi qu'une estimation des impacts pour le voisinage ou pour la collectivité du volume supplémentaire construit. L'on peut s'inspirer de la méthode utilisée dans d'autres collectivités mais les prix et les impacts sont à déterminer en fonction du contexte d'application. C'est peut-être cette complexité qui explique que la bonification soit peu utilisée.

▣ **Origine des connaissances selon le composant de la mesure**

Le tableau ci-dessus récapitule et classe les connaissances selon qu'elles peuvent provenir ou pas d'un autre territoire.

connaissances composant de la mesure	Local	Extra-locale ou locale	Extra-locale
Prescriptions techniques (pour l'incitation ou le règlement de zone)	Pluviométrie, réseau d'assainissement, climat	Prescriptions techniques ou Liens entre solution technique et performances + Mise en oeuvre et exploitation	
Montant de l'incitation	Prix du marché de l'immobilier + morphologie du tissu urbain visé	Montant de l'incitation ou Méthode d'optimisation + coût selon les solutions	

Traduction dans le code local du bâtiment	Les autres + code du bâtiment municipal		Code du bâtiment provincial + normes techniques nationales
---	---	--	--

Tableau 17 connaissances locales et extra-locales pour la conception des mesures

Toute mesure et tout composant de la mesure éprouvés ailleurs nécessite au moins une adaptation. Cette activité est assurée ou pilotée par le chargé de mission toit vert de la municipalité. Une modification du code du bâtiment requiert des expertises pointues extra-locales.

▣ **Modalités de diffusion des connaissances et rôle de l'association GRHC**

Nous distinguons trois modalités/phases différentes en observant les interactions des pionniers municipaux, c'est à dire les personnes des services municipaux en charge de l'élaboration et du pilotage des mesures de déploiement des toits verts des villes que nous avons étudiées.

- Le transfert de connaissances via Green Building : La certification Green Building LEED apporte la procédure générale (score, modalités ...) et les prescriptions techniques spécifiques au toit vert ainsi que les valeurs sociales afférentes. Ces connaissances "clé en main", cohérente entre elles, ont été utilisées pendant la période 2000-2005 par des pionniers municipaux (au sens de Rogers) que nous avons interviewés à Chicago, Portland et Washington. Au cours de cette période, les pionniers municipaux se consacrent essentiellement à convaincre et enrôler.

- Les échanges de connaissances entre pionniers : Les pionniers municipaux ont utilisé les réseaux interprofessionnels nationaux (et notamment GRHC) pour renforcer leur crédibilité locale et étoffer leur réseau d'informateurs²¹. Ils naviguent entre les sphères locales et nationales pour recueillir des connaissances et concevoir des mesures générales susceptibles d'entraîner une végétalisation massive des toits verts. Cela correspond à la période 2004-2010 (voire 2012 pour Toronto).

- Consolidation et diffusion des connaissances : les pionniers municipaux participent aux évaluations et aux ajustements locaux des mesures générales et transfèrent des connaissances de façon interpersonnelles dans leur métropole. Selon le temps qu'il leur reste et les consignes de leur hiérarchie, ils participent à la consolidation de connaissances aux niveaux régional et national.

Cette dernière phase est en cours.

Les pionniers municipaux y jouent maintenant un rôle mineur comparativement aux années 2008-2010 où l'essentiel des documents mentionnant les politiques des villes citait les trois villes états-uniennes. Même si les valeurs sont faibles, les graphiques suivants montrent l'essor des publications mentionnant les termes relatifs aux politiques locales : incentives puis taxes sont les plus mentionnés. Près de 60 % des mentions sont associés aux villes de Portland, Washington et Chicago.

²¹ Les pionniers municipaux et les dirigeants que nous avons interviewés se connaissent mutuellement, il leur arrive encore de s'appeler pour solliciter des informations.

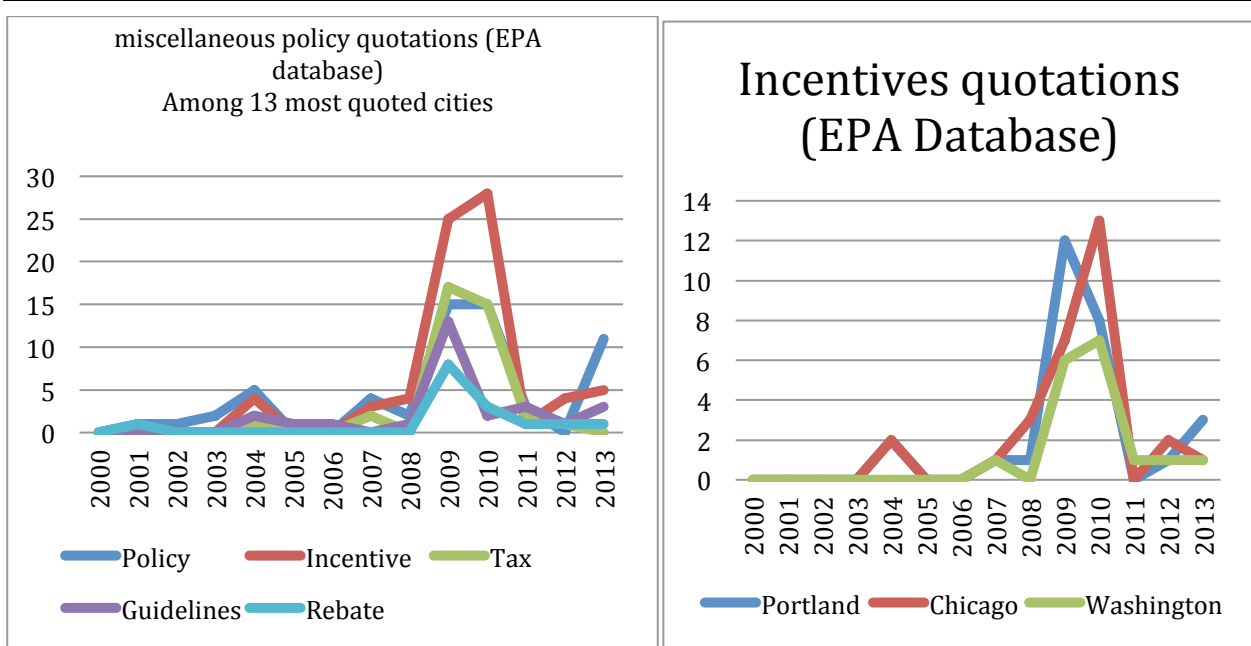


Figure 37 Quotations of policy et incentive among 13 and 3 most quoted cities (EAP Database)

Deux organisations consolident les connaissances pour mieux les diffuser aux niveaux national et continental.

Equivalent de l'AFNOR pour l'Amérique du nord, l'ASTM (*American Society for Testing and Material*) a produit plusieurs normes techniques sur la végétalisation des toits dès le milieu des années 2000. Elles font peut-être référence dans le milieu de la construction mais ont été peu citées par les personnes que nous avons interrogées.

Le premier rôle en matière de diffusion des connaissances revient à l'association Green Roofs for Healthy Cities (GRHC). Elle publie des manuels à l'intention des concepteurs et des prescripteurs, elle propose des modules de formation et certifie les professionnels. Elle produit des rapports mettant en évidence les bénéfices des toits verts et publie sur son site internet des communications scientifiques.

Green Roof for Healthy Cities -une association à but non lucratif- a été créée en 1999 avec le soutien d'une firme de conseil de Toronto Cardinal Group Inc. et huit autres compagnies intéressées par le développement des toits verts. Elle a pour objectif de promouvoir la végétalisation des toits et des murs en Amérique du nord. 15 ans après sa création, elle rassemble plus de 400 entreprises ou travailleurs indépendants.

Ses actions de promotion des toits verts dépassent le seul transfert de connaissances puisqu'elle aide certaines villes à élaborer leur politique de déploiement des toits verts (cf. monographie de Toronto) et organise des rencontres régionales ou continentales visant à élargir la communauté "green roof". Elle attribue chaque année un "award of excellence" à une personne publique ayant contribué à la promotion des toits verts (cf. monographie de Chicago) et publie le classement annuel des métropoles les plus "green roof" des Etats-Unis et du Canada (cf. section 1.1).

GRHC consolide les connaissances relatives aux bénéfices des toits verts. En revanche, la consolidation est peu poussée en ce qui concerne les politiques ou simplement les mesures. Nous n'avons pas identifié de documents décrivant de façon générique les mesures et les politiques. Quelques brèves études de cas, des présentations ou vidéo de conférences données par des pionniers sont disponibles ; ces supports permettent aux villes suiveuses de prendre connaissance des mesures instaurées par les villes pionnières.

2.3.5 Des cadres d'actions plus ou moins agissant

L'on retrouve des caractéristiques communes dans les villes étudiées. Cela laisse supposer l'existence de cadres d'actions des politiques municipales qui sont, au moins en partie,

déterminées à des échelons institutionnels ou géographiques supérieurs. Inversement, les différences peuvent révéler des éléments du cadre d'action spécifique à un territoire.

- Des codes de bâtiment d'Etat laissant une latitude réglementaire aux municipalités et des normes de construction établies à l'échelle continentale

Les règles techniques de construction en vigueur en Amérique du nord relèvent d'une double gouvernance : assurantielle et réglementaire.

Au Canada, le gouvernement fédéral a établi un code modèle dans le domaine des bâtiments : il établit un ensemble d'exigences minimales concernant la sécurité, la santé, l'accessibilité et la protection des bâtiments. Par une loi, une Province établit son propre code du bâtiment : il comporte certains ajouts, exemptions ou modifications par rapport aux codes modèles. Les systèmes pour la réglementation du bâtiment, le domaine d'application, les pouvoirs d'exécution, les permis, la prise en compte des produits et systèmes spéciaux, les inspections, les pénalités et les procédures d'appel relèvent de la Province. Elle définit ainsi la latitude donnée aux communes sur le plan de la réglementation des bâtiments. Les grandes communes disposent en général d'un code municipal du bâtiment : il comporte des ajouts, exemptions ou modifications par rapport aux codes des bâtiments. La commune peut opérer elle-même ses modifications cependant elle peut être attaquée en justice par n'importe quel porteur d'intérêt et payer de juteux dommages et intérêts si la modification s'avère incompatible avec le code provincial. C'est le principe de la "common law" qui place les actions des autorités publiques sur la même juridiction que les entreprises privées.

Pour imposer des toits verts, la ville de Toronto devait modifier son propre code des bâtiments. Les juristes et techniciens ayant identifié des risques d'incompatibilité avec le code provincial, le code provincial devait être modifié. Il existe une procédure officielle de consultation des autorités provinciales mais dans le cas présent, la ville n'a pas eu à l'utiliser. Elle a impliqué des fonctionnaires provinciaux dans des groupes de travail ; considérant favorablement les toits verts, ces fonctionnaires ont préparé une modification du code provincial qui a été adoptée par les instances politiques provinciales. D'une façon générale, tous les promoteurs de l'Ontario surveillent avec attention les évolutions du code de la ville de Toronto car il a la réputation de préparer les modifications du code provincial.

Aux Etats-unis, comme au Canada, les communes sont des créations des Etats et non de l'autorité fédérale et la common law inspire aussi le système juridique. En conséquence, comme au Canada, les Etats légifèrent sur les responsabilités des communes et toutes les procédures qui les concernent. Les Etats établissent leur propre Building code et n'interdisent pas aux communes d'établir le leur selon le même principe que celui décrit pour le Canada.

Par crainte de lenteur dans la révision de son code et de difficultés juridiques, la ville de Chicago n'a pas fixé les prescriptions relatives aux toits verts dans son code du bâtiment. Elle les a instaurées dans les règlements de zones (urbanisme / zoning) et dans les contrats de financements qui la lient aux promoteurs (Tax Increment Fund) (Berkshire, 2012b; Negrón, 2013).

Le portrait serait incomplet sans mentionner les normes techniques. Toujours selon l'esprit de la Common law, les branches professionnelles et diverses organisations (yc les institutions politiques) participent à l'établissement de normes techniques. L'*American Society for Testing and Materials* l'organisme qui rédige et produit des normes techniques concernant les matériaux, les produits, les systèmes et les services. Sous la pression de leur assurance, les professionnels de la construction introduisent ces normes dans les contrats qui les lient entre eux. Par ailleurs, elles sont souvent reprises dans les marchés publics des collectivités locales et inspirent les codes du bâtiment, notamment à l'échelle des Etats et des provinces canadiennes.

La normalisation est très active sur l'objet "toit vert", elles portent sur la mise en oeuvre de la végétalisation et la mesure des performances. En 2014, sept normes relatives aux toits verts sont en vigueur, quatre d'entre elles sont des mises à jour de normes établies en 2005.

En résumé, les communes ont un pouvoir réglementaire en matière de bâtiment. Il est limité par le risque de contentieux dans le cas d'incompatibilité avec le code de l'Etat (ou de la Province) et par le risque de refus des professionnels au cas où les prescriptions réglementaires entrent en

contradiction avec les normes techniques. Elles prennent des risques juridiques, avec des conséquences financières qui peuvent être très importantes, lorsqu'elles modifient le code des bâtiments. De fait, la modification du code communal du bâtiment requiert une instruction très rigoureuse et la bienveillance des personnes en charge du code de l'Etat (ou de la Province). Chicago a contourné la modification du code en utilisant les puissants outils urbanistiques et financiers qu'elle utilise de longue date.

- Plan climat et green building : de nouveaux imaginaires sociaux et techniques favorables

Le mouvement Green Building est en plein essor au début des années 2000. Au cours des années 90, United State for Green Building Challenge (USGBC), l'association qui rassemble des figures du bâtiment durable et un nombre croissant d'associations professionnelles s'est inspirée de la certification BREEAM (Henry and Paris, 2009) pour développer la certification LEED. Elle propose au début des années 2000 des certifications adaptées aux grandes catégories de bâtiments. Les villes et les sociétés qui ont pignon sur rue rivalisent pour construire le premier bâtiment LEED, un astucieux système de niveaux et de points attribués en fonction des techniques ou des performances atteintes stimulent les maîtres d'ouvrages, c'est à celui qui réalisera le premier bâtiment de tel type et de telle surface à atteindre le niveau le plus haut jamais attribué.

Ce mouvement s'inscrit évidemment dans le paradigme du développement durable qui assemble en général l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre avec celui de *livable community*, intraduisible en français mais correspondant globalement aux notions de cadre de vie et de convivialité. Green Building a précédé les plans climat (climate action plan étant le nom commun mais les termes et les contours différents selon les villes). Dans les villes étudiées les mesures relatives au toit vert et, ce qui fait office de Plan Climat sont souvent élaborées en parallèle et partiellement conjointement.

Les imaginaires sociaux mobilisés par le plan climat et les imaginaires techniques du toit vert et du green building s'épaulent mutuellement pour faire évoluer le cadre de référence socio-technique (au sens de Flichy, 1995),

- La pression du Clean Water Act aux Etats-Unis (forte contrainte pour Washington)

Le Clean Water Act de 1972 interdit la décharge d'eaux polluées dans le milieu naturel. Il instaure cependant un permis de polluer sous réserve d'un engagement à mener des actions visant à réduire les émissions de polluants : National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) Permit. L'agence fédérale de protection de l'environnement (US EPA) est chargée de dresser l'inventaire national des rejets de polluants. Par un amendement de 1987, le congrès vote la fin de l'exemption pour les municipalités. Les municipalités dont les effluents ne respectent pas les exigences fédérales doivent négocier un permis avec leur Etat (maître des procédures de délivrance du permis) et l'EPA (contrôleur et expert) et, pour finir, souvent avec les tribunaux avec qui les sanctions peuvent être négociées.

Les villes au centre des métropoles ont en général des surfaces très largement imperméabilisées et un réseau d'assainissement unitaire c'est à dire commun aux eaux usées et aux eaux pluviales. Lors des épisodes pluvieux, les eaux pluviales ruissellent jusqu'aux égouts et se mélangent aux eaux usées dans le réseau d'assainissement. Si la pluie est intense, le réseau déborde et les eaux mélangées ruissellent jusque dans la rivière, le lac ou l'estuaire. La gestion des eaux pluviales est une préoccupation majeure des villes centres. Retenir les eaux pluviales sur les parcelles éviterait de coûteux travaux d'élargissement du réseau d'assainissement. Ces villes s'efforcent de convaincre l'Etat et l'EPA qu'elles sont en mesure de développer la rétention des eaux pluviales sur les toits et les parcelles. C'est dans ce contexte que la végétalisation des toits est envisagée comme l'illustre le cas de Portland.

La ville de Portland a obtenu son premier NPDES permis en 1995 de la part du Department of Environmental Quality (DEQ) de l'Etat d'Oregon : elle s'engageait à mener d'importants travaux sur le réseau d'assainissement municipal. Renouvelé en 2004, le second permis a été profondément amendé l'année suivante. Approuvé en 2005, le *Portland Watershed Management Plan* a toujours pour but de protéger et restaurer les écosystèmes naturels, il se base sur une gestion intégrée du bassin. Novateur pour l'époque, il définit 20 actions réparties dans 6 catégories. Au sein de la

catégorie *Stormwater management*, la végétalisation des toits est reconnue pour satisfaire plusieurs fonctions : la réduction du ruissellement des eaux pluviales bien sûr, mais aussi le filtrage des polluants contenus dans ces eaux, la protection de la qualité des eaux ainsi qu'un habitat pour la faune sauvage (City of Portland, Environmental Services, 2005).

Chicago est soumis aux mêmes contraintes. Afin de satisfaire le loi fédérale Clean Water Act, la ville a construit un grand tunnel (*Deep Tunnel*) et dépense 50 millions \$ par an pour améliorer le réseau. Malgré ses efforts, le réseau d'assainissement se déverse fréquemment dans la rivière et dans le lac Michigan (Levenfeld Pearlstein, LLC, 2008). Quant à Washington, c'est directement avec US EPA que le permis est discuté puisque le District of Columbia n'est pas rattaché à un Etat. Il s'est engagé à réaliser des travaux gigantesques si les *green infrastructures* (dont les toits verts) ne sont pas déployées rapidement. La gestion des eaux pluviales est tellement cruciale dans les négociations avec US EPA que l'expression d'un doute sur la capacité de la ville à les mettre en oeuvre rapidement par le plus haut fonctionnaire du District Department of Environment a conduit à son limogeage par le maire.

La gestion des eaux pluviales est le principal moteur des mesures relatives aux toits verts.

- Le leadership du gouvernement municipal et le poids de la ville dans la métropole

Pourquoi Chicago et Toronto imposent le toit vert alors que Portland et Washington misent sur les incitations ?

La différence ne s'explique pas par une différence de maturité puisque les mesures générales en faveur des toits verts ont été prises dans la même période à la fin du processus d'élaboration de durées proches. Aux Etats-Unis, nous identifions deux facteurs déterminant le poids de la ville centre dans la métropole et le leadership gouvernemental.

leadership politique	conseil	maire
poids_ville dans la métropole		
faible		Washington
fort	Portland	Chicago

Tableau 18 Facteurs locaux du choix entre incitation et obligation

Washington et Chicago sont deux bastions démocrates où les conseillers municipaux sont relativement nombreux et les maires restent longtemps en place. A contrario, Portland est dirigé de façon collégiale par cinq élus (commissionners) avec un turn-over fréquent du maire. Les différences de leadership sont perceptibles dans la communication et l'organisation municipale (cf. plan climat dans les monographies, section "clean water Act" ci-dessus).

Washington ne pèse qu'un dixième de la population de l'aire métropolitaine contrairement à Portland et Chicago où vive le tiers de la population. Cela n'est pas sans conséquence sur sa marge de manoeuvre vis-à-vis des promoteurs. Washington est concurrencée par des communes de banlieue en matière d'immobilier privé alors qu'elle mène depuis une quinzaine d'années d'importants efforts pour enrayer le déclin démographique et des emplois privés. Dans cette situation, elle doit être attentive à ne pas augmenter les coûts de construction.

Après fusion avec quatre communes de banlieue en 1998, Toronto pèse fortement dans la démographie et l'activité économique de l'aire métropolitaine. Le maire est élu directement au suffrage universel ce qui lui confère une autorité relativement forte.

Tables des figures et tableaux Green roof

FIGURE 7 ANNUAL AREA OF GREEN ROOFS INSTALLED IN THE USA AND CANADA (GRHC 2014).....	40
FIGURE 10 MAP : AREA PER CAPITA OF 2000-2013 INSTALLED GREEN ROOFS FOR THE 30 MOST POPULOUS US CITIES (MORANDY-DEBIZET / GRHC & US CENSUS).....	42
FIGURE 11 MAP : AREA PER NEW HOUSING UNIT OF 2000-2013 INSTALLED GREEN ROOFS FOR THE 30 MOST POPULOUS US CITIES (MORANDY-DEBIZET GRHC & US CENSUS).....	43
FIGURE 12 MAP OF THE REGION OF CHICAGO (GOOGLE MAPS).....	43
FIGURE 13 MAP OF THE REGION OF WASHINGTON DC (GOOGLE MAPS).....	44
FIGURE 14 RANKING OF ITEMS AMONG EPA DOCUMENTS.....	45
FIGURE 15 CHRONOLOGY OF THE MAIN ITEMS AMONG EPA DOCUMENTS.....	45
FIGURE 16 CHRONOLOGY OF QUOTATIONS OF THE MAIN 8 CITIES (EPA DATABASE).....	46
FIGURE 17 CHRONOLOGY OF THE DISTRIBUTION OF QUOTATIONS AMONG THE MAIN 8 CITIES (EPA DATABASE).....	48
FIGURE 18 PORTLAND STORMWATER CONVEYANCE SYSTEM (CITY OF PORTLAND, ENVIRONMENTAL SERVICES, 2005).....	53
FIGURE 19 PORTLAND'S ECOROOF CONSTRUCTION 1999-2013 (CITY OF PORTLAND, BUREAU OF ENVIRONMENTAL SERVICES, 2014).....	57
FIGURE 20 ANNUAL NEW HOUSING UNITS 2000-2012 IN PORTLAND (US CENSUS).....	58
FIGURE 21 ECOROOF AREA BY NEW HOUSING UNIT AND NEW RESIDENTIAL BUILDING IN PORTLAND (CITY OF PORTLAND AND US CENSUS 2014).....	59
FIGURE 23 PHOTOS AÉRIENNES D'UN NOUVEAU DÉVELOPPEMENT À SOUTH CHICAGO EAST 38TH (GOOGLE MAPS 2014).....	64
FIGURE 25 GREENROOF MATRIX INSTAURÉE LE 1ER DÉCEMBRE 2007 (VILLE DE CHICAGO).....	65
FIGURE 26 CARTE DES TOITS VERTS À CHICAGO SEPTEMBRE 2000 (CHICAGO GREEN ROOFS, CITY OF CHICAGO, 2012).....	67
FIGURE 27 SURFACES ANNUELLES DE TOITS VERTS RÉALISÉS DE 2004 À 2013 (GRHC SURVEY).....	68
FIGURE 28 NEW HOUSING UNITS IN CHICAGO 2004-2012 (US CENSUS 2014).....	69
FIGURE 29 GREEN ROOF AREA BY HOUSING UNIT IN CHICAGO 2004-2012 (GRHC AND US CENSUS).....	69
FIGURE 30 CARTES DE L'AIRE MÉTROPOLITAINE DE WASHINGTON (DC MSA) ET DE LA CONURBATION WASHINGTON-BALTIMORE (DC-BALT-METRO).....	71
FIGURE 31 RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT UNITAIRE ET BASSINS-VERSANTS DE WASHINGTON DC (BARBARA DEUTSCH ET AL., 2005A).....	72
FIGURE 32 TARGETED SUB-WATERSHEDS FOR EXTRA GRANTS SINCE 2013 (DDOE 2014).....	75
FIGURE 33 GREEN ROOFS ANNUAL AREA BEFORE CORRECTION (GRHC ET DDOE 2002-2013).....	76
FIGURE 34 AJUSTED (WITHOUT > 100 000 SQFT) GREEN ROOFS ANNUAL AREA IN DC (GRHC&DDOE 2002-2013).....	78
FIGURE 35 BÂTIMENTS EXISTANTS AYANT BÉNÉFICIÉ D'UNE SUBVENTION ECOROOF (CITY OF TORONTO 2013).....	82
FIGURE 36 PHASES OF GREEN POLICY PROCESS.....	87
FIGURE 37 QUOTATIONS OF POLICY ET INCENTIVE AMONG 13 AND 3 MOST QUOTED CITIES (EAP DATABASE).....	92
TABLEAU 4 RÉPARTITION DES CITATIONS DES 5 THÉMATIQUES PAR VILLE : PORTLAND, CHICAGO ET WASHINGTON.....	47
TABLEAU 5 RÉPARTITION DES CITATIONS DES 5 THÉMATIQUES PAR VILLE AYANT ENTRE 60 ET 150 CITATIONS.....	47
TABLEAU 6 RÉPARTITION DES CITATIONS DES 5 THÉMATIQUES PAR VILLE AYANT MOINS DE 60 CITATIONS.....	47
TABLEAU 7 TOP15 DES VILLES OÙ ONT ÉTÉ RÉALISÉS DES TOITS VERTS DEPUIS DE PLUS DE 100 PIEDS CARRÉ : SOURCE GREENROOFS.COM CONSULTÉ LE 22 MAI 2013.....	50
TABLEAU 8 CHRONOLOGY OF CITY OF PORTLAND'S MEASURES ACTUALLY PROMOTING GREEN ROOFS.....	57
TABLEAU 9 GREEN PERMIT REQUIREMENTS, EXAMPLE FOR AN OFFICE BUILDING (GRABS PROJECT, 2010).....	66
TABLEAU 10 MEASURES CHRONOLOGY IMPLEMENTED BY CITY OF CHICAGO.....	68
TABLEAU 11 CHRONOLOGY OF DC MEASURES IN WASHINGTON.....	78
TABLEAU 12 SURFACE MINIMALE DE TOITS VERTS SUR LES NOUVEAUX BÂTIMENTS (CITY OF TORONTO 2009).....	82
TABLEAU 13 GREEN ROOF AREA 2000-2013 (GRHC).....	83
TABLEAU 14 CHRONOLOGY OF TORONTO MEASURES.....	84
TABLEAU 15 RÉCAPITULATIF DES MESURES FAVORISANT OU IMPOSANT LES TOITS VERTS.....	85
TABLEAU 16 CHRONOLOGY OF MUNICIPALITY GREEN ROOF MEASURES 2000-2013.....	89
TABLEAU 17 CONNAISSANCES LOCALES ET EXTRA-LOCALES POUR LA CONCEPTION DES MESURES.....	91
TABLEAU 18 FACTEURS LOCAUX DU CHOIX ENTRE INCITATION ET OBLIGATION.....	95

Bibliographie Green roof Amérique du nord

Banting, Doug, Hitesh Doshi, James Li, et Paul Missios. 2005. *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto*. Toronto.

Barbara Deutsch, Heather Whitlow, Michael Sullivan, et Anouk Savineau. 2005a. *RE-GREENING WASHINGTON, DC: A Green Roof Vision Based on Quantifying Storm Water and Air Quality Benefits*. Washington, DC: Casey Trees Endowment Fund & Limno-tech Inc.

———. 2005b. *RE-GREENING WASHINGTON, DC: A Green Roof Vision Based on Quantifying Storm Water and Air Quality Benefits*. Washington, DC: Casey Trees Endowment Fund & Limno-tech Inc.

Berkshire, Michael. 2010. « Implementing Green Roof Projects at the Local Level: Chicago ». juin 8.

———. 2012a. Green Roofs in Chicago.

———. 2012b. Green Roofs in Chicago.

Blank, Lior, Amiel Vasl, Shay Levy, Gary Grant, Gyongyver Kadas, Amots Dafni, et Leon Blaustein. 2013. « Directions in green roof research: A bibliometric study ». *Building and Environment* 66 (août): 23-28. doi:10.1016/j.buildenv.2013.04.017.

Bradford R. Spangler. 2007. *Public Funding Incentives for Private Residential and Commercial Watershed Protection Projects*. grrr. Montgomery County, Maryland Department of Environmental Protection & Resolve.

Callon, Michel, et Michel Ferrary. 2006. « Les réseaux sociaux à l'aune de la théorie de l'acteur-réseau ». *Sociologies pratiques* n° 13 (2): 37-44. doi:10.3917/sopr.013.0037.

Canadian Environmental Health Atlas. 2014. « Heat Waves ». <http://www.ehatlas.ca/climate-change/heat-waves>.

Carter, Timothy, et Fowler, Laurie. 2008. « Establishing Green Roof Infrastructure Through Environmental Policy Instruments ». *Environmental Management*, n° 42: 151-164.

Chesapeake Bay Foundation. 2008. « Green roof demonstration project: Final Report ». <http://green.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/publication/attachments/Green%20Roofs%20Report%2003-08.pdf>.

Chicago Tribune. 2014. « Chicago has record 46.37 million tourists ». http://articles.chicagotribune.com/2013-09-06/travel/chi-chicago-tourism-20130906_1_choose-chicago-international-visitors-percent-rise.

City of Chicago. 2008. « Chicago Climate Action Plan ». <http://www.chicagoclimateaction.org/>.

———. 2012. « Chicago Green Roofs ».

———. 2013. « City of Chicago :: Mayor Emanuel Announces Launch of Chicago Solar Express to Drive Solar Development and Create Green Jobs ». http://www.cityofchicago.org/city/en/depts/mayor/press_room/press_releases/2013/october_2013/mayor_emanuel_announceslaunchofchicagosolarexpresstodrivesolarde.html.

———. 2014. « Chicago Standard ». Consulté le mai 22. <http://futuregreenchatham.com/pdf/chicagostandard.pdf>.

City of Portland. 2005. « Green Building Policy ». <http://www.portlandoregon.gov/shared/cfm/image.cfm?id=112682>.

———. 2009. « Climate Action Plan: Executive Summary ». <http://www.portlandoregon.gov/bps/article/314522>.

———. 2011. « Stormwater Management Plan ». <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/126117>.

-
- City of Portland, Environmental Services. 2005. « Portland Watershed Management Plan 2005 ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/107808>.
- . 2008. « 2008 Stormwater Management Manual: Chapter 2 ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/449695>.
- . 2009a. « Ecoroof Handbook ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/259381>.
- . 2009b. « Portland Ecoroof Incentives: BONUS-FAR ».
- . 2011a. « Portland's Ecoroof Program ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/261074>.
- . 2012a. « Portland City Ecoroof Incentives Available ».
- . 2012b. « ENB- 4.16 Clean River Rewards Stormwater Discount Program ». <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/402804>.
- . 2014a. « Stormwater Permit | The City of Portland, Oregon ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/37485>.
- . 2014b. « Technical Assistance | Stormwater Discount Program | The City of Portland, Oregon ». <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/390681>.
- . 2014c. « Grey to Green ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/47203>.
- City of Toronto. 2003. *Wet Weather Flow Management Policy*.
- City of Toronto. 2006. *Implementing the Green Roof Incentive Pilot Program 2006-2007*.
- . 2009. « The power to live green ». 22 pages.
- . 2010. « Toronto Green Standard Making a Sustainable City Happen For Mid to High Rise Development ». 20 pages.
- . 2012. *Amendment to the Green Roof Bylaw for Public and Separate School Board Buildings 1 STAFF REPORT ACTION REQUIRED Amendment to the Green Roof Bylaw for Public and Separate School Board Buildings*. <http://www.toronto.ca/legdocs/mmis/2012/pg/bgrd/backgroundfile-45778.pdf>.
- . 2013. « City of Toronto guidelines for Biodiverse Green Roof ». http://www1.toronto.ca/City%20of%20Toronto/City%20Planning/Zoning%20&%20Environment/Files/pdf/B/biodiversegreenroofs_2013.pdf.
- . 2014a. « Ecoroof Incentive program ». http://www.toronto.ca/livegreen/greenbusiness_greenroofs_eco-roof.htm.
- . 2014b. « Wet Weather Flow Master Plan - Stormwater Management ». <https://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vgnextoid=972bab501d8ce310VgnVCM10000071d60f89RCRD&vgnextfmt=default>.
- . 2014c. « Toronto Green Roof Bylaw - Green Roofs - Zoning & Environment | City of Toronto ». <http://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vgnextoid=83520621f3161410VgnVCM10000071d60f89RCRD&vgnextchannel=3a7a036318061410VgnVCM10000071d60f89RCRD>.
- City-data.com. 2014. « Washington, D.C.: Geography and Climate ». <http://www.city-data.com/us-cities/The-South/Washington-D-C-Geography-and-Climate.html>.
- Dagenais, Daniele, Paquette, S., Fuamba, M., et Thomas-Maret, I. 2011. « Keys to Successful Large Scale Implementation of Vegetated Best Management Practices in the Urban Environment ». In *12 th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil*,. Porto Alegre/Brazil,.
- DDOE. 2014a. « Green Roofs in the District ». <http://green.dc.gov/greenroofs>.
- . 2014b. « Changes to the District's Stormwater Fee ». <http://ddoe.dc.gov/node/9112>.
- . 2014c. « Notice of Final Rulemaking to Establish a Stormwater Fee Discount Program ». <http://ddoe.dc.gov/node/324872>.

-
- Del Percio, Stephan. 2012. « Toronto Real Estate Industry Continues to Lobby Against Green Roof Mandate ». *Green Real Estate Law Journal*. <http://www.greenrealestatelaw.com/2012/04/toronto-real-estate-industry-continues-to-lobby-against-green-roof-mandate/>.
- District of Columbia. 2014a. « About Sustainable DC ». <http://sustainable.dc.gov/page/about-sustainable-dc>.
- District of Columbia, DDOE. 2014b. « Anacostia River Initiatives ». <http://ddoe.dc.gov/anacostiariverinitiatives>.
- District of Columbia, DDOE. 2011. « SUSTAINABLE DC PLAN ». http://sustainable.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/sustainable/page_content/attachments/DCS-008%20Report%20508.3j.pdf.
- . 2014. « Separate Storm Sewer System MS4 Permit ». <http://green.dc.gov/service/separate-storm-sewer-system-ms4-permit>.
- Fears, Darryl. 2012. « D.C. debates best path to cleaner waterways - Washington Post.html ». *Washington Post*, décembre 3.
- Flichy, Patrice. 1995. *L'innovation technique, Récents développements en sciences sociales vers une nouvelle théorie de l'innovation*. Editions La Découverte. Sciences et société.
- Friends of the Chicago River. 2014. « What is a Watershed Management Ordinance? » <http://www.chicagoriver.org/issues/what-is-a-watershed-management-ordinance>.
- Grabs Project. 2010. *Chicago: Green Permit Program - incentives for developers to install green roofs*. The university of Manchester. <http://www.grabs-eu.org/membersArea/files/chicago.pdf>.
- Great Lakes & St. Lawrence Cities Initiative. 2014. « About Great Lakes and St. Lawrence Cities Initiatives ». <http://www.gslcities.org/about/who-we-are.cfm>.
- Green Roofs for Healthy Cities. 2013a. *Annual green roof industry survey for 2012*. Green Roofs for Healthy Cities. <http://www.greenroofs.org/resources/SurveyReport2012FINAL.pdf>.
- Greenroofs.org. 2007. « Green Roofs Tree of Knowledge | Policy Initiatives ». http://www.greenroofs.org/grtok/policy_browse.php?id=14&what=view.
- GRHC. 2006a. « Green Roof Policy Development Workshop: Participant's Manual, part 2 ».
- . 2008. « 2008 Green Roof Industry Survey Results ». zotero://attachment/35/.
- . 2009b. « Green Roofs - Living Architecture Monitor - Fall 2009 ». http://www.nxtbook.com/dawson/greenroofs/lam_2009fall/#/18.
- Henry, Eric, et Magali Paris. 2009. « Institutional dynamics and institutional barriers to sustainable construction in France, Great-Britain and the Netherlands ». In *Changing Professional Practice*, Rouledge. Sustainable Urban Development, Volume 4. Ian Cooper & Martin Symes.
- Levenfeld Pearlstein, LLC. 2008. « Chicago's New Stormwater Law Effective January 1, 2008 ». <http://www.lplegal.com/publications/articles/chicagos-new-stormwater-law-effective-january-1-2008>.
- Liptan, Tom. 2012. *Ecoroofs in Portland*.
- Metro, Oregon. 2014. « What is Metro? » <http://www.oregonmetro.gov/regional-leadership/what-metro>.
- MWH. 2004. « Green Roof Test Plot: 2003 End of Year Project Summary Report ».
- Negron, Michael. 2013. « Limited Authority, Big Impact: Chicago's Sustainability Policies and How Cities can Push an Agenda Amidst Federal and State Inaction », *Harvard Law & Policy Review*, 07.
- « our story | dc greenworks ». 2014. Consulté le juillet 25. <http://dcgreenworks.org/about-dcg/history/>.
- Ouranos (Consortium). 2004. *S'adapter aux changements climatiques*. Montréal: Ouranos. http://www.ouranos.ca/cc/table_f.html.

-
- Panel Presentation of « The Portland Ecoroof Program ».* 2012. http://www.youtube.com/watch?v=ewPJBGveayU&feature=youtube_gdata_player.
- Rogers, Everett M. 2003. *Diffusion of innovations* /. 5th ed. New York :: Free Press,.
- Ryerson University. 2005. *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto*. http://commons.bcit.ca/greenroof/files/2012/01/banting_et_al.pdf.
- Shepard, Nora. 2010. *Green Roof Incentives | A 2010 Resource Guide*. Washington DC: DC Greenworks. about:newtab.
- Steven Peck, Chris Callaghan, Monica E. Kuhn, et Brad Bass. 1999. *GREENBACKS FROM GREEN ROOFS: FORGING A NEW INDUSTRY IN CANADA*.
- Taylor, David A. 2007. « Growing Green Roofs, City by City ». *Environmental Health Perspectives* 115 (6): A306-A311. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1892107/>.
- Tulou, et Karimi. 2012. Green Roofs in the District of Columbia.
- US EPA. 2010. « Summary of Changes from the 2004 MS4 Permit to the 2010 MS4 Permit ». http://www.epa.gov/reg3wapd/pdf/pdf_npdes/stormwater/DCMS4/DraftPermit2010/Comparison2004v2010Permit.pdf.
- . 2012. « Permit for the District of Columbia Municipal Separate Storm Sewer System - FinalModifiedPermit_10-25-12.pdf ». http://www.epa.gov/reg3wapd/pdf/pdf_npdes/stormwater/DCMS4/MS4FinalLimitedModDocument/FinalModifiedPermit_10-25-12.pdf.
- Webb, Amanda. 2006. « Architectural Record News | Chicago Expedites Permits for Green Buildings; Program Exceeds Expectations ». *Architectural Record*. <http://archrecord.construction.com/news/daily/archives/060720chicago.asp>.

3 La prise en compte de la chaleur dans l'urbanisme au Québec

Introduction

La perspective de réchauffement climatique préoccupe de façon croissante les villes. En Europe, la canicule de 2003 est considérée comme représentative du climat de la prochaine moitié du siècle. En France, l'Etat élabore des plans d'urgence visant à réduire la mortalité en période de canicule et encourage les villes à s'adapter au réchauffement climatique (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique 2007)(MEDTL 2011). Quelques villes pionnières s'en préoccupent depuis une dizaine d'années en agissant sur le tissu urbain et les formes bâties (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique 2010).

Au Québec, le premier document officiel du champ de l'aménagement mentionnant le problème de la chaleur estivale utilise l'expression "îlot de chaleur urbain" : il s'agit d'un document de planification stratégique publié par la ville de Montréal.

L'expression «îlot de chaleur» désigne des secteurs urbains où la température de l'air et de la surface du sol est plus élevée que celle des zones rurales ou des milieux naturels environnants. Cette différence de température peut, dans le cas de certaines villes, être supérieure de 5 degrés Celsius. La formation des îlots de chaleur est le résultat d'une présence minérale plus grande dans les villes, d'une présence moindre d'éléments naturels et de verdure ainsi que de la chaleur dégagée par les véhicules, les industries et les systèmes de climatisation. L'intensité des îlots de chaleur dépend également du climat et de la température de la région urbaine, de sa topographie et de la présence ou non de plans d'eau. (Ville de Montréal 2004)

Le concept scientifique d'îlot de chaleur urbain (ICU), selon lequel la température en ville est plus élevée que dans la campagne environnante a été vérifié dans un grand nombre d'agglomérations urbaines et a fait l'objet de nombreuses publications scientifiques par des spécialistes de la météorologie et du climat depuis une quarantaine d'années. Deux types de représentations sont utilisées pour représenter l'ICU dans la littérature scientifique : d'une part le transept (coupe de la ville selon un plan vertical) sur lequel est ajoutée la courbe de la température ambiante, d'autre part des isothermes tracées sur un fond de plan de la ville (voir section consacrée à la revue de littérature scientifique).

Des institutions québécoises se préoccupent aussi de l'îlot de chaleur urbain. L'Institut National de Santé Publique du Québec a recensé des initiatives des municipalités (Giguère et Gosselin 2006) et des mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains (Giguère 2009), le ministère MAMROT a intégré la lutte aux ICU dans son plan de développement durable (*Plan d'action de développement durable 2008-2013* 2009).

L'INSPQ classent les mesures de lutte aux ICU dans quatre catégories : végétalisation, infrastructures urbaines, gestion des eaux pluviales et perméabilité du sol, réduction de chaleur anthropique. Lors de notre enquête mi-2012, nous avons constaté que la plupart des mesures liées à la végétalisation répondaient aussi à d'autres objectifs et étaient déjà mises en oeuvre à ces titres. Cependant, deux mesures émergentes apparaissaient spécialement motivées par l'ICU : la végétalisation des toits et celle des parcs de stationnement automobile. Elles venaient d'être prescrites dans les règlements d'urbanisme respectivement par les Arrondissements de Rosemont-La-Petite-Patrie et de Saint Laurent de la ville de Montréal. D'autres Arrondissements et Communes québécoises attendaient d'observer la réception et les effets de ses mesures avant de les adopter.

Il était donc trop tôt pour observer la diffusion des politiques de lutte aux ICU au Québec. En revanche, en amont des politiques de lutte contre les ICU, l'utilisation de la carte thermographique des ICU semblait s'être généralisée dans les municipalités québécoises ces dernières années. Elle était utilisée tant pour justifier des mesures émergentes susnommées que pour mettre à l'agenda le problème de chaleur estivale dans la planification stratégique. Nous considérons alors qu'elle traduit des connaissances physiques relatives au climat urbain sous une forme préhensible par les

aménageurs et les urbanistes voire par les élus et les citoyens. Par la suite, nous avons découvert que le phénomène physique d'ICU tel que reconnu par les climatologues ne correspond pas à celui que la carte révèle. La diffusion de la carte thermographique des ICU s'explique par son aptitude à être adoptée (selon la théorie de la diffusion des innovations de Rogers) malgré -voire grâce ?- à son infidélité au concept scientifique d'îlot de chaleur urbain.

Les deux premières parties traitent des glissements dans la définition des ICU liés à l'utilisation de la carte thermographique en mobilisant, d'une part, la littérature grise de l'aménagement et, d'autre part, la littérature scientifique sur le phénomène physique d'ICU. Mobilisant les concepts de la diffusion d'une innovation définis par Rogers, la troisième partie explique pourquoi et comment la carte thermographique a été adoptée par les aménageurs des villes du sud du Québec.

Précisions sur la méthodologie

Cette recherche a bénéficié du soutien logistique de l'Institut d'Urbanisme de l'Université de Montréal grâce à l'invitation de son directeur Franck Scherrer et de la contribution de Simon Perreault candidat à la maîtrise en Aménagement dans le cadre d'un stage au laboratoire PACTE de Grenoble et d'un mandat de recherche confié à l'Institut d'urbanisme. Les propos de ce chapitre n'engagent que l'auteur.

- Choix des terrains

En 2011, la chaleur estivale et notamment les ICU apparaissaient comme un thème novateur de l'aménagement en milieu urbain tant à Grenoble²² qu'à Montréal où émergeaient des initiatives publiques de végétalisation de toits verts pour atténuer les chaleurs estivales. Afin de relativiser les résultats, il a été convenu de traiter deux villes au Québec. Montréal s'imposait du fait de l'avance de ses réflexions en terme d'ICU et du fait de la connaissance du terrain qu'avait l'Institut d'urbanisme de Montréal. Plusieurs villes québécoises ont été explorées par des requêtes sur internet : 3ème et 5ème villes les plus peuplées, Laval et Longueuil se situent dans la même aire métropolitaine de Montréal, 4ème et 6ème villes les plus peuplées, Gatineau et Sherbrooke apparaissaient guère avancé en terme de lutte contre l'ICU. La 2ème ville, Québec a été retenue car cette ville, capitale politique de la province de Québec, hébergent les services ministériels auprès desquels il était prévu d'enquêter.

- Corpus documentaire : littératures grises et scientifique

Après une courte période d'exploration empirique basée sur des requêtes internet, les publications ont été moissonnés en suivant globalement cette chronologie :

- identification des institutions québécoises publiant sur l'adaptation au réchauffement climatique et moissonnage de leur publication traitant des ICU
- moissonnage des documents de planification spatiale et programme d'actions sur les villes de Montréal et Québec
- repérage des publications scientifiques citées dans les publications ci-dessus et moissonnage

Au total, 35 documents gris ont été retenus pour le Québec. Grâce aux références bibliographiques de la littérature grise ministérielle québécoise, une dizaine de publications scientifiques sur les ICU ont été retenues et analysées.

- ***La sélection des personnes interviewées***

On été sélectionnés les rédacteurs des documents de synthèse et de doctrine sur les ICU ou plus généralement de traduction des questions environnementales en direction des urbanistes du ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), de l'Institut National de Santé Publique du Québec (INSPQ), de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) et du Centre Régional de l'Environnement (CRE). Nous avons aussi sélectionné des

²² A Grenoble, l'Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise a travaillé sur la cartographie de l'ICU en 2010. Voir le rapport de recherche "L'ambiance est dans l'air" piloté par Nicolas Tixier pour le PIR Ville et Environnement du CNRS.

urbanistes municipaux en charge de documents de planification stratégique à Montréal et à Québec ainsi qu'un conseiller en aménagement de l'arrondissement le plus avancé : Rosemont-La-Petite-Patrie. Les personnes correspondantes ont été identifiées en interrogeant des collègues de l'Institut d'Urbanisme. Les entretiens au Québec ont été menés conjointement par Simon Perreault et Gilles Debizet en juin et en septembre 2012.

- La grille d'entretien

Les entretiens ont été menés de façon semi-directive. Dans un premier temps, la personne interviewée est invitée à décrire son parcours professionnel et son organisation. Dans un second temps, il lui est posé des questions ouvertes l'incitant à raconter l'histoire de la prise en compte de l'ICU dans l'aménagement ; des questions de relance sont prévues. Dans un dernier temps des questions basées sur les concepts de l'innovation (cf. chapitre 1) sont posées pour obtenir des précisions sur les thèmes non traités ou pour approfondir un point déjà abordé et particulièrement intéressant. La grille d'entretien a sensiblement évolué au cours des premiers entretiens.

3.1 Définition évolutive de l'ICU dans la littérature grise québécoise

L'expression "îlot de chaleur urbain" n'est apparue dans le champ de l'aménagement et de l'urbanisme qu'en 2004 si l'on se réfère aux documents produits par des différentes institutions publiques du Québec. C'est par l'entrée "chaleur accablante" que la question de l'excès de chaleur a été mise à l'agenda de discussions portées par des institutions publiques.

En 2000, Santé Canada avait organisé une Conférence sur les politiques de santé et de bien-être et la planification sur les mesures d'adaptation au changement climatique (Fortin 2001) qui a suscité des initiatives de la direction de la Santé Publique de la province du Québec. Il s'agissait alors de mettre au point un programme d'avertissement de chaleur accablante (King, Simard, et Vallee 2002) : la canicule de Chicago de 1995 et les pics de chaleurs de l'été 2001 à Montréal ont été les facteurs déclenchant de cette étude. Elaboré un peu plus tard, le document de cadrage du programme provincial de recherche sur le changement climatique (Consortium Ouranos 2004) reprend la problématique : il énonce les effets des "chaleurs accablantes" et des "vagues de chaleur" sur la santé mais n'emploie pas le terme îlot de chaleur urbain. C'est finalement le plan d'urbanisme de la ville de Montréal que l'expression "îlot de chaleur urbain" apparaît pour la première fois dans un document émanant d'une autorité publique du Québec en 2004.

Pour autant le phénomène était connu depuis très longtemps par les météorologues et les climatologues urbains. Cette section dresse une généalogie des définitions de l'ICU dans la littérature grise en l'éclairant par la littérature scientifique qu'elle mobilise. Cette lecture relativement exhaustive fait apparaître des écarts, voire des incohérences entre les définitions utilisées. Plus que les évolutions dans la connaissance du phénomène ICU, elle révèle l'influence des finalités dans la construction de la connaissance sur les ICU.

3.1.1 Définitions dans les documents locaux relatifs à l'aménagement et l'urbanisme à Montréal

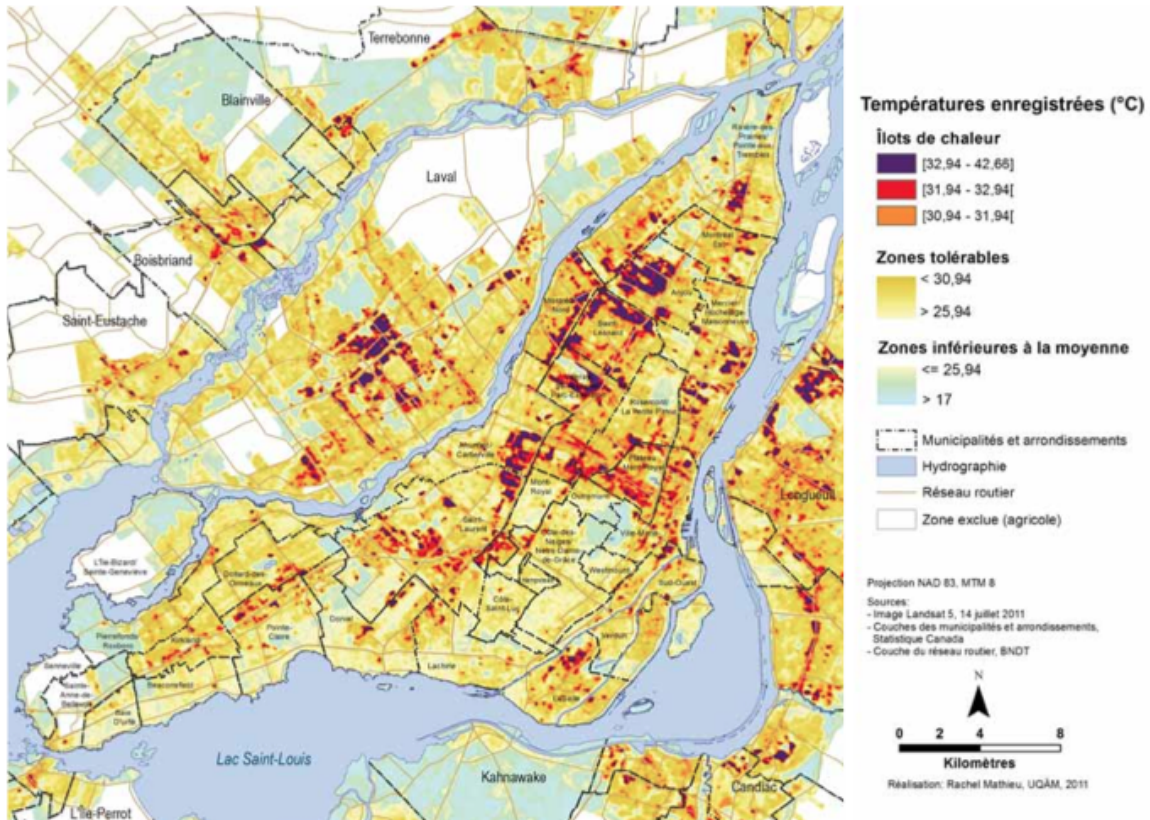
L'expression "îlot de chaleur urbain" apparaît pour la première fois dans un document émanant d'une autorité publique du Québec en 2004 : il s'agit du plan d'urbanisme de la ville de Montréal (Ville de Montréal 2004). Plus exactement, il s'agit "d'îlots de chaleur urbains" au pluriel : ils sont définis comme "*des secteurs urbains où la température de l'air et de la surface du sol est plus élevée que celle des zones rurales ou des milieux naturels environnants*". Le moment de la journée n'est pas précisé. Les températures ambiante et de surface sont rassemblées dans une même catégorie mais la fourchette d'écart de température mentionnée (5°C) correspond de fait à la température de l'air ambiant. Des explications sont données : "*La formation des îlots de chaleur est le résultat d'une présence minérale plus grande dans les villes, d'une présence moindre d'éléments naturels et de verdure ainsi que de la chaleur dégagée par les véhicules, les industries et les systèmes de climatisation.*" Cette définition s'inspire d'un fascicule émis par une administration étatsunienne cité dans un rapport de recherche provisoire financé par le programme de recherche provincial Ouranos.

C'est en cours d'année de 2003, qu'on a été mis au courant de cette analyse faite par Ouranos. Et on a saisi l'occasion. Et c'est là que l'expression d'îlot de chaleur urbain est apparu, qu'il nous a été donné pour la première fois. Et là, on a fait donc une recherche et on a découvert que le Secrétariat américain avait publié un fascicule à cet égard-là et donc, on est allé chercher cette information-là. On avait pas trouvé même de référence canadienne. Il y en avait peut-être mais on ne les connaissait pas. Et on a, en quelques sortes, institutionnalisé l'expression îlot de chaleur urbain. (...) Et on a fait un encadré sur ce qu'est un îlot de chaleur urbain parce que personne ne connaissait ce que c'était. C'est apparu donc en 2003 à la suite d'échanges avec des collègues de l'environnement de la Ville de Montréal qui nous ont mis en contact avec Ouranos. On a été chercher la carte, on a observé la carte et s'est inspiré de ce que la carte nous révélait pour décrire nos actions. Un responsable de la planification stratégique de la ville de Montréal

La focalisation sur la dimension intra-urbaine des îlots de chaleur urbains est précisée dans le Plan stratégique de développement durable de la collectivité Montréalaise de 2007 (Ville de Montréal 2007) spatiale : il n'est plus défini par rapport aux zones rurales mais par rapport à "l'environnement immédiat". Il est restreint à la période estivale mais l'ambiguïté persiste sur le moment de la journée ainsi que le type de température : plus grand (10°C) l'écart de température mentionné est davantage compatible avec des températures de surface mais les mentions "ambiante" ou "de surface" disparaît. Nouveauté, le phénomène d'inertie thermique est explicité : *"Ils sont causés par les toits, les murs des bâtiments ainsi que les chaussées et les stationnements qui absorbent la chaleur pendant la journée et la restituent durant la nuit"* et ajoute les émanations de chaleur anthropiques *"De plus, la chaleur résultant de la circulation des véhicules et de l'activité industrielle contribue aussi au développement des îlots de chaleur."*

Le concept d'îlots de chaleur urbain se retrouve aussi dans un document programmatique général (et donc au-delà des domaines d'action de l'urbanisme et du développement durable). A défaut d'une définition textuelle, c'est une carte qui l'illustre dans la version "projet" du plan de développement durable de Montréal mis en discussion en 2012 (Ville de Montréal 2012). Les îlots de chaleur urbains apparaissent en périphérie du centre historique de la ville sur l'île de Montréal et les agglomérations voisines de Laval et de Longueuil sous la forme de petites tâches foncées se distinguant de leur environnement immédiat. Basée sur une thermographie aérienne prise en journée un 14 juillet, l'image indique donc les températures de surface qui sont comprises entre une vingtaine et 43 degré Celsius.

CARTE 7 | LES ÎLOTS DE CHALEUR À MONTRÉAL – 2011



Source : FrancVert, volume 2, numéro 3, automne 2005. « Portrait des îlots de chaleur urbains à Montréal », Frédéric Guay et Yves Baudouin, UQAM.

Figure 38 Carte des îlots de chaleur urbain de la Région de Montréal extraite du Plan de développement durable (projet) de la Ville de Montréal 2012.

Pour autant, la dimension exclusivement intra-urbaine de l'îlot de chaleur urbain ne fait pas l'unanimité. Dans un document justifiant les dispositions réglementaires relatifs aux toits, l'arrondissement de Rosemont-Petite-Patrie (l'un des 19 arrondissements de la ville de Montréal) reprend en 2012 la référence aux zones rurales de la région : "*Un îlot de chaleur désigne une élévation localisée des températures, particulièrement des températures maximales de jour et de nuit, enregistrées en milieu urbain, par rapport aux zones rurales ou forestières voisines ou par rapport aux températures moyennes régionales*". (Arrondissement de Rosemont-la-Petite-Patrie, Montréal 2012).

La répartition institutionnelle des compétences en aménagement et urbanisme

Au Québec (comme en France), l'urbanisme est une compétence essentiellement assurée par les collectivités locales mais pas exclusivement : la planification urbaine et l'encadrement de la construction sont réparties entre des autorités publiques de différents niveaux :

- les règles techniques de construction sont définies par trois échelons territoriaux : fédéral (le Canada), provincial (le Québec), municipal (ville de Montréal par exemple) et, dans le cas de Montréal, les arrondissements,
- les règles d'urbanisme ou d'occupation des parcelles sont fixées par la municipalité et par l'arrondissement (cas des villes de Montréal et de Québec),
- la planification urbaine (stratégie de développement de la ville) est menée à quatre échelles : l'arrondissement (seulement pour les villes de Montréal et de Québec), la municipalité, l'agglomération (en l'occurrence l'île de Montréal composée de 14 communes) et la métropole (en l'occurrence une soixantaine de communes en plus des 14 communes de l'agglomération).

Notons que les villes de Montréal et de Québec ont subi des évolutions institutionnelles radicales depuis une dizaine d'années. En 2002, l'ensemble des communes historiques localisées sur l'île

de Montréal ont été réunies dans une seule collectivité mais en 2006, 15 des arrondissements défusionnent et les 19 restant dans la municipalité de Montréal bénéficient de pouvoirs accrus et notamment de l'élaboration d'une partie des règles d'urbanisme et de la maîtrise de la procédure d'autorisation de construire. Les limites de responsabilité des arrondissements et de la municipalité sont complexes et pas encore stabilisées, en tout cas de nombreuses actions requièrent des ajustements et une coordination entre la municipalité et les arrondissements.

3.1.2 Référence aux ICU dans les documents locaux en dehors de Montréal

En dehors de la ville de Montréal, l'îlot de chaleur urbain ne commence à être mentionné dans les documents officiels qu'à partir de 2009 : sa définition ou son usage correspond à des zones de la ville où la température est plus élevée que celle de l'environnement immédiat (Trois-Rivières 2009), elle correspond aux artères et pôles commerciaux (Sainte-Hyacinthe 2010), aux grandes surfaces minéralisées (Longueuil 2012) et/ou à des sites particuliers (document stratégique de la Communauté Métropolitaine de Montréal 2011). La problématique ICU se diffuse avec un décalage de quelques années par rapport à l'agglomération montréalaise dans les villes du sud-ouest du Québec. À l'image de la ville de Québec, les villes du nord et de l'est restent à l'écart de cette préoccupation.

À partir de 2012, on note une évolution dans la façon de définir l'îlot de chaleur urbain. Comme dans le règlement d'urbanisme de l'arrondissement de Rosemont-la-Petite-Patrie de Montréal (2012), c'est une définition plus ouverte, englobant la distinction métropole/rural qui refait jour. Correspondant à la toute nouvelle procédure de planification recommandée par le gouvernement provincial, le Schéma d'Aménagement et de Développement de Sherbrooke de 2013 l'illustre : la définition de l'ICU reste peu précise et mentionne seulement qu'il convient de lutter contre ses effets.

Le tableau suivant spécifie le milieu auquel est rapporté l'ICU selon les villes et la date d'élaboration de leurs plans d'urbanisme. À partir de 2009, les villes ou MRC du sud du Québec ayant élaboré leur plan d'aménagement et de développement (planification stratégique) mentionnent les ICU. Située plus au nord, la ville de Québec n'a pas pris en compte l'îlot de chaleur urbain : sa position à l'embouchure du golfe du Saint-Laurent tempère suffisamment la chaleur estivale pour que le phénomène d'ICU ne soit pas considéré comme un problème.

Mention de l'îlot de chaleur urbain	Municipalité	Année	Document
aucune mention relative à la chaleur	Québec	2004	Plan stratégique de la ville de Québec 2004-2008
aucune mention relative à la chaleur	Saint-Jean Richelieu	2004	Schéma d'aménagement et de développement révisé
2 mentions de la "chaleur accablante"	Sherbrooke	2005	Règlement du Plan d'urbanisme
aucune mention relative à la chaleur	Gatineau	2005 (2013)	Règlement de Plan d'Urbanisme Compilation au 7 octobre 2013
aucune mention relative à la chaleur	Saint-Jean Richelieu	2007	Plan d'urbanisme
aucune mention relative à la chaleur	Granby	2008	Règlement du Plan d'urbanisme
aucune mention relative à la chaleur	Trois-Rivières	2006	Plan d'urbanisme
îlot de chaleur = zone urbanisée caractérisée par des températures estivales plus élevées que l'environnement immédiat	Trois-Rivières	2009	Politique du Développement durable
aucune mention relative à la chaleur	Québec	2010	Rapport sur l'état de la situation du plan stratégique 2004-2008
îlots de chaleur associés à l'embellissement et à l'élaboration de normes d'aménagement pour les artères et les pôles commerciaux	Sainte-Hyacinthe	2010	Plan directeur d'aménagement et de développement durable
îlots de chaleur constitués par des sites	Com. Métro. de Montréal	2011	Plan métropolitain d'aménagement et de développement
îlots de chaleur associés aux grandes surfaces minéralisées (commerciales, industrielles, notamment des stationnements) et de certains secteurs résidentiels avec un déficit de végétation	Longueuil	2012	Vision stratégique du plan d'urbanisme Longueuil 2035. Document préalable au Plan d'urbanisme
îlot de chaleur urbain est un problème contre lequel il faut lutter (pas de définition)	Sherbrooke	2013	Schéma d'aménagement et de développement du territoire

Tableau 0-1 Mention de l'îlot de chaleur urbain dans les documents d'urbanisme des principales municipalités du Québec (hors Montréal)

3.1.3 Définitions dans les documents provinciaux ou fédéraux

Alors que le ministère fédéral "Environnement-Canada" et le consortium provincial Ouranos ont publié des documents de cadrage sur l'adaptation au changement climatique au début des années 2000, c'est l'Institut National de la Santé Publique du Québec (INSPQ) qui introduit une notion proche de l'îlot de chaleur urbain, plus exactement "l'effet d'îlot thermique urbain" auquel sont soumises "les agglomérations urbaines" et qui est "généralisé par les recouvrements asphaltés et les matériaux des infrastructures et bâtiments qui absorbent la chaleur et rehaussent la température de l'air ambiant de 0,5 à 5,6 °C dans les milieux urbains"(Giguère et Gosselin 2006). Cette expression et la définition sont intégralement reprises dans la chapitre "Québec" du document d'Environnement Canada consacré à l'adaptation aux changements climatiques au Canada (A. Bourque et G. Simonet 2008). Quant à l'expression "îlots de chaleur urbains", elle apparaît pour la première fois dans un document provincial dans une newsletter de l'INSPQ (Lachance, Baudouin, et Guay 2006) : "Les îlots de chaleur sont des secteurs urbanisés caractérisés par des températures de l'air ou du sol plus élevées de 5 à 10 °C que l'environnement immédiat du point de prise de mesure.". L'on trouve ici la référence à "l'environnement immédiat" que reprend le plan stratégique de développement durable de la ville de Montréal de 2007.²³

²³ La bibliographie contient essentiellement des références relatives aux effets de la chaleur accablante sur les personnes et aux techniques de télédétection. Très peu de références relèvent de la littérature sur les Urban Heat Island ou îlot de chaleur urbain.

En 2009, la définition évolue sensiblement et se rapproche des définitions de la littérature scientifique (cf. ci-dessous). Dans une analyse des mesures de lutte contre les îlots de chaleur (Giguère 2009), l'INSPQ reprend la référence aux zones rurales environnantes : "L'expression « îlots de chaleur urbains » signifie la différence de température observée entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes". Elle reprend l'écart de 12°C énoncé par Oke en 1982 et la typologie des ICU synthétisé par Oke (1982), puis Voogt (2002) (cf. ci-dessous). Enfin, elle introduit, d'une part, le transept synthétique proposé par le Lawrence Berkeley National Laboratory en 2000 et qui représente des températures ambiantes (température de l'air) sans le mentionner et, d'autre part, une carte des températures de surface sans le mentionner non plus.

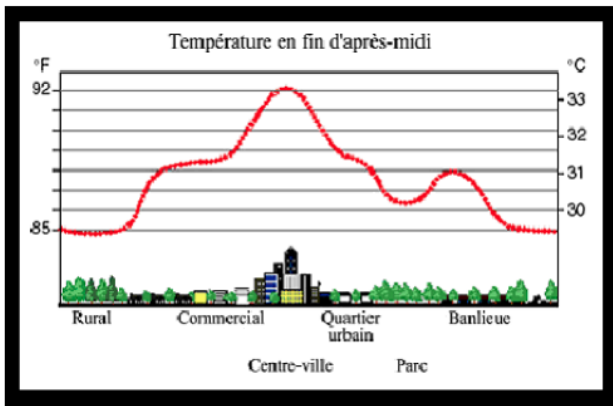


Figure 1 Schéma de l'îlot de chaleur urbain

Source : Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000.

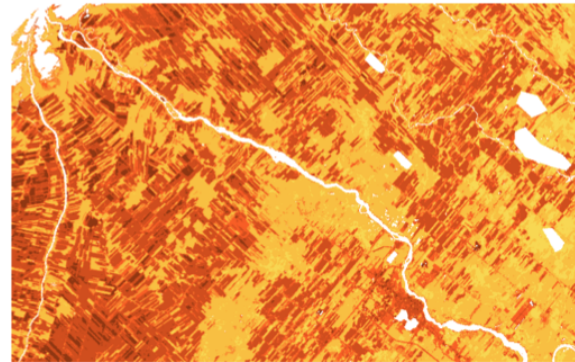


Figure 2 Exemple d'une cartographie d'îlots de chaleur urbains à Montréal

Note : Les zones de couleur orange foncé représentent les zones les plus chaudes.
Source : Smargiassi et al., 2009.

Figure 39 Ilot de chaleur urbain : transept et carte thermographique extraits de Giguère (INSPQ) 2009

Le Ministère québécois des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) reprend à son compte l'écart par rapport au "milieu rural" (Boucher et al. 2010) (Boucher 2010) ou par rapport "aux régions rurales et forestières environnantes" (I. Boucher et N. Fontaine 2010) : il n'introduit pas de cartes dans ses guides de bonnes pratiques, respectivement consacrés au bâtiment durable, à la gestion des eaux de pluie et à la biodiversité en ville.

Parallèlement en 2009, l'INSPQ puis le gouvernement provincial ont mis à disposition du grand public des cartes d'îlots de chaleur urbains via un système d'information géographique accessible en ligne. En utilisant les températures de surfaces issues de Landsat (cf. ci-dessous), ces autorités définissent implicitement l'ICU comme un écart de température de surface horizontale par rapport à l'environnement immédiat : l'extrait centré sur la ville de Sherbrooke l'illustre ci-dessous.

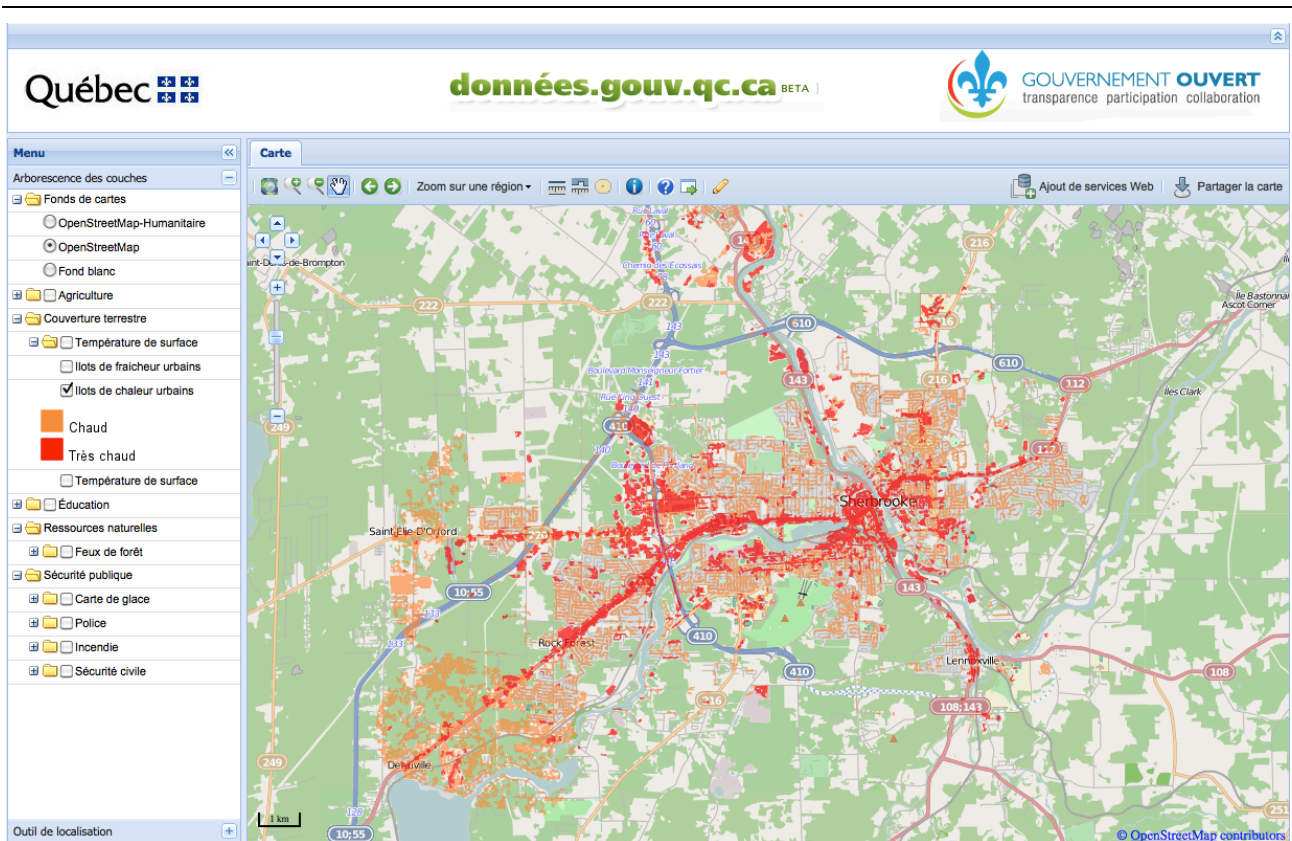


Figure 40 ICU de Sherbrooke Source : donnees.gouv.qc.ca 2013

Cette carte a pour effet de faire ressortir les toitures de grandes surfaces et les grandes aires de stationnement.

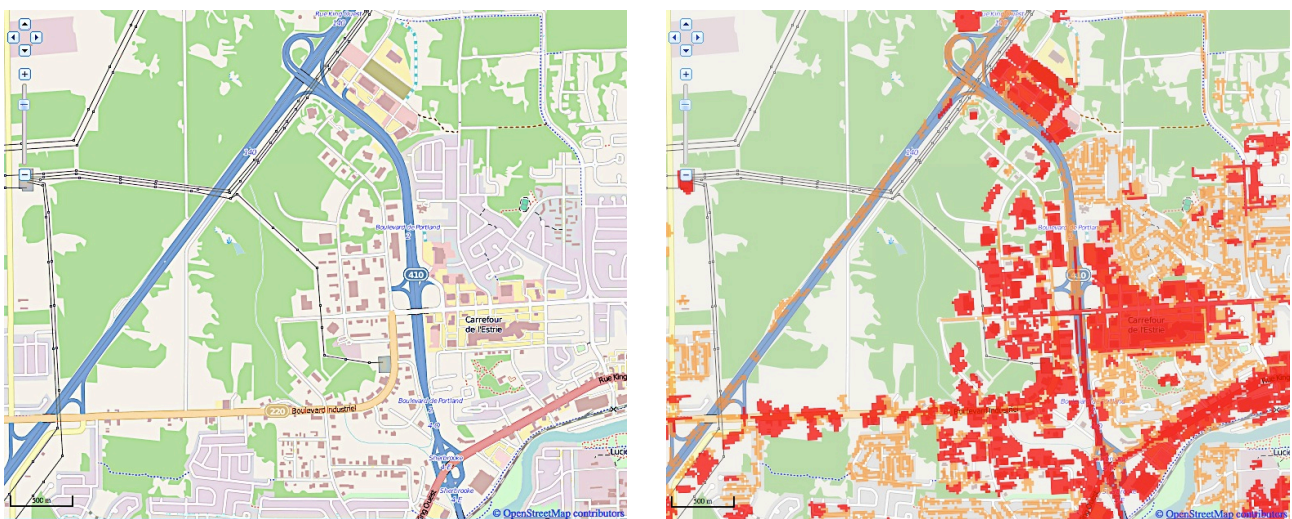


Figure 41 Relation entre les ICU et l'occupation du sol (violet clair correspond à habitat pavillonnaire sur la carte de gauche) Source : donnees.gouv.qc.ca 2013

3.2 L'ICU dans la littérature scientifique et la thermographie

3.2.1 La définition historique de l'ICU : écart de température ambiante entre la ville et la campagne

Le constat d'un écart de température entre le cœur des villes et la campagne environnante date de plus d'un siècle. Depuis une soixante d'années, ce phénomène a fait l'objet de campagne de mesures dans de nombreuses villes (Chandler 1970) (Oke 1979). L'article le plus fréquemment cité dans la littérature grise produite au Québec (Oke 1982) est aussi celui le plus cité selon google

scholar²⁴, il précise que l'écart de températures ambiantes peut s'élever de 2 à 10°C selon la taille des villes, cet écart s'observe de façon le plus intense en été (dans l'hémisphère nord) et au cours des périodes très peu ventées. Il s'explique par l'accumulation de chaleur dans les matériaux urbains exposés au soleil : à partir du coucher du soleil, cette accumulation retarde et atténue la baisse de température de l'air en milieu urbain par comparaison avec le milieu rural. L'écart de température ambiante entre la ville et la campagne est maximal quelques heures après le coucher du soleil jusqu'au lever du soleil comme l'illustre le graphique ci-dessous.

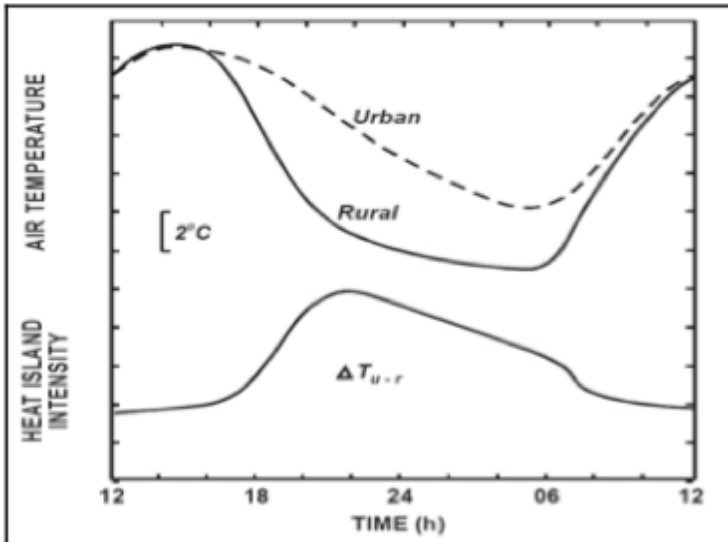


Figure 42 Ecart de température ambiante entre urbain et rural selon l'heure Source Oke 1982

L'article distingue deux échelles du phénomène d'îlot de chaleur urbain :

- ▣ la couche limite urbaine qui s'élève au-dessus de la ligne de toiture et jusqu'à la limite d'influence du milieu urbain sur l'air atmosphérique, sa hauteur varie de quelques centaines de mètres la nuit à plus d'un kilomètre le jour : les échanges thermiques s'opèrent par convection (mouvements d'air) et rayonnement entre l'air atmosphérique et des éléments de la canopée. Au sein de cette couche la température de l'air est relativement homogène,
- ▣ la canopée qui s'élève du sol aux toits des immeubles et dont les éléments (sols, façades et toiture de bâtiment) échangent thermiquement aussi bien entre eux qu'avec la couche limite urbaine et le substrat. La température de l'air est moins homogène dans l'espace. La nuit, elle est, en moyenne, plus élevée que dans la couche limite.

²⁴ Cet article scientifique est le plus cité des articles (un millier selon google scholar) traitant de l'Urban Heat Island, il est aussi le plus référencé dans les documents produits par l'INSPQ.

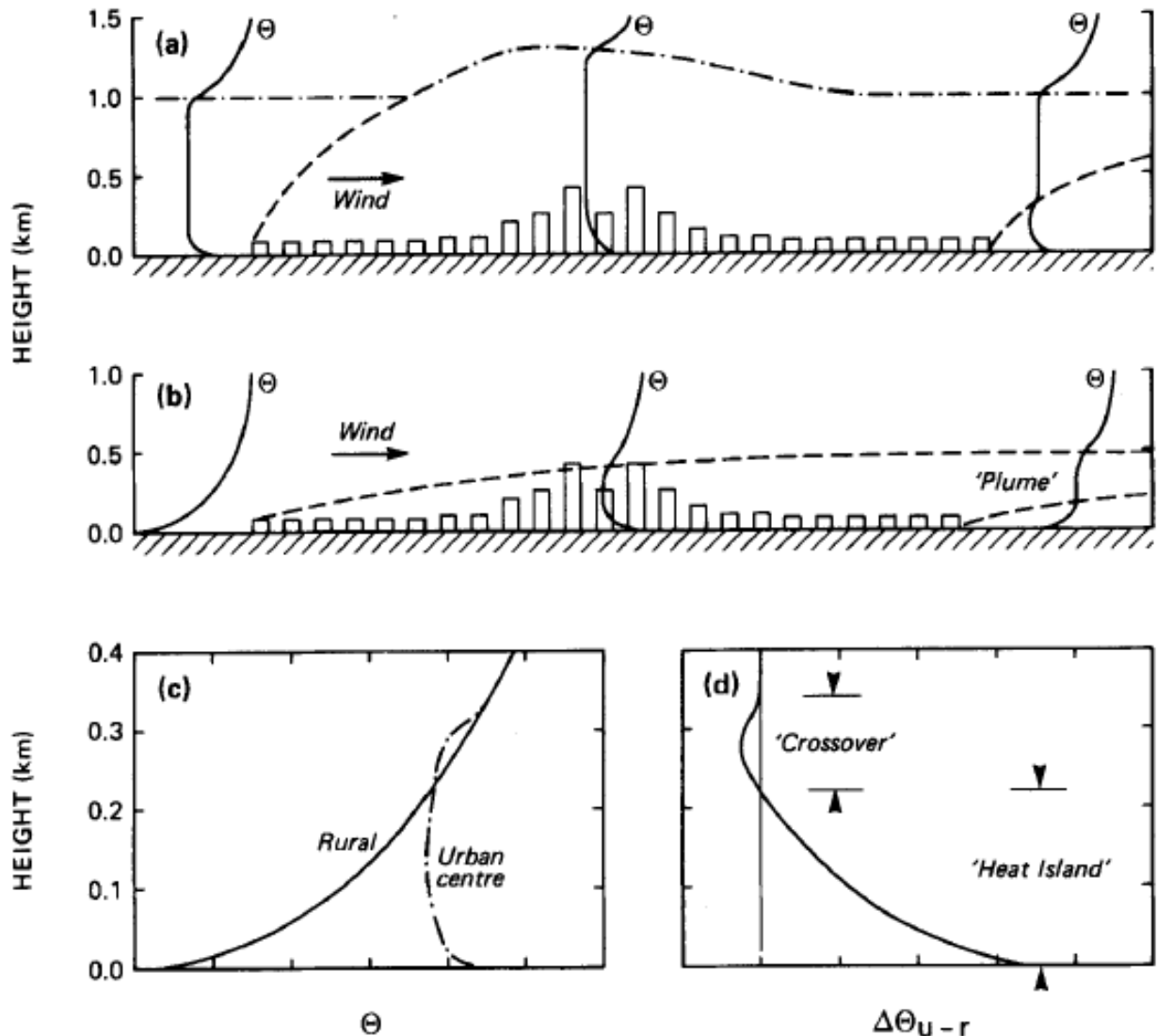


Figure 2. Generalized form of the UBL thermal structure in a large mid-latitude city during fine summer weather (a) by day, including schematic profiles of potential temperature (θ) and the depths of the urban and rural internal boundary layers (---) and the daytime mixed layer (-.-) and (b) at night. Comparison of (c) rural and urban vertical temperature profiles and (d) the resulting vertical profile of heat island intensity in the city centre at night.

Figure 43 Gradient de température ambiante au dessus d'une ville Source : Oke 1982

La mesure de la température d'air en différents points de l'espace repose sur des capteurs mobiles nécessitant des moyens humains importants pour le déplacement (automobile ou avion) (Voogt 2009). La reconstitution fiable des gradients de température ou d'isothermes suppose un grand nombre de points de mesures et des traitements sophistiqués en milieu urbain où la canopée est complexe et très variable selon les zones.

3.2.2 Mesure des températures de surface par thermographies satellitaires

Lancés respectivement en 1982, 1984 et 1999, les satellites Landsat 4, 5 et 7 délivrent en masse des données relatives aux températures de surface en journée. L'amélioration de la résolution offerte par Landsat 7 (60 mètres au lieu de 120 mètres pour Landsat 4 et 5²⁵) permet de relier la température de surface avec l'occupation du sol. L'acquisition des données sur les températures

²⁵ Entretien avec Yves Baudouin pour les résolutions infra-rouge et consultation le 3 janvier 2013 des sites : <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//landsat-4-5> et <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//landsat-7>

des surfaces est beaucoup moins onéreuse que le développement d'une intense campagne de mesure in-situ. Leur exploitation nécessite, d'une part, un traitement analytique pour corriger les valeurs relevées par le satellite et étalonner les couleurs de température de surface, et, d'autre part, des ajustements cartographiques pour faire correspondre l'image issue du scanner satellite et les fonds de carte géographiques existants.

Des cartes thermographiques sont produites dans de nombreuses grandes villes, et notamment à Montréal (Lachance, Baudouin, et Guay 2006) et Grenoble (Lomakine 2011). Elles constituent une nouvelle façon de représenter l'ICU.

La correspondance avec la courbe en cloche sur le transect urbain n'est pas aisée. Un document de synthèse produit par US EPA (Environmental Protection Agency) mis en ligne au début des années 2000 établit clairement les relations entre ces deux températures (US EPA 2012). Le schéma générique proposé s'inspire d'un chapitre d'une encyclopédie sur le changement climatique (Voogt 2002) produit en 2000 mais publié en 2002 et a fait l'objet d'une mise à jour dans un article en ligne (Voogt 2004).

Figure 2: Variations of Surface and Atmospheric Temperatures

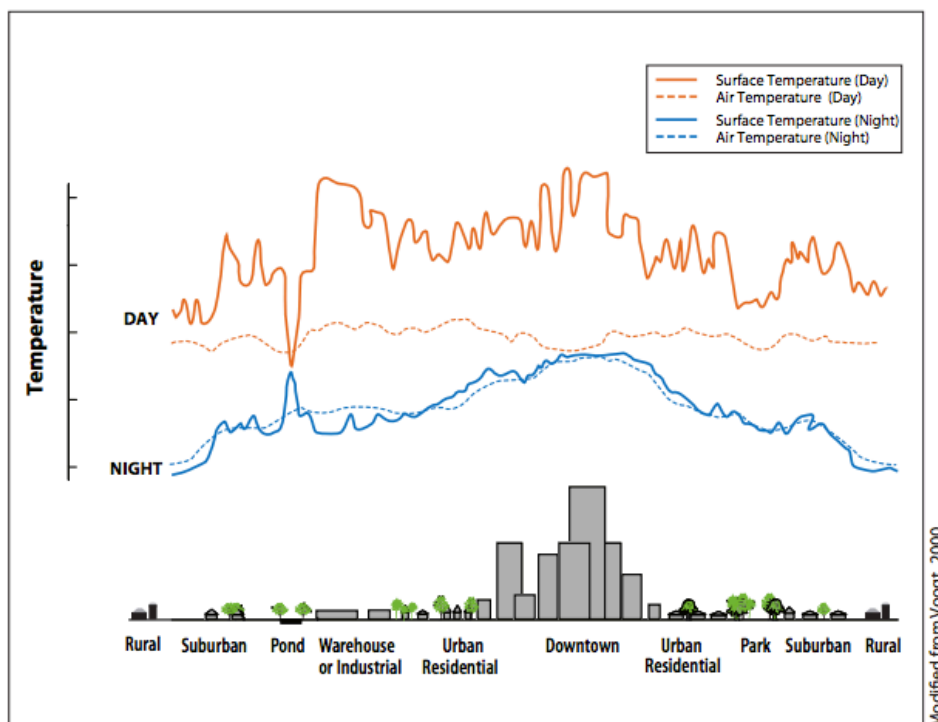


Figure 44 Variation des températures de surface et de l'air Source EPA 2002 Schéma d'après Voogt

Les températures de surface sont estimées en fonction des radiations reçues par un satellite ou un avion et émises ou réfléchies par les surfaces horizontales terrestres. Les températures d'air indiquées résultent de mesures in situ dans la partie basse de la canopée (quelques mètres au dessus du sol).

- ❑ En journée, la température de surface varie de façon très importante, elle dépend de la façon dont la surface va capter le rayonnement solaire et dissiper l'énergie reçue en chaleur autour d'elle ; au-delà du rayonnement solaire, elle dépend donc des caractéristiques physiques du sol (routes, parking, places, jardins ...), des toits des bâtiments et de leurs façades (ces dernières n'étant pas photographiables par le satellite). Inversement, la température de l'air ambiant est beaucoup plus homogène dans l'espace intra-urbain et les écarts ville/campagne sont faibles.
- ❑ En revanche, la nuit, les températures de surface et de l'air ont tendance à converger en l'absence de rayonnement solaire. Cette convergence s'opère d'autant plus lentement que la quantité de chaleur stockée dans les matériaux de surfaces est importante. Ainsi, la masse de chaleur accumulée dans l'étang (*pond*) se maintient une température à peu près

constante et se retrouve être la surface la plus chaude la nuit. Inversement, le toit métallique - peu épais et à forte conductivité thermique- des bâtiments commerciaux ou industriels (*warehouse or industrial*) se refroidit rapidement par rayonnement vers le ciel et atteint une température moins élevée que l'air situé au-dessus.

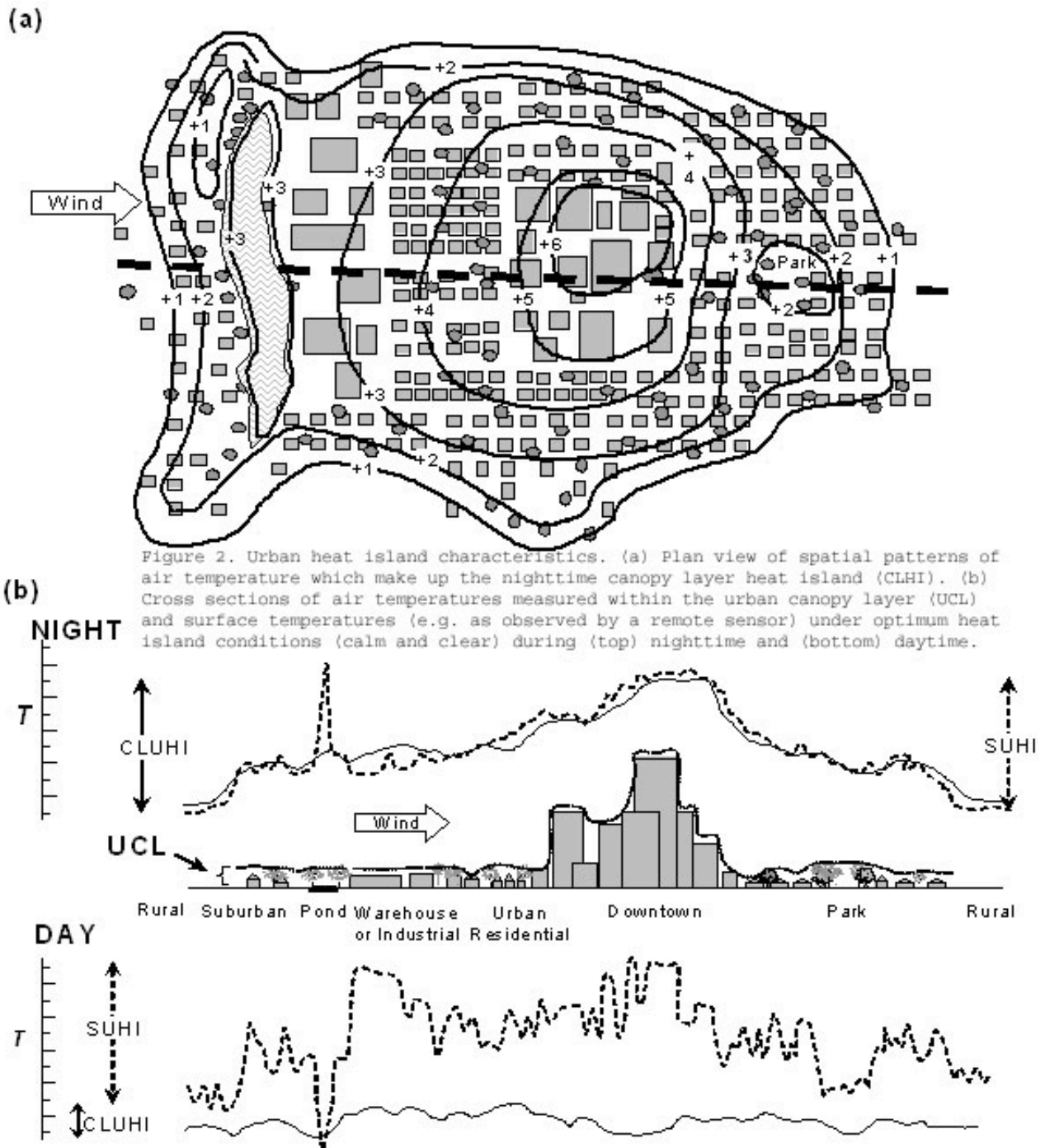


Figure 45 Variation des températures atmosphérique et de surface Source Voogt 2004

En résumé, c'est la nuit que se prononce l'écart ville/campagne à l'échelle de l'agglomération urbaine, tandis qu'en journée les écarts sont micro-localisés car déterminés par les différences de caractéristiques thermiques des surfaces exposées au soleil : un toit métallique reposant sur un isolant thermique a une température de surface plus élevée que le revêtement de bitume d'un parking posé sur une couches de gravier, des pavés fixés au sol et exposés au soleil sont plus chauds qu'une pelouse à l'ombre des arbres.

3.2.3 Effets de la faible résolution des cartes thermographiques

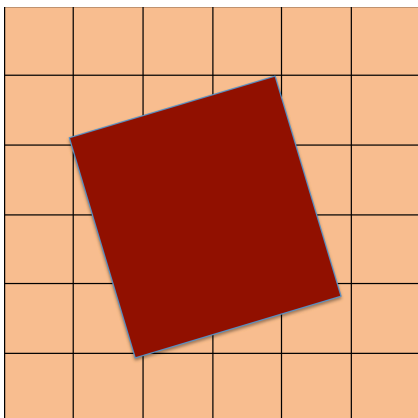
Le calibrage sur fond de carte et l'étalonnage des couleurs requièrent le savoir-faire technique des géographes-cartographes. Plus nombreux que les spécialistes du climat urbain, les géographes-cartographes sont en mesure de produire des cartes thermographiques de leur ville en cherchant à établir des liens avec la morphologie urbaine qu'ils connaissent déjà.

La carte thermographique est dépendante de la résolution du scanner. Un pixel du scanner correspond à un rectangle de 60m x 60m, il reçoit une quantité de rayonnement. Le cartographe spécialiste de télédétection associe ensuite à cette quantité de rayonnement une couleur selon un nuancier qui permettra de représenter les écarts de température de surface.

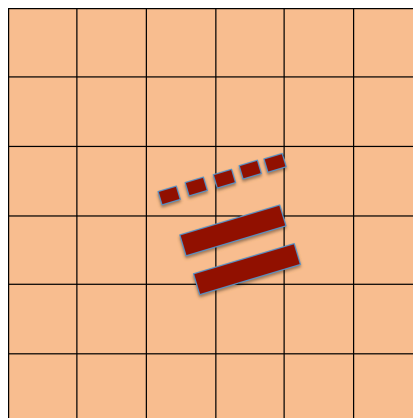
La faible résolution du scanner a des effets sur le niveau de température révélé. Pour l'illustrer, imaginons des bâtiments ayant le même type de toiture (par exemple une toiture-terrasse en béton isolée par l'extérieur et recouverte d'une couche d'étanchéité bitumineuse noire) et entourés par le même type de revêtement de sol (par exemple une couche d'enrobé constituée de graviers clairs et de bitume) mais de surfaces et configurations différentes :

- a) un bâtiment industriel de 200 m x 250 m
- b) de l'habitat collectif accolé en bande de 20 m de large des deux côtés d'une ruelle
- c) un ensemble de maisons individuelles de 10 m x 15 m.

A priori, dans les trois configurations, la température du toit sera très élevée car la couche de bitume noire est isolée thermiquement du toit et ne peut restituer de la chaleur reçue par rayonnement solaire que par rayonnement vers le ciel. La température du sol sera moins élevée ; d'une part, parce que l'enrobé est plus clair et absorbe moins de rayonnement solaire et, d'autre part, parce qu'il transmet de la chaleur vers la couche de gravier inférieure qui elle-même transmet de la chaleur au sol. Supposons que la température de surface du toit soit la même quelle que soit la taille du bâtiment et que la température de la surface du sol soit aussi la même dans les trois configurations.



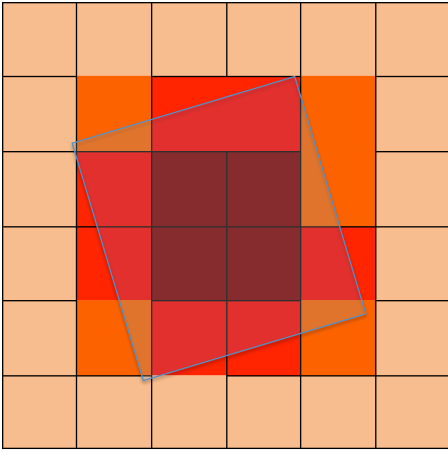
1.1.1.



1.1.1.

Figure 46 Trois configurations de bâtiments dont la température de surface du toit est nettement plus élevée que celle du sol autour : a) à droite et b) et c) à gauche

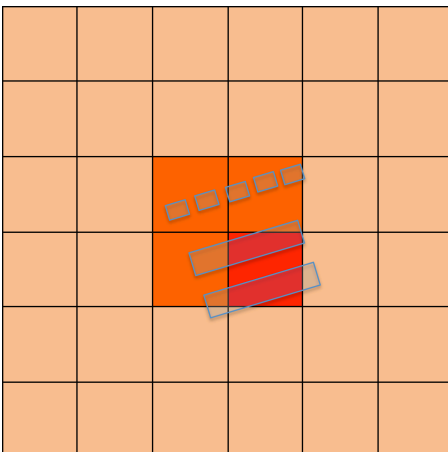
Dans la première configuration (a), le toit couvre quatre pixels entièrement et 12 autres partiellement. Les quatre pixels localisés entièrement sur le toit seront représentés par une couleur foncée correspondant à la température la plus élevée. Les pixels localisés entièrement sur le sol seront représentés par une couleur claire correspondant à la température la plus basse. Les pixels qui sont à cheval sur le toit et le sol auront des couleurs intermédiaires selon la proportion de toit dans le pixel. La résolution du scanner (60x60) a donc pour effet de produire un gradient entre des zones de grandes surfaces dont les revêtements ont un comportement thermique contrasté (cf. figure ci-dessous).



1.1.1.

Figure 47 Effet de la résolution sur la représentation d'une très grande surface de toiture dont la température de surface est beaucoup plus élevée que celle de son environnement immédiat

Dans les deux autres configurations (a) et (b), aucun pixel ne correspond intégralement au toit. Les pixels sont colorés en fonction de la proportion de toit : le pixel le plus coloré correspond à celui qui a la plus grande proportion de toit mais sans atteindre la couleur correspondant à la température du toit. Ceux qui contiennent peu de maison auront la même couleur que ceux qui n'en contiennent pas. La couleur du pixel n'est pas représentative de la température de la surface la plus chaude qu'il contient.



1.1.1.

Figure 48 Effet de la résolution sur la représentation de zones constituées de bâtiments de petite taille isolés (c) ou adjacents (b) dont la température de surface du toit est plus élevée que celle de leur environnement immédiat

Globalement, la faible résolution du scanner a pour effet de tronquer à la baisse la température lorsque l'aire correspondant au pixel contient des bâtiments de petites surfaces. Elle fait apparaître des gradients de température dans la cas de toiture de grande surface, un peu comme si la chaleur se propageait depuis la partie centrale du toit vers sa périphérie.

La combinaison de ces deux mécanismes a pour conséquence de faire ressortir des îlots de chaleur au sein de l'agglomération urbaine là où les surfaces de toitures voisinent ou dépassent celle d'un pixel (60 m x 60 m) ce qui correspond aux zones industrielles et commerciales et, dans une moindre mesure, aux blocs centraux de la ville qui sont presque entièrement bâtis.

3.2.4 Évolution de la définition de l'ICU dans la littérature grise consécutive à la thermographie

La littérature scientifique relative à la climatologie urbaine utilise l'expression îlot de chaleur urbain pour désigner un écart de température ambiante entre le coeur de la ville et sa périphérie rurale. Cet écart est maximal la nuit. En journée, il est constaté des écarts de température de surfaces très importants entre les différences surfaces exposées au soleil, la températures de ces surfaces

n'est pas liés à leur position intrinsèque dans la ville mais aux caractéristiques thermiques de ces surfaces (albedo, épaisseur, conductivité thermique...).

L'utilisation d'images thermographiques prises en journée par satellite a pour conséquence d'atténuer les températures de surface du toit des bâtiments dont la taille est sensiblement inférieures à celle d'un pixel (60 m x 60 m) et de faire apparaître des gradients de température depuis le coeur des bâtiments dont la taille est supérieure à celle d'un pixel en direction de leur périphérie.

Ces images ont vraisemblablement conduit ceux qui utilisent ces images à dénommer avec le même terme "îlot de chaleur urbain" les écarts de température graduels entre un groupes de pixels chauds et les pixels moins chauds qui l'entourent.

De ce fait, deux définitions relatives à l'(aux)îlot(s) de chaleur urbain(s) cohabitent dans la littérature grise :

- l'une - historique et basée sur la climatologie urbaine - souligne l'écart de température ambiante entre la ville et la campagne la nuit ; son échelle est l'aire urbaine;
- l'autre - récente et basée sur la thermographie satellitaire - met en évidence les écarts de température de surface moyennée sur des pixels au sein de la ville, des quartiers voire des blocs en journée, c'est à dire à des échelles infra-urbaines.

Ces deux géographies de l'ICU ont la non-végétalisation et le faible albédo du revêtement comme facteurs communs mais elles reposent sur des mécanismes physiques différents :

- Dans le premier cas, la persistance de la chaleur en ville la nuit est causée principalement par l'inertie thermique des façades et des toits ainsi que des revêtements de sols massivement exposés au soleil (peu présente dans la ville, la végétation n'empêche pas le rayonnement solaire d'atteindre ces surfaces) par comparaison avec la campagne qui se rafraichit plus rapidement.
- Dans le second cas, c'est la différence entre un revêtement de toit ou de sol de faible inertie thermique absorbant bien le rayonnement solaire (faible albédo) et des zones protégées du soleil (forêt, parcs urbains) ou couverte des revêtements à forte inertie et fort albédo (par exemple dalle de pierre massive de couleur claire) qui engendre un écart des températures de surfaces qui croît avec l'augmentation du rayonnement solaire au cours de la matinée.

Représentations ICU	îlot de chaleur urbain (SINGULIER)	îlots de chaleur urbains (PLURIEL)
Type de représentation graphique	transept urbain ou carte avec courbe isotherme	carte thermographique satellite
Température révélée	Air la nuit	Surface le jour
Informations véhiculées	Différentiel de T° d'air selon la circulation de l'air et le rayonnement thermique nocturne des surfaces (inertie thermique) préalablement balayées par l'air	Différentiel des T° de surface selon le type de surface exposée au soleil (nature, albedo, épaisseur du revêtement ...)
Échelle spatiale du problème	aire urbaine "milieu urbain / milieu rural"	intra-urbaine "environnement immédiat"
Spatialités valorisées	milieu rural autour de la ville	parcs et jardins publics, zones d'habitat peu dense avec arbres
Spatialités dévalorisées	centre ville	zones commerciales et industrielles
Origine scientifique	19ème siècle puis années 60 / climatologues urbains	à partir des années 80 / géographes + télédétection

Principale méthode de mesure	capteurs de température d'air reliés à une centrale de relevé	scanner infra-rouge depuis un satellite Landsat
------------------------------	---	---

Tableau 0-2 Deux représentations et conceptions de l'ICU

L'expression îlot de chaleur urbain a introduit en 2004 la question de la chaleur urbaine dans le domaine de l'aménagement au Québec. Sa définition varie selon les autorités publiques et les périodes. Nous distinguons trois périodes-spatialités :

- ▣ La ville de Montréal de 2004 à 2006 et les administrations de la Province du Québec depuis 2006 définissent l'ICU d'une façon souple permettant de concilier les dimensions infra-urbaine (issus des premières cartes thermographiques) et urbaine, conforme à la définition de l'ICU par les climatologues.
- ▣ Les autorités montréalaises à partir de 2006 puis les villes moyennes du sud-ouest de la province à partir de 2009 définissent l'ICU par l'écart entre une zone et son environnement immédiat, cette définition est implicitement restreinte à la température de surface.
- ▣ Depuis 2012, les autorités locales semblent utiliser à nouveau une définition souple de l'ICU correspondant à celle des administrations de la Province mais cette tendance observée dans deux documents de planification reste à confirmer.

L'appropriation de la problématique ICU par les autorités urbaines (ville et arrondissements de Montréal, villes moyennes du sud-ouest du Québec) a été concomitante à la mise à la disposition des cartes thermographiques au milieu des années 2000 à Montréal puis en 2009 sur l'ensemble de la province de Québec.

Nous présumons que la carte thermographique a été déterminante dans l'adoption rapide (eu égard à la lenteur de la construction de l'expertise en aménagement) de la problématique "chaleur estivale" par les urbanistes et aménageurs des villes de la province. Il y a lieu de s'interroger sur les raisons du succès de cette représentation.

3.3 Les raisons du succès de la carte thermographique

Everett Rogers explique le succès d'une innovation par les moyens de communication mis en oeuvre et par les caractéristiques intrinsèques de l'innovation : avantage relatif, essayabilité, simplicité, observabilité et compatibilité avec les milieux adoptants. La rapidité d'adoption de la carte thermographique dans le domaine d'action de l'aménagement est exceptionnelle eu égard à la durée habituelle de renouvellement de l'expertise.

3.3.1 les qualités de la carte thermographique expliquant son succès

▣ Avantages relatifs et Essayabilité

Comparativement aux mesures de température ambiante et au tracé d'isotherme (cf. figure Voogt 2004), la production de carte thermographique est peu coûteuse depuis que la NASA met les données à disposition gratuitement. Intégralement informatisé, le traitement est relativement rapide. Ce faible coût de production rend cette technique facile à essayer tant pour le laboratoire de recherche que de l'autorité locale ou gouvernementale commanditaire.

La question du coût de production des cartes est effectivement sensible. L'UQAM a proposé à la ville de Montréal de mener une campagne de thermographie aéroportée (avec un avion) au-dessus de Montréal dans l'optique d'obtenir une résolution beaucoup plus fine que celle donnée par la NASA et donc de mieux estimer l'impact des matériaux de revêtements. Cependant, le coût de location de l'avion et du scanner optique a été dissuasif.

En théorie d'ici dans 5 ans, on n'a pas les moyens de faire une couverture aéroportée. Un corridor de Verdun jusqu'à la 25, qui va du Mont-Royal jusqu'au fleuve, ça va être à peu près 80 000 \$. (Alors) une couverture aéroportée de la CMM, je ne sais pas combien ça va nous coûter mais...

Les experts les mieux informés s'accordent pour reconnaître que les températures ambiantes correspondent davantage au ressenti de la chaleur par les personnes que la température de

surface du sol ou des toits, mais il semble que la mesure et la représentation des températures ambiantes pose des problèmes plus délicats et plus longs à résoudre.

Nous, ce qui nous intéresse, c'est définitivement la température ressentie, et donc la température de l'air. Mais c'est excessivement complexe à connaître, à cause des vents, à cause de l'humidité, à cause de tous ces phénomènes de déplacement des masses d'air. Donc, dans un premier temps, on n'a pas eu le choix de commencer avec un outil qui se basait sur les températures de surface. QM-04

Je pense qu'il y a une compréhension aussi de la complexité qu'il y a à aller chercher ces données de températures de l'air. Donc, tout le monde comprend bien que c'est quand même un début. QM05

(La carte thermographique est) une première étape, vraiment. Dans un deuxième temps, on essaie d'aller plus loin en faisant l'évaluation. Définitivement oui, il y a eu débat sur le type de températures. Il n'y a pas eu de dissensus ; je pense que tout le monde était réaliste. Pour ces mesures de l'air ambiant, on travaille avec Environnement Canada. Il y a une superbe équipe. Et qui serait intéressée aussi à développer, aller plus loin. Mais, même eux nous disent : « Il va falloir réfléchir à tout ça. Il va falloir développer une méthodologie solide ».

Les images scanner prises par satellite étant gratuites, la production de carte thermographique des températures de surface est beaucoup moins onéreuse que celle de cartes de température ambiante qui supposeraient une modélisation complexe des échanges aérothermiques dans les singularités urbaines (rues, places, immeubles ...). Évidemment, elle est aussi moins onéreuse qu'une campagne de mesures thermographiques par avion. Certes, la précision est moindre mais, comme nous le verrons plus loin, ce n'est peut-être pas un inconvénient pour les utilisateurs de la carte. Ce faible coût constitue non seulement un avantage relatif, il permet aussi d'essayer à moindre frais.

La carte thermographique contribue aussi à rendre plus efficace des actions municipales. C'est le cas pour l'organisation du porte-à-porte auprès des personnes fragiles en période de canicule. Cette activité n'a pas encore été mise en oeuvre mais elle fait l'objet de simulation dans le cadre de plan d'urgence géré par le service de protection civil de la ville de Montréal. La carte thermographique permet de repérer sur le périmètre de l'île de Montréal les populations les plus vulnérables et les plus exposées à une canicule afin d'optimiser la tournée de vérification de l'état des personnes puisque "que lors des périodes de canicules, tu peux pas te donner plusieurs jours pour être capable d'identifier les personnes les plus vulnérables : personnes âgées, enfants en bas âge." QM04. Concrètement, un géographe du Centre de sécurité civile de la ville de Montréal a juxtaposé sur le plan de l'île de Montréal un indicateur de fragilité sociale (revenu, niveau de diplôme ...) et les températures de surface pour identifier les bâtiments résidentiels les plus exposés et habités par les populations les plus vulnérables.

▣ **Simplicité et observabilité**

La mission c'était vraiment de faire un outil assez simple à utiliser pour tous les acteurs. QM05

Dans les arènes de concertation où cette carte a été utilisée, le message qu'elle véhicule est simple à comprendre :

On a fait une étude thermique diachronique de Montréal au complet, puis on a focalisé sur le Mont-Royal à un moment donné. Cela nous permettait effectivement de voir que le Mont-Royal était bien dégradé. Si on observe l'Université de Montréal, on voit que le campus Jean-Coutu il a une empreinte thermique assez forte, notamment les terrains de stationnement illégaux de l'Hôpital Notre-Dame. Il y a quelques années les journaux en avaient parlé ; et bien, on les voit dégradés au milieu. QM04

On a été sollicité justement par la ville de Westmount qui voulait transposer son gazon naturel en gazon synthétique. On connaît les bienfaits pour les joueurs de soccer, les parents, les enfants et tout. Mais thermiquement parlant, il y a des citoyens qui se sont opposés. On est allé participer à des sortes de conseils de ville

municipal. On a fait un petit vidéo. Au bout de la ligne, cela a donné fruit : le projet ne s'est pas fait. QM04

La possibilité de reconnaître des sites et de comparer leurs températures (de surface) par un jeu de couleur rend très accessible le message selon lequel la nature du revêtement a des effets substantiels sur la température. En outre, la reconnaissance du fond de carte facilite l'implication active de l'observateur qu'il soit habitant, urbaniste ou élu :

Les gens étaient plus intéressés de savoir où sont les îlots de chaleur. "Est-ce que mon secteur, est-ce que ma maison est située dans une zone thermiquement dégradée? Est-ce qu'il y a une zone thermiquement dégradée à proximité? Est-ce qu'il y a des projets qui bientôt vont arriver et qui vont dégrader mon milieu thermique." QM04

C'était aussi extrêmement efficace pour sensibiliser tout type d'acteurs à la problématique, les décideurs, les gens qui travaillent aussi pour les municipalités. Qu'en est-il de votre milieu? C'était un début pour dire : « Il y a un problème d'îlot de chaleur et voici où il est situé dans votre milieu. QM-04

Reste à savoir si le message véhiculé est confirmé par l'observation, autrement dit s'il est conforme à l'expérience vécue. Ce témoignage en apporte une preuve :

De toute façon, quand on circule dans un stationnement de centre d'achats ou dans un parc, on est capable quand même... Et nos données de températures de surface nous expriment vraiment une grande différence de température. Et on sait qu'on peut quand même s'y fier. On sait à quel point la température ressentie est influencée par la surface. On ne l'a peut-être pas encore solidement mesurée mais on sait que on peut quand même se fier... QM05

En effet, les expériences vécues de comparaison d'un milieu de plein air à un autre s'opèrent à pied ou en vélo et donc essentiellement sur des courtes distances à quelques minutes d'intervalle. Sur de telles distance et durée, la température ambiante est quasiment identique (cf. supra). La différence ressentie tient donc essentiellement à la variation des températures de surfaces. Dans la comparaison choisie, le bitume noir de l'aire de stationnement est porté à une température élevée qui réchauffe substantiellement le piéton par rayonnement contrairement à l'herbe ou à la terre ombragée du parc qui rayonne très peu.

Certes, il existe des expériences vécues qui infirment le message de la carte (un trottoir en béton clair moins rayonnant qu'une pelouse desséchée en début de journée, une toiture métallique plus fraîche la nuit que le sol d'une forêt ...) mais ces expériences ne se déroulent pas au moment de la journée où il fait le plus chaud ; elle ne sont pas considérées comme représentatives de l'ICU. La possibilité d'observer constitue un facteur très favorable à la crédibilité de la carte thermographique et, par conséquent, à sa diffusion.

Et j'ai encore fait la démonstration récemment où on explique à des élus le phénomène des îlots de chaleur et quand on leur montre la carte à infrarouge d'Ouranos et qu'on leur explique qu'il y a des différences de l'ordre de 5 à 10 degrés centigrades dans une même journée à quelques 30 km de distance, les gens restent incrédules. Et il faut la carte pour le démontrer. Et là, ils osent croire parce que la preuve scientifique est démontrée. QM06

▣ **Compatibilité**

Le domaine de l'aménagement et de l'urbanisme rassemble des professionnels dont l'expertise est constitué par la formation initiale, l'expérience accumulée et les outils et procédures qu'ils manipulent dans leurs activités au sein de leurs organisations respectives. La carte thermographique est-elle compatible avec les représentations, les finalités et les postures de l'aménagement ?

-
- avec les représentations sensorielles de la chaleur estivale

Compatible avec l'expérience vécue, la carte thermographique conforte une intuition : celle que la température est moins forte dans les zones végétalisées que dans les zones minéralisées.

D'instinct on savait qu'il faisait plus chaud en ville parce que c'est construit et que c'est plus frais à la campagne parce qu'il y a des arbres, il y a de l'air. QM06

Puis là on s'est aperçu très clairement que les zones d'îlots de chaleur, il y en avait à Montréal. (...) Là, on s'est aperçu qu'il y en avait des gros îlots de chaleur et que les gros îlots de chaleur étaient finalement dans des endroits... ce n'était pas une grosse surprise... mais disons qu'on les a quand même très clairement identifiés : zones industrielles, les grands centres commerciaux, évidemment les grandes autoroutes, tout ce qui est très asphalté, tout le secteur du centre-ville et puis, les secteurs moins bien nantis, bords d'autoroutes, etc., des secteurs qui ont moins de parcs, moins d'espaces verts, moins d'aménagement. QM02

La carte thermographique fait apparaître des gradients de température de surface : ils donnent ainsi forme et sens à la notion d'îlots (au pluriel) de chaleur urbain : le cœur de l'îlot est la zone la plus chaude et la couronne à une température intermédiaire entre ce cœur et l'environnement de l'îlot. Les aménageurs interprètent les gradients de température comme une propagation de la chaleur des surfaces les plus chaudes à leurs voisines.

Donc, on s'apercevait que l'enjeu majeur, et donc l'effet d'irradiation des îlots de chaleur, avaient un effet plus grand à partir de ces pôles mêmes des îlots de chaleur vers les quartiers avoisinants. QM06

- avec une finalité ancienne de l'aménagement : le verdissement

En soulignant les effets bénéfiques de la végétation (la température des feuilles des arbres ou d'un gazon couvrant intégralement le sol étant généralement très proche de celle de l'air ambiant et sensiblement plus faible que les sols ou toitures exposés au soleil), la carte thermographique conforte l'objectif de végétalisation couramment appelée "verdissement". Le verdissement répond aussi à d'autres fonctions essentielles de la ville : la rétention des eaux pluviales afin de désengorger les réseaux d'assainissement, l'absorption du dioxyde de carbone (et donc la réduction des émissions de gaz à effet de serre), la capture des poussières et le maintien de la biodiversité. Il répond aussi au désir de nature ressentis par les habitants des villes. Ces multiples fonctions assignées à la végétation créent un consensus pour le verdissement : intermédiaires entre les ingénieurs des services urbains (botanistes, paysagistes, gestionnaire des réseaux d'eaux, gestionnaire des transports ...) et les élus ainsi que les habitants (notamment dans les scènes de concertation), les professionnels de l'aménagement partagent une image positive du verdissement.

Il y a toujours eu un questionnement de verdissement à Montréal. À une époque, ils ont été très préoccupés des arbres. Moi, je me rappelle dans les années 90, c'est comment les arbres peuvent survivre au centre-ville. Tu sais, toutes ces questions-là de... Il y a toujours eu une préoccupation de l'équipe des parcs et du verdissement. QM03

Dans le temps (...) il y avait une division des parcs importante. (...) Ils avaient essayé de faire un indice de chaleur. Dans les années 90, il y avait une carte avec les indices. Eux avaient déjà été dans les années 90 sensibles à les différences de températures sur l'île de Montréal : où quand c'était plus vert, c'était plus frais. (...) Donc, une sensibilité. Mais je pense que ce travail de cartographie a été le déclencheur. QM03

Là, on s'est aperçu qu'il y en avait des gros îlots de chaleur et que les gros îlots de chaleur étaient finalement dans des endroits... ce n'était pas une grosse surprise... mais disons qu'on les a quand même très clairement identifiés : zones industrielles, les grands centres commerciaux, évidemment les grandes autoroutes, tout ce qui est très asphalté, tout le secteur du centre-ville et puis, les secteurs moins bien nantis, bords

d'autoroutes, etc., des secteurs qui ont moins de parcs, moins d'espaces verts, moins d'aménagement. QM02

Et, par sa simplicité de compréhension (cf. supra), elle apporte directement des arguments aux habitants qui demandent le verdissement de la ville.

On a été sollicité justement par la ville de Westmount qui voulait transposer son gazon naturel en gazon synthétique. On connaît les bienfaits pour les joueurs de soccer, les parents, les enfants et tout. Mais thermiquement parlant, il y a des citoyens qui se sont opposés puis on est allé participer à des sortes de conseils de ville municipaux. On a fait un petit vidéo puis tout ça. Donc, ça a permis au bout de la ligne, bien ça a donné fruit, ça ne s'est pas fait. QM04

Et non seulement ils vont être identifiés mais ils vont être hiérarchisés selon leur vulnérabilité, leur effet rafraîchissant, leur composition, etc. Donc, ça, ça va être un autre outil pour les municipalités pour savoir... (...) Donc, ça va être intéressant aussi pour les citoyens qui veulent défendre des petits coins verts qui restent dans leur milieu et qui sont peut-être appelés à disparaître pour des nouveaux projets immobiliers. QM05

La conviction que le verdissement constitue un bienfait est tellement forte, qu'elle a conduit à omettre des informations qui brouilleraient le message. Ainsi les terres agricoles desséchées (et qui de ce fait absorbent le rayonnement solaire comme les sols urbanisés de même albedo) ont été retirées des cartes thermographiques mise en ligne par l'INSPQ.

Après l'analyse, il y a des zones agricoles, qui étaient très sèches et qui ont ressorties comme îlots. Alors, ces zones ont dû être effacées. QM05

- avec la posture essentielle des aménageurs/urbanistes : discriminer l'espace urbain pour mieux spatialiser les mesures

La carte thermographique discrimine l'espace urbain. Et discriminer l'espace constitue l'essence et la spécificité des professionnels de l'aménagement. En l'occurrence, elle permet de localiser le problème de la chaleur urbaine et d'établir des priorités d'actions à la fois en termes de localisation et de nature.

Parce que si on regarde l'arrondissement de Saint-Laurent, ils ont vraiment été tournés eux-mêmes vers la solution. Ils avaient un problème de très grands espaces de stationnement, de grands îlots de chaleur. Sur la carte, ce sont les secteurs industriels qui étaient les plus chauds... Et puis eux, par rapport à ça ils ont dit : avec notre règlement de zonage, on est capable d'exiger, de modifier le règlement de stationnement et d'exiger une autre manière de verdir les stationnements. QM03

La carte thermographique peut contribuer à mettre à l'agenda de nouvelles cibles pour le verdissement : en l'occurrence les toits et les chaussées, des objets techniques dont il convient de faire évoluer la réglementation.

Donc, par rapport à la lutte aux îlots de chaleur urbains, je dirais que la plus grande bataille que l'on doit faire actuellement, c'est de tenter... et là, on va tenter de le faire de notre côté via la révision du schéma d'aménagement et du plan d'urbanisme... de voir comment on peut dans la réglementation imposer des règles d'aménagement, de construction de nouveaux bâtiments industriels et commerciaux qui imposent justement des normes quant aux toits réfléchissants, quand aux toits verts, quant aux normes d'implantation des stationnements. Donc, là c'est notre intention de le faire. Il y a l'autre bataille que l'on mène à l'interne encore aussi. C'est une révision des modes d'aménagement de la chaussée. QM06

Comme le révèle le témoignage ci-dessus, la carte permet aux aménageurs municipaux d'intervenir dans d'autres domaines de l'action municipale que le leur. La discrimination de l'espace urbain conforte la posture transversale de la planification stratégique et sa position d'aide à la décision auprès des élus.

Dans ce sens-là, il n'y a pas une équipe qui s'attaque aux îlots de chaleur urbain. Mais, il y a différentes mesures qui sont prises en compte qui sont mises de l'avant qui auront un effet pour lutter contre les îlots de chaleur urbains. (...) c'est une réponse qui est pour l'instant séparée parce qu'il y a un champs d'application municipale qui est plus clair en matière d'infrastructure ou de plantation d'arbres ou de réglementation, mais dont les effets combinés nous permettraient, on croit, de réduire les îlots de chaleur urbains. QM06

Il faut des volontés politiques. Et dans ce sens-là, dans le cadre donc des changements d'aménagement, on le voit encore une fois que c'est à l'échelle locale que les premières opérations ont pu se faire. Donc, le maire de Saint-Laurent qui impose... qui indique une volonté de changement et donc l'arrondissement qui impose de nouvelles règles quant au stationnement à ciel ouvert, les stationnements de surface pour avoir des superficies perméables. Ou le maire de Rosemont, qui impose, par une vision qu'il a, d'implanter des toits blancs et d'accroître la superficie de terrains, de sols perméables dans les nouvelles constructions. Dans tous les cas, il faut donc que ces gens-là soient alimentés par la machine administrative si j'ose dire. Des documents en font état mais il faut que les élus eux-mêmes soient sensibilisés pour vraiment arriver à faire ces changements. QM06

3.3.2 Processus d'adoption et agent du changement

- Les processus d'adoption et de diffusion

Le processus d'adoption d'une innovation défini par Rogers s'est vérifié à maintes reprises au sein des organisations locales en charge de la planification.

La première carte thermographique a été produite par l'Université du Québec à Montréal (UQAM) dans le cadre d'un projet financé par le programme interdisciplinaire de recherche Ouranos. Des urbanistes de la ville de Montréal en ont pris connaissance, se sont convaincus de son intérêt et l'ont intégré dans le Plan d'urbanisme un document de planification stratégique élaboré tous les 8 à 12 ans (Ville de Montréal 2004).

Par la suite, d'autres institutions territoriales (Communauté Métropolitaine de Montréal, Centre Régional de l'Environnement de Laval, Commune de Granby, la société d'habitat SCHL ...) ont pris connaissance de ce type de carte via le Plan d'urbanisme de la ville de Montréal ou des publications/communication de l'UQAM à qui ils ont commandé des cartes.

Parallèlement, l'Institut National de la Santé Publique du Québec (INSPQ) s'est rapproché d'Ouranos et a commandé une carte thermographique couvrant le sud de la province afin de la rendre accessible en ligne à plusieurs publics cibles : citoyens, élus et services municipaux. Cela a permis à des petites et moyennes villes d'accéder à la carte thermographique de leur territoire et de l'utiliser pour élaborer leur planification stratégique ou justifier des actions de leur programme de développement durable (équivalent du Plan Climat en France).

Pris isolément, ces multiples processus d'adoption de la carte thermographique suivent les phases identifiées par Rogers : connaissance, conviction, décision et confirmation. Considérés globalement, ils constituent le processus de diffusion de la carte thermographique dans les villes du Québec. Cette diffusion de villes à villes a nécessité une adaptation de la définition d'îlot de chaleur urbain (cf. section 3.5) et la promotion de la carte thermographique par une organisation que Rogers appelle "change agent".

- L'INSPQ, agent du changement

L'INSPQ est une émanation du ministère québécois de la Santé, sa mission consiste à prévenir les risques sanitaires. Alerté par les canicules de Chicago en 1995 et de la France en 2003 et informé par des échanges avec Santé Canada, INSPQ a enquêté sur les initiatives municipales en matière de traitement des vagues de chaleur et de mitigation de la chaleur estivale : *Vagues de chaleur, îlot thermique urbain et santé examen des initiatives actuelles d'adaptation aux changements climatiques au Québec* (Giguère et Gosselin 2006). Elle a ensuite mise en ligne une carte thermographique interactive de l'ICU pour le sud-est québécois et la vallée du Saint-Laurent, c'est

à dire là où se concentrent les villes du Québec et où le risque de vague de chaleur est le plus élevé puis elle a lancé un programme pilote d'expériences d'adaptation socio-urbaine à la chaleur estivale.

La carte provinciale a été produite principalement pour les appels de proposition. (L'INSPQ) voulait déjà savoir où étaient les zones problématiques dans les milieux densément peuplés, dans le Québec méridional, le Sud de la province. Elle a été produite par (...) une chercheuse affiliée à l'INSPQ. Donc, c'était important d'avoir un support visuel pour dire : « Vous devez faire un projet ou vos projets doivent être localisés dans ces zones-là. Voici les zones où il faut intervenir de façon prioritaire. »

L'appel à projet a été couronné de succès ; avec l'aide d'associations environnementalistes ou d'architectes-urbanistes, de nombreuses institutions publiques ont répondu. La diffusion de l'appel à projet a permis de sensibiliser les municipalités au problème de l'ICU. L'INSPQ a publié un fascicule intitulé *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains revue de littérature* (Giguère 2009). Les préconisations de ces documents ont été reprises dans plusieurs guides relatifs au développement durable publiés par la ministre en charge de l'aménagement du territoire (le MAMROT) à destination des municipalités de la province la gestion des eaux pluviales (Boucher 2010) et sur l'urbanisme durable (P. Blais, I. Boucher, et A. Caron 2012). Désormais, la lutte contre les ICU par les municipalités apparaît comme faisable puisque des solutions existent. Elle peut être mise à l'agenda.

Peu après sa mise en ligne, la carte thermographique interactive a été utilisée par plusieurs villes moyennes du Québec pour leur planification stratégique (cf. tableau 2) alors qu'elle n'avait pas connaissance du phénomène d'ICU quelques mois auparavant.

On est en 2012. Si je me reporte à 2009, la connaissance était presque nulle en fait. (...) Donc, je crois que les connaissances sont vraiment meilleures, même après 3 ans. Oui. Il y a encore par contre, j'ai l'impression, des équipes, des directions de l'urbanisme qui lisent peut-être moins les nouvelles, qui sont peut-être moins curieuses. Ce n'est pas généralisé cette connaissance. À Montréal, définitivement. Je pense que l'information a bien circulé et si vous demandez à des gens dans les municipalités, je ne pense pas qu'ils aient de problème à le faire. Oui, je crois qu'ils se le sont bien appropriés.

- Le changement climatique : un savoir académique et sensible moteur de la diffusion

Nous avons vu en quoi la carte thermographique remplissait les caractéristiques favorisant son adoption par les municipalités et les aménageurs. Une raison conjoncturelle explique le succès de la carte : la conviction que le changement climatique va se traduire par une augmentation des températures estivales et du risque de canicule. Et sur ce point, l'observation sensible du présent vient conforter les savoirs académiques sur le réchauffement climatique.

On avait toujours une période de canicule. Enfant, je me rappelle donc d'une semaine, à l'époque où on était en Fahrenheit, des 98 et des 100 degrés Fahrenheit, ce qui équivalent à des 33-35 degrés centigrades. Ça arrivait. Il y en avait une semaine par année. Mais là, ce qu'on connu par ailleurs, c'est justement les changements climatiques ont amené donc des périodes de canicules non seulement plus fréquents mais à des périodes où on était pas habitués. Alors les périodes de canicule, c'était en mi-juillet, en plein cœur de l'été. Là, il y a eu des périodes de canicules qui sont apparues en juin, début juin. QM06

Où comment l'observation du présent conforte un savoir académique et en fait un moteur de la diffusion d'une innovation.

Conclusion

Issue des satellites Landsat dont les données ont été rendues publiques dans les années 90, la carte thermographique révèle une multiplicité d'îlots de chaleur urbains au sein des métropoles. Utilisée au milieu des années 2000 à Montréal, puis mise en ligne en 2009 pour le sud de la

province de Québec, elle a fortement contribué à l'appréhension du problème de surchauffe estivale dans le domaine de l'aménagement.

Le succès de la carte thermographique s'explique par des caractéristiques favorables à son adoption (selon Rogers) :

- ▣ ses avantages (relativement à l'autre technique d'observation et de représentation) et son essayabilité : les images satellites permettent de représenter des températures (certes de surface et non ambiante) à un coût négligeable par rapport à des campagnes de mesures de température ambiantes suivies de traitements informatiques complexes pour reconstituer des températures ambiantes dans l'espace; ce faisant, elles peuvent être testées sans risque financier pour produire des cartes répondant à différents usages,
- ▣ sa simplicité et son observabilité : le passage sans médiation de la mesure à la représentation rend la carte thermographique très facile à comprendre et apporte une objectivité indiscutable aux faits révélés ; la représentation sur un fond de carte permet à tout un chacun d'observer la pertinence de la carte par rapport à des expériences vécues, par exemple sur des parcs de stationnement et dans des jardins publics,
- ▣ sa compatibilité : d'une part, la carte thermographique conforte une vision commune selon lesquelles la végétation est bénéfique aux citoyens et, inversement, les zones commerciales automobiles nuisibles ; d'autre part, en discriminant l'espace urbain, elle sert la fonction essentielle et spécifique des urbanistes qui consiste à spatialiser l'action publique.

Cependant, la carte thermographique ne correspondait pas à la définition historique de l'ICU basée sur l'écart de température ambiante nocturne entre la ville et sa périphérie. La définition de l'ICU a donc été adaptée (cf. section 3.5) en introduisant la notion "d'environnement immédiat" et en omettant de préciser le moment de la journée et le type de température (ambiante ou de surface). Ainsi, les définitions données dans les documents des institutions provinciales et locales sont rendues compatibles avec la représentation de l'ICU véhiculée par la carte thermographique qui correspond à la colonne de droite dans le tableau ci-dessous.

Représentations ICU	îlot de chaleur urbain (SINGULIER)	îlots de chaleur urbains (PLURIEL)
Type de représentation graphique	transept urbain ou carte avec courbe isotherme	carte thermographique satellite
Température révélée	Air la nuit	Surface le jour
Informations véhiculées	Différentiel de T° d'air selon la circulation de l'air et le rayonnement thermique nocturne des surfaces (inertie thermique) préalablement balayées par l'air	Différentiel des T° de surface selon le type de surface exposée au soleil (nature, albedo, épaisseur du revêtement ...)
Échelle spatiale du problème	aire urbaine "milieu urbain / milieu rural"	intra-urbaine "environnement immédiat"
Spatialités valorisées	milieu rural autour de la ville	parcs et jardins publics, zones d'habitat peu dense avec arbres
Spatialités dévalorisées	centre ville	zones commerciales et industrielles
Origine scientifique	19ème siècle puis années 60 / climatologues urbains	à partir des années 80 / géographes + télédétection
Principale méthode de mesure	capteurs de température d'air reliés à une centrale de relevé	scanner infra-rouge depuis un satellite Landsat

Tableau 0-3 Deux représentations différentes du concept l'îlot de chaleur urbain

Dans une première période (ville de Montréal de 2004 à 2006 et administrations provinciales à partir de 2006), la définition donnée de l'ICU concilie les dimensions urbaine (écart ville/périphérie) et intra-urbaine (multiples ICU dans la ville). Dans une seconde période (les différentes autorités montréalaises à partir de 2006 puis les villes moyennes du sud-ouest de la province à partir de 2009), il ne reste que la référence à l'environnement immédiat. Depuis 2012, les autorités locales et les institutions provinciales utilisent à nouveau une définition large de l'ICU, mais cette tendance observée dans deux documents de planification reste à confirmer.

La carte thermographique était compatible avec les besoins et les représentations des professionnels de l'aménagement ; avec l'adaptation de la définition de l'ICU, les connaissances qu'elle véhicule bénéficient de la crédibilité scientifique attachée au concept d'îlot de chaleur urbain. Pris isolément dans chaque ville, le processus d'adoption suit les phases identifiées par Rogers : connaissance, conviction, décision et confirmation. Considérés globalement, ces multiples processus d'adoption confortent la crédibilité de la carte thermographique et accélèrent la diffusion de la carte thermographique et son utilisation dans les villes du Québec.

Après une première utilisation par la ville de Montréal, une institution supra-locale (INSPQ) a grandement contribué à diffuser l'utilisation de la carte par les aménageurs des municipalités. Elle a d'abord présenté des mesures de lutte aux ICU ce qui la fait apparaître comme faisable : la lutte aux ICU est à la portée des autorités municipales. Après que quelques institutions locales aient crédibilisé la carte thermographique et son usage pour la planification stratégique, l'INSPQ a mis en ligne une carte interactive permettant aux municipalités et habitants de visualiser les ICU de leur territoire. Le programme pilote d'appel à projets de traitement des ICU et sa médiatisation ont contribué à mettre cette préoccupation à l'agenda de la planification stratégique.

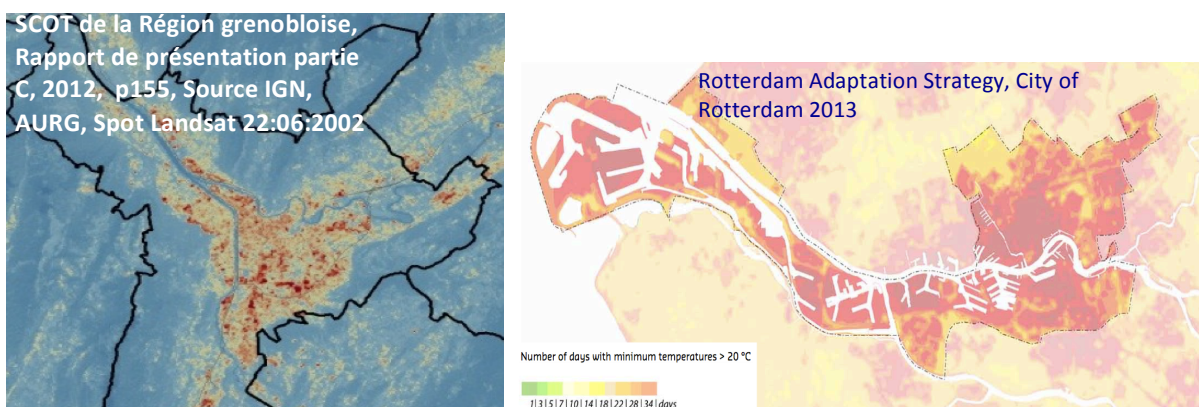


Figure 49 Carte thermographique des aires urbaines de Grenoble (France) et Rotterdam (Pays-Bas)

D'autres métropoles, notamment en Europe (cf. les cartes de Grenoble et Rotterdam ci-dessous) utilisent des cartes thermographiques dans la planification stratégique. A Rotterdam, elle apparaît dans un document sur la stratégie d'adaptation de la ville de Rotterdam en 2013 qui préconise la végétalisation des toits des bâtiments logistiques portuaires. A Grenoble, la carte est apparue en 2012 dans le rapport de présentation du SCoT mais n'a pas (encore ?) été reprise dans des documents de planification spatiale plus détaillés.

La diffusion aux villes moyennes qui caractérise le cas québécois est particulièrement intéressante, nous avons pu l'observer sur une période de 10 ans du fait de la précocité de son utilisation à Montréal (dès 2004). L'avenir dira si l'amélioration de la résolution (en particulier par des images thermographiques effectuées à partir d'un avion) sonne le glas de la conception intra-urbaine de l'îlot de chaleur urbain et ce que deviendront alors les mesures de lutte à l'îlot de chaleur urbain.

Tables des figures et tableaux ICU Québec

FIGURE 38 CARTE DES ILOTS DE CHALEUR URBAIN DE LA RÉGION DE MONTRÉAL EXTRAITE DU PLAN DE DÉVELOPPEMENT DURABLE (PROJET) DE LA VILLE DE MONTRÉAL 2012.....	105
FIGURE 39 ILOT DE CHALEUR URBAIN : TRANSEPT ET CARTE THERMOGRAPHIQUE EXTRAITS DE GIGUÈRE (INSPQ) 2009	108
FIGURE 41 RELATION ENTRE LES ICU ET L'OCCUPATION DU SOL (VIOLET CLAIR CORRESPOND À HABITAT PAVILLONNAIRE SUR LA CARTE DE GAUCHE) SOURCE : DONNÉES.GOUV.QC.CA 2013.....	109
FIGURE 42 ECART DE TEMPÉRATURE AMBIANTE ENTRE URBAIN ET RURAL SELON L'HEURE SOURCE OKE 1982.....	110
FIGURE 43 GRADIENT DE TEMPÉRATURE AMBIANTE AU DESSUS D'UNE VILLE SOURCE : OKE 1982.....	111
FIGURE 44 VARIATION DES TEMPÉRATURES DE SURFACE ET DE L'AIR SOURCE EPA 2002 SCHÉMA D'APRÈS VOOGT	112
FIGURE 45 VARIATION DES TEMPÉRATURES ATMOSPHÉRIQUE ET DE SURFACE SOURCE VOOGT 2004	113
FIGURE 46 TROIS CONFIGURATIONS DE BÂTIMENTS DONT LA TEMPÉRATURE DE SURFACE DU TOIT EST NETTEMENT PLUS ÉLEVÉE QUE CELLE DU SOL AUTOUR : A) À DROITE ET B) ET C) À GAUCHE	114
FIGURE 47 EFFET DE LA RÉOLUTION SUR LA REPRÉSENTATION D'UNE TRÈS GRANDE SURFACE DE TOITURE DONT LA TEMPÉRATURE DE SURFACE EST BEAUCOUP PLUS ÉLEVÉE QUE CELLE DE SON ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT	115
FIGURE 48 EFFET DE LA RÉOLUTION SUR LA REPRÉSENTATION DE ZONES CONSTITUÉES DE BÂTIMENTS DE PETITE TAILLE ISOLÉS (C) OU ADJACENTS (B) DONT LA TEMPÉRATURE DE SURFACE DU TOIT EST PLUS ÉLEVÉE QUE CELLE DE LEUR ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT.....	115
FIGURE 49 CARTE THERMOGRAPHIQUE DES AIRES URBAINES DE GRENOBLE (FRANCE) ET ROTTERDAM (PAYS-BAS)	125
TABLEAU 0-1 MENTION DE L'ILOT DE CHALEUR URBAIN DANS LES DOCUMENTS D'URBANISME DES PRINCIPALES MUNICIPALITÉS DU QUÉBEC (HORS MONTRÉAL).....	107
TABLEAU 0-2 DEUX REPRÉSENTATIONS ET CONCEPTIONS DE L'ICU.....	117
TABLEAU 0-3 DEUX REPRÉSENTATIONS DIFFÉRENTES DU CONCEPT L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN	125

Bibliographie ICU Québec

A. Bourque, et G. Simonet. 2008. « Québec ». In *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, édité par D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix, et E. Bush, 171-226. Ottawa: Gouvernement du Canada.

Arrondissement de Rosemont-la-Petite-Patrie, Montréal. 2012. *Îlots de chaleur urbains. Tout ce qu'il faut savoir!* Arrondissement Rosemont-La-Petite-Patrie.

Boucher, Isabelle. 2010. *La gestion durable des eaux de pluie guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. [Québec]: Ministère des affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire, Direction générale des politiques, Unité ministérielle de veille. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/1988378>.

Boucher, Isabelle, Pierre Blais, Québec (Province). MAMROT, et Vivre en ville (Association). 2010. *Le bâtiment durable. Guide des bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. [Québec]: Ministère des affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire, Direction générale des politiques, Unité ministérielle de veille. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/1988376>.

Chandler, T. J. 1970. *Selected bibliography on urban climate*. Tech. Note No. 155. Geneva: World Met. Organiz. No. 276.

Fortin, Luc. 2001. « Changements climatiques et risque pour la santé : une première conférence canadienne ». *BISE : bulletin d'information en santé environnementale, INSPQ, Gouvernement du Québec*, décembre. inspq.qc.ca/.../Etude-des-ilots-de-chaleur-montrealais-dans-une-perspective-de-sante-publique.aspx.

Giguère, Mélissa. 2009. *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains revue de littérature*. [Montréal Québec]: Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique Québec. <http://site.ebrary.com/id/10350859>.

Giguère, Mélissa, et Pierre Gosselin. 2006. *Vagues de chaleur, îlot thermique urbain et santé examen des initiatives actuelles d'adaptation aux changements climatiques au Québec*. [Montréal]: Institut national de santé publique du Québec. <http://www4.banq.qc.ca/pgq/2007/3243842.pdf>.

I. Boucher, et N. Fontaine. 2010. *La biodiversité et l'urbanisation. Guide des bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. Québec: Ministère des affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire, Direction générale des politiques, Unité ministérielle de recherche et de veille.

King, Norman, JO-Anne Simard, et Geoffroi Vallee. 2002. « Programme d'avertissement montréalais de chaleur accablante: pour prévenir les risques à la santé ». *BISE: bulletin d'information en santé environnementale, INSPQ, Gouvernement du Québec*, mai. inspq.qc.ca/.../Etude-des-ilots-de-chaleur-montrealais-dans-une-perspective-de-sante-publique.aspx.

Lachance, Geneviève, Yves Baudouin, et Frédéric Guay. 2006. « Étude des îlots de chaleur montréalais dans une perspective de santé publique ». *BISE: bulletin d'information en santé environnementale, INSPQ, Gouvernement du Québec*. inspq.qc.ca/.../Etude-des-ilots-de-chaleur-montrealais-dans-une-perspective-de-sante-publique.aspx.

Lomakine, Cédric. 2011. « RAPPORT SUR L'ATELIER 2. ILOTS DE CHALEUR, PUIITS DE FRAICHEUR, ZONES SENSIBLES : CARTES URBAINES ». In *L'AMBIANCE EST DANS L'AIR La dimension atmosphérique des ambiances architecturales et urbaines dans les approches environnementales*, 29-35. Grenoble: Nicolas Tixier.

MEDTL. 2011. *Plan national d'adaptation aux effets du changement climatique (2011-2015)*. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, du Transport et du Logement.

Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique. 2007. *Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, novembre 2006*. La Documentation française. Paris.

———. 2010. *Villes et adaptation au changement climatique*. La Documentation française.

-
- Oke, T. R. 1979. *Review of urban climatology, 1973-1976*. Tech. Note No. 169. Geneva: World Met. Organiz. No. 539.
- . 1982. « The Energetic Basis of the Urban Heat Island ». *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 108 (455): 1-24. doi:10.1002/qj.49710845502.
- Ouranos (Consortium). 2004. *S'adapter aux changements climatiques*. Montréal: Ouranos. http://www.ouranos.ca/cc/table_f.html.
- P. Blais, I. Boucher, et A. Caron. 2012. *L'urbanisme durable : Enjeux, pratiques et outils d'intervention*. Planification territoriale et développement durable. Québec: Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (Gouvernement du Québec).
- Plan d'action de développement durable 2008-2013*. 2009. Québec: Institut national de santé publique du Québec.
- US EPA. 2012. « Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies | Heat Island Effect ». Consulté le juillet 6. <http://www.epa.gov/heatisland/resources/compendium.htm>.
- Ville de Montréal. 2004. *Plan d'urbanisme de Montréal*. Ville de Montréal.
- . 2007. *Premier plan stratégique de développement durable de la collectivité montréalaise*. Ville de Montréal.
- . 2012. *Demain Montréal. Projet de plan de développement de Montréal*. Ville de Montréal.
- Vinck, Dominique. 2009. « De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière ». *Revue d'anthropologie des connaissances* Vol. 3, n° 1 (1): 51-72. doi:10.3917/rac.006.0051.
- Voogt, James. 2002. « Urban Heat Island ». *Encyclopedia of Global Environmental Change*. Chichester:: Munn T.
- . 2004. « Urban Heat Islands: Hotter Cities ». *Actionbioscience*, novembre. <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>.
- . 2009. « How Researchers Measure Urban Heat Islands ». PDF. http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/EPA_How_to_measure_a_UHI.pdf.

4 La planification énergétique territoriale en Suisse

Introduction

La planification énergétique territoriale (PET) consiste à planifier dans l'espace les flux d'énergie sur un territoire en articulation, voire au sein, des plans d'aménagement du territoire (plan et règles d'urbanisme en France). En Suisse, elle est assurée par des institutions territoriales : les Cantons à leur propre échelle et les Communes selon le cadre législatif et réglementaire cantonal. Elle se concrétise par des cartes présentant les besoins actuels et/ou futurs de consommation, le potentiel de production du territoire ainsi que des zones du territoire de même profil énergétique et mesures préconisées.

Contrairement à la France, le parlement national (le Conseil National et le Conseil des Etats) ne peut légiférer en matière d'organisation des pouvoirs municipaux et d'aménagement du territoire à l'échelle communale ni en matière de construction et de réhabilitation de bâtiment. Cependant, il définit la politique énergétique suisse et confie sa mise en oeuvre au Conseil Fédéral (le gouvernement de la confédération).

Quelques mois après Fukushima, la Suisse (le parlement national sur proposition du Conseil Fédéral) a décidé de sortir du nucléaire et d'utiliser massivement les énergies locales. Elle compte sur la planification énergétique territoriale pour mobiliser les ressources énergétiques locales. Pour l'observateur des politiques énergétique et de construction menées en France, il y a là une énigme. Comment le Conseil Fédéral peut-il généraliser les pratiques de PET alors que ni l'aménagement ni les bâtiments ne relèvent de sa compétence administrative et législative ?

En 2011, le gouvernement fédéral et les cantons ont choisi de s'appuyer sur le label "Cité de l'Énergie" pour étendre au plus grand nombre de communes les pratiques de planification énergétique. Ce chapitre est consacré à la genèse de cette décision et à sa mise en oeuvre.

Analyser un objet en construction dans un système institutionnel lui-même en évolution rapide (du fait de l'accélération de la réorientation énergétique) est toujours un exercice délicat. Il diffère selon le recul historique de l'observateur. Dans le cas particulier étudié, la difficulté est renforcée. D'une part, nous avons découvert, de façon empirique, des fondements système du institutionnel suisse à partir de l'objet sans avoir ni le temps ni la compétence pour mobiliser le champ de l'analyse comparée des politiques et des institutions. D'autre part, l'objet étudié entrecroise des champs de connaissances très différents tels que l'ingénierie énergétique, le droit, l'économie et la politique. Plutôt que de nous cantonner au champ de l'aménagement, nous avons pris le risque de décrire des mécanismes relevant des différents champs pour révéler l'entrecroisement des mondes sociaux. Il faut donc considérer les résultats présentés ici comme des résultats issus d'une recherche qui est essentiellement exploratoire.

La première partie présente la méthode de planification énergétique communale (PEC) diffusée par Cité de l'Énergie et ses origines conceptuelles. Son pilotage institutionnel est traité dans la deuxième partie en le situant dans l'organisation et la dynamique des politiques énergétiques en suisse. La troisième se focalise sur trois points clés : le cadre légal cantonal, l'imaginaire société à 2000 watts et l'articulation de la PEC avec l'aménagement.

Préambule sur la méthodologie

L'enquête a été menée au cours du premier semestre 2012 après immersion dans le contexte suisse au sein de l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne. Les échanges avec mes collègues de l'institut ont permis d'identifier les structures en charge de la diffusion d'innovations en matière de planification énergétique communale : l'Office Fédéral de l'Aménagement, l'association Cité de l'Énergie (version francophone de Energiestadt), le Centre de Recherches Énergétiques et Municipales, les bureaux d'études BG Conseil et Amstein&Walther. Au niveau cantonal, deux services jouent un rôle essentiel dans l'élaboration des lois et règles ainsi que dans l'accompagnement des communes dans leur démarche de PEC : le service de l'énergie et celui de l'aménagement du territoire. Pour chacune de ces organisations, nous avons interrogé la personne impliquée dans la diffusion et/ou ayant, au dire de nos informateurs, une distance

critique. Trois universitaires supplémentaires ont été interrogés : à Genève et dans les Ecoles Polytechniques Fédérales de Zürich et de Lausanne.

Le corpus a été rassemblé en explorant la littérature scientifique -peu étoffée- sur les politiques énergétiques locales, cantonales et fédérales et en sélectionnant la littérature grise produite par les organisations susnommées sur le sujet.

Les entretiens ont été menés de façon semi-directive. Dans un premier temps, la personne interrogée est invitée à décrire son parcours professionnel et son organisation. Dans un second temps, il lui est posé des questions ouvertes l'incitant à raconter l'histoire de la planification énergétique territoriale sur son territoire d'action (la confédération ou le canton) ou bien d'éléments qu'il a eu l'occasion d'observer ; des questions de relance sont prévues. Dans le dernier temps des questions basées sur les concepts de l'innovation (cf. chapitre 1) sont posées pour obtenir des précisions sur les thèmes non traités ou pour approfondir un point déjà abordé et particulièrement intéressant. La grille d'entretien a sensiblement évolué au cours des premiers entretiens.

4.1 Une méthode de planification énergétique communale

Depuis 2013, les communes suisses ont à leur disposition des fascicules proposés par Cité de l'Energie, SuisseEnergie et l'Office Fédéral du Développement Territorial (usuellement dénommé ARE) décrivant la façon d'élaborer un plan énergétique communal. En 2012, au moment de notre enquête, Cité de l'énergie était déjà chargée d'accompagner les communes dans la démarche de planification énergétique via la délivrance du label éponyme. Les référents communaux du label Cité de l'Energie disposaient alors de documents de plusieurs origines et moins précis.

Après une description de la méthode révélée par ces fascicules, nous identifions ses liens avec les sphères d'acteurs impliqués dans son élaboration.

Il est à noter que cette méthode restreint la PEC à l'approvisionnement en chaleur alors que le Label Cité de l'Energie couvre tous les vecteurs énergétiques et tous les usages de l'énergie (y compris la mobilité). Cette bifurcation nous étonne, cependant dans la mesure où notre enquête s'est déroulée plus d'une année auparavant, nous n'avons pas analysé cette évolution. La présentation de la méthode dans la section suivante est focalisée sur le processus d'élaboration de la PEC et ne traite donc pas de la question du périmètre.

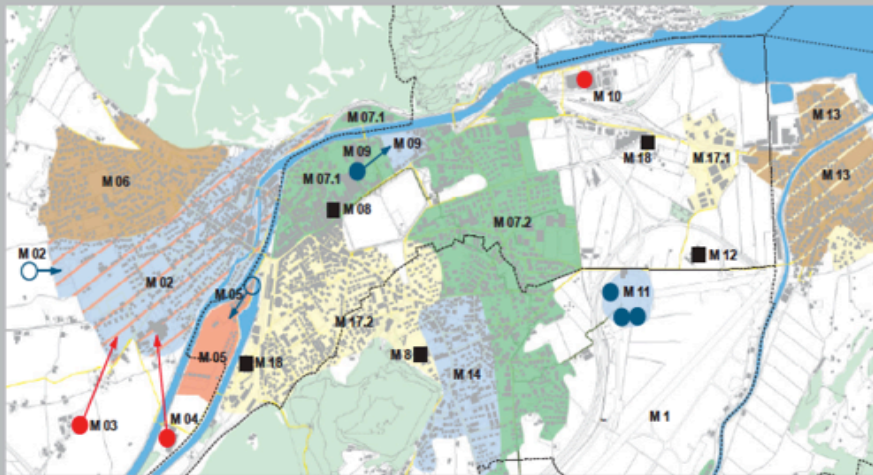
4.1.1 La méthode de planification énergétique communale préconisée (version 2013)

La méthode proposée par Cité de l'Energie, SuisseEnergie et l'Office Fédéral du Développement Territorial est décrite dans un ensemble de huit fascicules (appelés "module" ci-dessous) disponible sur le site de l'association Cité de l'énergie²⁶ à destination des "spécialistes et des responsables communaux". Par la nous appellerons cette méthode "MPEC" tandis que l'abréviation PEC désigne la planification énergétique communale tant en tant que processus que résultat quel que soit l'outil ou la méthode utilisé.

La PEC s'incarne par trois formes de rendu : un rapport, la description de mesures et des cartes. Les cartes récapitulent de façon spatialisée les potentiels énergétiques, les zones prioritaires, les concepts énergétiques et les équipements comme illustré ci-dessous.

²⁶ <http://www.citedelenergie.ch/fr/instruments-mesures/directives-de-planification-energetique-territoriale/> consulté en juillet 2014.

Planification territoriale énergétique ou comment coordonner développement communal et approvisionnement en chaleur



Répartition

Secteurs prioritaires

- Réseau eaux souterraines – chaleur résiduelle
- Réseau eaux souterraines – chaleur
- Réseau Herreny eau potable et chaleur
- Densification, agrandissement AVARI
- Regroupement des utilisateurs du réseau de gaz naturel
- Réseau - Steindler - énergie-bois
- Réseau de centrales de production d'énergie ou de cogénération gaz-bois

Potentiel énergétique

- Sources de chaleur résiduelle et ambiante
- Chaleur ambiante existante
- Chaleur ambiante possible

Localisation d'installations

- Sites envisageables

Information

Infrastructure

- Réseau gaz IBI existant
- Réseau bois-énergie AVARI existant

Carte de base

- Forêt
- Eau
- Limites communales

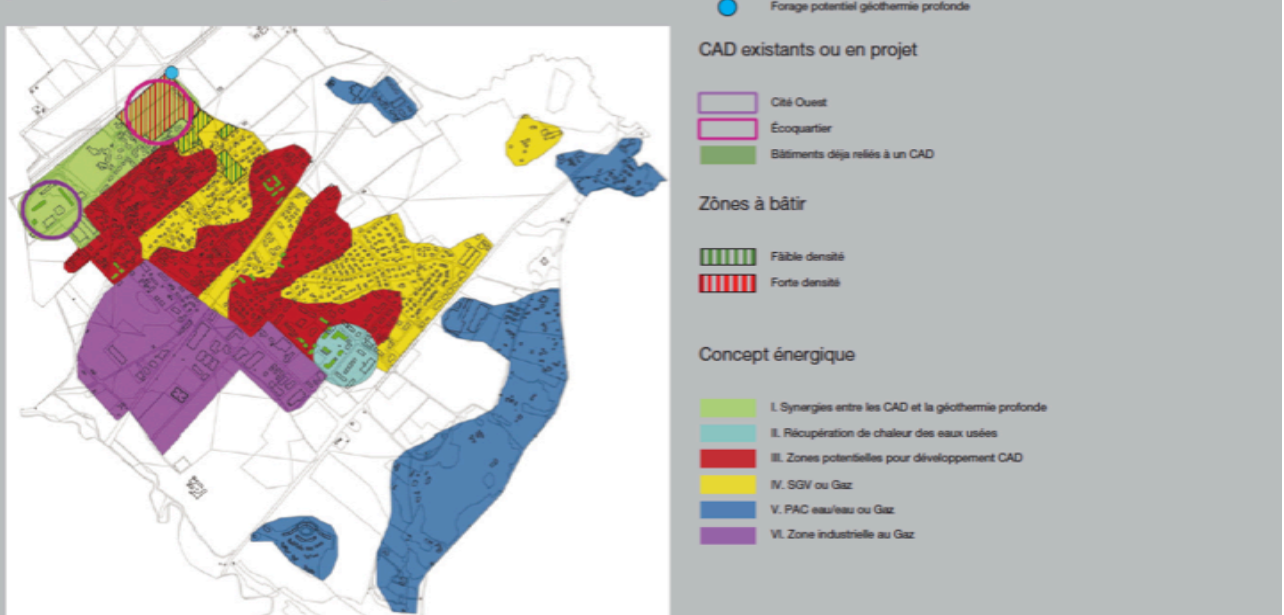
Les sondes géothermiques ne sont pas autorisées en zone S

Exemples de mesures décidées

M 02	Etendue du réseau de chaleur ambiante et des rejets de chaleur
M 03	Utilisation des rejets de chaleur, Bichsel Medizintechnik AG
M 04	Utilisation des rejets de chaleur des eaux usées purifiées
M 05	Réseau Herreny eau potable et chaleur
M 07	Réseau AVARI bois-énergie
M 09	Utilisation de la chaleur des eaux souterraines, site Des Alpes

Figure 50 Exemple de carte PEC selon la MPEC (Cité de l'énergie, SuisseEnergie et ARE 2013)

Planification en vue de la coordination de l'approvisionnement en chaleur ainsi que de la localisation des secteurs prioritaires et des sources d'énergie disponibles.



● Forage potentiel géothermie profonde

CAD existants ou en projet

- Cité Ouest
- Écoquartier
- Bâtiments déjà reliés à un CAD

Zones à bâtir

- Faible densité
- Forte densité

Concept énergétique

- I. Synergies entre les CAD et la géothermie profonde
- II. Récupération de chaleur des eaux usées
- III. Zones potentielles pour développement CAD
- IV. SGV ou Gaz
- V. PAC eau/eau ou Gaz
- VI. Zone industrielle au Gaz

Figure 51 Exemple de carte PEC selon MPEC (Cité de l'énergie, SuisseEnergie ARE).

MPEC se décompose en 8 phases : les six premières sont consacrées à la conception de la PEC et la production des documents (cf. figure ci-dessous).

Démarche conseillée pour l'élaboration de la planification énergétique territoriale



Figure 52 Démarche d'élaboration de le PEC (Source Cité de l'Energie et al. 2013)

Le premier module introduit la méthode, il définit la planification énergétique en plusieurs phrases :

- ▣ elle "permet de coordonner l'approvisionnement énergétique et de l'adapter au développement structurel d'une commune",
- ▣ elle est "concentrée sur l'approvisionnement en chaleur et l'utilisation des sources d'énergie renouvelable".
- ▣ elle "a pour but d'optimiser et d'assurer à long terme l'approvisionnement en chaleur des communes."
- ▣ elle "constitue une base importante pour augmenter le recours aux sources d'énergie disponibles au niveau régional ainsi que le respect de l'environnement."

Les rédacteurs prennent soin de préciser le rapport de la PEC avec la conception énergétique. Contrairement au concept énergétique global -qui inclut aussi l'électricité et les énergies pour la mobilité- la planification énergétique territoriale se concentre sur l'approvisionnement en chaleur. Le PEC ne représente donc qu'une part du concept énergétique global de la commune. Comme le concept énergétique se décline aussi sur des sous-parties de la ville telles que le quartier ou le bâtiment, la carte de la PEC peut représenter le concept énergétique prioritaire des différentes zones de la commune comme mentionné la carte ci-dessus (figure 2).

La PEC s'effectue dans le cadre des "plans directeurs ou d'affectation communaux et cantonaux", plus précisément ceux "axés prioritairement sur l'énergie" afin "d'offrir des orientations concrètes en matière de développement territorial" sachant que les directives diffèrent selon les cantons puisque l'organisation des territoires, et notamment l'encadrement des compétences des communes) relève de la législation du Canton (cf. partie 2 de ce chapitre).

La plans directeurs n'étant juridiquement contraignants - ils ne sont pas opposables-, la PEC ne l'est pas non plus. Le fascicule préconise donc de traduire les concepts énergétiques de zones

dans les instruments de planification contraignants pour les propriétaires appelés de façon trans-cantonale "plans d'affectation".

Le fascicule rappelle que la Confédération et les cantons doivent promouvoir un approvisionnement énergétique suffisant, diversifié, sûr, économiquement optimal et respectueux de l'environnement selon la constitution de la confédération dans une grande rubrique intitulée "Responsabilité des collectivités publiques".

4.1.2 L'appui aux communes par l'association Cité de l'énergie

L'Office Fédéral de l'Énergie (OFEN) a mandaté l'association suisse Cité de l'énergie pour aider les communes à élaborer leur PEC dans le cadre de la labellisation éponyme.

Depuis 1991, cette association délivre le label européen *European Energy Award* aux communes suisses ayant entrepris des efforts supérieurs à la moyenne dans le domaine de leur politique énergétique communale.

- Le label Cité de l'énergie

(Cité de l'énergie 2013)

Le label «Cité de l'énergie» est basé sur un système de gestion de la politique énergétique, climatique et des transports inspiré des normes ISO 14000 et ISO 50001. Il couvre six domaines de l'action communale : Aménagement du territoire, constructions / Bâtiments et équipements communaux / Approvisionnement et dépollution / Mobilité / Organisation interne / Communication et coopération.

Pour obtenir le label, une commune doit adhérer à l'association. Elle présente les actions menées pour chacune des 79 items -regroupées dans les six domaines susnommés- et se soumettre à un audit. Une note est attribuée à chaque item. L'association attribue le label si la note totale atteint au moins la moitié du total des points et la mention Gold si elle dépasse les trois quarts. Le label est attribué pour quatre ans selon le principe d'amélioration continue Step by Step.

Le processus du label Step by Step

Avec eea® une collectivité peut identifier les forces et faiblesses de sa politique de l'énergie, se comparer aux autres, se fixer des objectifs de progrès, mettre en œuvre les mesures adéquates y compris dans son organisation interne et suivre ses résultats.

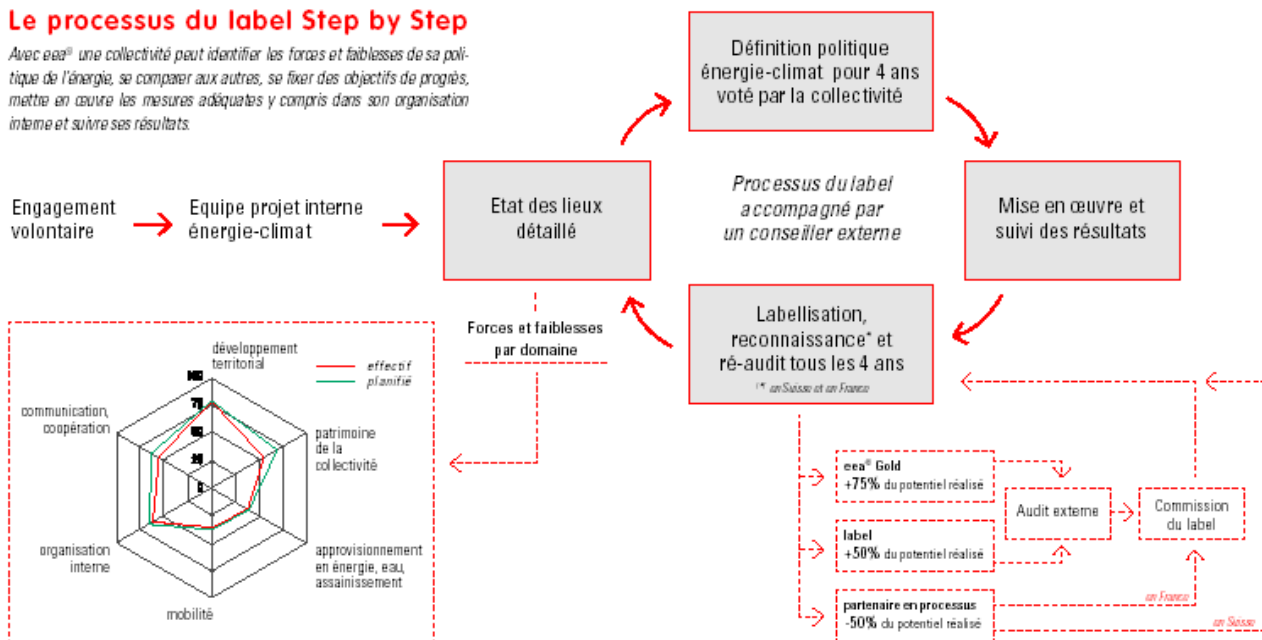


Figure 53 Le processus de labellisation (Source Cité de l'énergie consulté en 2014)

L'Association Cité de l'énergie met à disposition des informations, du conseil technique et peut apporter un soutien financier pour le processus du label, la comptabilité énergétique ou les cours de formation continue. Elle accreditent des experts (généralement des consultants de cabinets d'ingénierie ou indépendants) pour conseiller les communes tout au long du processus d'élaboration du document servant de base à l'audit.

Fin 2013, sur les 2700 communes suisses, 340 bénéficient du label Cité de l'Energie et 300 sont simples membres, ce qui correspond en principe à l'entrée dans le processus de labellisation. Les 340 communes membres représentent plus de moitié de la population du pays (4,5 sur 8 millions).

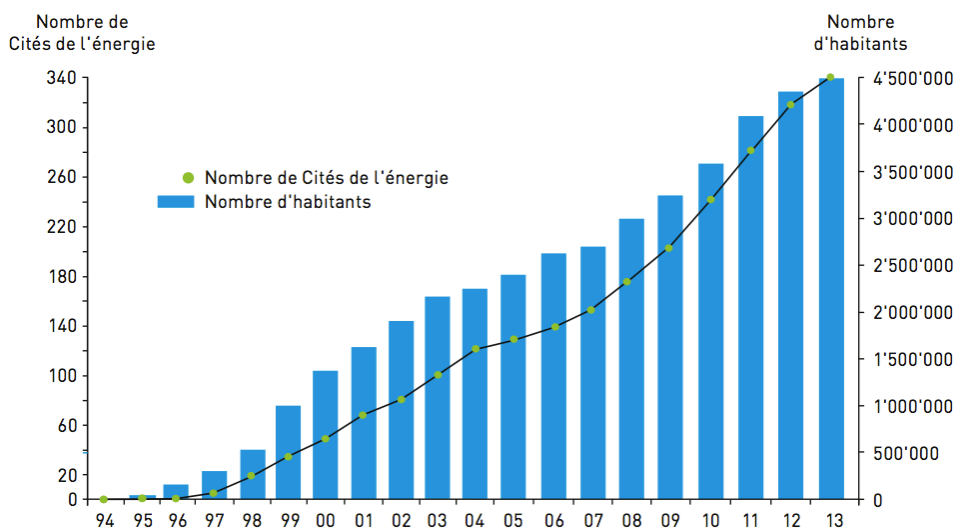


Figure 54 Evolution du nombre des Cités de l'Energie en Suisse (Rapport annuel 2013 Cité de l'Energie)

Les communes urbaines et germanophones sont surreprésentées. Dans les cantons romands, les communes du canton urbain de Genève sont massivement labellisées, les communes des agglomérations de Lausanne, Vevey, Martigny et Neuchâtel le sont modérément. Et, les communes moyennes et rurales sont peu nombreuses à bénéficier du label.

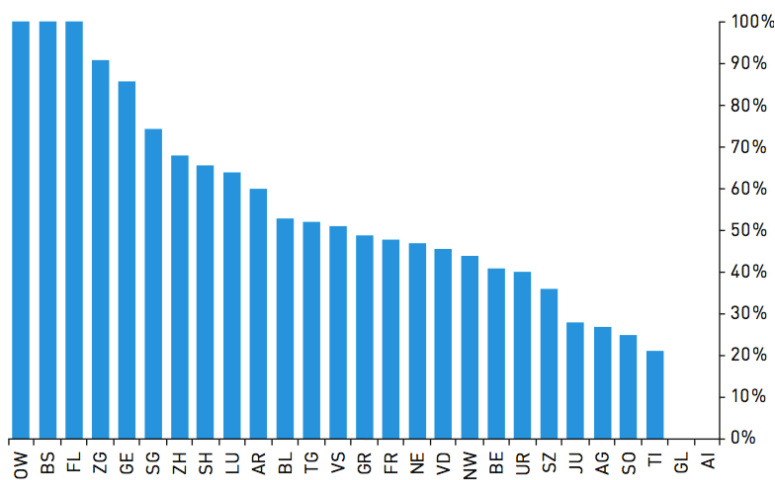


Figure 55 Part des habitants dans les Cités de l'énergie par canton et carte (Rapport annuel 2013 Cité de l'énergie)

Dans ce sens, la planification énergétique territoriale de zone ou à l'échelle communale est un outil qui répond complètement à ce plan d'action issu de la labellisation Cité de l'Énergie. On fait ça à l'échelle, on a fait ça pour la commune de XXX. La commune de XXX est Cité de l'Énergie, a fait son plan directeur de l'énergie et a voulu avoir un concept énergétique territorial communal, qui a consisté à faire le bilan des ressources, bilan des besoins, les gros spots de consommations, les infrastructures énergétiques, et à les décliner à l'échelle de ses sous secteurs communaux. C'est-à-dire une fois que l'on a fait l'arbitrage de quelle ressource à quel endroit, avec le partage de la ressource à long terme, avec les différentes évaluations des réseaux, les opportunités contraintes, la richesse énergétique et environnementale du territoire, on va la décliner à l'échelle, des sous secteurs communaux pour lesquels on va élaborer une carte des secteurs et dire voilà : « pour le neuf, voilà les options que vous avez à disposition, ce qu'on appelle des méta-carte ». Des options que vous avez à disposition pour valoriser des ressources pour les bâtiments neufs et pour la rénovation. BE02

Dans la mesure où les plus grandes villes ont été les premières à être labellisées, des pratiques de planification étoffées se sont développées parmi les conseillers chargés d'accompagner les communes. A tel point que le label paraissait inadapté aux petites communes.

(...) parce que les démarches qui étaient réalisées à l'époque par Cité de l'Énergie était plutôt pour des communes d'une certaine importance, en 2000. On parlait plutôt de Cité de l'Énergie, mais pour des villes. ADMIN02

La propagation du label aux communes moyennes a contribué à l'évolution de l'organisation de l'énergie au sein des services et des élus municipaux et à la diffusion de visions énergétiques.

Sur le canton de Fribourg, Cité de l'énergie devient obligatoire à partir de cette année, donc on a un gros rush là dessus. Sur le canton de Vaud, il y en a pas mal. Et donc, toutes ces communes qui sont Cités l'Énergie ou qui sont en phase de l'être ont un délégué à l'énergie, ont une vision, ont un plan directeur, ou vont le faire, donc elles sont sensibilisées. Certaines, les très anciennes, font un plan directeur communal de l'énergie avec un des programmes d'action qui est la planification énergétique territoriale, et là ça se diffuse. Les nouvelles, elles commencent à être sensibilisées, elle le font, etc. Donc il y a une diffusion plus ou moins rapide en fonction de l'historique en fonction de comment elles appréhendent ou pas la thématique de l'énergie et de l'environnement. BE02

Dans le canton de Fribourg, une loi de 2012 a rendu obligatoire le label Cité de l'Énergie à l'horizon 2025 : 4 communes étaient labellisées en 2011 comme en 2008, 30 (sur un total de 160) de plus ont adhéré à Cité de l'énergie en 2012, dont 3 ont été labellisées en 2013 et 1 en 2014.

4.1.3 Source de la méthode

Cité de l'Énergie a joué un rôle moteur dans la diffusion de méthodes d'intégration des enjeux énergétiques et climatiques dans les politiques municipales de transport et d'urbanisme y compris pour la construction de bâtiments. Le cadre réglementaire des cantons a progressivement évolué (cf. partie 2). Au-delà des villes pionnières, deux organisations ont joué un rôle majeur dans l'émergence et la reformulation de la planification énergétique territoriale : la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie et, plus récemment l'association Novatlantis.

▣ La PEC posée par la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie

Après plusieurs d'années d'élaboration menée avec le soutien de l'OFEN, la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie produit en 2008 un document de bilan et de cadrage destiné à harmoniser et généraliser les dispositions réglementaires cantonales relatives aux bâtiments. Le *Modèle de Prescriptions Énergétiques des Cantons (MoPEC 2008)* définit la planification énergétique territoriale :

La planification énergétique des zones construites doit créer les conditions propices à une utilisation rationnelle des énergies non renouvelables et encourageant l'utilisation

des énergies renouvelables ainsi que l'exploitation des sources de chaleur locales. La planification énergétique ne porte pas que sur les zones constructibles, mais peut déborder sur d'autres (comme par exemple lors de l'étude de station d'épuration ou d'usine d'incinération des ordures ménagères).

Il décline la planification à l'échelle cantonale :

La planification énergétique cantonale échoit à l'exécutif [Conseil d'Etat], qui en rend compte au législatif [Grand Conseil]. Elle constitue, dans le domaine de l'approvisionnement et de la consommation énergétiques, une référence pour prendre des décisions concernant les mesures nécessaires en matière d'aménagement du territoire, la planification d'installations et les mesures d'encouragement. (...) La planification énergétique cantonale comprend une évaluation de la demande et de l'offre énergétiques futures de tout le territoire. Elle détermine l'évolution souhaitable de l'approvisionnement et de la consommation énergétiques, et décrit les moyens et les mesures à prendre par le Canton. Elle définit la proportion des rejets thermiques à exploiter, en particulier ceux des usines d'incinération d'ordures ménagères et ceux des stations d'épuration.

... et définit les articulations avec la Confédération et les cantons voisins

La planification énergétique tient compte des principes de l'utilisation de l'énergie et des plans sectoriels de la Confédération, des cantons limitrophes.

Les responsabilités réciproques des cantons et des communes sont précisées :

La sert de référence aux communes pour leur planification énergétique. Les communes et les entreprises actives dans l'approvisionnement énergétique sont tenues de participer à la planification énergétique. Elles doivent être consultées en temps voulu et fournir, tout comme les consommateurs, les renseignements dont le Canton a besoin pour la planification énergétique.

La planification énergétique communale doit être ratifiée par l'exécutif cantonal. Ce dernier contrôle la planification énergétique communale, en particulier son adéquation avec celle du canton et des communes limitrophes.

Les communes peuvent réaliser leur propre planification énergétique sur leur territoire. L'exécutif cantonal peut cependant obliger une commune, ou des communes s'inscrivant dans une même zone d'approvisionnement énergétique, à réaliser une planification énergétique.

... ainsi que les relations entre les communes et les "entreprises actives dans l'approvisionnement énergétique"²⁷

Les communes et les entreprises actives dans l'approvisionnement énergétique sont informées de la mise en oeuvre d'une planification les concernant. Les communes, les entreprises actives dans l'approvisionnement énergétique et leurs associations professionnelles doivent être prêtes à fournir, entre autres, leurs données et leurs statistiques en matière de gestion de l'énergie ainsi que leurs principes d'évolution future.

Le MoPEC précise aussi que la planification énergétique communale (PEC) s'inscrit dans le cadre de la planification directrice et du plan d'affectation de la commune et préconise la façon dont des mesures définies la PEC peuvent être imposées aux constructeurs et propriétaires :

La planification énergétique peut désigner des zones qu'il est prévu d'équiper d'un réseau de distribution de chaleur, zones qui serviront notamment de référence pour décider des mesures à prendre en matière d'aménagement du territoire. Lorsqu'un chauffage à distance public est approvisionné par des rejets thermiques ou des énergies renouvelables, qu'il offre de la chaleur à des conditions techniques et économiques raisonnables, et qu'il approvisionne des zones selon l'al. 6, le Canton ou

²⁷ que l'on appelle plus couramment les services industriels dans les villes

la Commune peut obliger les propriétaires d'immeubles à raccorder leur bâtiment au réseau dans un délai approprié et de permettre le passage des conduites.

En général, la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie suggère une nouvelle prescription lorsqu'elle a déjà été mise en oeuvre par quelques cantons. La prescription suggérée est rédigée de façon à être, autant que possible, compatible avec les formulations des cantons pionniers et la diversité des cadres cantonaux de l'aménagement et des bâtiments. En 2012, 12 des 26 cantons avaient intégrées la PEC dans leur législation couvrant au total 63% de la population. 2 des 12 respectaient intégralement la prescription telle que définie dans le MoPEC 2008. En Suisse romande, seule la Canton de Genève impose la PET selon un consultant averti de bureau d'études, cela suppose que les autres cantons n'obligent pas les communes à établir de PEC.

▣ **Le tournant Société à 2000 watts et sa méthode**

Depuis la fin des années 70, des visions prospectives de l'énergie ont été élaborées par des acteurs notamment universitaires que des instances confédérales et cantonales adoptent plus ou moins et promeuvent. Bernard Aebischer (Lachal 2010) identifie ainsi :

- EGES la norme énergétique du bâtiment proposée par la Société des Ingénieurs et des Architectes (SIA) en 1988,
- Vision 2050 : une prospective énergétique élaborée par le Canton de Zurich en 1993,
- Solaire / environnement : un projet de norme de la SIA lancé en 1994, présenté par un laboratoire de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich en 1996 éponyme et aboutissant à la première certification MINERGIE en 1998.

Le concept de "Société à 2000 watts" n'est pas spécifique au bâtiment mais il relève d'une construction similaire associant une instance représentative professionnelle et une université avec le soutien d'un Département fédéral, généralement en charge de la recherche ou de l'énergie.

2000 watts correspond à la puissance moyenne consommée à tout instant par un habitant de la planète. Elle est généralement très supérieure dans les pays développés (12000 en Amérique du Nord, près de 6000 en Suisse). Vouloir abaisser sa consommation à 2000 watts exprime la volonté de ne pas accaparer plus de ressources énergétique que la moyenne mondiale. C'est d'abord un principe éthique qui a émergé dans la communauté scientifique à la fin des années 90 (cf. tableau).

Cela correspond donc à une division par trois de la consommation énergétique par habitant en Suisse. C'est un effort colossal puisque l'objectif porte sur la consommation d'énergie et ne mobilise pas le levier de la décarbonisation de l'énergie (contrairement au Facteur 4 français). Prudemment, les documents originels fixaient 2150 comme horizon temporel 2150 avec une échéance intermédiaire en 2050. Dans ces documents²⁸, les trajectoires de réduction des consommations étaient fixées pour tous les domaines d'activités humaines.

Le concept émane de Novatlantis un programme du domaine des Ecoles Polytechniques fédérales Suisses visant à transférer des résultat de recherche sur l'énergie dans la société. Le premier partenaire fut la ville de Bâle : des technologies de motorisation faiblement émettrice de gaz à effet de serre ont été déployées sur de véhicules municipaux. Étendu à Zurich -la ville accueillant l'école polytechnique fédérale éponyme-, le concept se déploie dans le domaine de la construction : il s'agit de concevoir des bâtiments consommant en fonctionnement et en accès moins que l'objectif intermédiaire fixé pour 2050, les apports énergétiques renouvelables sont décomptés de la puissance consommée. C'est pour cette ville qu'est élaborée une méthode dans le cadre d'un projet cofinancé par l'Office Fédéral de l'Énergie (Ville de Zürich, SuisseEnergie, et Office Fédéral de l'Énergie 2009). Elle se déroule en cinq phases successives :

- ▣ détermination de besoins énergétiques finaux
- ▣ analyse du potentiel de ressources
- ▣ calcul de l'énergie primaire et des émissions de GES par personne
- ▣ mise en oeuvre des actions ou projets en tenant compte des ressources locales

²⁸ Disponibles en ligne en 2012, ces documents ont été retirées du web.

-
- monitoring et évaluation selon des critères de développement durable

La méthode présente l'avantage d'être déclinable à toute échelle de territoire puisque l'indicateur principal est exprimé en puissance d'énergie primaire consommée par habitant. de réduction de la consommation résulte alors de la combinaison de facteurs propres à l'unité territoriale considérée et de facteurs dépendant de son environnement (notamment le ratio primaire/final). SuisseEnergie, Cité de l'énergie, la ville de Zürich et la Société des ingénieurs et des architectes ont rédigé un document générique paru en mars 2012 qui précise les éléments à prendre en compte pour faire un bilan "Société à 2000 watts" (Société à 2000 watts 2012).

La MPEC reprend le principe du bilan énergétique et les coefficients énergie primaire et de gaz à effet de serre. La Société à 2000 watts (notamment les valeur cible en 2050) peut être appliquée au bilan du concept énergétique de la commune ou de sous-zones.

La société à 2000 watts constitue aussi un puissant imaginaire (voir partie 3) favorable à l'adoption de la PEC par les communes.

4.2 Une gouvernance non centralisée

La Suisse a connu des évolutions drastiques de son rapport à l'énergie depuis soixante ans en particulier entre 1950 et 1973 où la consommation finale d'énergie a été multipliée par quatre. Elle a augmenté de façon beaucoup plus modeste dans le quart de siècle suivant et depuis 2000, elle évolue au même niveau que la croissance démographique. En effet, la crise pétrolière de 1973 a profondément marqué les esprits : sortir de la dépendance au pétrole devient un enjeu majeur à la (Duc, Frei, et Perroux 2009) : le rééquilibrage se produit progressivement : le gaz et, dans une moindre mesure, le bois se substituent effectivement aux combustibles pétroliers pour le chauffage. Et, la consommation d'électricité progresse rapidement après la mise en service de quatre centrales nucléaires initialement programmées.

Le moratoire sur le nucléaire et la modification de la Constitution de la Confédération instauré par une initiative populaire fédérale en 1990 marquent un tournant majeur de la politique énergétique du pays et de l'organisation des compétences légales entre les trois niveaux territoriaux que sont la Confédération, les Cantons et les Communes, organisation multi-niveaux particulièrement complexe (Cherix et al. 2009).

4.2.1 L'article 89 de la constitution : réorientation des politiques énergétiques et répartition territoriale des responsabilités

En 1979, quelques mois après la chute du Chah d'Iran, le Conseil Fédéral installe la Commission Fédérale de l'Énergie (CFE) chargée de la conseiller en matière de politique énergétique. Elle préconise la poursuite du rééquilibrage de la production vers l'électricité par la construction de nouvelles centrales nucléaires et la substitution dans les zones urbaines du chauffage au fuel par l'électricité à la grande satisfaction des grands électriciens du pays (Duc, Frei, et Perroux 2009). Dans la lignée du club de Rome, la critique de la "demande" prend cependant de l'ampleur et promeut les économies d'énergie. Le débat fait rage entre les défenseurs du nucléaire et ceux de la sobriété énergétique. La CFE élabore désormais plusieurs scénarios qui offrent une place plus ou moins grande aux économies d'énergie.

Le combat contre le projet de centrale nucléaire du Verbois dans le canton de Genève marque profondément l'histoire énergétique de la Suisse romande. Alors que la Confédération s'apprêtait à autoriser la construction de la centrale nucléaire, la contestation aboutit à une modification de la constitution de l'Etat genevois en 1986 : "*La politique cantonale en matière d'approvisionnement, de transformation de distribution, et d'utilisation de l'énergie est fondée, dans les limites du droit fédéral, sur la conservation de l'énergie, le développement prioritaire des sources d'énergie renouvelables et le respect de l'environnement.*"

Quatre ans plus tard, en septembre 1990, un moratoire sur la construction de nouvelles centrales nucléaires est instauré pour dix ans sur l'ensemble de la Suisse à la suite d'une initiative populaire. Alors qu'un certain flou existait sur les compétences respectives de la Confédération et des Cantons en matière d'Énergie, l'initiative précitée modifie aussi la Constitution fédérale. L'article 89 précise que la "*Confédération fixe les principes applicables à l'utilisation des énergies indigènes et*

des énergies renouvelables et à la consommation économe et rationnelle de l'énergie ... Elle favorise le développement des techniques énergétiques, en particulier dans les domaines des économies d'énergie et des énergies renouvelables" et confie aux Cantons les "mesures concernant la consommation d'énergie dans les bâtiments".

En fixant à la fois des orientations et une répartition des compétences entre les Cantons et la confédération, l'article 89 de la constitution modifie les fondements de la politique énergétique helvétique. Cependant sa mise en oeuvre nécessite une loi pour préciser plus en détail les responsabilités respectives de la confédération et des cantons, les relations entre ces institutions ainsi que l'encadrement des nombreuses entreprises électriques qui sont directement concernées par l'utilisation des énergies indigènes et le développement des énergies renouvelables. L'article remet tellement en question le fonctionnement des systèmes énergétiques suisses, qu'il faut attendre 1998, pour qu'une loi sur l'énergie (LEne 730.0 du 26 juin 1998) soit adoptée au niveau confédéral suivie d'une ordonnance (OEne 730.01 du 7 décembre 1998). Cette loi fixe des objectifs chiffrés à l'horizon 2030, demande au Conseil Fédéral de mettre en place des programmes d'information, de conseil et d'incitation économique (dont SuisseEnergie pour les communes), elle précise les fondements du système énergétique suisse en vigueur aujourd'hui même si il a été modifié à plusieurs reprises successivement pour :

- introduire une taxe CO₂ (1999) sur l'essence
- circonscrire la production d'énergie nucléaire (début des années 2000),
- réorganiser le marché de l'électricité (milieu des années 2000),
- encadrer les dotations fédérales aux cantons pour des programmes de développement des énergies renouvelables ENR et d'efficacité énergétique (2010)
- clarifier le système de tarification de l'énergie électrique d'origine renouvelable et le système de certificat d'économie d'énergie (2013).

In fine, la Confédération n'assume qu'une compétence subsidiaire dans le domaine des bâtiments alors qu'ils représentent 60% de la consommation énergétique, mais elle garde le pilotage de l'électricité avec des nuances liées à l'actionnariat des Cantons dans les entreprises d'électricité.

Du point de vue électricité, le lead est surtout au niveau de la confédération, qui doit s'assurer de l'approvisionnement énergétique du pays et qui doit piloter ceci. (...) Les cantons sont fortement impliqués également dans les participations des entreprises d'électricité, ce qui leur donne un rôle complémentaire à jouer de ce côté là. ADMIN-02

4.2.2 L'organisation institutionnelle de l'aménagement du territoire

Les Cantons fixent le cadre et des objectifs à l'aménagement du territoire des communes²⁹. En Suisse, le terme "aménagement du territoire" englobe tous les plans d'aménagement des collectivités publiques à tous les niveaux de l'Etat, dans tous les domaines sectoriels (transports, environnement, économie, société, etc.)³⁰. Des plans d'affectation des sols associés aux procédures d'autorisation de construire des bâtiments et des réseaux relèvent généralement de la compétence de la commune dans les cantons francophones (à l'exception du canton de Genève) (Cherix et al. 2009).

Les outils cantonaux font l'objet de prescriptions et donc d'un vocabulaire commun imposé par la loi fédérale sur l'aménagement du territoire : le plan directeur cantonal doit traiter au moins des chapitres Urbanisation, Transports, Nature et paysage, Environnement (Messer, Walter, et Noirjean 2013). La notion même de périodicité des plans n'est pas représentatives de la pérennité. Le Canton de Genève renouvelle son plan à chaque mandat (4 ans), d'autres ne fixent pas

²⁹ Compétents en matière d'aménagement du territoire (article 75 de la constitution fédérale), les Cantons suisses peuvent déléguer des compétences aux communes.

³⁰ Selon le glossaire de l'Office fédéral du développement territorial ARE consulté en mars 2013 : L'aménagement du territoire est la coordination préalable des activités ayant des effets sur l'organisation du territoire et leur orientation à long terme. Le terme générique d'aménagement du territoire englobe tous les plans d'aménagement des collectivités publiques à tous les niveaux de l'Etat, dans tous les domaines sectoriels (transports, environnement, économie, société, etc.).

d'échéance et modifient le plan directeur en fonction des projets. Le plan directeur du Valais date de 1988 tandis que celui de Neuchâtel a été renouvelé en 2011.

Certains Cantons définissent et nomment les procédures de planification spatiale déléguées aux autorités infra-cantonale (région et commune) dans la plan directeur, d'autres le font par la loi cantonale. Tous sont libres de dénommer des procédures: plan d'affectation, plan d'aménagement, schéma directeur ... ce qui rend très délicates les comparaisons entre deux communes de cantons différents.

La répartition des compétences que connaît le droit suisse de l'aménagement du territoire implique un système très hétérogène. L'aménagement du territoire n'est pas le fruit d'une construction hiérarchique. La Confédération est avant tout là pour assurer un minimum de cohérence ; la réglementation et la mise en oeuvre effectives étant à la charge des cantons et des communes. Si une telle conception permet sans conteste aux collectivités publiques inférieures de mettre en oeuvre un aménagement plus proche du citoyen, cela ne va pas sans provoquer des problèmes de coordination et de gestion. Chaque Canton va en effet mettre en oeuvre sa propre politique d'aménagement. (Donzel et Fluckiger)

Comme le MoPEC (Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie, 2008) le préconisait, les liens entre les domaines de l'aménagement du territoire et de l'énergie se renforcent. Cela concerne les deux Offices Fédéraux, OFEN et ARE. C'est une évolution qui est aussi souhaitée par les cantons.

Pour les politiques fédérales, l'ARE s'associe de plus en plus à l'Office Fédéral de l'Energie pour que ça ne reste pas des politiques sectorielles. Et puis je crois que ça commence à être compris qu'il y a besoin de le coupler avec le territoire. Parce qu'une planification des éoliennes, tout seul ça ne joue pas et où ça bloque c'est parce que ce n'est pas bien placé dans le territoire. En Suisse on a vingt-six cantons, donc on a vingt-six législations, les cantons n'ont pas tellement envie que la confédération vienne leur dire ce qu'il faut faire, en même temps ils attendent une coordination, mais il ne faut pas qu'elle soit trop contraignante. ADMIN-04

Dans le cas de l'aménagement du territoire, l'ARE ne se limite pas à co-définir les évolutions légales avec les cantons, elle implique aussi les associations de communes.

Alors en matière de territoire ce n'est pas toujours facile, on est en train de refaire la loi sur l'aménagement du territoire, c'est toujours très participatif, en discussion avec les cantons, en particulier les cantons, mais les villes aussi, les communes, les grandes lignes du territoire, ne se font qu'avec tous les échelons institutionnels. ADMIN04

4.2.3 Une coordination inter-cantonale de l'énergie

La plupart des modifications législatives fédérales modifient et/ou précisent les relations entre les acteurs du marché et la répartition des compétences entre la Confédération et les Cantons. Les objectifs sont de plus en plus souvent exprimés de façon quantitative. C'est une instance consultative singulière qui, de fait, prépare les mesures et la distribution des compétences afférentes entre la Confédération et les Cantons. La Conférence des Directeurs Cantonaux de l'Energie (**EnDK**) travaille main dans la main avec l'Office Fédéral de l'Energie (**OFEN**) qui dépend d'un des sept Départements (l'équivalent d'un ministère en France) du Conseil Fédéral (le gouvernement de la Confédération), plus précisément le Département fédéral de l'Environnement, des Transports, de l'Energie et de la Communication (**DETEC**). Cette instance inter-cantonale élabore et suggère des mesures visant à mettre en oeuvre les politiques énergétiques tant au niveau fédéral -comme les modifications de la loi sur l'énergie ci-dessus- qu'au niveau cantonal.

Les Cantons édictent des prescriptions sur l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments existants et à construire telles que la consommation maximale, la part des énergies renouvelables, les

conditions de dérogation à l'interdiction générale du chauffage électrique³¹. Le label Minergie est l'illustration la plus connue (en France) du rôle joué par la Conférence des Directeurs Cantonaux. Elle a piloté son développement en concertation avec des bureaux d'études et les instances représentatives des professions à l'échelle fédérale.

Les mesures susceptibles d'être adoptées par les cantons font l'objet d'un référentiel établi par EnDK. Le premier modèle d'ordonnance de 1992 a été remplacé en 2000 par le «Modèle de prescriptions énergétiques des cantons» (MoPEC 2000). Au printemps 2005, l'EnDK a défini sa stratégie en politique énergétique dans le domaine du bâtiment. Cette stratégie prévoyait une révision totale du MoPEC pour 2010. Au vu des efforts à consentir en matière de politique énergétique et climatique sur l'ensemble du territoire helvétique, l'EnDK a décidé au printemps 2007 de produire une nouvelle version du référentiel en 2008 (DETEC 2011). Chaque Canton étant ensuite libre (d'intégrer les mesures dans sa législation. Le tableau ci-dessous récapitule l'intégration des mesures dans les législations cantonales au début 2012 (DETEC 2012) :

Réglementation tirée du MoPEC 2008	Introduits jusqu'à fin mars 2012 dans les cantons suivants	% de la population
Isolation thermique selon module de base du MoPEC 2008 (art. 1.6) ou norme SIA 380/1 (édition 2009)	ZH, BE, LU, UR, SZ, OW, NW, GL, ZG, FR, SO, BS*, BL*, SH, AR, AI, SG, GR, AG, TG, TI, VD, VS, NE, GE*, JU*	100
Utilisation des rejets thermiques dans les bâtiments (module de base, art. 1.16)	ZH, BE, LU, UR, SZ, OW, NW, GL, ZG, FR, SO, BS, BL*, SH, AR, AI, SG, GR, AG, TG, TI, VD, VS, NE, GE*, JU*	100
Part maximale d'énergies non renouvelables (module de base, art. 1.20 à 1.22)	ZH, BE, LU, UR, SZ, OW, NW, GL, ZG, FR, SO, SH, AR, AI, SG, GR, AG, TG, TI, VD*, VS, NE, GE*	93
Exigences à satisfaire par les gros consommateurs (module de base, art. 1.28 à 1.30)	ZH, BE, UR, SZ, OW, NW, GL, FR, SO, BS, SH, AR, AI, SG, GR, TG, TI*, VD*, NE, GE*	78
Certificat énergétique cantonal des bâtiments (module de base, art. 1.31)	BE, UR, SZ, OW, NW, ZG*, FR*, BS, SH*, AR, AI, SG, AG, TG*, TI, NE*, GE*	54
DIFC dans les bâtiments existants (module 2)	UR, GL, SO, BS*, BL, TI, VD*, VS*, GE*, JU*	34
Respect des valeurs limites selon SIA 380/4 «L'énergie électrique dans le bâtiment» (module 3)	BE*, UR, OW, NW, GL, ZG, FR, SO, BS, BL, SH, AR, SG, GR, AG, TG, TI, VD*, VS, NE, GE*, JU*	76
Chauffage de plein air (module 4, art. 4.1)	ZH*, BE, UR, NW, GL, ZG, FR, SO, BS*, BL*, SH, AR, AI, SG, GR, TG, TI, VD, VS, NE, GE*, JU*	85
Exigences posées aux résidences secondaires (module 5)	BE, UR, OW, FR, SG, GR, TI, VS, NE	36
Attestation d'exécution par des professionnels et des organismes privés (module 6)	ZH, BE, UR, SZ*, GL*, ZG, BL*, SH, AR*, AI, SG, AG, TG, TI, VS*, NE, GE*	73
Planification énergétique cantonale (module 7, art. 7.1)	ZH, BE*, GL*, ZG, FR, SH*, AR*, SG*, TG*, VD*, NE*, GE*	63
Isolation thermique et utilisation du sol: calcul de l'indice du volume bâti (IVB) selon module 8	ZH, LU, SZ*, OW*, GL, ZG, FR*, SO, AR*, AI, SG*, AG, TG*, TI*, VD*, NE, GE*	72

* avec différences dans la teneur des prescriptions par rapport au MoPEC 2008

Tableau 4-1 Etat de la mise en oeuvre du MOPEC 2008 dans les cantons Source : DETEC 2012

Souverains en matière de législation du bâtiment, les Cantons peuvent adapter librement les prescriptions du référentiel MoPEC. Les normes de construction élaborées par l'instance paritaire de normalisation portée par les professionnels de l'architecture et de l'ingénierie (dénommée SIA pour Société des Ingénieurs et Architectes) pour les bâtiments neufs sont les plus généralement intégrées par les Cantons. Inversement, les obligations portant sur les bâtiments existants sont les moins adoptées par les Cantons.

³¹ source : Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC) Edition 2008, Assemblée générale de la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie du 4 avril 2008, pp 166-170

Les prescriptions relatives à la planification énergétique cantonale sont très inégalement reprises par les Cantons : seuls les Cantons de Zurich et de Fribourg ont intégrés ces prescriptions dans leur intégralité et une majorité de Cantons ne les avaient pas encore transcrits dans leur législation en mars 2012. Les autres Cantons les ont adaptées.

4.2.4 SuisseEnergie et Cité de l'Energie : des organisations-frontières portant des objets-frontières, label et MPEC

La loi sur l'Energie de 1998 a confié au Conseil Fédéral la mise en place de programmes incitatifs en direction des acteurs susceptibles de contribuer à l'efficacité énergétique et au développement des énergies renouvelables. Fédérés par l'Office Fédéral de l'Energie qui en assure aussi le secrétariat, ces programmes rassemblent une vingtaine d'agences et d'organisations du secteur public et privé. Il est financé quasiment à parité par la Confédération et les Cantons (respectivement 39 et 35 millions CHF en 2007).

Depuis quelques années, les programmes ciblés vers les communes ont été regroupés sous la marque : *SuisseEnergie pour les Communes* dont le pilotage est assuré par un comité directeur qui regroupe l'OFEN et l'ARE, la Conférences des Directeurs Cantonaux de l'Energie et des associations représentant les communes et les villes suisses. Rassemblant des acteurs qui ont des représentations et des intérêts différents (ne serait-ce que parce qu'ils couvrent des territoires différents) pour atteindre des buts communs, SuisseEnergie pour les communes peut être considérée comme une organisation-frontière (Star et Griesemer 1989) (Trompette et Vinck 2009).

Cité de l'Energie est l'un de ses programmes. Le schéma ci-dessous proposé par l'association Cité de l'Energie met en regard SuisseEnergie et le label Cité de l'Energie. Cité de l'Energie est aussi une organisation-frontière : elle rassemble des centaines de membres qui ont chacun des intérêts spécifiques mais qui ensemble souhaitent que le label garde une valeur forte et que l'accompagnement par Cité de l'Energie les aide à progresser ; elle partage l'objectif de lutte contre le changement climatique avec la Confédération qui la soutient financièrement. En revanche, elle n'est pas liée aux Cantons. En quelque sorte, elle est un intermédiaire entre les communes (ou plutôt des communes) et la Confédération (plus exactement l'OFEN et l'ARE).

Si Cité de l'Energie contribue à la mise en oeuvre des priorités de SuisseEnergie, elle n'en est pas l'émanation et loin de là puisqu'elle a été créée plus de dix ans avant la création de SuisseEnergie.

Quant au label, il présente les caractéristiques d'un objet-frontière : conçu à un niveau national pour l'échelle locale par une instance où siègent des représentants des communes, focalisé sur l'énergie mais mis en oeuvre sur des territoires...

De même la méthode pour la planification énergétique communale (MPEC) constitue un objet frontière à la fois selon des dimensions territoriale (national/cantonal/local), sectorielle (énergie/aménagement) et institutionnelle : la PEC comme procédure administrative à l'interface entre le Canton et la Commune.

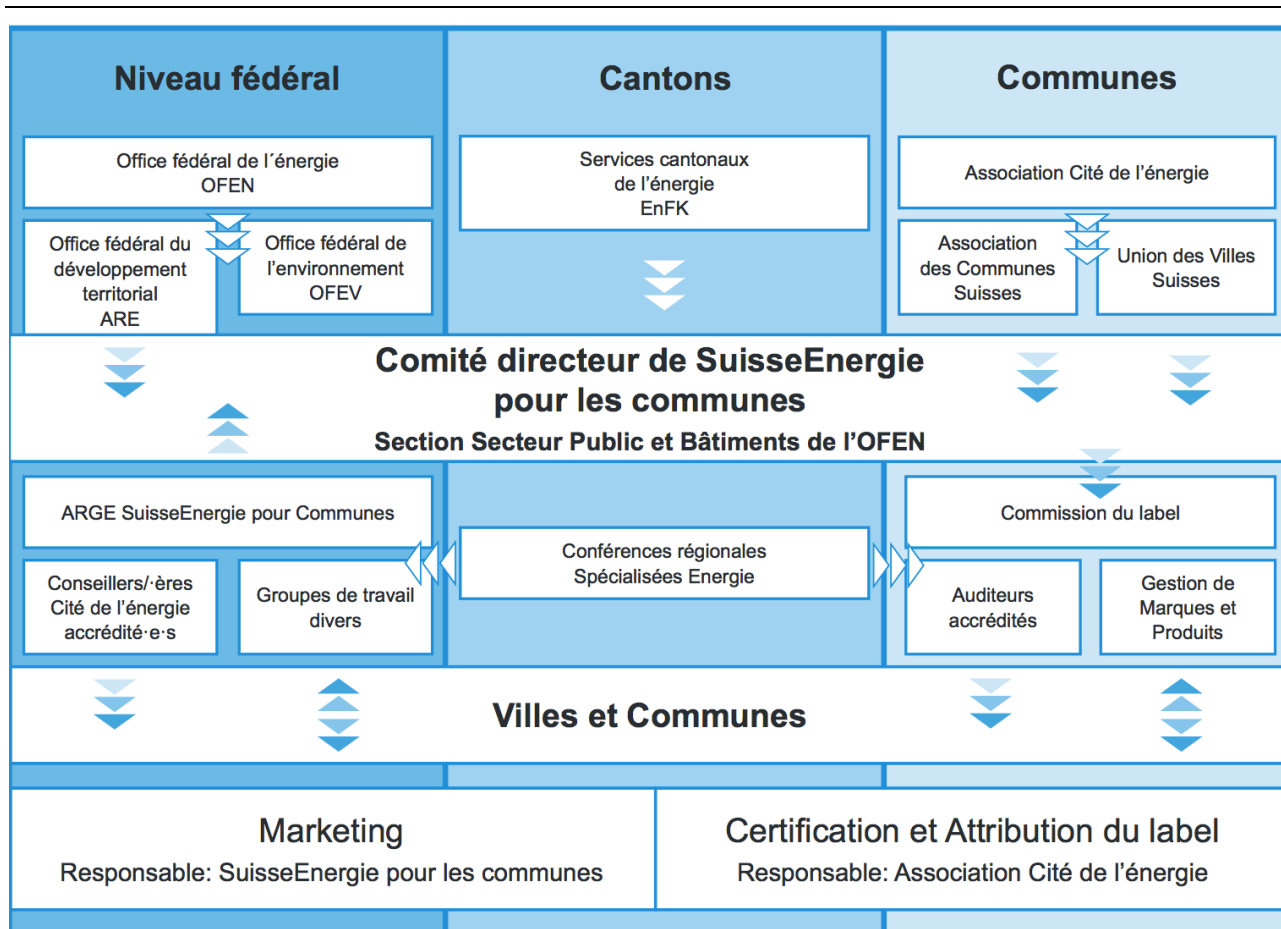


Figure 56 Cité de l'Énergie et SuisseEnergie pour les communes (Cité de l'énergie 2014(Robert Horbaty,))

4.3 Des mécanismes de généralisation de la PEC

Nous avons vu dans la première partie en quoi la MPEC empruntait à trois sources différentes : le système de management du label Cité de l'Énergie, le modèle de prescriptions de la conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (MoPEC2008) et le concept de Société à 2000 et, dans la deuxième partie, le cadre organisant les compétences des institutions et leur collaboration. La complexité de la situation institutionnelle suisse ainsi que la diversité et la multiplicité des initiatives rendent difficile une lecture dissociant la fabrication et la diffusion de méthodes d'élaboration de la PEC.

Nous nous contentons ici de souligner, sans chercher à les hiérarchiser, trois mécanismes contribuant à la généralisation de la PEC : l'évolution du cadre cantonal avec l'exemple du canton de Fribourg, la puissance de l'imaginaire "société à 2000 watts" et l'articulation de la planification énergétique avec l'aménagement communal.

4.3.1 Adaptation du cadre cantonal : le cas de Fribourg

Nous présentons ici le cas du canton de Fribourg, un canton relativement rural. Il comprend 160 communes très majoritairement peuplées de moins de 3000 habitants. L'objectif du Canton est de généraliser la démarche de PEC à l'ensemble des communes. Pour ce faire, il s'appuie sur la labellisation Cité de l'énergie.

Préambule : Genève un cas particulier où la planification énergétique n'est pas communale

A Genève, l'intégration dans les plans d'affectation des sols est effective depuis longtemps et de façon ambitieuse par comparaison avec d'autres cantons.

Genève, ça se fait, c'est-à-dire que tous les plans localisés de quartiers doivent maintenant contenir des objectifs ou des règles énergétiques, soit réseau de CAD,

soit standard de construction, etc donc, pour d'autres domaines aussi, il n'y a pas que l'énergie, mais disons que les plans localisés de quartiers sont très exigeants à Genève. ASSO-01

Cependant, la question de la généralisation de la PEC aux communes ne se pose pas car la planification spatiale (aménagement) est assurée directement par le Canton ; c'est donc le Canton, et seulement le Canton, qui élabore la planification énergétique.

Le cadre cantonal de Fribourg

Depuis l'introduction des premières dispositions légale en matière d'énergie en 1983, le Canton de Fribourg a progressivement renforcé les objectifs de sa politique énergétique par voie législative et réglementaire selon le rapport du Conseil d'Etat (l'exécutif cantonal) au Grand Conseil de de 2009. (Conseil d'Etat FR 2009). Deux ans après la loi fédérale sur l'Energie (LEne cf. supra), le Canton de Fribourg a adopté une nouvelle loi sur l'Energie le 9 juin 2000 qui constitue le fondement de la politique cantonale en matière d'énergie³². Elle a pour but de "*d'assurer un approvisionnement énergétique suffisant, diversifié, sûr, économique et compatible avec les impératifs de la protection de l'environnement et de l'aménagement du territoire. La loi vise également à promouvoir une utilisation économe et rationnelle de l'énergie, ainsi qu'à encourager le recours aux énergies renouvelables et indigènes.*"(Conseil d'Etat FR 2009).

Elle précise que les communes doivent tenir compte de ces objectifs. Pour ce faire, la loi imposait aux communes la réalisation d'une planification énergétique et la création d'une commission de l'énergie susceptible de piloter son élaboration. Cependant, elle ne précisait pas ce que devait être une planification énergétique communale.

Le législateur était plutôt parti du principe que les communes devaient être libres de faire la planification énergétique comme elle l'entendait. Ils n'avaient pas contesté l'obligation qu'il y ait une planification énergétique, mais les communes devaient être totalement libres. Un haut fonctionnaire cantonal

Dix ans plus tard, le constat est mitigé. Le Canton est considéré commun un bon élève de la confédération en matière de programme d'encouragement mais la planification énergétique communale tarde à se concrétiser. Trois faiblesses sont évoquées dans le rapport du Conseil d'Etat de 2009 et par les personnes que nous avons interviewées en 2012. Primo, toutes les communes n'ont pas mis en place de planification énergétique ni même de commission de l'énergie. Secundo, la planification énergétique a pris des formes très variables selon les communes. Tertio, lorsqu'elle existe, la PEC ne trouve pas toujours une traduction contraignante dans les plans et les règles d'aménagement et, par conséquent, dans les projets de construction.

Quelques mois après la décision fédérale de sortie du nucléaire, le Canton de Fribourg a adapté le cadre légal de la planification territoriale. L'objectif du Conseil d'Etat est d'atteindre la "société à 4000 watts" à l'horizon 2030 ; cela représente une réduction de 25% par rapport à la consommation actuelle du canton.

Le projet de loi présenté le 13 septembre 2011 par le Conseil d'Etat définit le contenu de "plan communal des énergies" et son articulation avec les documents légaux de l'aménagement :

- Contenu du plan communal des énergies : il doit contenir un état des lieux des infrastructures existantes et le potentiel de valorisation des ressources énergétiques à disposition ainsi que les possibilités d'utiliser ces ressources de manière rationnelle. La commune doit au minimum fixer des objectifs sur ses activités propres et peut le faire sur l'ensemble du territoire en ciblant les groupes concernés. Il doit décrire les portions de territoire présentant des caractéristiques semblables en matière d'approvisionnement ou d'utilisation de l'énergie.
- Articulation avec le domaine de l'aménagement : L'énergie est formellement introduite dans

³² Un an plus tard, le règlement d'exécution est venu précisé les modalités de mise en oeuvre de la loi d'une part en terme de programmes d'encouragement de l'utilisation rationnelle de l'énergie et de promotion des énergies renouvelables et, d'autre part, en terme de réglementation. Des prescriptions du MOPEC 2000 ont ainsi été traduites dans la réglementation cantonale des bâtiments.

le domaine de l'aménagement du territoire communal par modification de la loi d'Aménagement du Territoire et des Constructions de 2008 : "*Le plan directeur communal fixe les objectifs de la commune au minimum en matière d'utilisation du sol, de ressources du sous-sol, de mobilité, de sites et paysage et d'énergie*". Les mesures que la commune entend rendre contraignantes doivent figurer dans les documents d'urbanisme (plan d'affectation des zones et le règlement communal d'urbanisme).

La commune peut désormais³³ imposer aux propriétaires des exigences en matière d'utilisation de l'énergie, par exemple : l'obligation de produire l'eau chaude sanitaire par des capteurs solaires, l'obligation de construire un bâtiment répondant au minimum aux critères du label Minergie ou d'être raccordé à un réseau de chauffage à distance. Une remarque ambiguë laisse même penser que des obligations de ce type pourraient être étendues aux bâtiments existants qui ne seraient pas "compatibles avec les objectifs de la politique énergétique cantonale".

Le plan communal des énergies devra être approuvé par le Canton. Plusieurs postes ont été créés au sein du service de l'Energie pour accompagner les communes dans l'élaboration de leur plan communal des énergies et instruire les plans communaux. Le service cantonal de l'Energie s'est fixé comme objectif de s'assurer que la commune dispose des connaissances sur les consommations et le potentiel énergétique de son territoire et qu'elle est en mesure de décliner les objectifs qu'elle s'est fixée en terme de prescriptions ou de projet : qu'elle soit en mesure de la faire mais pas forcément qu'elle le fasse.

Parce que quand on parle d'avoir des objectifs en matière d'énergie, ça veut déjà dire que l'on doit savoir de quoi on part. Pour pouvoir avoir des objectifs, on doit d'abord faire un état des lieux, on doit se fixer également des objectifs, pour les atteindre, on doit aussi se fixer des mesures, des actions à entreprendre, pour les atteindre ces objectifs (...) c'est-à-dire ce qui avait été développé avec Cité de l'Énergie, c'est-à-dire de définir un état des lieux, définir des objectifs, définir un plan d'actions, qui était vraiment pour nous la base qu'il fallait retenir. Un haut fonctionnaire du Canton

Pour nous, du moment où l'on sait qu'elle fait ce pas là, que le catalogue a été épluché, le catalogue de ce qu'elle fait, du potentiel, l'état des lieux, auront été épluchés, on sait qu'elle pourra difficilement aller plus loin. Après, elle pourra aller plus loin dans les mesures à entreprendre, mais là aussi, elle aura une liste des mesures à faire, qui seront quantifiées du point de vue technique, du point de vue chiffrage, donc quelque part elle a un document hyper complet avec ça. Un fonctionnaire cantonal

Cette approbation apporte la légitimité aux dimensions énergétiques, elle les place au même niveau que les autres dimensions sectorielles de la planification communale.

Alors qu'effectivement quand vous êtes engagés, comme (...) dans le canton de Fribourg, personne ne peut l'ignorer parce qu'en fait, surtout à Fribourg, il doit être accepté ce plan. Comme il est obligatoire, il doit être accepté par l'État. Donc il est clairement identifié comme un outil de planification de la commune. ASSO-02

L'autre dimension relative à la PEC de la loi cantonale de 2012 tient à la labellisation Cité de l'Energie. Elle annonce l'objectif que toutes les communes du Cantons atteignent, à terme, le niveau de base du label Cité de l'Energie. La loi prévoit d'aider les communes volontaires jusqu'en 2015.

Le Conseil d'État a décidé maintenant de les soutenir financièrement pour s'engager dans ce processus là, et là les moyens financiers sont mis à disposition jusqu'en 2015. Alors après il n'est pas impossible que le Conseil d'État dise « maintenant c'est terminé, vous avez 5 ans pour être labellisées ». Mais une fois que c'est inscrit comme obligation dans le droit, ce n'est plus soutenu financièrement. On pousse maintenant les communes pour utiliser les moyens qui sont mis à disposition, parce qu'il y a des moyens très importants qui sont à disposition pour qu'elles aillent dans ce

³³ Le projet de loi n'a pas fait l'objet d'amendements majeurs à propos du plan communal des énergies. Adoptée en février 2012, la loi n'a pas fait l'objet de procédure référendaire.

sens là, et on espère bien que la grande majorité aura adhéré à ce principe. Un fonctionnaire cantonal

La démarche de PEC (incarnée par le plan communal des énergies dans le canton de Fribourg) et la labellisation Cité de l'énergie se renforcent mutuellement. Fort de l'expérience d'incitation des communes à s'engager dans la labellisation Cité de l'énergie de en 2009 dans le cadre du plan de relance, le service cantonal de l'énergie sait à quel point son travail et celui des communes seront facilités. ... Et, si la commune est motivée par le maintien de son label, Cité de l'énergie dispose d'un pouvoir de sanction que l'administration cantonale n'est peut-être pas encore prête à utiliser.

Quelque part, l'aide qui est mise à disposition des communes maintenant, les fait peut être réfléchir un petit moment, mais pas très longtemps, parce qu'elles auront vite compris leur intérêt d'aller dans ce sens là : ça ne va pas leur coûter plus cher, elles ont directement une planification qui est reconnue, qui ne va pas nécessiter des adaptations quand ça va arriver chez nous, parce que la structure est clairement définie. Un fonctionnaire cantonal

Dans le processus Cité de l'énergie c'est structurant, et en plus vous avez du suivi. Et vous avez l'obligation de mettre en œuvre le plan d'action puisqu'on va vérifier tous les quatre ans que le plan d'action est vraiment mis en œuvre. Et comme vous devez montrer l'amélioration, parce qu'en fait ça doit être un facteur d'amélioration, donc du coup des fois vous allez même plus loin, et si vous allez moins loin que ce que vous aviez prévu, de toute façon c'est sanctionné. Pourquoi, parce que le résultat au moment de ré-audit par exemple, et bien peut être que vous aurez moins de points que vous aviez eu quatre ans avant. ASSO-02

4.3.2 L'imaginaire Société à 2000 watts : un puissant moteur

Cité de l'énergie je dirais que là ça couvre quand même pas mal de choses, parce que ça couvre aussi, ça inclut la mobilité et puis il y a maintenant le projet société à 2000 watts. Alors ça c'est aussi un projet un petit peu parallèle pour les communes qui sont Cité de l'énergie et qui ont envie d'aller plus loin, elles disent « maintenant qu'est-ce qu'on peut faire ? » Parce qu'une fois qu'on est Cité de l'énergie on peut faire encore le « Gold », si on obtient encore des meilleurs objectifs, et puis après on est audité tous les quatre ans pour maintenant le label. Mais il y en a qui ont envie d'aller plus loin. Alors l'office fédéral de l'énergie a lancé société à 2000 watts. ADMIN-04

Donc par rapport à cette planification énergétique, souvent ce que moi je vois, c'est que c'est uniquement un diagnostic : il n'y a pas une vraie planification, dans le sens : « Quelle est la vision que l'on a du futur énergétique du territoire pour définir ensuite quels sont les objectifs ». Quels sont les objectifs à long terme, à moyen terme et à court terme que la collectivité se donne ? Donc, dans le cadre de Suisse Énergie, on applique ce qu'on appelle les objectifs de la société à 2000 watts. Alors dans les objectifs de la société à 2000 watts, vous avez des objectifs, alors là vous avez une vision, c'est la société à 2000 watts, et vous avez des objectifs intermédiaires. ASSO-02

Ce n'est pas parce que l'horizon de la Société à 2000 watts est lointain (2050 et 2100) qu'il ne change pas déjà les pratiques d'aujourd'hui laisse penser les témoignages ci-dessus. Les décisions récentes en matière de politique énergétique de la Suisse nous permettent de considérer que la société à 2000 watts a contribué à un tournant majeur.

La dimension politique de la Société à 2000 watts a marqué les esprits avec le très large "oui" au référendum organisé par le maire de Zurich. Le référendum zurichois était associé à la sortie de la ville du nucléaire en 2030. En toile de fond de ce concept, c'est la nécessité de l'énergie nucléaire qui est remise en cause car la société à 2000 watts rend techniquement possible l'abandon du nucléaire. Le concept s'est ensuite propagé dans plusieurs domaines de l'action publique tant du

côté des institutions territoriales que des associations professionnelles³⁴ qui choisissent de faire de la "société à 2000 watts" la finalité à long terme (souvent sans expliciter l'horizon temporel) de leur politique énergétique.

La catastrophe de Fukushima de mars 2011 a remis la sortie du nucléaire au coeur du débat politique national. Préparé par des débats anciens et légitimé par les projets expérimentaux confortant des scénarios alternatifs au nucléaire, le Conseil Fédéral se prononce en mai 2011 pour la sortie du nucléaire en 2034. "*Il faut faire confiance aux experts*" prononce la cheffe de la DETEC en charge de la politique énergétique, membre du conseil Fédéral. Elle sera confirmée quelques semaines plus tard par le parlement³⁵. Simultanément, la société à 2000 watts devient l'horizon des instances fédérales et d'un nombre croissant de Cantons.

Il est trop tôt pour affirmer qu'un nouveau cadre de référence sociotechnique des politiques énergétiques (au sens de Flichy) est advenu a fortiori en Suisse où des différences entre Cantons sont importantes en terme d'objectif énergétique.

Cependant, il est certain que Société à 2000 watts est un puissant imaginaire qui modifie certains éléments du cadre existant.

La nature de cet imaginaire est ambivalente. L'expression a une dimension éminemment sociale non seulement avec le mot "société" mais aussi avec le périmètre correspondant à 2000 watts : l'individu. Réunies dans une même expression, ces trois mots rassemblent deux concepts fondamentaux de la philosophie et de la politique. C'est un imaginaire social tout à fait adoptable par la politique et le politique.

La société 2000 watts était d'abord une idée académique, une vision académique, mais maintenant c'est devenu un programme politique. UNI-02

C'est qu'après ce référendum à Zurich, les politiciens dans le reste de la Suisse se sont aperçus qu'avec cette vision 2000 watts, on pouvait réaliser des gains politiques aussi. Donc on avait la créance d'un mouvement, d'une dynamique qui s'est faite il y a trois ans après ce référendum, et maintenant surtout après Fukushima, c'est dans le vent de s'occuper de cette société 2000 watts. UNI-02

La ville de Zurich a fait une exposition ici, une action de deux semaines (...) Ils ont fait une touring exhibition avec les projets phares et les idées de la ville de Zurich qui est maintenant montrée dans le monde entier. UNI-02

Derrière cette simplicité, elle véhicule aussi des orientations qui apparaissent quasi-opérationnelles au politique mais constitue un horizon imaginaire pour les spécialistes. Elle est d'autant plus adoptable que l'horizon temporel de 2000 watts et les valeurs des horizons intermédiaires ont été fixés que très progressivement au cours des premières années.

Et puis société à 2000 watts, alors horizon du demi-siècle ou du siècle, on ne peut pas caler : on divise par trois la demande, et on inverse le ratio 20% renouvelable – 80% de fossile, on le met en 20% de fossile – 80% de renouvelable. Ça c'est les principes de la société à 2000 watts ADMIN-01

³⁴ Le nouveau cahier technique SIA 2040 *Objectifs de performance énergétique SIA* prend le relais de la documentation SIA D0216 *Objectifs de performance énergétique* (2006) en élargissant les valeurs cibles aux émissions de gaz à effet de serre pertinentes pour le bilan climatique. Des méthodes de calcul obligatoires sont aussi introduites pour les deux facteurs d'exploitation que sont la construction et la mobilité. Elles se basent sur les cahiers techniques SIA 2032 *Energie grise des bâtiments* (2009) et SIA 2039 *Mobilité - Besoins énergétiques en fonction de l'implantation des bâtiments* (en consultation). Dès les phases d'avant-projet, ce cahier technique permet d'évaluer la consommation énergétique globale et les rejets de gaz à effets de serre liés à la construction, à l'exploitation et à la mobilité induite. Les valeurs obtenues peuvent être optimisées en les comparant aux valeurs cibles définies pour des constructions compatibles avec les objectifs de la société à 2000 watts. Disponible pour la catégorie d'ouvrages Logements/Nouvelles constructions, l'outil de calcul fourni par le nouveau cahier technique *Objectifs de performance énergétique SIA* est encore en cours d'élaboration pour les bâtiments administratifs et les écoles. Une refonte de la documentation SIA D0216, avec l'intégration d'informations figurant dans le cahier technique - notamment le lien entre les Objectifs de performance énergétique SIA et la société à 2000 watts -, ainsi que des listes de mesures pratiques destinées à faciliter les décisions des investisseurs et des concepteurs/trices est prévue pour la fin 2010. Source communiqué SIA du 16 juin 2010 <http://www.sia.ch/fr> consulté en juin 2013

³⁵ Votes du Conseil National Suisse du 8 juin 2011 et du Conseil des Etats le 28 septembre 2011 sur proposition du Conseil Fédéral présentée en mai 2011.

Alors c'est 2050 pour commencer. Dans les autres villes, c'est 2080 ou 2100 ou 2150 ou je ne sais pas quoi. Et pour les Cités énergie, 2050 c'est 3 500 watts et 2 tonnes CO2. Parce que maintenant nous sommes à 8 ou 9 tonnes CO2. UNI-02

Effectivement les valeurs intermédiaires et l'échéance finale se sont précisées. Des projets concrets incarnent le concept, peu importe s'ils atteignent déjà le niveau de 2050 ou celui de 2100. Ils montrent que la Société à 2000 watts est possible. D'imaginaire social, la société à 2000 watts devient un imaginaire technique.

La ville de Zurich a commencé à implémenter, à concrétiser cette société 2000 watts dans tous ses projets de construction. Un grand projet d'hôpital est devenu un projet 2000 watts, le projet du nouveau musée est un projet 2 000 W. Tous les projets de construction dans la ville de Zurich sont maintenant des projets 2000 watts. UNI-02

Donc les projets phares sont là pour montrer que c'est faisable, que c'est possible. Et souvent ces projets phares sont des projets qui existaient déjà, qui étaient en train d'être préparés et réalisés, et on les a appelés « projets phares 2000 watts » parce que c'était un avantage pour l'investisseur, pour la ville, pour Novatlantis, tout le monde était heureux d'avoir un label, un titre de marketing, de montrer : nous sommes des pionniers. UNI-02

Ce qui est important, c'est de mettre des buts intermédiaires. Parce que sinon, c'est la frustration pure. Si on est à 6 000 watts ou à 8 000 watts et si on doit être l'année prochaine à 2000 watts, ce n'est pas possible, c'est l'horreur. Et si on communique ça, c'est la frustration complète. Donc il faut dire : d'abord nous approchons 4500, donc pour ça nous avons un but intermédiaire. UNI-02

Et autour de cet imaginaire technique, de l'expertise se développe au sein des bureaux d'études et, du côté des collectivités, dans la façon de mobiliser les bureaux d'études.

Lorsque la société 2000 watts a été validée comme objectif de long terme pour le canton de Genève dans la Conception Générale de l'Energie 2005-2009 (une loi d'orientation nldr), il y a eu une étude qui visait à décliner au niveau du territoire de Genève les objectifs de la société 2000 watts. BE-01

Cette évolution de l'imaginaire social à l'imaginaire technique se lit à l'échelle de la Suisse sur une période de quelques années. Cependant, sur des échelles spatiales plus petites, il est plus itératif. Dans la chronologie affichée sur le site de la Société à 2000 watts : les dimensions sociale et technique s'alternent : imaginaire social 1994, 2002, 2008, 2013 et imaginaire technique 2001, 2008, 2010, 2013.

année

- 1994 Les scientifiques Kesselring et Winter posent les prémices du concept de société à 2000 watts. Ils affirment que la consommation moyenne mondiale d'énergie de l'époque, soit 2000 watts de puissance continue par personne, ne devrait pas être dépassée. Ils établissent le principe de l'égalité d'accès à l'énergie: les pays industriels sont invités à réduire leur consommation à 2000 watts, pour que les pays en développement puissent disposer, eux aussi, de 2000 watts.
- 1998 Le Conseil des Ecoles polytechniques fédérales (EPF) décide de lancer le projet "Société à 2000 watts – le modèle suisse". Il met ainsi en oeuvre une stratégie axée sur la durabilité.
- 2001 Cette stratégie débouche sur le programme Novatlantis, dirigé par M. Roland Stulz. Novatlantis met en application les résultats de recherche des EPF sous la forme de projets-phares dans des agglomérations. Il pose ainsi les premiers jalons vers la mise en oeuvre du développement durable. Il lance le projet principal "Société à 2000 watts" et le poursuit jusqu'en 2011.
- 2002 Dans son rapport intitulé "Stratégie pour le développement durable", le Conseil fédéral décide de rajouter à la valeur-cible "consommation maximale: 2000 watts par personne", une autre valeur déterminante, à savoir "émissions maximales de CO₂ : 1 tonne par personne et par an".
- 2008 Les habitants de la Ville de Zurich décident par votation populaire d'inscrire les objectifs de la société à 2000 watts dans le règlement communal. Un document méthodologique pose les premières bases pour la mise en oeuvre de la société à 2000 watts et pour le calcul du bilan énergétique de la ville.
- 2010 De plus en plus de communes, de particuliers et d'autres acteurs de la vie civile manifestent un intérêt grandissant pour ces thèmes. Un Secrétariat central de la société à 2000 watts est créé pour répondre à leurs questions. Ce secrétariat est un élément du programme Cité de l'énergie piloté par SuisseEnergie
- 2013 Le concept s'est généralisé dans l'opinion publique et a trouvé ses défenseurs. Il fait aujourd'hui partie intégrante des programmes SuisseEnergie pour les communes et Cité de l'énergie. En reprenant à son compte les objectifs de la société à 2000 watts, la SIA a permis d'appliquer ce concept aux bâtiments ([La voie SIA vers l'efficacité énergétique](#)). A l'échelle d'un quartier, il est possible aujourd'hui de décrocher un certificat de "Quartier à 2000 watts".

Tableau 4-2 Chronologie de la Société à 2000 watts Source <http://www.2000watt.ch/fr/societe-a-2000-watts/historique/> juin 2014

4.3.3 Le défi de la prise en compte de l'énergie dans l'urbanisme

Quelle que soit la puissance de la société à 2000 watts, la prise en compte de l'énergie dans l'aménagement du territoire reste un défi. Nous avons vu avec l'exemple de Fribourg en quoi il a été nécessaire de modifier la loi cantonale sur l'aménagement pour que la planification énergétique conduise à des prescriptions en terme de plan d'affectation ou de règles d'urbanisme. Car l'essence de la planification énergétique communale est bien d'utiliser les outils de planification spatiale pour contraindre les porteurs de projets immobiliers et les propriétaires plutôt que de démultiplier les subventions.

La planification énergétique territoriale n'est qu'une étape dans l'intégration de l'énergie dans l'urbanisme car le dispositif légal auquel elle est rattachée est celui du plan directeur. Selon la loi fédérale d'aménagement du territoire (LAT), les actions définies par un plan directeur (par exemple le plan communal des énergies dans la canton de Fribourg) engagent politiquement la commune mais ne contraignent aucunement les acteurs de l'immobilier ou de l'énergie. Seuls les plans d'équipement ou les plans d'affectation (des sols) qui sont contraignants et opposables.

Les planifications directrices sont fixées par l'État et les communes, ce sont des gros accords cadres sur des grosses taches du territoire qui vont être en mutation, et qui ensuite vont se décliner dans des aménagements spécifiques, qui sont les plans localisés de quartier, les plans des zones agricoles spéciales, ou les plans directeurs

des zones industrielles. Et là on tombe dans la planification impérative. C'est à dire qu'une fois que l'on a élaboré ces plans localisés de quartier et que l'on a élaboré des concepts énergétiques à ces échelles là, ils sont opposables à des tiers. C'est-à-dire qu'ils sont entérinés par l'État et n'importe qui vient ensuite construire dans ces zones, doit s'y conformer. BE02

Une fois que l'on a fait l'arbitrage de quelle ressource à quel endroit, avec le partage de la ressource à long terme, avec les différentes évaluations des réseaux, les opportunités contraintes, la richesse énergétique et environnementale du territoire, (la PEC sera) déclinée à l'échelle des sous secteurs communaux pour lesquels on va élaborer une carte des sous secteurs et dire voilà : « pour le neuf, voilà les options que vous avez à disposition, ce qu'on appelle des méta-carte ». Des options que vous avez à disposition pour valoriser des ressources pour les bâtiments neufs et pour la rénovation. Et ensuite, ces méta-cartes seront déclinées le jour où il y a un PPA, qui est l'équivalent d'un PLQ, c'est un plan de quartier à l'échelle du sous-secteur. BE02

Le schéma ci-dessous représente les articulations entre le processus préconisé par la MPEC (à droite) et le processus général de l'aménagement du territoire. L'on voit que les plans d'équipement et d'affectation découlent des plans directeurs mais que seuls ces derniers sont contraignants pour les particuliers ou les entreprises (à gauche).

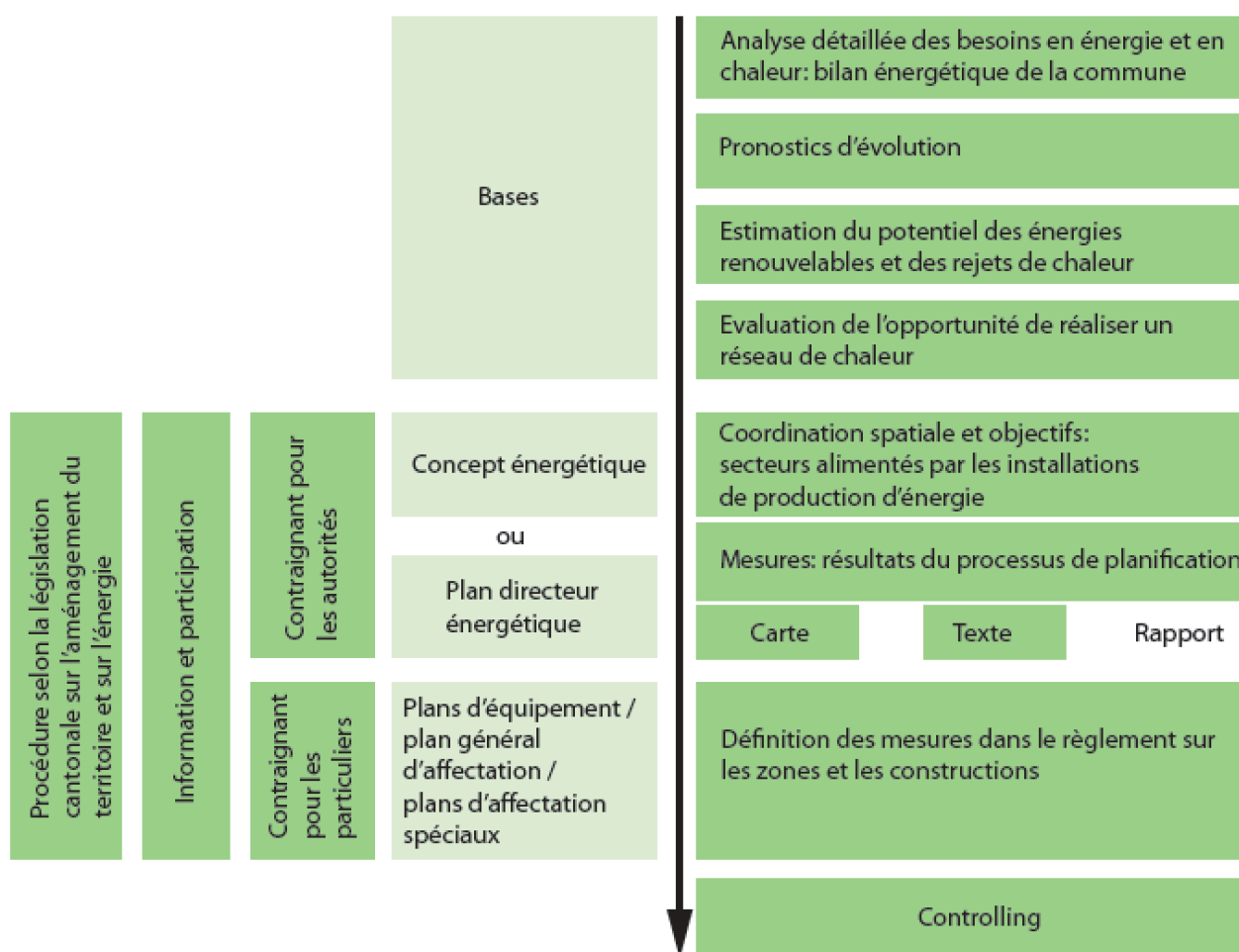


Figure 57 Planification énergétique territoriale et aménagement (Territoires et Environnement 2011)

Le plan d'affectation et le règlement de zones sont généralement élaborés par un urbaniste. D'une façon générale, l'intégration d'une mesure définie dans un plan directeur (dans le cas d'une commune du canton de Fribourg, le "plan communal des énergies" est un des volets du plan directeur communal cf. 3.1) requiert validation par les élus de la commune et traduction opératoire dans le plan d'affectation et le règlement de zone par l'urbaniste. Alors que le plan directeur des énergies (comme la PEC) est généralement élaboré par un spécialiste en énergie, le plan

d'affectation l'est par un urbaniste ; ce qui n'est pas sans poser des problèmes d'intercompréhension et de périmètre d'influence.

Alors au niveau des bureaux d'urbanistes, par exemple dans le canton de Fribourg, on travaille avec les bureaux d'urbanistes, il n'y a pas tellement de problèmes parce que c'est obligatoire et puisque maintenant cela rentre dans leur logique. Par contre ce qu'ils voient c'est qu'eux ils sont dans l'incapacité de le faire. Les bureaux d'urbanistes qui ont essayé de le faire ne répondent pas aux exigences du canton, ce n'est pas leur domaine. Soyons clair là dessus. ASSO-02

Et avant il y avait un urbaniste qui en avait rien à faire de l'énergie. Et alors dans le plan directeur communal, on parlait de déchets mais on ne parlait pas d'énergie. Pour moi pour faire des déchets, il faut déjà consommer de l'énergie. C'est pour ça je dis que c'est aussi la culture de l'énergie. ASSO-02

Cette dichotomie entre énergéticiens et urbanistes se retrouve aussi au sein de l'organisation administrative et politique de la commune.

Il y a un certain nombre de services, tous ne communiquent pas entre eux, chacun gère son projet. Alors que l'énergie c'est transversale et tout projet, tout service doit prendre en compte, pourrait prendre en compte, cette thématique d'énergie, mais souvent le responsable énergie, qui doit un petit peu avoir la vue sur les différents services, il a de la peine à entrer. Parce que c'est un peu chasse gardée, « là c'est moi, je m'occupe de ça, ça c'est mon domaine, voilà, donc maintenant vous me laissez tranquille, et puis j'ai toujours fait ça comme ça ». Donc je dirais que souvent ça peut être l'organisation de la commune qui peut être un frein. ASSO-01

Une des finalités de la planification énergétique consiste à être intégrée dans la planification spatiale. Mais cette dernière a de nombreuses autres dimensions à prendre en compte. Elle est aussi beaucoup plus établie que la toute jeune planification spatiale. La planification énergétique territoriale a été définie et est instruite par des énergéticiens qui considèrent que l'énergie est transversale comme le montre le dernier témoignage. Entre ces deux modes sociaux, celui de l'énergie et celui de l'urbanisme, il y a besoin d'objets intermédiaires et de projets-frontières pour que la planification énergétique territoriale ne reste pas au stade du plan directeur.

Typiquement, dans le dernier plan directeur du canton de Genève, un des programme d'action était de réviser la loi sur l'énergie, mais aussi de mettre en avant la planification énergétique territoriale. Et dans le cadre de la révision de la loi sur l'énergie, parce qu'en fait Genève a été précurseur dans la planification énergétique territoriale, avec pleins d'exemples, on a rentré dans la loi l'obligation de réaliser des concepts énergétiques territoriaux à toutes les échelles du découpage de l'aménagement du territoire. BE-02

Dans le canton de Genève, les dix dernières années ont été des années de forte remise en question. Nouvelles lois, nouvelles pratiques, reconnaissance des acteurs, enfin tout, tout ça. Le contenu Cité de l'énergie a 15 ans et n'a pas bougé. CH-ADMIN-01

Conclusion

La planification énergétique territoriale date à peine d'une quinzaine d'années dans les communes (ou les cantons) pionnières ; elle est encore loin d'être appliquée dans la majorité des communes suisses, voire même loin d'être applicable dans certains cantons. Elle se situe à l'intersection de deux champs d'actions publiques : la construction (et la rénovation) des bâtiments et l'aménagement. Ils relèvent tous deux de la compétence des Cantons selon la constitution de la confédération. Il revient donc aux Cantons de définir ce que doit être la planification énergétique territoriale : dans quel cadre légal elle s'inscrit et par quels dispositifs elle peut contraindre les acteurs de la construction. Cela se traduit par une diversité de configurations selon les cantons.

Cependant, les autorités cantonales ont mis en place de longue date des organisations-frontières dans les domaines de l'action publique qui nécessitent une harmonisation entre eux et/ou avec la

Confédération. L'énergie est un de ces domaines. En 2000, puis en 2008, les directeurs cantonaux de l'Energie ont produit un modèle de prescriptions énergétiques cantonales (MOPEC), l'une concerne la planification énergétique territoriale. Avec le Conseil Fédéral (gouvernement de la confédération helvétique), ils ont mis en place une instance légère de coordination de programmes d'incitation à l'efficacité énergétique et au développement des énergies renouvelables en direction des communes : "SuisseEnergie pour les communes". Cette organisation-frontière soutient (et donc pilote en partie) l'association Cité de l'énergie qui délivre pour la Suisse le label européen Energy City.

La Suisse dans son ensemble (et selon sa diversité) a progressivement renforcé ses objectifs énergétiques depuis 1983. Prise en 2011, la décision d'abandonner le nucléaire constitue une évolution majeure. Élaboré au début des années 2000, le concept de société à 2000 watts rend socialement désirable et techniquement réaliste la mutation énergétique du Pays en phase avec l'abandon du nucléaire. Adopté par la confédération et une majorité de Cantons, il permet à tout acteur territorialisé (du ménage au pays) de se fixer des objectifs à moyen terme (2020, 2030 ou 2050) des objectifs perçus comme atteignables moyennant des actions à mettre en oeuvre à court terme.

Ces institutions ont décidé ensemble d'accélérer les actions incitatives et réglementaires visant l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables. Les communes constituent une des cibles prioritaires puisque les programmes incitatifs ciblant les communes présentent le meilleur rendement en terme de réduction de consommation par montant investi. Elles ont décidé de promouvoir la démarche de planification énergétique communale (PEC) qui consiste à établir un état des lieux de la consommation et des ressources énergétiques, définir des objectifs à moyen terme et élaborer un plan d'actions spatialisé sur le territoire communal. Pour propager cette démarche au plus grand nombre de communes, elles s'appuient sur la labellisation Cité de l'énergie.

A l'échelle d'un canton, il convient de faire évoluer le cadre légal pour permettre l'intégration des mesures, issues de la planification énergétique communale, dans les documents d'urbanisme. Il s'agit, in fine, d'imposer les énergies renouvelables ou les plus efficaces aux acteurs de l'immobilier et de l'aménagement d'une façon qui soit adaptée aux ressources et aux besoins du territoire ainsi qu'à ses priorités. L'évolution du cadre est aussi nécessaire pour que la Canton impulse, prescrive et contrôle les planifications énergétiques communales.

Jusqu'à maintenant, ce sont les articulations interterritoriales (des objets intermédiaires au sens de Vinck et Trompette) qui ont fait l'objet de la plus grande attention : Confédération-communes via la méthode préconisée par SuisseEnergie, Office Fédérale de l'Aménagement et l'association Cité de l'énergie, Confédération/Cantons via le pilotage des programmes en direction des communes, Canton/Communes par l'inscription de la PEC dans le cadre de l'aménagement et, plus précisément, des plans directeurs et de la mise en place de financements incitatifs. Comme dans les communes pionnières, ces articulations ont été portées avec conviction et volontarisme par des fonctionnaires et élus en charge de l'énergie. Les aménageurs et urbanistes paraissent peu impliqués dans la définition de ces objets intermédiaires alors, qu'ils soient fonctionnaire des communes ou prestataires, que ce sont eux qui ont à traduire les mesures de la PEC dans les documents s'imposant aux acteurs de la construction et aux propriétaires.

Somme toute la PEC assemble un ensemble d'objets intermédiaires ou frontières dont la conception prend en compte la compatibilité avec les cadres d'actions eux-mêmes relativement mouvants à l'échelle du territoire suisse (du moins de la Suisse romande) mais sans doute moindrement à l'échelle communale. Dans ce système relativement fluide et trans-territorial, toute mise en oeuvre de la PEC constitue potentiellement une expérience observable dont les acteurs impliqués pourront tirer profit au sein du canton (dans le cas des autorités cantonales) ou auprès de leur client (dans le cas des conseillers Cité de l'Energie et des bureaux d'études). Ainsi se diffuse et se diffusera la démarche de PEC. Le recours à Cité de l'Energie vise à accélérer cette diffusion.

La méthode de planification énergétique communale publiée fin 2013 (cf. 1.1.) précise la façon d'élaborer une PEC étape par étape. Sa restriction à l'approvisionnement en chaleur s'écarte du principe de prise en compte de toutes les énergies promu aussi bien par l'association Cité de

l'énergie que par les deux Cantons sur lesquels nous avons enquêtés un an auparavant. Il y a là une bifurcation qui mériterait d'être analysée : peut-être une question de compatibilité de la PEC avec le champ de compétences des Cantons ou, autrement dit, d'incompatibilité avec le fait que la Confédération et les entreprises d'électricité entendent préserver leurs prérogatives sur le réseau électrique. L'avenir dira si cette restriction de la méthode se concrétise et si elle facilite ou, au contraire, freine la généralisation de la planification énergétique communale.

Tables des figures et tableaux PET Suisse

FIGURE 50 EXEMPLE DE CARTE PEC SELON LA MPEC (CITÉ DE L'ÉNERGIE, SUISSEENERGIE ET ARE 2013).....	131
FIGURE 51 EXEMPLE DE CARTE PEC SELON MPEC (CITÉ DE L'ÉNERGIE, SUISSEENERGIE ARE).....	131
FIGURE 52 DÉMARCHÉ D'ÉLABORATION DE LE PEC (SOURCE CITÉ DE L'ÉNERGIE ET AL. 2013).....	132
FIGURE 53 LE PROCESSUS DE LABELISATION (SOURCE CITÉ DE L'ÉNERGIE CONSULTÉ EN 2014).....	133
FIGURE 54 ÉVOLUTION DU NOMBRE DES CITÉS DE L'ÉNERGIE EN SUISSE (RAPPORT ANNUEL 2013 CITÉ DE L'ÉNERGIE).....	134
FIGURE 55 PART DES HABITANTS DANS LES CITÉS DE L'ÉNERGIE PAR CANTON ET CARTE (RAPPORT ANNUEL 2013 CITÉ DE L'ÉNERGIE)	134
FIGURE 56 CITÉ DE L'ÉNERGIE ET SUISSEENERGIE POUR LES COMMUNES (CITÉ DE L'ÉNERGIE 2014(ROBERT HORBATY,)).....	144
FIGURE 57 PLANIFICATION ÉNERGÉTIQUE TERRITORIALE ET AMÉNAGEMENT (TERRITOIRES ET ENVIRONNEMENT 2011).....	151
TABLEAU 4-1 ETAT DE LA MISE EN OEUVRE DU MOPEC 2008 DANS LES CANTONS SOURCE : DETEC 2012	142
TABLEAU 4-2 CHRONOLOGIE DE LA SOCIÉTÉ À 2000 WATTS SOURCE HTTP://WWW.2000WATT.CH/FR/SOCIETE-A-2000-WATTS/HISTORIQUE/ JUIN 2014.....	150

Bibliographie PET Suisse

Cherix, Gaetan, Massimiliano Capezzali, Arnaud Chapuis, et Akbar Nour. 2009. « Action and Influence of the Multiple Decision Levels over the Whole Energy Chain ». In *Conference Paper*, 14. Dubrovnik.

Cité de l'énergie. 2013. « Planification énergétique territoriale Outils pour un approvisionnement en chaleur tourné vers l'avenir Module 1 but et signification ». SuisseEnergie pour les communes.

Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie,. 2008. *Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC)*.

Conseil d'Etat FR. 2009. *Rapport du Conseil d'Etat au Grand Conseil relatif à la planification énergétique du canton de Fribourg (nouvelle stratégie énergétique)*.

DETEC. 2011. *Etat de la politique énergétique dans les cantons 2011*. Rapport annuel 12. Berne: Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie.

———. 2012. *Etat de la politique énergétique dans les cantons 2012*. Rapport annuel 12. Berne: Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie.

Donzel, Valérie, et Alexandre Fluckiger. *Le droit de l'urbanisme en Suisse*.

Duc, Gérard, Anita Frei, et Olivier Perroux. 2009. *Eau, gaz, électricité. Histoire des énergies à Genève du XVIIIème siècle à nos jours*. Infolio. Genève.

Lachal, Bernard. 2010. « Economies d'énergie-Toujours plus ? Des pionniers aux politiques à grande échelle ». présenté à Economies d'énergie-Toujours plus ? Des pionniers aux politiques à grande échelle, Genève, septembre 24.

Messer, Marc Antoine, Sandra Walter, et Sophie Noirjean. 2013. *Plans directeurs cantonaux en Suisse occidentale et latine : rôles, formes, utilisations*. 37.200.12/MAM-SW-SN-gn 27.06.2013. Lausanne: CEAT.

Robert Horbaty,. « Le label «Cité de l'énergie ® » Introduction ». Cité de l'Energie.

Rogers, Everett M. 2003. *Diffusion of innovations /*. 5th ed. New York :: Free Press,.

Société à 2000 watts. 2012. « Société à 2000 watts Concept pour l'établissement d'un bilan ». SuisseEnergie. http://www.2000watt.ch/fileadmin/user_upload/2000Watt-Gesellschaft/fr/Dateien/Societe_a_2000_watts/ou_va_t_on/concept_bilan_longue.pdf.

Star, Susan Leigh, et James R. Griesemer. 1989a. « Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 ». *Social Studies of Science* 19 (3): 387-420. doi:10.1177/030631289019003001.

Trompette, Pascale, et Dominique Vinck. 2009. « Retour sur la notion d'objet-frontière ». *Revue d'anthropologie des connaissances* Vol. 3, n° 1 (1): 5-27. doi:10.3917/rac.006.0005.

Ville de Zurich, SuisseEnergie, et Office Fédéral de l'Energie. 2009. *Bases d'un concept de mise en oeuvre de la société à 2000 watts: étude du cas de la ville de Zurich*. Zurich: Ville de Zurich.

Bibliographie générale

A. Bourque, et G. Simonet. 2008. « Québec ». In *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, édité par D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix, et E. Bush, 171-226. Ottawa: Gouvernement du Canada.

Akrich, M., Callon, M., et Latour, B. 1988. « A quoi tient le succès des innovations? 2: Le choix des porte-parole ». *Gérer et comprendre, Annales des Mines*, n° 12: 14-29.

-
- Arrondissement de Rosemont-la-Petite-Patrie, Montréal. 2012. *Îlots de chaleur urbains. Tout ce qu'il faut savoir!* Arrondissement Rosemont-La-Petite-Patrie.
- Banting, Doug, Hitesh Doshi, James Li, et Paul Missios. 2005. *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto*. Toronto.
- Barbara Deutsch, Heather Whitlow, Michael Sullivan, et Anouk Savineau. 2005a. *RE-GREENING WASHINGTON, DC: A Green Roof Vision Based on Quantifying Storm Water and Air Quality Benefits*. Washington, DC: Casey Trees Endowment Fund & Limno-tech Inc.
- . 2005b. *RE-GREENING WASHINGTON, DC: A Green Roof Vision Based on Quantifying Storm Water and Air Quality Benefits*. Washington, DC: Casey Trees Endowment Fund & Limno-tech Inc.
- Berkshire, Michael. 2010. « Implementing Green Roof Projects at the Local Level: Chicago ». juin 8.
- . 2012a. Green Roofs in Chicago.
- . 2012b. Green Roofs in Chicago.
- Blank, Lior, Amiel Vasl, Shay Levy, Gary Grant, Gyongyver Kadas, Amots Dafni, et Leon Blaustein. 2013. « Directions in green roof research: A bibliometric study ». *Building and Environment* 66 (août): 23-28. doi:10.1016/j.buildenv.2013.04.017.
- Boucher, Isabelle. 2010. *La gestion durable des eaux de pluie guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. [Québec]: Ministère des affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire, Direction générale des politiques, Unité ministérielle de veille. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/1988378>.
- Boucher, Isabelle, Pierre Blais, Québec (Province). MAMROT, et Vivre en ville (Association). 2010. *Le bâtiment durable. Guide des bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. [Québec]: Ministère des affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire, Direction générale des politiques, Unité ministérielle de veille. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/1988376>.
- Bradford R. Spangler. 2007. *Public Funding Incentives for Private Residential and Commercial Watershed Protection Projects*. grre. Montgomery County, Maryland Department of Environmental Protection & Resolve.
- Callon, Michel, et Michel Ferrary. 2006. « Les réseaux sociaux à l'aune de la théorie de l'acteur-réseau ». *Sociologies pratiques* n° 13 (2): 37-44. doi:10.3917/sopr.013.0037.
- Canadian Environmental Health Atlas. 2014. « Heat Waves ». <http://www.ehatlas.ca/climate-change/heat-waves>.
- Carter, Timothy, et Laurie Fowler. 2008. « Establishing green roof infrastructure through environmental policy instruments ». *Environmental management* 42 (1): 151-164. doi:10.1007/s00267-008-9095-5.
- Carter, Timothy, et Fowler, Laurie. 2008. « Establishing Green Roof Infrastructure Through Environmental Policy Instruments ». *Environmental Management*, n° 42: 151-164.
- Cauchard, Lionel. 2010. « Les collègues d'experts et la fabrique de la normalisation technique. Hybridation Normative et Performance de la Haute Qualité Environnementale (HQE) des Bâtiments en France. » Université Paris-Est. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00593753>.
- Chandler, T. J. 1970. *Selected bibliography on urban climate*. Tech. Note No. 155. Geneva: World Met. Organiz. No. 276.
- Cherix, Gaetan, Massimiliano Capezzali, Arnaud Chapuis, et Akbar Nour. 2009. « Action and Influence of the Multiple Decision Levels over the Whole Energy Chain ». In *Conference Paper*, 14. Dubrovnik.

Chesapeake Bay Foundation. 2008. « Green roof demonstration project: Final Report ». <http://green.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/publication/attachments/Green%20Roofs%20Report%2003-08.pdf>.

Chicago Tribune. 2014. « Chicago has record 46.37 million tourists ». http://articles.chicagotribune.com/2013-09-06/travel/chi-chicago-tourism-20130906_1_choose-chicago-international-visitors-percent-rise.

Cité de l'énergie. 2013. « Planification énergétique territoriale Outils pour un approvisionnement en chaleur tourné vers l'avenir Module 1 but et signification ». SuisseEnergie pour les communes.

City of Chicago. 2008. « Chicago Climate Action Plan ». <http://www.chicagoclimateaction.org/>.

———. 2012. « Chicago Green Roofs ».

———. 2013. « City of Chicago :: Mayor Emanuel Announces Launch of Chicago Solar Express to Drive Solar Development and Create Green Jobs ». http://www.cityofchicago.org/city/en/depts/mayor/press_room/press_releases/2013/october_2013/mayor_emanuel_announceslaunchofchicagosolarexpresstodriv solarde.html.

———. 2014. « Chicago Standard ». Consulté le mai 22. <http://futuregreenchatham.com/pdf/chicagostandard.pdf>.

City of Portland. 2005. « Green Building Policy ». <http://www.portlandoregon.gov/shared/cfm/image.cfm?id=112682>.

———. 2009. « Climate Action Plan: Executive Summary ». <http://www.portlandoregon.gov/bps/article/314522>.

———. 2011. « Stormwater Management Plan ». <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/126117>.

City of Portland, Environmental Services. 2005. « Portland Watershed Management Plan 2005 ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/107808>.

———. 2008. « 2008 Stormwater Management Manual: Chapter 2 ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/449695>.

———. 2009a. « Ecoroof Handbook ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/259381>.

———. 2009b. « Portland Ecoroof Incentives: BONUS-FAR ».

———. 2011a. « Portland's Ecoroof Program ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/261074>.

———. 2011b. « Portland's Ecoroof Program ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/261074>.

———. 2012a. « Portland City Ecoroof Incentives Available ».

———. 2012b. « ENB- 4.16 Clean River Rewards Stormwater Discount Program ». <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/402804>.

———. 2014a. « Stormwater Permit | The City of Portland, Oregon ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/37485>.

———. 2014b. « Technical Assistance | Stormwater Discount Program | The City of Portland, Oregon ». <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/390681>.

———. 2014c. « Grey to Green ». <http://www.portlandoregon.gov/bes/47203>.

City of Toronto. 2003. *Wet Weather Flow Management Policy*.

City of Toronto. 2006. *Implementing the Green Roof Incentive Pilot Program 2006-2007*.

———. 2009. « The power to live green ». 22 pages.

———. 2010. « Toronto Green Standard Making a Sustainable City Happen For Mid to High Rise Development ». 20 pages.

———. 2012. *Amendment to the Green Roof Bylaw for Public and Separate School Board Buildings 1 STAFF REPORT ACTION REQUIRED Amendment to the Green Roof Bylaw for Public*

-
- and* *Separate* *School* *Board* *Buildings*.
<http://www.toronto.ca/legdocs/mmis/2012/pg/bgrd/backgroundfile-45778.pdf>.
- . 2013. « City of Toronto guidelines for Biodiverse Green Roof ». http://www1.toronto.ca/City%20of%20Toronto/City%20Planning/Zoning%20&%20Environment/Files/pdf/B/biodiversegreenroofs_2013.pdf.
- . 2014a. « Ecoroof Incentive program ». http://www.toronto.ca/livegreen/greenbusiness_greenroofs_eco-roof.htm.
- . 2014b. « Wet Weather Flow Master Plan - Stormwater Management ». <https://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vnextoid=972bab501d8ce310VgnVCM10000071d60f89RCRD&vnextfmt=default>.
- . 2014c. « Toronto Green Roof Bylaw - Green Roofs - Zoning & Environment | City of Toronto ». <http://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vnextoid=83520621f3161410VgnVCM10000071d60f89RCRD&vnextchannel=3a7a036318061410VgnVCM10000071d60f89RCRD>.
- City-data.com. 2014. « Washington, D.C.: Geography and Climate ». <http://www.city-data.com/us-cities/The-South/Washington-D-C-Geography-and-Climate.html>.
- Colombard-Prout, Marc, Chantal Laumonier, et Nadine Roudil. 2007. *Le rôle des artisans novateurs dans la diffusion des meilleures techniques énergétiques disponibles*. CSTB. <http://www.cstb.fr/fileadmin/documents/publicationsScientifiques/DOC00004894.pdf>.
- Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie,. 2008. *Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC)*.
- Conseil d'Etat FR. 2009. *Rapport du Conseil d'Etat au Grand Conseil relatif à la planification énergétique du canton de Fribourg (nouvelle stratégie énergétique)*.
- Dagenais, Daniele, Paquette, S., Fuamba, M., et Thomas-Maret, I. 2011. « Keys to Successful Large Scale Implementation of Vegetated Best Management Practices in the Urban Environment ». In *12 th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil*,. Porto Alegre/Brazil,.
- DDOE. 2014a. « Green Roofs in the District ». <http://green.dc.gov/greenroofs>.
- . 2014b. « Changes to the District's Stormwater Fee ». <http://ddoe.dc.gov/node/9112>.
- . 2014c. « Notice of Final Rulemaking to Establish a Stormwater Fee Discount Program ». <http://ddoe.dc.gov/node/324872>.
- Debizet, Gilles. 2010. « Crise ou mutation de l'expertise en transport et mobilité ? » *Action publique face à la mobilité*, 139-162. <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00699354>.
- . 2011. « La rénovation énergétique des bâtiments en France entre marché, actions territoriales et dispositions nationales ». *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, n° Vol. 2, n° 1 (mars). doi:10.4000/developpementdurable.8856.
- Debizet, Gilles, et Martin Symes. 2009. « Expertise and Methodology in Building Design for Sustainable Development ». In *Changing Professional Practice*, Rouledge, pp 197-228. Sustainable Urban Development, Volume 4. Ian Cooper & Martin Symes.
- Del Percio, Stephan. 2012. « Toronto Real Estate Industry Continues to Lobby Against Green Roof Mandate ». *Green Real Estate Law Journal*. <http://www.greenrealestatelaw.com/2012/04/toronto-real-estate-industry-continues-to-lobby-against-green-roof-mandate/>.
- DETEC. 2011. *Etat de la politique énergétique dans les cantons 2011*. Rapport annuel 12. Berne: Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie.
- . 2012. *Etat de la politique énergétique dans les cantons 2012*. Rapport annuel 12. Berne: Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie.

-
- District of Columbia. 2014a. « About Sustainable DC ». <http://sustainable.dc.gov/page/about-sustainable-dc>.
- District of Columbia, DDOE. 2014b. « Anacostia River Initiatives ». <http://ddoe.dc.gov/anacostiariverinitiatives>.
- District of Columbia, DDOE. 2011. « SUSTAINABLE DC PLAN ». http://sustainable.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/sustainable/page_content/attachments/DCS-008%20Report%20508.3j.pdf.
- . 2014. « Separate Storm Sewer System MS4 Permit ». <http://green.dc.gov/service/separate-storm-sewer-system-ms4-permit>.
- Donzel, Valérie, et Alexandre Fluckiger. *Le droit de l'urbanisme en Suisse*.
- Duc, Gérard, Anita Frei, et Olivier Perroux. 2009. *Eau, gaz, électricité. Histoire des énergies à Genève du XVIIIème siècle à nos jours*. Infolio. Genève.
- Farias, Ignacio, et Thomas Bender. 2010. *Urban assemblages How actor-network theory change urban studies*. Routledge. Questioning cities series.
- Fears, Darryl. 2012. « D.C. debates best path to cleaner waterways - Washington Post.html ». *Washington Post*, décembre 3.
- Flichy, Patrice. 1995. *L'innovation technique, Récents développements en sciences sociales vers une nouvelle théorie de l'innovation*. Editions La Découverte. Sciences et société.
- Fortin, Luc. 2001. « Changements climatiques et risque pour la santé : une première conférence canadienne ». *BISE : bulletin d'information en santé environnementale, INSPQ, Gouvernement du Québec*, décembre. inspq.qc.ca/.../Etude-des-ilots-de-chaleur-montrealais-dans-une-perspective-de-sante-publique.aspx.
- Friends of the Chicago River. 2014. « What is a Watershed Management Ordinance? » <http://www.chicagoriver.org/issues/what-is-a-watershed-management-ordinance>.
- Giguère, Mélissa. 2009. *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains revue de littérature*. [Montréal Québec]: Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique Québec. <http://site.ebrary.com/id/10350859>.
- Giguère, Mélissa, et Pierre Gosselin. 2006. *Vagues de chaleur, îlot thermique urbain et santé examen des initiatives actuelles d'adaptation aux changements climatiques au Québec*. [Montréal]: Institut national de santé publique du Québec. <http://www4.banq.qc.ca/pgq/2007/3243842.pdf>.
- Grabs Project. 2010. *Chicago: Green Permit Program - incentives for developers to install green roofs*. The university of Manchester. <http://www.grabs-eu.org/membersArea/files/chicago.pdf>.
- Great Lakes & St. Lawrence Cities Initiative. 2014. « About Great Lakes and St. Lawrence Cities Initiatives ». <http://www.glsclcities.org/about/who-we-are.cfm>.
- Green Roofs for Healthy Cities. 2013a. *Annual green roof industry survey for 2012*. Green Roofs for Healthy Cities. <http://www.greenroofs.org/resources/SurveyReport2012FINAL.pdf>.
- . 2013b. *Annual green roof industry survey for 2012*. Green Roofs for Healthy Cities. <http://www.greenroofs.org/resources/SurveyReport2012FINAL.pdf>.
- Greenroofs.org. 2007. « Green Roofs Tree of Knowledge | Policy Initiatives ». http://www.greenroofs.org/grtok/policy_browse.php?id=14&what=view.
- GRHC. 2006a. « Green Roof Policy Development Workshop: Participant's Manual, part 2 ».
- . 2006b. « Green Roof Policy Development Workshop: Participant's Manual ».
- . 2008. « 2008 Green Roof Industry Survey Results ». zotero://attachment/35/.
- . 2009a. « Green Roofs - Living Architecture Monitor - Fall 2009 ». http://www.nxtbook.com/dawson/greenroofs/lam_2009fall/#/18.
- . 2009b. « Green Roofs - Living Architecture Monitor - Fall 2009 ». http://www.nxtbook.com/dawson/greenroofs/lam_2009fall/#/18.

Henry, Eric, et Magali Paris. 2009. « Institutional dynamics and institutional barriers to sustainable construction in France, Great-Britain and the Netherlands ». In *Changing Professional Practice*, Rouledge. Sustainable Urban Development, Volume 4. Ian Cooper & Martin Symes.

I. Boucher, et N. Fontaine. 2010. *La biodiversité et l'urbanisation. Guide des bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. Planification territoriale et développement durable. Québec: Ministère des affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire, Direction générale des politiques, Unité ministérielle de recherche et de veille.

King, Norman, JO-Anne Simard, et Geoffroi Vallee. 2002. « Programme d'avertissement montréalais de chaleur accablante: pour prévenir les risques à la santé ». *BISE: bulletin d'information en santé environnementale*, INSPQ, Gouvernement du Québec, mai. inspq.qc.ca/.../Etude-des-ilots-de-chaleur-montrealais-dans-une-perspective-de-sante-publique.aspx.

Lachal, Bernard. 2010. « Economies d'énergie-Toujours plus ? Des pionniers aux politiques à grande échelle ». présenté à Economies d'énergie-Toujours plus ? Des pionniers aux politiques à grande échelle, Geneve, septembre 24.

Lachance, Geneviève, Yves Baudouin, et Frédéric Guay. 2006. « Étude des îlots de chaleur montréalais dans une perspective de santé publique ». *BISE: bulletin d'information en santé environnementale*, INSPQ, Gouvernement du Québec. inspq.qc.ca/.../Etude-des-ilots-de-chaleur-montrealais-dans-une-perspective-de-sante-publique.aspx.

Levenfeld Pearlstein, LLC. 2008. « Chicago's New Stormwater Law Effective January 1, 2008 ». <http://www.lplegal.com/publications/articles/chicagos-new-stormwater-law-effective-january-1-2008>.

Liptan, Tom. 2012. Ecoroofs in Portland.

Lomakine, Cédric. 2011. « RAPPORT SUR L'ATELIER 2. ILOTS DE CHALEUR, Puits DE FRAICHEUR, ZONES SENSIBLES : CARTES URBAINES ». In *L'AMBIANCE EST DANS L'AIR La dimension atmosphérique des ambiances architecturales et urbaines dans les approches environnementales*, 29-35. Grenoble: Nicolas Tixier.

MEDTL. 2011. *Plan national d'adaptation aux effets du changement climatique (2011-2015)*. Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, du Transport et du Logement.

Messer, Marc Antoine, Sandra Walter, et Sophie Noirjean. 2013. *Plans directeurs cantonaux en Suisse occidentale et latine : rôles, formes, utilisations*. 37.200.12/MAM-SW-SN-gn 27.06.2013. Lausanne: CEAT.

Metro, Oregon. 2014. « What is Metro? » <http://www.oregonmetro.gov/regional-leadership/what-metro>.

MWH. 2004. « Green Roof Test Plot: 2003 End of Year Project Summary Report ».

Negron, Michael. 2013. « Limited Authority, Big Impact: Chicago's Sustainability Policies and How Cities can Push an Agenda Amidst Federal and State Inaction », *Harvard Law & Policy Review*, 07.

Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique. 2007. *Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, novembre 2006*. La Documentation française. Paris.

———. 2010. *Villes et adaptation au changement climatique*. La Documentation française.

Oke, T. R. 1979. *Review of urban climatology, 1973-1976*. Tech. Note No. 169. Geneva: World Met. Organiz. No. 539.

———. 1982. « The Energetic Basis of the Urban Heat Island ». *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 108 (455): 1-24. doi:10.1002/qj.49710845502.

« our story | dc greenworks ». 2014. Consulté le juillet 25. <http://dcgreenworks.org/about-dcg/history/>.

-
- Ouranos (Consortium). 2004. *S'adapter aux changements climatiques*. Montréal: Ouranos. http://www.ouranos.ca/cc/table_f.html.
- P. Blais, I. Boucher, et A. Caron. 2012. *L'urbanisme durable : Enjeux, pratiques et outils d'intervention*. Planification territoriale et développement durable. Québec: Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (Gouvernement du Québec).
- Panel Presentation of « The Portland Ecoroof Program ». 2012. http://www.youtube.com/watch?v=ewPJBGveayU&feature=youtube_gdata_player.
- Plan d'action de développement durable 2008-2013*. 2009. Québec: Institut national de santé publique du Québec.
- Renauld, Vincent. 2012. « Fabrication et usage des écoquartiers français : éléments d'analyse à partir des quartiers De Bonne (Grenoble), Ginko (Bordeaux) et Bottière-Chénaie (Nantes) ». INSA de Lyon. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00743357>.
- Robert Horbaty,. « Le label «Cité de l'énergie ® » Introduction ». Cité de l'Énergie.
- Rogers, Everett M. 2003. *Diffusion of innovations* /. 5th ed. New York :: Free Press,.
- Ryerson University. 2005. *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto*. http://commons.bcit.ca/greenroof/files/2012/01/banting_et_al.pdf.
- Shepard, Nora. 2010. *Green Roof Incentives | A 2010 Resource Guide*. Washington DC: DC Greenworks. about:newtab.
- Société à 2000 watts. 2012. « Société à 2000 watts Concept pour l'établissement d'un bilan ». SuisseEnergie. http://www.2000watt.ch/fileadmin/user_upload/2000Watt-Gesellschaft/fr/Dateien/Societe_a_2000_watts/ou_va_t_on/concept_bilan_longue.pdf.
- Star, Susan Leigh, et James R. Griesemer. 1989a. « Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 ». *Social Studies of Science* 19 (3): 387-420. doi:10.1177/030631289019003001.
- . 1989b. « Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 ». *Social Studies of Science* 19 (3): 387-420. doi:10.1177/030631289019003001.
- Steven Peck, Chris Callaghan, Monica E. Kuhn, et Brad Bass. 1999. *GREENBACKS FROM GREEN ROOFS: FORGING A NEW INDUSTRY IN CANADA*.
- Taylor, David A. 2007. « Growing Green Roofs, City by City ». *Environmental Health Perspectives* 115 (6): A306-A311. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1892107/>.
- Trompette, Pascale, et Dominique Vinck. 2009. « Retour sur la notion d'objet-frontière ». *Revue d'anthropologie des connaissances* Vol. 3, n° 1 (1): 5-27. doi:10.3917/rac.006.0005.
- Tulou, et Karimi. 2012. Green Roofs in the District of Columbia.
- US EPA. 2010. « Summary of Changes from the 2004 MS4 Permit to the 2010 MS4 Permit ». http://www.epa.gov/reg3wapd/pdf/pdf_npdes/stormwater/DCMS4/DraftPermit2010/Comparison2004v2010Permit.pdf.
- . 2012. « Permit for the District of Columbia Municipal Separate Storm Sewer System - FinalModifiedPermit_10-25-12.pdf ». http://www.epa.gov/reg3wapd/pdf/pdf_npdes/stormwater/DCMS4/MS4FinalLimitedModDocument/FinalModifiedPermit_10-25-12.pdf.
- . 2012. « Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies | Heat Island Effect ». Consulté le juillet 6. <http://www.epa.gov/heatisland/resources/compendium.htm>.
- Ville de Montréal. 2004. *Plan d'urbanisme de Montréal*. Ville de Montréal.
- . 2007. *Premier plan stratégique de développement durable de la collectivité montréalaise*. Ville de Montréal.

-
- . 2012. *Demain Montréal. Projet de plan de développement de Montréal*. Ville de Montréal.
- Ville de Zurich, SuisseEnergie, et Office Fédéral de l'Énergie. 2009. *Bases d'un concept de mise en oeuvre de la société à 2000 watts: étude du cas de la ville de Zurich*. Zurich: Ville de Zurich.
- Vinck, Dominique. 2009. « De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière ». *Revue d'anthropologie des connaissances* Vol. 3, n° 1 (1): 51-72. doi:10.3917/rac.006.0051.
- Voogt, James. 2002. « Urban Heat Island ». *Encyclopedia of Global Environmental Change*. Chichester:: Munn T.
- . 2004. « Urban Heat Islands: Hotter Cities ». *Actionbioscience*, novembre. <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>.
- . 2009. « How Researchers Measure Urban Heat Islands ». PDF. http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/EPA_How_to_measure_a_UHI.pdf.
- Webb, Amanda. 2006. « Architectural Record News | Chicago Expedites Permits for Green Buildings; Program Exceeds Expectations ». *Architectural Record*. <http://archrecord.construction.com/news/daily/archives/060720chicago.asp>.

Sommaire détaillé

RÉSUMÉ	4
SYNTHÈSE POUR LES DÉCIDEURS	7
Objets étudiés et concepts de l'innovation	7
Résultats de l'analyse de trois innovations urbaines sur leur terrain de diffusion	10
Un modèle de diffusion pour les innovations urbaines ?	18
Préconisations.....	20
REMERCIEMENTS	23
INTRODUCTION	25
1 PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALES	26
1.1 Comprendre le déploiement des innovations urbaines durables : un enjeu pour les décideurs publics et des questions pour la recherche	26
1.2 Les concepts scientifiques relatifs au déploiement des innovations	27
1.2.1 Les déterminants de la diffusion des innovations selon Rogers.....	28
1.2.2 Le concept de cadre de références sociotechniques de Flichy	30
1.2.3 Les approches interactionnistes : ANT, objets-frontières, objets intermédiaires	32
1.2.4 Approche heuristique appliquée au déploiement des innovations par les acteurs de la fabrication/transformation de la ville	33
1.3 Méthodologie générale	34
1.3.1 Hypothèses de la recherche.....	34
1.3.2 Choix des pays et des innovations	35
1.3.3 Exploration bibliographique	36
1.3.4 Enquête.....	36
1.3.5 Analyse de discours.....	36
2 LES POLITIQUES DE DÉPLOIEMENT DES TOITS VERTS EN AMÉRIQUE DU NORD	38
Introduction	38
2.1 Spatialités et temporalités de la réalisation de toits verts	39
2.1.1 Une croissance rapide et hétérogène des toits verts selon les villes et les régions	39
2.1.2 Analyse des documents émis par l'EPA.....	44
▣ Constitution du corpus statistique	44
▣ Classement et chronologie des thématiques associées aux toits verts	45
▣ Classement et chronologie des villes.....	46
▣ Analyse croisée des thématiques et des villes.....	47
▣ Discussion sur les trois hypothèses	48
2.2 Politiques municipales de déploiement : Portland, Chicago, Washington et Toronto	49
2.2.1 Méthodologie et structure des monographies.....	49
▣ Le choix des terrains enquêtés.....	49
▣ Enquête : sélection des personnes et des questions.....	50
▣ Le corpus documentaire mobilisé	51
▣ Structure des monographies.....	51
2.2.2 Portland : la ville pionnière en Amérique du nord par sa politique incitative	51
▣ Pionnière des toits verts pour la gestion des eaux pluviales et la durabilité des bâtiments et du territoire.....	52
▣ Une politique en direction des promoteurs et propriétaires essentiellement basée sur des incitations directes	54
▣ Evaluation des effets la politique de déploiement des toits verts	56
▣ Conclusion.....	59
2.2.3 Chicago : première ville états-unienne à imposer le toit vert dans la construction.....	60

■ Toits verts et Green buildings outils de durabilité et de marketing territorial	60
■ Une politique en direction des promoteurs et propriétaires imposant finalement les toits verts obligatoires pour l'essentiel des nouveaux bâtiments.....	63
■ Evaluation des effets la politique de déploiement des toits verts	67
■ Conclusion.....	70
2.2.4 Washington : championne des toits verts installés et des incitations.....	70
■ Une Championne des toits fortement contrainte par des problèmes d'eaux pluviales	72
■ Une politique en direction des promoteurs et propriétaires basée sur des subventions et des incitations indirectes associées au renforcement de la réglementation des eaux pluviales	73
■ Evaluation des effets de la politique de déploiement des toits verts	75
■ Conclusion.....	79
2.2.5 Toronto : championne de Canada après intégration dans son code du bâtiment	79
■ Championne du Canada imposant les toits verts après un long processus d'élaboration accompagné par GRHC.....	80
■ Une politique basée depuis 2010 sur l'obligation pour les bâtiments neufs	81
■ Evaluation des effets de la politique de déploiement des toits verts	83
■ Conclusion sur Toronto.....	84
2.3 Conception et diffusion des mesures de déploiement des toits verts.....	85
2.3.1 Les mesures des politiques locales favorisant les toits verts	85
2.3.2 Processus d'élaboration des mesures.....	86
2.3.3 L'instauration accélérée de mesures générales.....	87
2.3.4 Des connaissances qui se diffusent d'une ville à d'autres	88
■ Connaissances mobilisées pour concevoir les mesures générales.....	89
■ Origine des connaissances selon le composant de la mesure.....	90
■ Modalités de diffusion des connaissances et rôle de l'association GRHC.....	91
2.3.5 Des cadres d'actions plus ou moins agissant	92
Tables des figures et tableaux Green roof	96
Bibliographie Green roof Amérique du nord.....	97
3 LA PRISE EN COMPTE DE LA CHALEUR DANS L'URBANISME AU QUÉBEC.....	101
INTRODUCTION	101
Précisions sur la méthodologie	102
■ La sélection des personnes interviewées	102
3.1 Définition évolutive de l'ICU dans la littérature grise québécoise.....	103
3.1.1 Définitions dans les documents locaux relatifs à l'aménagement et l'urbanisme à Montréal.....	103
3.1.2 Référence aux ICU dans les documents locaux en dehors de Montréal.....	106
3.1.3 Définitions dans les documents provinciaux ou fédéraux	107
3.2 L'ICU dans la littérature scientifique et la thermographie	109
3.2.1 La définition historique de l'ICU : écart de température ambiante entre la ville et la campagne.....	109
3.2.2 Mesure des températures de surface par thermographies satellitaires	111
3.2.3 Effets de la faible résolution des cartes thermographiques	114
3.2.4 Évolution de la définition de l'ICU dans la littérature grise consécutive à la thermographie	115
3.3 Les raisons du succès de la carte thermographique	117
3.3.1 les qualités de la carte thermographique expliquant son succès.....	117
■ Avantages relatifs et Essayabilité	117
■ Simplicité et observabilité	118
■ Compatibilité.....	119
3.3.2 Processus d'adoption et agent du changement.....	122
Conclusion	123
Tables des figures et tableaux ICU Québec.....	126
Bibliographie ICU Québec.....	127
4 LA PLANIFICATION ÉNERGÉTIQUE TERRITORIALE EN SUISSE.....	129

Introduction	129
Préambule sur la méthodologie	129
4.1 Une méthode de planification énergétique communale	130
4.1.1 La méthode de planification énergétique communale préconisée (version 2013)	130
4.1.2 L'appui aux communes par l'association Cité de l'énergie	133
4.1.3 Source de la méthode	136
▣ La PEC posée par la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie	136
▣ Le tournant Société à 2000 watts et sa méthode	138
4.2 Une gouvernance non centralisée	139
4.2.1 L'article 89 de la constitution : réorientation des politiques énergétiques et répartition territoriale des responsabilités	139
4.2.2 L'organisation institutionnelle de l'aménagement du territoire	140
4.2.3 Une coordination inter-cantonale de l'énergie	141
4.2.4 SuisseEnergie et Cité de l'Energie : des organisations-frontières portant des objets-frontières, label et MPEC 143	
4.3 Des mécanismes de généralisation de la PEC	144
4.3.1 Adaptation du cadre cantonal : le cas de Fribourg	144
4.3.2 L'imaginaire Société à 2000 watts : un puissant moteur	147
4.3.3 Le défi de la prise en compte de l'énergie dans l'urbanisme	150
Conclusion	152
Tables des figures et tableaux PET Suisse	155
Bibliographie PET Suisse	156
BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE	156
SOMMAIRE DÉTAILLÉ	164