



HAL
open science

Prescription ne fait pas loi, les "green roofs" dans les villes américaines

Gilles Debizet

► **To cite this version:**

Gilles Debizet. Prescription ne fait pas loi, les "green roofs" dans les villes américaines. Cahiers RAMAU, 2015, 7, pp.67-87. hal-01248086

HAL Id: hal-01248086

<https://hal.science/hal-01248086>

Submitted on 2 Jan 2018

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.

Debizet G., *Prescription ne fait pas loi : les "green roofs" dans les villes américaines*, in Debizet et Godier (dir.) Architecture et urbanisme durables, Modèles et savoirs, Cahier RAMAU n°7 Editions de la Villette novembre 2015, pp. 67-85

Prescription ne fait pas loi : les "green roofs" dans les villes américaines

Gilles Debizet,

Université Grenoble-Alpes, UMR PACTE

Résumé : Les normalisations menées au nom de la durabilité et centrées sur un dispositif technico-architectural conduisent-elles à son adoption généralisée ? Un travail de normalisation et de promotion orchestré par une association interprofessionnelle nord-américaine a accompagné la croissance des toitures végétalisées depuis une quinzaine d'années. Cependant, au-delà des niches du marché immobilier, la généralisation des toits verts se limite à quelques villes. Confrontées à un problème environnemental spécifique (surverse des eaux usées dans le milieu naturel), ces villes ont instauré des obligations réglementaires ou des incitations financières qui sont assises sur une performance fonctionnelle et non sur une prescription technico-architecturale.

Introduction

Après la phase de réflexion et de programmation transversale incarnée par les agendas 21 et les Plans climat locaux, le développement durable de la ville entre dans une phase d'opérationnalisation en Europe et en Amérique du nord. Le bâtiment a été un des principaux champs d'application de ces programmes, non seulement parce qu'il absorbe une part importante de la consommation d'énergie, mais aussi parce que des professionnels du secteur s'étaient déjà mobilisés (Henry & Paris 2009). Initiées au tournant des années 2000, les méthodes d'évaluation environnementale des bâtiments avaient en effet été rapidement adoptées sur des marchés de niches de la construction (HQE (France) (Cauchard 2010), BREEAM (Royaume-Uni) (Debizet & Symes 2009) et LEED (Etats-Unis) et préparé une évolution du régime sociotechnique (Geels & Schot 2007), notamment l'étape de la réglementation thermique 2012 (Debizet 2012).

Cette opérationnalisation du développement durable de la ville s'appuie effectivement sur des connaissances et des outils facilement applicables aux bâtiments (réglementation thermique, certification environnementale, guides ...) et à la programmation urbaine (label écoquartier, cahier des recommandations environnementales...). Elle est aussi incarnée par des objets techniques tels que les panneaux photovoltaïques, les pare-soleil ou bien encore les toitures végétalisées. La diffusion et l'utilisation croissante de ces connaissances, outils et objets fait craindre la

généralisation de dispositifs techniques inadaptés (Chautard 2010; Neuwels 2013) et une standardisation des formes architecturales.

Menés au nom de la durabilité, les processus de normalisation centrés sur des prescriptions technico-architecturales conduisent-ils à leur adoption généralisée ? A quelles conditions, un ensemble de normes techniques, de connaissances et de savoir-faire relatifs à un dispositif technico-architectural conduit-il à sa généralisation ?

Le cas des toitures végétalisées en Amérique du nord se prête à cette question. D'une part, parce que c'est un dispositif qui est à la fois technique (juxtaposition de couches d'étanchéité, de drainage, de substrat et de végétaux) et architectural (forme en toit plat, fabrication d'un paysage et d'une ambiance...). D'autre part, parce qu'une association unique -fédérant la plupart des professionnels- mène depuis quinze ans un travail de formulation de prescription, de formation des professionnels et de promotion en direction des milieux de l'architecture et de l'urbanisme et des autorités publiques aux Etats-Unis et au Canada (Carter & Fowler, Laurie 2008).

Nous cherchons à montrer ici que le travail de normalisation nationale/internationale ne conduit pas une généralisation des toits verts¹ au-delà de quelques niches du marché de l'immobilier. Les résultats présentés s'appuient sur une enquête menée dans quatre villes américaines (Chicago (IL-USA), Portland (OR-USA) et Washington (DC-USA)) dans le cadre de la recherche *Chemins de l'innovation urbaine* menée avec le soutien de l'université de Montréal et de Stanford University et financée par le programme d'observation de la recherche sur la ville durable de l'ADEME².

Après la présentation des activités de l'association Green Roof for Healthy Cities (GRHC), nous montrons que la réalisation de toits verts est concentrée dans une poignée de villes américaines et connaît des fluctuations importantes. Ensuite, l'analyse diachronique des actions menées par ces municipalités expose la nature et, par comparaison, les effets de différentes réglementations et incitations. Le caractère indispensable de ces dernières dans une optique d'une végétalisation massive des toits est étayé par l'analyse des spatialités des bénéfices des toits verts. Enfin, la dernière section identifie les situations singulières auxquelles sont confrontées les rares villes où les toits verts se généralisent.

Guides, bonnes pratiques et qualifications : les activités d'une association professionnelle nord-américaine

Aux Etats-Unis et au Canada, l'association Green Roof for Healthy Cities (GRHC) apparaît incontournable dès que l'on cherche un colloque, une revue ou un professionnel spécialisé sur les toits verts. Par sa couverture géographique et la multiplicité des échanges d'information, GRHC joue un rôle essentiel dans la formulation et la circulation des connaissances (les deux activités étant liées) entre les -et en direction des- villes nord-américaines.

¹ Nous utiliserons dans la suite de l'article indifféremment les termes "toitures végétalisées", "*green roofs*" en anglais et "toits verts" en français canadien. Nous les définissons comme des toitures de bâtiments intentionnellement recouvertes par de la végétation.

² L'auteur tient à remercier Anne Grenier (ADEME) pour l'accompagnement, Raymond Levitt (Stanford) et Franck Scherrer (Montreal) pour leur accueil, les étudiants en master de Grenoble (Tuuli Parviainen et Clément Morandy) et Montréal (Simon Perreault) et les collègues de l'université de Grenoble (Dominique Baud, Myriam Housay-Holzschuch et Jean-Marc Francony et Stéphanie Abrial) pour leur conseil et le traitement des données ainsi que Danielle Dagenais (Université de Montréal) pour l'enquête complémentaire et nos nombreuses discussions scientifiques. <http://www.pacte-grenoble.fr/blog/journee-observation-de-la-recherche-sur-le-developpement-durable-de-la-ville-le-17-mars-a-paris/>.

- Elle met à disposition du public des publications scientifiques et édite une revue présentant des réalisations exemplaires sur une grande variété de bâtiments mobilisant l'imaginaire de la nature en ville et l'idéal de "sustainability", deux concepts réunis par l'adjectif *green* : *green building*, *green cities*...

- Elle élabore et vend des guides techniques, organise des sessions de formation dans les principales métropoles américaines et délivre ainsi des attestations de qualification des professionnels pour les différents métiers de la végétalisation des toits (conception, réalisation, entretien...). Ces activités contribuent à diffuser les connaissances et les savoir-faire et à fiabiliser la qualité des réalisations assurées par les professionnels de la construction et du paysage. Il s'agit d'améliorer durablement l'image des toits verts.

Outre les activités de GRHC, il convient de mentionner la production de normes techniques auxquelles participent les branches professionnelles et diverses institutions politiques fédérales au sein de 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. La normalisation s'avère très active sur l'objet "toit vert", elle porte sur la mise en œuvre de la végétalisation et la mesure des performances ; en 2014, sept normes relatives aux toits verts étaient en vigueur, quatre d'entre elles étaient des mises à jour de normes établies en 2005. En définissant des caractéristiques techniques, ces normes techniques évitent au prescripteur (maître d'ouvrage, architecte...) d'avoir à rédiger, dans le cahier des charges des travaux, des spécifications détaillées que devront respecter les entreprises soumissionnaires ; elles contribuent ainsi à réduire les coûts de transaction entre professionnels et à fiabiliser les performances finales. Sous la pression de leur assurance, les professionnels de la conception introduisent ainsi ces normes dans les contrats de construction dès lors qu'un toit vert est demandé. L'existence d'une norme technique nationale ou internationale d'un dispositif de construction ne constitue en rien une obligation légale à réaliser cet élément. En revanche, elle peut faciliter le travail de rédaction d'une réglementation imposant le dispositif. La vaste doctrine technique sur le toit vert, rassemblée et véhiculée par GRHC, a inspiré ces normes techniques et constitue la base d'éventuelles réglementations municipales, d'État ou fédérales.

Chaque année, l'association édite un classement des métropoles en fonction de la surface de toits verts réalisée sur le territoire. Elle contribue ainsi à révéler les actions des municipalités volontaristes et à accroître la motivation des élus et des techniciens en offrant notoriété et légitimité. Lors de conférences régionales et continentales organisées à intervalle régulier, elle met en valeur des membres de l'association, des partenaires académiques ainsi que des maîtres d'ouvrage immobiliers et des autorités locales en leur décernant des distinctions pour leurs actions exemplaires en faveur de la végétalisation des toitures. Il s'agit d'inciter les autorités locales à prescrire les toits verts non seulement sur leurs propres bâtiments mais aussi sur les bâtiments privés.

Green Roofs for Healthy Cities n'est pas une émanation d'autorités publiques. Elle rassemblait plus de 400 membres en 2012 : des industriels fournisseurs de produits (membrane, drain, substrat, plantes ...), des concepteurs (architectes et paysagistes), des professionnels impliqués dans la mise en œuvre de toits verts ainsi que des juristes et des scientifiques³. Elle a été créée en 1999 avec le soutien d'une firme de conseil de Toronto et huit compagnies économiquement intéressées par le développement des toits verts. Ses actions correspondent aux objectifs explicites qu'elle s'est fixée à l'origine

³ <http://www.greenroofs.org/index.php/about/aboutus> consulté le 25 octobre 2013

(Steven Peck et al. 1999) : la promotion des toits et murs végétalisés auprès des parties prenantes (notamment les autorités locales) et du grand public, l'amélioration de l'évaluation des bénéfices de ces systèmes et la formation de ses membres et des parties prenantes.

Somme toute, GRHC a cherché à faire apparaître les toits comme un bien commun multiscalaire dont la végétalisation servirait tout à la fois le propriétaire du bâtiment, la ville qui l'entoure et la planète ; pour ce faire, elle mobilise abondamment le désir de nature en ville et l'imaginaire de la durabilité. Les actions de GRHC ont-elles des impacts sur la végétalisation effective des toits ?

Une croissance disparate des toits verts dans les villes américaines

La surface de toit vert réalisée chaque année ne cesse d'augmenter depuis le début des années 2000 aux Etats-Unis et au Canada. Ainsi vingt fois plus de toits verts ont été installés au cours de l'année 2013 qu'en 2006. La progression est continue depuis 2004 si ce n'est la période 2009 et 2010 qui correspond à une baisse drastique des livraisons de bâtiments neufs du fait de la crise immobilière (figure 1).

Cependant, il convient de bien situer les surfaces de toits verts par rapport à la construction de bâtiments à l'échelle des Etats-Unis et du Canada : la surface de toit vert installée reste très largement minoritaire.

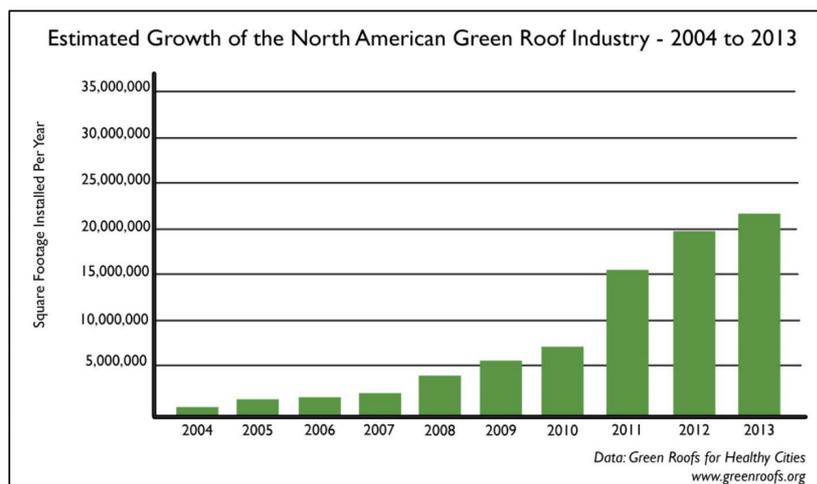


Figure 1 Surface annuelle de toits verts mis en œuvre aux USA et au Canada (GRHC 2014)⁴

La végétalisation de toits se concentre désormais (en 2012, figure 3) dans quelques métropoles. Comme le montre la carte des surfaces de toits verts par habitant dans les trente villes des Etats-Unis les plus peuplées (figure 2)⁵, le toit vert est l'apanage des villes du nord : la quasi-absence de toit vert dans les villes du sud peut sans doute s'expliquer par la difficulté à maintenir de la végétation sans arrosage. Ceci étant dit, les disparités sont aussi fortes entre les villes du nord. Dans la plupart de ces villes, 0,01 à 0,1 m² de toit par habitant a été végétalisé sur la période 2010-2013.

⁴ Les valeurs indiquées ci-dessus correspondent à des déclarations formulées projet par projet par des entreprises ou des municipalités à l'association GRHC. Les surfaces effectivement installées sont très probablement supérieures.

⁵ Nous remercions l'association GRHC qui nous a fourni la liste de tous les projets de toits verts par commune pour les années 2010 à 2013. Elle a permis de déterminer les surfaces par commune (figure 2) alors que le classement GRHC est effectué par aire urbaine (figure 3).

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

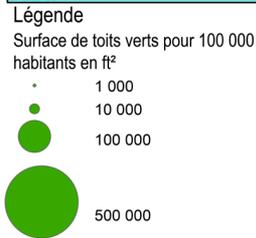
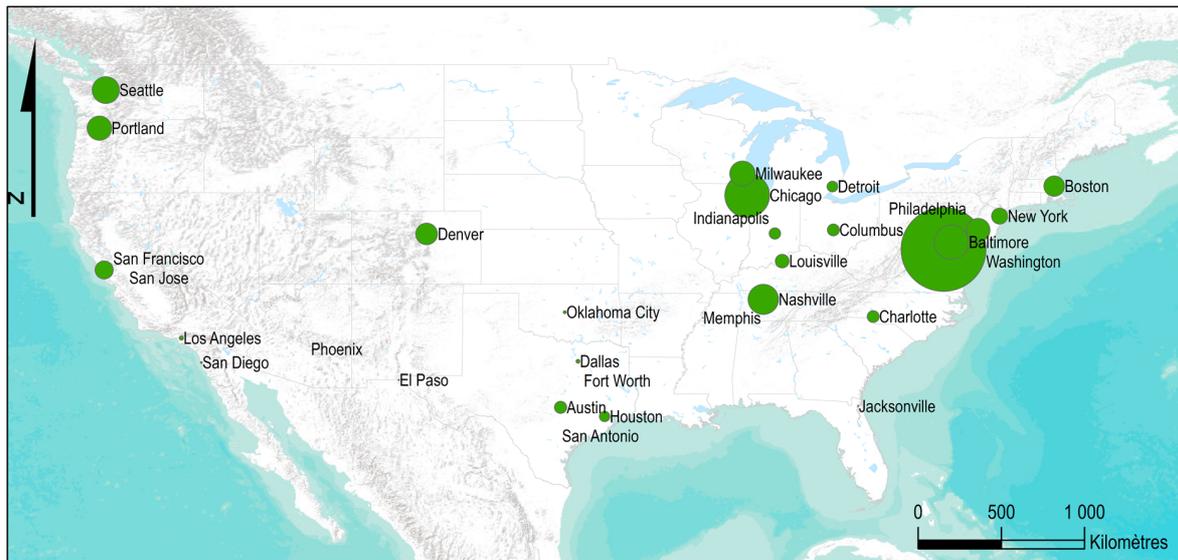


Figure 2 Cartographie des surfaces de toits verts par habitant installés entre 2010 et 2013 dans les 30 villes américaines les plus peuplées (Debizet-Morandy)

Chicago et Washington font exception avec des surfaces nettement supérieures. Il s'y installe entre 5 et 10 fois plus de toit vert par habitant que dans les autres villes du nord des Etats-Unis. La comparaison de Washington avec ses voisines Philadelphie, Baltimore et New York laisse penser que le régime climatique ne peut expliquer cet écart. Il en est de même de Chicago par rapport à Milwaukee et Indianapolis.

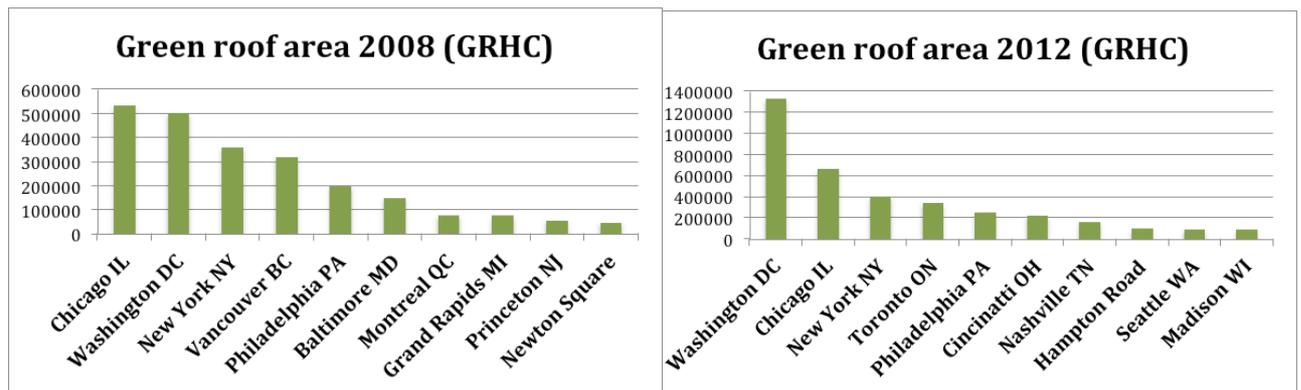


Figure 3 Surface des toits verts installés au cours des années 2008 et 2012 par métropole (ville et aire urbaine) aux Etats-Unis et Canada (GRHC)

Les villes restant dans le *top ten* sont peu nombreuses : parmi elles, Chicago et Washington se détachent de New York et Philadelphie depuis 2011. Dans ces quatre villes les projets de toits verts se comptent par dizaine chaque année. Tout comme à Portland en Oregon, la ville d'où est parti le mouvement "*green roof*" (cf. infra). Elle a disparu du *top ten* en 2008 (11ème) mais se maintient constamment dans les vingt premiers.

A l'image des années 2008 et 2012 (figure 3), la moitié des villes entrent et sortent du *top ten* chaque année. Les apparitions ponctuelles s'expliquent en général⁶ par la végétalisation d'un toit de très grande surface (centre commercial, usine, parking municipal ...) et un faible nombre annuel de projets.

Comment expliquer les écarts de surface de toit entre les villes -au-delà des épiphénomènes- et en nombre de projets ? Comment expliquer les progressions de Chicago et Washington ?

Action des municipalités à Portland Chicago et Washington

L'enquête menée auprès des acteurs des toits verts des trois villes américaines permet d'apporter des éléments de réponse. Son objectif était de comprendre la dynamique expliquant la progression des toits verts et d'identifier les dispositions prises par les municipalités (Debizet 2014).

Portland et Chicago ont été les premières villes américaines à promouvoir les toits verts au tournant des années 2000 en réalisant des bâtiments exemplaires et en formulant des recommandations techniques à destination des acteurs de l'immobilier (promoteurs, architectes...). Quelques années plus tard et deux ans avant Washington, ces municipalités ont instauré des subventions assises sur la végétalisation des toits. Jusqu'en 2006, Portland et Chicago partageaient les premières places du classement de l'association GRHC avec Philadelphie et New York autres pionniers des toits verts.

Par la suite, les stratégies de Chicago et de Portland ont divergé. Les actions déployées à Chicago (tableau 1) relevaient d'une systématisation de la prescription toit vert tandis que Portland se recentrait sur la rétention des eaux pluviales (dont le toit vert n'est qu'une solution parmi d'autres). Plus précisément :

- Chicago a imposé en 2008 la végétalisation de la toiture de tous les projets recevant un financement de la municipalité (au titre du renouvellement urbain, du logement social ou du développement économique) ou localisés sur un terrain vendu par la municipalité. Ces conditions correspondaient en fait à la majorité des projets immobiliers puisque la ville de Chicago a une tradition très interventionniste en matière de développement économique et social et maîtrise sur le plan foncier de très nombreuses friches industrielles. De ce fait, la ville réservait ses subventions aux maisons individuelles et aux petits immeubles résidentiels construits hors de ces zones. Elle a instauré parallèlement une obligation de rétention des eaux pluviales de 0,5 pouces sur tout le territoire qui peut être assez facilement assurée si le quart de la surface du toit est végétalisé ou, dans le cas des maisons individuelles ou des petits collectifs en périphérie, par des dispositifs au sol.

- Portland a entrepris des actions dans deux directions : les incitations économiques spécifiques au toit vert et les règles constructives liés à la rétention des eaux pluviales. Elle a instauré en 2008 des subventions légèrement inférieures au surcoût de la végétalisation, subventions qu'elle réserve aux populations défavorisées depuis 2011. Elle a aussi conditionné des réductions de la taxe d'assainissement à la végétalisation de la toiture. Parallèlement, elle a obligé les porteurs de projet immobilier à adopter des dispositions de rétention et d'infiltration des eaux pluviales prédéfinies par un référentiel technique au-delà de 1000 m² de surface imperméabilisée en 2006, et de 50 m² depuis 2011. Ces dispositions ont conduit à une végétalisation quasi-systématique

⁶ Selon l'analyse des surfaces que nous avons menée pour les années 2010 à 2013 à partir des données fournies par GRHC.

des toitures des nouveaux bâtiments commerciaux mais pas de celle des bâtiments résidentiels qui disposent en général de surface au sol drainables et végétalisables suffisantes pour satisfaire les exigences municipales en matière de rétention d'eau.

Ville	Rétention eau pluviale	Toiture végétalisée
Chicago	0,5 pouce pour les toits de bâtiments neufs sur tout le territoire (2008)	50% minimum sur les bâtiments bénéficiant d'aide municipale ou construits sur un terrain cédé par la ville (2008)
Portland	Rétention et infiltration à la parcelle par des dispositifs au choix pour les nouvelles surfaces imperméabilisées de plus de 1000 m ² (2006) (plus de 50 m ² en 2011)	Bonus de densité pour les bâtiments neufs seulement dans le centre ville (2001) Réduction de 50 à 100% de la taxe d'assainissement (2007) Subvention (5\$/ft ²) pour les bâtiments existants (2008) mais limitée aux populations défavorisées (depuis 2011)
Washington	Instauration d'une taxe sur la surface imperméabilisée pour l'existant avec exemption si dispositif de rétention d'eau de plus de 1,2 pouces (2010) 1,2 pouces pour les toits de bâtiments neufs de plus de 500 m ² de surface plancher avec possibilité de compenser entre 0,6 et 1,2 pouces en finançant des travaux sur des bâtiments existants (2011)	Subvention (3\$/ft ² en 2007, 5 en 2008 et 7 à 15 en 2012) pour tous les bâtiments : neufs et existants

Tableau 1 Principales dispositions réglementaires et incitatives déployées à Washington, Chicago et Portland

Arrivé plus tardivement dans le peloton de tête du classement GRHC et leader des dernières années, le District of Columbia (correspondant à la ville de Washington⁷) a misé sur les exigences en matière de rétention des eaux pluviales. Comme la ville de Portland, il propose depuis 2007 une subvention au toit vert (augmentée en 2008 et 2012) qui s'élève à 15\$ par pied carré dans les quartiers les plus pauvres. Cependant, la mesure phare est la création d'un marché de compensation visant à faire cofinancer la végétalisation des toits existants par les porteurs de projet immobilier neuf. Plusieurs dispositions ont été mises en place conjointement en 2010 et 2011 :

- modification de l'assiette de la taxe d'assainissement : la taxe forfaitaire par ménage (et entreprise) est remplacée par une taxe proportionnelle à la surface imperméabilisée de la parcelle avec possibilité d'exemption de taxe en cas de travaux de végétalisation de la toiture,
- exigence d'une hauteur minimale de rétention d'eau pluviale de 1,2 pouce pour tous les projets nouveaux ou rénovés de plus de 500 mètres carrés mais avec la possibilité de réaliser jusqu'à la moitié du volume de rétention correspondant en végétalisant la toiture d'un bâtiment existant situé sur le territoire municipal,
- instauration d'une bourse, contrôlée par la ville, de volumes de rétention permettant à un promoteur d'acquérir le droit de ne pas retenir 1,2 pouce d'eau pluviale et à un

⁷ Le District of Columbia est une collectivité locale avec un conseil élu mais ses décisions comme son budget sont partiellement contrôlées par une commission du Congrès des États-Unis. La majorité des bâtiments tertiaires du district appartient aux institutions fédérales.

propriétaire de bâtiment existant de vendre, et ainsi, de faire financer le volume de rétention associé à la végétalisation de son toit.

Introduit par la loi fédérale *Clean Water Act*, le principe de marché de compensation était mis en œuvre pour les polluants de l'eau par quelques villes américaines. A Washington, il est conçu de façon à inciter les promoteurs qui construisent à financer la végétalisation de toits existants dans les quartiers pauvres de la ville grâce à la subvention municipale plus élevée. Autrement dit, le marché de compensation de rétention d'eau est pensé pour transférer des fonds des quartiers/bâtiments riches vers les quartiers pauvres, là où les propriétaires ont peu les moyens de financer la végétalisation⁸.

En fait, la municipalité s'appuie sur deux atouts singuliers. Le premier est l'attractivité d'une adresse postale dans la capitale fédérale. Le deuxième est la limitation de hauteur des bâtiments⁹ : contrairement aux métropoles américaines, il n'y a pas de gratte-ciel à Washington. Ces deux facteurs contribuent au dynamisme immobilier pour des bâtiments résidentiels ou tertiaire de taille moyenne sur une grande partie du territoire du District of Columbia y compris dans des zones de rénovation urbaine. La municipalité ne peine donc pas à imposer des mesures drastiques aux promoteurs quitte à accepter des dérogations si elles se traduisent par des transferts financiers vers les propriétaires de bâtiments existants. Il faut noter que la District of Columbia mène parallèlement, via des associations, une politique proactive d'information et d'accompagnement des habitants défavorisés et de formation qualifiante de professionnels et de chômeurs aux travaux de végétalisation.

Des exigences en matière de rétention des eaux pluviales sur les nouvelles constructions ont été adoptées par les trois villes, elles les ont étendues par étapes à la quasi-totalité des bâtiments neufs. D'autres solutions que le toit vert permettant de satisfaire cette exigence, cette disposition ne s'est pas traduite par la généralisation des toits verts comme l'illustre le cas de Portland où la progression de toit vert est modeste comparativement à Chicago et Washington.

Ces deux villes ont choisi deux voies différentes qui portent chacune leur fruits. Chicago impose le toit vert sur tous les projets immobiliers sur lesquels elle a prise et réserve les incitations économiques à quelques cas complémentaires. A l'inverse, Washington a développé un puissant et complexe système d'incitation financière assis sur des exigences élevées en matière de rétention des eaux pluviales : le toit vert n'est pas une prescription obligatoire mais est considéré et traité comme la solution simple satisfaisant assurément ses exigences dès lors que certaines caractéristiques de mise en œuvre sont respectées et le dispositif bénéficie aussi aux bâtiments anciens.

Au vu des statistiques de toit verts dans les villes américaines, il apparaît que des obligations portant sur une grande part de la construction neuve ou des incitations économiques fortes appliquées à l'ensemble du parc de bâtiment sont nécessaires à une généralisation des toits verts mais elles sont rarement mises en place. L'on peut se demander pourquoi de telles dispositions sont nécessaires et pour quelles raisons elles ont été déployées spécifiquement à Chicago et Washington.

⁸ Entretien avec les responsables du District Département of Environnement septembre 2012.

⁹ Aucun bâtiment du District ne peut être plus haut que le Capitole, le siège du Congrès des Etats-Unis d'Amérique.

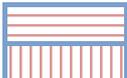
Pourquoi les incitations ou des obligations sont nécessaires ?

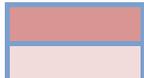
Les promoteurs (cf. infra) des toits verts et les publications scientifiques attribuent de nombreux avantages au toit vert : rétention des eaux de pluie (Dagenais et al. 2011) (Czemiel Berndtsson 2010), atténuation des températures de surface et évapotranspiration réduisant le phénomène d'îlot de chaleur urbain (Gago et al. 2013; Kleerekoper et al. 2012; Susca et al. 2011), isolation thermique des toitures (Saadatian et al. 2013; Castleton et al. 2010), contribution à la biodiversité, capture des poussières et polluants (Rowe 2011), séquestration de dioxydes de carbone, absorption des bruits automobiles et contribution au paysage voire à la création d'espaces d'agrément supplémentaires (Mees et al. 2013a).

Ces avantages sont à mettre en regard avec les coûts supplémentaires augurés par les toits verts. Dans le cas d'une végétation extensive¹⁰, le coût de réalisation de 5\$ par pied carré et celui de la visite annuelle de contrôle de la végétation sont partiellement compensés par l'augmentation de la durée de vie de la membrane d'étanchéité (Liu & Baskaran 2003). Ces coûts sont sensiblement plus élevés dans le cas d'une végétation intensive c'est-à-dire susceptible de supporter plantes et arbustes qui caractérisent un jardin paysager.

Eu égard aux nombreux avantages environnementaux, l'on peut s'étonner que les acteurs de la construction n'aient quasiment pas réalisé de toits verts au cours du vingtième siècle. Pour comprendre ce paradoxe, il convient d'identifier la spatialité des avantages que peut apporter la réalisation d'un toit vert.

Avantages	Bénéficiaires						
	planète	région	métropole	quartier	bâtiment	logement (sous toit)	
Carbone (séquestration)	bénéfice variable ou incertain						
Biodiversité	bénéfice variable ou incertain						
Eaux pluviales (rétention)		bénéfice avéré					
Poussières (capture)			bénéfice variable ou incertain				
Paysage			si végétalisation extensive			si accès et usage du toit	
Rafrachissement air ambiant			bénéfice avéré				
Bruits urbains (absorption)				bénéfice variable ou incertain			
Espace d'agrément					si accès et usage du toit		
Agriculture urbaine					si accès et usage du toit		
Isolation thermique						bénéfice variable ou incertain	
Isolation phonique						bénéfice variable ou incertain	

si végétalisation extensive  
 si accès et usage du toit  

 bénéfice avéré
 bénéfice variable ou incertain

¹⁰ Une végétalisation extensive nécessite peu d'entretien ; elle correspond généralement à une dizaine de centimètres de substrat et drainage recouverts par des plantes résistantes au manque d'eau et se développant à l'horizontale.

Tableau 2 Spatialités des bénéfiques des toits verts (Debizet)

En fait, les bénéfiques sont relativement faibles pour les occupants de l'immeuble. L'accroissement de l'isolation thermique et phonique est relatif car cette fonction est déjà assurée par des dispositifs conventionnels du fait de la réglementation, et, ne bénéficie de toute façon qu'aux habitants du dernier étage. Le principal bénéfice pour les habitants et les propriétaires de l'ensemble de l'immeuble tient à la possibilité d'utiliser le jardin en toiture mais cela suppose une végétalisation extensive, relativement coûteuse à installer et entretenir ainsi qu'un accès permanent.

La vue sur le toit végétalisé, la capture des poussières et un moindre rayonnement thermique de la toiture bénéficient dans les rares cas où des riverains dominant le toit (Peng & Jim 2013). La séquestration du carbone (atténuant le changement climatique global) et la contribution à la biodiversité varient substantiellement selon l'intensité de la végétation et les apports hydriques (Speak et al. 2013; Cook-Patton & Bauerle 2012). Finalement, la rétention des eaux pluviales (Vijayaraghavan et al. 2012; Zhang et al. 2012) et l'évapotranspiration (atténuant la chaleur urbaine) constituent les externalités positives les plus fréquentes d'un toit vert ; il bénéficie donc essentiellement à l'autorité locale en charge du réseau d'assainissement et, ce faisant, à l'ensemble des habitants de l'aire urbaine.

Les eaux pluviales comme motivation majeure confortée par des circonstances exceptionnelles à Washington et Chicago

Les premiers toits verts réalisés concernaient essentiellement des bâtiments emblématiques certifiés LEED¹¹. En effet, la végétalisation du toit permet de gagner des points supplémentaires dans plusieurs rubriques de l'évaluation environnementale et, par conséquent, d'atteindre dans des conditions économiques raisonnables les seuils Gold voire Platinum véhiculés par les acteurs de la finance (voir article de Cyril Boisnier).

Au milieu des années 2000, les toits verts ont servi d'illustration au programme volontaire d'actions durables des trois villes étudiées, équivalent du Plan Climat Local développé à la même période par des françaises pionnières. L'élaboration de ce programme explicitement inscrit dans l'idéal de "*sustainability*" est pilotée par le maire dans un objectif de forte visibilité politique par les électeurs et les milieux économiques (concurrence d'image entre villes pour attirer les emplois tertiaires supérieurs)¹². Ces Plans Climat locaux ont ainsi mis le principe d'une forte action municipale en faveur des toits verts à l'agenda de l'ensemble de l'administration municipale.

La cause n'était cependant pas acquise. Les services municipaux en relation avec les acteurs de l'urbanisme et de l'immobilier se montrent réticents à insérer la prescription *green roof* dans les règlements d'urbanisme. A Portland, le service de l'Environnement, ardent promoteur des toits verts, se voyait simplement attribuer une enveloppe

¹¹ Equivalent américain de la certification HQE

¹² 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) souligne la permanence de cette rivalité. Elle s'incarne dans les classements relatifs aux *Green Buildings* et aux *Green roofs* : "*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.*"

budgétaire pour des subventions faute de convaincre les autres services et les élus de la nécessité de réglementer. A Washington, le service de l'environnement était bien le seul de l'administration municipale à porter le toit vert. A Chicago, il a fallu plusieurs années de portage politique par le maire avant d'aboutir à des prescriptions dans les différents secteurs de l'action municipale.

Si les Plans Climat ont créé une fenêtre d'opportunité à la fois comme processus et comme discours, les entretiens que nous avons menés avec des responsables des services municipaux font apparaître le rôle d'un enjeu local majeur -la surverse des eaux polluées dans le milieu naturel- dans le basculement de la machine administrative municipale en faveur des toits verts.

Portland. Un tiers du réseau d'assainissement de la ville mélange les eaux pluviales avec les eaux usées (réseau unitaire) ; il en découle des déversements d'eaux polluées dans la rivière lors des épisodes pluvieux intenses. Conformément à loi fédérale *Clean Water Act*, la ville de Portland doit solliciter un permis provisoire de rejet des eaux polluées auprès de l'Etat sous le contrôle de l'agence fédérale de protection de l'environnement (US-EPA). Pour obtenir le premier permis, en 1995, elle s'était engagée à mener de très importants travaux sur le réseau d'assainissement municipal. Lors du renouvellement du permis en 2004 et alors qu'elle n'avait pas exécuté les travaux, elle a proposé une gestion intégrée du bassin-versant, approuvée en 2005 : le *Portland Watershed Management Plan*. La rubrique *Stormwater management* souligne le rôle de la végétalisation des toits en terme de réduction du ruissellement des eaux pluviales. L'exigence de rétention des eaux pluviales pour les surfaces de toits supérieurs à 1000 m² a été introduite quelques mois plus tard dans le règlement d'urbanisme.

Chicago. Le réseau unitaire couvre une grande partie du territoire municipal. Afin de réduire le risque de surverse des eaux polluées dans le Lac Michigan (Grabs Project 2010) et de satisfaire le loi fédérale *Clean Water Act*, la ville a construit un grand réservoir qui s'est avéré insuffisant. La qualité des eaux de ce lac représentant un enjeu de cadre de vie et, donc, économique et politique important, le maire a lancé en 2003 la *Great Lakes and St. Lawrence Cities Initiative* qui rassemble les grandes villes 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.

Washington. Un tiers du réseau d'assainissement de la ville est unitaire (Barbara Deutsch et al. 2005). Le réseau est saturé en moyenne annuelle à 75 reprises et déverse directement 1,5 millions de gallons d'eaux polluées dans la rivière Anacostia. Le permis renouvelé de 2004 prévoit d'importants travaux à réaliser sur le réseau d'assainissement en complément du déploiement de *green infrastructures* dont les toits verts. Évalué à plus de 2,5 milliards de dollars, ces travaux représentent une somme prodigieuse pour une ville de 600 000 habitants. Avec deux ans de retard et après des négociation tendue avec US-EPA, le permis est renouvelé en octobre 2011, juste au moment où le District of Columbia introduit de très ambitieuses exigences de rétention à la parcelle, instaure une taxe à la surface imperméabilisée et crée le marché de compensation (cf. supra) tout en accordant un nouveau délai pour les grands travaux sur le réseau.

La rétention des eaux pluviales sur les toits et les surfaces imperméabilisées s'avère être un moyen d'éviter de colossales dépenses sur le réseau d'assainissement public. Cela

concerne les espaces urbanisés les plus anciens où le réseau d'assainissement est unitaire. Les centres historiques des grandes métropoles de la côte est sont particulièrement sensibles au problème de surverse des eaux pluviales polluées du fait de leur exposition à des épisodes pluvieux intenses, eux-mêmes amplifiés par le réchauffement climatique ; la tempête Sandy en est une illustration.

Le dispositif de permis de polluer institué par le *Clean Water Act* joue un rôle central dans l'introduction d'exigences en matière d'urbanisme ou de dispositions fiscales. Cependant, la pression varie selon les villes : elle est nettement moins forte à Portland qu'à Washington. Elle dépend de la sensibilité de l'écosystème aquatique menacé par les surverses. Face à une pression fédérale vigoureuse, la nature de la réponse - *green infrastructure* vs bassins sur le réseau d'assainissement- dépend de la capacité de la municipalité à imposer de nouvelles réglementations au secteur privé ou à financer elle-même des grands travaux. Ville administrative prestigieuse mais peuplée de 0,6 million d'habitants majoritairement pauvres entourée d'une multitude de municipalités plus aisées et institutionnellement indépendantes de la ville centre, Washington a logiquement accéléré le déploiement des *green infrastructures* pour éviter une dépense publique, autrement incontournable.

Finalement, les conditions environnementales, urbaines et politiques conduisant à de fortes exigences ou incitations en matière de toit vert ne sont véritablement réunies que sur une infime partie du territoire américain.

Conclusion

La végétalisation des toitures a bien fait l'objet d'un travail de normalisation associant synthèse et reformulation par consensus de connaissances, construction de représentations sur ses bienfaits, établissement de prescriptions techniques notamment sous forme de normes techniques assurant leur diffusion tout comme la qualification des professionnels. L'association Green Roof for Healthy Cities (GRHC) a joué sur ce plan un rôle prépondérant au service des acteurs économiques susceptibles de tirer avantage du développement des toits verts.

La certification LEED a introduit à la marge les toits verts dans des projets de bâtiments exemplaires en termes de durabilité qui sont généralement des bâtiments prestigieux ou de haut standing. De même, de nombreuses municipalités ont construit des bâtiments exemplaires montrant la voie au secteur privé. Les toits verts sont présentés comme des "bonnes pratiques" dans des référentiels sur la construction durable (*green building*) ou la ville durable. Les normes techniques abaissent les coûts de conception et fiabilisent les résultats. Pratiquée sur les bâtiments de haut standing, la végétalisation peine cependant à s'étendre aux bâtiments courants. La normalisation des toits verts ne débouche pas sur une généralisation.

Le toit vert constitue un *imaginaire technique* au service d'autres enjeux que lui-même. Largement utilisé dans les plaquettes de présentation des Plans Climat Locaux, il crédibilise les nouvelles orientations auprès des habitants et des milieux professionnels de la construction. Il justifie ainsi un changement du cadre de fonctionnement de la production urbaine au sens où le définit Flichy (1995). La prescription toit vert est instrumentalisée au service de la ville durable et non l'inverse.

Il faut sonder les acteurs municipaux pour comprendre que le toit vert sert avant tout et finalement une fonction ancienne et quasi-régaliennne de l'action municipale : l'assainissement. Le toit vert légitime le changement de paradigme de la gestion des

eaux pluviales urbaines : le fait de retenir l'eau de pluie sur la surface où elle tombe plutôt que dans des grands bassins au sein du réseau d'assainissement. De ce point de vue, le toit vert et plus généralement les *green infrastructures* remettent en cause le standard de gestion des eaux pluviales en ville.

En effet, l'imaginaire technique du toit vert opère un déplacement vers les parcelles privées d'un problème que l'on traitait auparavant intégralement dans le domaine public. Ce faisant, il justifie une immixtion du public sur des espaces privés. La difficulté de ce déplacement idéologique explique la rareté des municipalités nord-américaines ayant mis en place des règles contraignantes. Même si leur efficacité est pour le moment certaine puisque la surface végétalisée augmente substantiellement dans ces villes, l'on peut s'interroger pour la suite. Le toit vert n'étant qu'un moyen de satisfaire les exigences de rétention d'eau, d'autres dispositifs pourraient émerger comme le préconise déjà la ville de Portland.

Ainsi, même portée par la normalisation technique et promue par une association professionnelle continentale efficace, une prescription technico-architecturale ne fait pas loi. Elle véhicule un imaginaire technique durable qui peut crédibiliser des exigences de performance fixées par une autorité locale en réponse à un problème local majeur.

Bibliographie

Barbara Deutsch et al., 2005. *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.

Carter, T. & Fowler, Laurie, 2008. *Establishing Green Roof Infrastructure Through Environmental Policy Instruments*. *Environmental Management*, (42), p.151-164.

Castleton, H.F. et al., 2010. *Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit*. *Energy and Buildings*, 42(10), p.1582-1591.

Cauchard, L., 2010. *Les collèges 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.

Chautard, G., 2010. Développement durable et construction. In *Développement durable et territoire*. Vileneuve d'Ascq: Zuindeau Bertrand, p. pp.385-396.

Cook-Patton, S.C. & Bauerle, T.L., 2012. *Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review*. *Journal of Environmental Management*, 106, p.85-92.

Czemiel Berndtsson, J., 2010. *Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review*. *Ecological Engineering*, 36(4), p.351-360.

Debizet G., 2012, Bâtiment et climat : la guerre des normes n'aura pas lieu. *Métropolitiques*, mis en ligne le 9 novembre 2012

Debizet G., 2014, *Chemins de l'innovation urbaine*, Rapport remis à l'ADEME, 166 pages

Debizet, G. & Symes, M., 2009. *Expertise and Methodology in Building Design for Sustainable Development*. In *Changing Professional Practice*. Sustainable Urban Development. Ian Cooper & Martin Symes, p. pp 197-228.

Flichy, P., 1995. *L'innovation technique, Récents développements en sciences sociales vers*

une nouvelle théorie de l'innovation. Editions La Découverte,

Gago, E.J. et al., 2013. *The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, p.749–758.

Geels, F.W. & Schot, J., 2007. *Typology of sociotechnical transition pathways*. Research Policy, 36(3), p.399–417.

Grabs Project, 2010. *Chicago: Green Permit Program - incentives for developers to install green roofs*, The university of Manchester.

Henry, E. & Paris, M., 2009. *Institutional dynamics and institutional barriers to sustainable construction in France, Great-Britain and the Netherlands*. In *Changing Professional Practice*. Sustainable Urban Development. Ian Cooper & Martin Symes.

Kleerekoper, L., van Esch, M. & Salcedo, T.B., 2012. *How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect*. Resources, Conservation and Recycling, 64, p.30–38.

Liu, K. & Baskaran, 2003. *Thermal performance of green roofs through field evaluation*. In *First annual greening Rooftops for sustainable communities conference*. CD. Chicago, USA: Green roof for healthy Cities.

Mees, H.L.P. et al., 2013a. *Who governs climate adaptation? Getting green roofs for stormwater retention off the ground*. Journal of Environmental Planning and Management, 56(6), p.802–825.

Negron, M., 2013. *Limited Authority, Big Impact: Chicago's Sustainability Policies and How Cities can Push an Agenda Amidst Federal and State Inaction*. , 07.

Neuwels, J., 2013. *Construction durable : expertise et contre-expertise d'architectes. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Volume 13 Numéro 2).

Peng, L. & Jim, C., 2013. *Green-Roof Effects on Neighborhood Microclimate and Human Thermal Sensation*. Energies, 6(2), p.598–618.

Rowe, D.B., 2011. *Green roofs as a means of pollution abatement*. Environmental Pollution, 159(8-9), p.2100–2110.

Saadatian, O. et al., 2013. *A review of energy aspects of green roofs*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 23, p.155–168.

Speak, A.F. et al., 2013. *Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage*. Urban Climate, 3, p.40–55.

Steven Peck et al., 1999. *Greenbacks from green roofs: forcing a new industry in Canada*

Susca, T., Gaffin, S.R. & Dell'Osso, G.R., 2011. *Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs*. Environmental Pollution, 159(8-9), p.2119–2126.

Vijayaraghavan, K., Joshi, U.M. & Balasubramanian, R., 2012. *A field study to evaluate runoff quality from green roofs*. Water Research, 46(4), p.1337–1345.

Zhang, B. et al., 2012. *The economic benefits of rainwater-runoff reduction by urban green spaces: A case study in Beijing, China*. Journal of Environmental Management, 100, p.65–71.