

Octobre 2016

Végétaliser la ville

Pour quels bénéfices,
avec quels financements, suivis
et gouvernances des projets ?

L'apport d'exemples européens et nord-américains

Etude Climat réalisée par Alexandre Tavin et Alexia Leseur

Cette étude a été réalisée par **Alexandre Tavin** chargé de mission « Infrastructures vertes » dans le programme « Territoires et Climat » et **Alexia Leseur** directrice du programme « Territoires et Climat »

Pour tout contact :
contact@i4ce.com

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier tous ceux qui les ont aidés dans la rédaction de ce rapport, en particulier Thibaut Beauté (Communauté d'Agglomération de Cergy-Pontoise), Laure Cormier (Institut d'Urbanisme de Paris - Université Paris Est), Vincent Hulin (Mission Economie de la Biodiversité, Groupe Caisse des Dépôts et Consignations), Tiphaine Kervadec (Etd), Pauline Laille et Damien Provendier (Plante & Cité), Sarah Marquet (ADEME), Valery Masson (Météo France), Marjorie Musy (CERMA – IRSTV), Sophie Nicolas (Ehop) et Loubliana Petroff (Elioth) ainsi que l'équipe de I4CE (ex-CDC Climat Recherche), notamment Valentin

Bellassen, Cécile Bordier, Mariana Deheza, Claudine Foucherot, Julia Grimault, Romain Morel et Guillaume Simonet pour leurs remarques et suggestions pertinentes. Les auteurs restent seuls responsables de toute erreur ou omission.

Ce travail a été réalisé essentiellement entre septembre 2013 et mai 2014 dans le cadre de CDC Climat recherche (devenu I4CE en septembre 2015), et a bénéficié du soutien financier de la Communauté Urbaine de Bordeaux dans le cadre du projet « 55 000 ha de nature en ville » à travers le groupement dont le mandataire est BeCitizen.

Directeur de publication : Benoît Leguet – ISSN 2101-4663

Cette publication résulte de travaux effectués à titre indépendant par les équipes de I4CE-Institute for Climate Economics, qui en assume l'entière responsabilité. La présente publication reflète les seules opinions de I4CE, à partir de sources réputées fiables. Cette étude ne constitue pas une offre de service ou de produit, ni un démarchage ou un conseil de quelque nature que ce soit. Les informations contenues dans cette étude ont un caractère purement indicatif et n'ont aucune valeur contractuelle. I4CE ne saurait engager sa responsabilité au titre de la divulgation ou de l'utilisation des informations contenues dans la présente étude.

Résumé

Les villes sont des espaces fortement peuplés et minéralisés, sous les effets d'une urbanisation croissante doublée d'un étalement urbain continu. Mais une forte demande sociale émerge pour remettre des espaces de nature en ville, arguant ses avantages sanitaires, environnementaux, sociaux et même économiques qui rendraient la ville plus durable et attractive. Reconnaisant cette diversité de fonctions du végétal, plusieurs cadres réglementaires nationaux et européens incitent aujourd'hui à végétaliser les espaces urbains : le Grenelle II (2010) promeut des trames vertes et bleues qui s'intègrent dans des schémas régionaux de cohérence écologique, et la communication de la Commission Européenne sur les infrastructures vertes (2013) en fait un outil clé de la stratégie européenne d'adaptation au changement climatique.

A partir d'une revue de la littérature scientifique et d'analyse de 8 études de cas détaillées et 12 illustrations spécifiques, ce rapport vise à apporter aux décideurs locaux et développeurs urbains les éléments clés d'aide à la décision, à travers trois prismes : identifier les différents types d'espaces végétalisés urbains et leurs multiples bénéfices ainsi que leurs cas d'application; avoir un premier chiffrage des coûts de mise en œuvre à supporter ; mettre en lumière les modes possibles de financement, de gouvernance et de suivi du projet.

Alors que la littérature met souvent en avant les multiples bénéfices du végétal en ville (sur la santé, le bien-être des habitants, la biodiversité, la lutte

contre l'îlot de chaleur urbain, la qualité de l'air, l'infiltration des eaux de pluie, la séquestration du carbone, la valorisation du foncier et des produits végétaux, etc.), il s'avère que ceux-ci dépendent du type d'espaces végétalisés (trames vertes, forêts et parcs, jardins, friches, linéaires, toits végétalisés), ce que cette Etude Climat synthétise. Mais elle ne peut se substituer à une analyse spécifique car les bénéfices exacts dépendent des caractéristiques réelles de ces espaces (taille, espèces, gestion, ressources en eau, etc.).

A partir d'une analyse de divers projets urbains de végétalisation, des ordres de grandeurs des coûts d'investissement et de fonctionnement des différents types de projets urbains ont pu être évalués, ainsi que les diverses sources de financement possibles, à la fois institutionnels (de l'échelon local, national à l'européen), de nature privée (dons, partenariats public-privé, incitatif, participatif), ou identifiés comme innovants (finance carbone, obligations vertes). Aucun modèle unique ne s'impose dans les projets, le choix ayant été souvent fait de multiplier les sources de financement, et aussi les acteurs impliqués pour favoriser l'effet levier des fonds publics, l'implication des habitants et l'expertise technique et financière du secteur privé. Quatre facteurs clés de succès de projets de végétalisation urbaine sont identifiés : i) le soutien politique, ii) la maîtrise foncière, iii) la multifonctionnalité de l'espace permettant des co-bénéfices et l'accès facilité au financement, et iv) la définition d'indicateurs pertinents.

SOMMAIRE

Introduction	5
I. La pluralité du végétal en ville : du jardin privatif à la trame verte urbaine, bénéfiques comparés à différentes échelles urbaines	5
A. Etat des lieux des connaissances sur le végétal en ville : des effets positifs pour les populations, l'environnement et l'économie	6
B. Des effets positifs à nuancer selon les différentes échelles	9
II. Financer les espaces de nature en ville dans un contexte de finances publiques dégradées	15
A. Des coûts élevés, tout au long des phases du projet	15
B. Les différents échelons institutionnels de financement public	17
C. Un recours croissant au financement privé : dons, partenariats public-privé, financement participatif	19
D. L'utilisation de financement innovant : la finance carbone et les obligations vertes	21
III. Quelle gouvernance et quels outils opérationnels de mise en œuvre de projet ?	23
A. La gouvernance locale des projets comme facteur de succès : différentes modalités permettent l'implication des acteurs à chacune des phases du projet	24
B. La maîtrise foncière et la fiscalité locale : deux facteurs clés pour l'implantation de projet	25
C. Les outils de suivi et d'évaluation de projets : plusieurs indicateurs pour plusieurs objectifs	26
Conclusion	28
Annexe I – Tableau récapitulatif des projets : objectifs, coûts et mise en œuvre	29
Références	31

Introduction

Les villes sont des espaces fortement peuplés et minéralisés, sous les effets d'une urbanisation croissante doublée d'un étalement urbain continu. Mais une forte demande sociale émerge pour remettre des espaces de nature en ville, arguant ses avantages sanitaires, environnementaux, sociaux et même économiques qui rendraient la ville plus durable et attractive. Ces espaces verts, privés et publics (parcs urbains, jardins privés, toits et murs végétalisés, linéaires arborés, friches et espaces vacants...), font en effet bénéficier la ville et ses habitants d'une multiplicité de services dit services écosystémiques (séquestration du carbone, régulation thermique, services de support de la biodiversité et des écosystèmes, d'approvisionnement et de purification de l'eau, espaces de loisirs, valorisation économique du foncier, purification de l'air, production via l'agro-foresterie urbaine, etc.) dont les effets exacts sont difficiles à chiffrer et les conditions de réalisations efficaces difficiles à définir.

Reconnaissant cette diversité de fonctions du végétal, plusieurs cadres réglementaires nationaux et européens incitent aujourd'hui à végétaliser les espaces urbains. Par exemple, en France, la loi « Grenelle II » (n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement) promeut au niveau local des trames vertes et bleues (TVB) entendues comme des infrastructures écologiques, s'intégrant dans des schémas régionaux de cohérence écologique. Ces trames constituent un outil d'aménagement de l'espace visant à favoriser la biodiversité par la circulation des espèces tout en englobant des fonctions socio-économiques. Au niveau européen, la Commission Européenne a adopté en 2013 une communication sur les infrastructures vertes, mettant en avant le rôle des espaces végétalisés urbains dans une stratégie d'adaptation au changement climatique (COM 2013/249 final).

L'objectif de cette Etude Climat est d'apporter aux décideurs locaux et développeurs urbains les éléments clés d'aide à la décision, à travers trois prismes : cerner les multiples avantages des espaces végétalisés urbains et les conditions de leur mise en œuvre ; avoir un premier chiffrage des coûts à supporter ; mettre en lumière les modes possibles de financement et de gouvernance du projet. La première partie vise à identifier les différentes formes d'espaces végétalisés urbains (parcs, toits et murs verts, friches, linéaires arborés) et les avantages précis attribués à chacun, en mettant l'accent sur les avantages liés à la lutte contre le changement climatique. A travers l'analyse de plusieurs projets de végétalisation déjà réalisés, la deuxième partie dresse une évaluation des coûts de mise en œuvre et de maintenance de chacun de ces projets. Elle détaille les financements possibles, en se concentrant notamment sur les outils possibles pour mobiliser le secteur privé (gestion en

partenariat public-privé, incitation fiscale...), la question de la mobilisation de l'expertise et des capitaux privés étant de plus en plus cruciale pour les collectivités, dans un contexte de finances publiques dégradées. Enfin, la troisième partie analyse les différentes formes de gouvernance possible au sein des projets, les modalités d'implication des habitants et les outils de suivi et d'évaluation.

Cette Etude Climat s'appuie sur l'analyse de 8 études de cas détaillées de projets de végétalisation urbains (Bâle, Chicago, Kamen, Lille, Londres, Montréal, New-York, Paris), sélectionnés pour leur diversité et leur répliquabilité, et 12 illustrations spécifiques.

Note à l'attention des lecteurs français : Sauf mention d'un cas particulier de Trame Verte et Bleue (TVB), cette étude conserve le terme d'infrastructure verte pour parler des projets de végétalisation urbains. Les décideurs locaux et aménageurs urbains en France doivent cependant garder à l'esprit les distinctions entre les deux notions, avant tout en termes d'encadrement légal. En France, la TVB, créée par le Grenelle II et définie par le Code de l'Environnement (art. L371) est encore la notion qui oriente les projets de végétalisation urbains, et reste le prisme au travers duquel sont évalués les projets pour financement national et régional. A l'échelle européenne et internationale en revanche, la notion d'infrastructure verte domine et développe une approche plus multifonctionnelle, comme support à une large gamme de services écosystémiques (pour une comparaison approfondie, cf. encadré n°1, page10).

I. La pluralité du végétal en ville : du jardin privatif à la trame verte urbaine, bénéfices comparés à différentes échelles urbaines

Aujourd'hui, les villes et les espaces urbains sont essentiellement caractérisés par une absence d'espaces verts (Georgi *et al.*, 2010), ce qui conduit à des impacts négatifs en termes notamment d'îlot de chaleur urbain, de ruissellement des eaux de pluie et de perte de biodiversité. Les projets de végétalisation urbains permettent d'inclure du « vert » en ville, des espaces de nature qui font bénéficier les populations urbaines d'une multitude de services (dits services écosystémiques) au nombre desquels « la séquestration de carbone, l'interception du ruissellement des eaux, la régulation thermique, la maximisation du potentiel de biodiversité » (Boudes, 2010). Ces services sont aussi à portée sociale (santé publique, loisirs...) et économique (valorisation des ressources, requalification d'espaces, prix

du foncier...). Cette première partie présente les bénéfices de la nature en ville, de façon générale d'une part (section A), et d'autre part les précise selon le type d'espace verts considéré (trame verte, parcs, jardins, linéaires, friches) (section B).

A. ETAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES SUR LE VÉGÉTAL EN VILLE : DES EFFETS POSITIFS POUR LES POPULATIONS, L'ENVIRONNEMENT ET L'ÉCONOMIE

Il est souvent difficile d'évaluer chacun des effets positifs du végétal en zone urbaine, tant les déterminants sont multifactoriels. La classification des effets de la végétation en milieu urbain, établie par Konijnendjik *et al.* (2013) et reprise par l'étude BENEVEG de Plante & Cité (Laille *et al.*, 2013) souligne que certains bénéfices sont plus documentés que d'autres. En effet, l'impact de la présence de végétaux en matière de biodiversité, de santé humaine, de valorisation du bâti et de régulation thermique a fait l'objet de nombreuses études et mesures de terrain. En revanche, les effets en matière de qualité de l'air et d'attractivité économique ne restent approchés pour l'instant que par des modélisations et des raisonnements qualitatifs. Dans tous les cas, les recherches et retours d'expériences restent nécessaires, au minimum à un niveau très local lors de l'analyse d'un projet. Chacun de ses bénéfices est examiné spécifiquement dans les sous-sections suivantes¹.

1) Pour la santé et le bien-être collectif : bénéfices renforcés avec une nature de proximité

Les espaces verts urbains jouent un rôle important en matière de santé publique. Les parcs urbains, et les linéaires arborés sont associés à une pratique accrue d'activité physique (Kaczynski *et al.*, 2007 ; Van Dillen *et al.*, 2012) et de nombreuses études soulignent le lien fort entre l'existence d'un espace vert public à proximité et la longévité des riverains (Takano *et al.*, 2002), la réduction des symptômes cardio-vasculaires et des troubles respiratoires (modulo

¹ Les effets négatifs sont parfois mentionnés dans la littérature et ponctuellement repris ici (allergies, obstruction visuelle, dégradation de la chaussée et des trottoirs, etc.), et se retrouvent surtout dans les guides de bonnes pratiques (cf. par exemple, Certu *et al.* 2011).

certains végétaux allergènes, Richardson *et al.*, 2010), et l'amélioration de l'état de santé ressenti (Mitchell *et al.*, 2007). Des effets positifs des espaces urbains végétalisés ont été identifiés en matière de cohésion sociale (Beckley, 1995), et de renforcement d'un attachement communautaire (Arnberger, 2012).

Les espaces de nature en ville peuvent ainsi expliquer l'organisation fonctionnelle et ressentie des quartiers d'habitat. Ainsi, en matière d'aménagement urbain, la proximité à un parc ou espace vert urbain est considérée par les ménages comme plus importante que la proximité des commerces ou l'accessibilité en transport, pour des raisons de bien-être au quotidien (SEEIDD/CGDD, 2012 ; Laille *et al.*, 2013).

2) Pour les équilibres naturels : un acteur clé de la préservation de la biodiversité et de la régulation environnementale (lutte contre l'îlot de chaleur urbain, qualité de l'air, infiltration de l'eau)

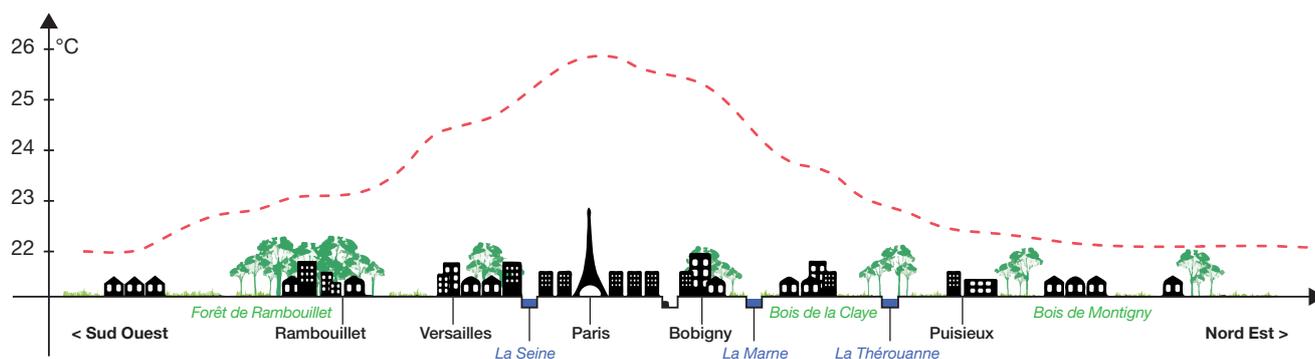
Les services et les bienfaits que rendent les espaces verts en termes de conservation de la biodiversité et de régulation environnementale (température, air, eau) sont nombreux et de multiples études scientifiques existent pour en préciser les effets et les conditions opérationnelles, notamment en fonction des types d'espaces, d'espèces et de gestion².

Biodiversité

La biodiversité représente la diversité du monde vivant à tous les niveaux (diversité des milieux, des espèces, et des gènes). Les aires urbaines sont capables d'héberger une grande biodiversité dans de nombreux espaces – parcs, friches, jardins privatifs (Savard J.-P., 2000 ; Arnould *et al.*, 2011) –, qu'il s'agit de préserver, pérenniser et interconnecter pour éviter leur isolement et renforcer les échanges entres

² Cf. par exemple pour la France le volet 3 du projet EPICEA – Etude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement Climatique à l'Echelle de l'Agglomération parisienne, qui traite notamment des effets d'une végétalisation urbaine sur l'ICU, le projet MUSCADE qui s'intéresse notamment aux impacts de la végétation sur la consommation énergétique des bâtiments, le projet VegDUD qui traite également des impacts de la végétation sur le climat, les ambiances, l'énergie, l'hydrologie au niveau du quartier, et le projet CCTV (Changement Climatique et Trame Verte) qui analyse le rôle du végétal dans la lutte contre le changement climatique et la préservation de la biodiversité.

FIGURE 1 – EVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR LE LONG D'UNE COUPE DU SUD-OUEST AU NORD-EST DE PARIS



Source : Agence Parisienne du Climat et Météo France (2012). © Groupe Descartes

habitats écologiques (Cornelis *et al.*, 2004). La biodiversité observée au sein des parcs urbains est souvent plus élevée que dans les autres espaces de nature urbains (Saümel *et al.*, 2010). La biodiversité en ville peut être recherchée, au moins sur trois aspects : la ville comme l'un des lieux, parmi d'autres, de la biodiversité ; la ville comme territoire à considérer dans le continuum des habitats et lieux de passage des espèces ; la biodiversité comme facteur d'amélioration possible de la résilience de la ville aux divers aléas. C'est pour réduire l'effet d'isolement des habitats et répondre aux enjeux environnementaux que pose la ville, que se développent les projets de Trames Vertes Urbaines, promus en France par le Grenelle de l'Environnement, via les Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique – SRCE³.

Réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain, qualité de l'air et climat

Les espaces végétalisés jouent également un rôle important de régulateur environnemental (température, eau, qualité de l'air⁴). Par exemple, sur ce dernier aspect, la végétation filtre les particules atmosphériques et absorbe certains polluants (cf. par ex. Beckett *et al.*, 2000 ; Yin *et al.*, 2011 ; Laille P. *et al.*, 2013), ce qui améliore globalement la qualité de l'air⁵. Mais d'autres effets semblent modérer cet avantage (émission de composés organiques volatils, surtout lors de forte chaleur, participant ainsi à la création d'ozone ; diminution possible de l'aération des villes dans certains cas). Diverses études sont ainsi en cours pour affiner ces éléments et préciser le rôle exact selon le type d'espèces, d'espaces et le type de gestion en utilisant des modèles de climatologie urbaine et/ou de réalisation d'expérimentations (cf. Medhi *et al.*, 2013 pour une synthèse globale des interactions entre végétation et climat urbain).

Les espaces végétalisés permettent de modérer les températures et de réduire le déséquilibre thermique entre espaces urbains et ruraux (cf. par ex. Bowler, 2010). Les aires urbaines sont caractérisées par un effet d'îlot de chaleur urbain (abrégé ICU, à savoir la différence de température observée entre milieux urbains et zones rurales environnantes) : par exemple, dans la région Ile-de-France, cet îlot se traduit par des différences nocturnes de l'ordre de 2 à 3°C en moyenne annuelle entre Paris et les zones rurales, d'après les résultats du projet EPICEA. Une des causes majeures de l'ICU est la perte progressive de la végétation et de la présence d'eau en milieu urbain associées à la multiplication des surfaces minérales à faible albédo (perte de fraîcheur et d'évapotranspiration, artificialisation des sols) (cf. figure 1).

Le végétal permet de réduire la température dans la ville, grâce à une bonne capacité de réflexion de la lumière solaire (albédo de 10 à 25 % selon le type de végétation contre 8 % pour les routes), une évapotranspiration importante et l'ombrage produit. L'importance des espaces végétalisés et parcs urbains est d'autant plus grande que l'ICU a des effets

négatifs sur le confort thermique, la qualité de l'air (l'élévation de la température aggrave la pollution urbaine), les besoins de rafraîchissements et de climatisation (d'où une plus grande demande en énergie pour rafraîchir l'intérieur des bâtiments) et la santé. A titre d'illustration, la modélisation et les mesures de Loughner *et al.* (2012), calculent qu'une couverture arborée sur 50 % de la surface des rues entraîne une diminution de la température de -4°C pour l'air au niveau du sol, -15°C pour la surface des routes et -9°C pour la surface des immeubles, dans des villes comme Washington ou Baltimore. Mais des études sont encore nécessaires pour mesurer l'impact exact de la végétation selon les conditions, à la fois à l'échelle du quartier et de la ville.

Une condition clé de l'efficacité du rôle de modérateur de température et d'évapotranspiration est de bien hydrater le végétal : les conclusions du projet EPICEA sur l'agglomération parisienne soulignent l'importance de la consommation d'eau de la plante. Ainsi, dans les opérations de verdissement et de végétalisation urbaines, doit être étudiée la végétation la plus performante possible en matière de rendement, de localisation et de gestion, pour optimiser le rapport « évapotranspiration de la plante / consommation d'eau de la plante ». Ce point est encore peu étudié, en dehors d'études circonscrites à des cas locaux ou des projets particuliers.

De plus, l'ombre créée par la présence d'arbres et de végétation « rafraîchit l'air sous la canopée et évite que la surface du sol ne chauffe trop » (Laille *et al.*, 2013)⁶. Les bénéfiques sont nombreux et notamment économiques. Une étude montre ainsi que les revêtements urbains sous couverture arborée connaissent une longévité accrue, ce qui permet de réaliser des économies sur les coûts liés à leur entretien (McPherson, 2005). La présence d'arbres réduit les entrées d'air dans les constructions et permet une meilleure efficacité énergétique du bâtiment (Chen *et al.*, 2008), et une diminution des besoins de climatisation/chauffage. Divers travaux de recherche, comme VegDUD (2013) en France, cherchent notamment à quantifier le rôle du végétal sur la consommation énergétique des bâtiments, et le confort thermique.

Infiltrations des eaux et lutte contre le ruissellement

Les espaces végétalisés urbains permettent une meilleure infiltration des eaux de pluie : en luttant contre l'artificialisation des sols, la mise en place de tels espaces participe d'une meilleure gestion des eaux de pluie et le cycle urbain de l'eau (Kubal *et al.*, 2009, Laille P. *et al.*, 2013). Alors que le ruissellement entraîne une perte de ressource, l'infiltration grâce aux espaces végétalisés permet une recharge effective des nappes phréatiques locales et une meilleure qualité des eaux. Par exemple, un arbre de gabarit moyen intercepte jusqu'à 9 000 litres de précipitations par an (US Forest Services, 2008). Laille P. *et al.* (2013) s'appuie sur une étude chinoise (Zhang *et al.*, 2012) pour étayer ce point et montre que 2 500 m³ d'eau

3 Cf. encadrés n°1 et 2, p. 11 et 18.

4 De manière générale, es espaces ouverts non bâtis permettent de réduire la concentration des polluants en favorisant leur dispersion, difficile dans les espaces bâtis denses.

5 Estimé notamment à 8 M\$US/an pour l'absorption de la pollution à Atlanta (cf. Morsch, 2009).

6 Mais l'effet inverse peut se produire : « un arbre peut faire baisser la température sous son couvert de plusieurs degrés dans la journée, et stocker de la chaleur au niveau du sol, ce qui peut perturber le rafraîchissement nocturne, en coupant le rayonnement infrarouge vers le ciel. » (cf. ADEME 2014b).

TABEAU 1 – EVALUATION DES SERVICES ÉCONOMIQUES RENDUS PAR LES ARBRES URBAINS : SÉQUESTRATION DU CARBONE, ÉCONOMIE D'ÉNERGIE ET ABSORPTION DE LA POLLUTION.

	Année	Nb Arbres	Carbone séquestré/an (MT)	Energie économisée (MWH)	Pollution absorbée/an (T)	Pollution absorbée \$/an
Chicago	2007	3,6 millions	22 831	2 988	889	6 398 200
New-York	1996	5,2 millions	38 358	23 579	1 997	10 594 900
Philad.	1996	2,1 millions	14 619	10 943	727	3 934 100
Wash. DC	2004	1 927 846	14 649	7 924	489	2 524 200

Source : I4CE, d'après Nowak et al. (2002)

s'infiltrent dans chaque hectare végétalisé à Pékin, pour un volume total d'eau stocké par les espaces verts urbains égal à 150 millions de m³, soit environ les besoins annuels de la ville pour l'entretien des parcs. Cette infiltration locale réduit le ruissellement et permet la constitution de réserves locales d'eau pouvant être ensuite utilisées dans l'entretien des parcs. Une meilleure infiltration des eaux de pluie grâce aux espaces végétalisés permet aussi de réduire les coûts associés aux traitements des eaux. Enfin, cette infiltration participe de l'effet de rafraîchissement sur l'ICU généré par l'évapotranspiration des espaces végétalisés.

De manière plus générale, dans un scénario d'augmentation locale des pluies sur les décennies à venir, les espaces arborés ont un rôle d'absorption et surtout de drainage des précipitations (voir, dans le cas de Manchester, Gill et al., 2007) : ces espaces verts permettent une réduction des écoulements de surface et leur mise en place peut constituer une stratégie d'adaptation de la zone urbaine au changement climatique.

Séquestration du carbone

Le végétal permet une fixation du carbone via la photosynthèse, dans la biomasse ou dans le sol, ce qui commence à être reconnu au niveau international comme pouvant contribuer ainsi à la réduction de GES par les villes, bien que le potentiel soit difficile à définir et les technologies de capture et stockage soient encore en développement (cf. par exemple UN Habitat, 2011).

Sur la partie aérienne de la végétation, une équipe britannique sur la ville de Leicester (Davis et al., 2011) a calculé par exemple que les jardins privés peuvent stocker un peu moins de 1kgC/m² de carbone (0,76 kgC/m²), soit à peine plus que les pelouses (0,14 kgC/m²). Les arbres peuvent séquestrer bien plus : à titre de comparaison, le stock aérien moyen en forêt française s'élève à environ 6 kgC/m².

En tenant compte aussi du carbone dans le sol, la séquestration des pelouses peut s'élever à 0.14 kgC/m²/an dans certains cas (Townsend-small A and Czimczik, 2010)⁷, soit légèrement moins que la partie aérienne d'une forêt en croissance moyenne sur le court terme non optimisée. Une forêt jeune est une meilleure pompe à carbone, et nécessite beaucoup moins d'entretiens émetteurs de GES que les gazons (cf. Townsend-small A and Czimczik, 2010).

⁷ Cela ne tient pas compte des mesures de gestion des pelouses et jardins, qui peuvent contrebalancer l'effet positif de la séquestration dans le sol.

Ainsi les services rendus par la végétation sont nombreux et sont dans certains cas, soit directement monétarisés, soit monétisables (via des études spécifiques), soit encore non monétisés. Le tableau 1 illustre des exemples d'évaluation faite de ces services, en termes de stockage de carbone dans le végétal, d'économie réalisée en matière de consommation énergétique, et de quantité de polluants absorbés.

3) La valorisation économique des espaces urbains végétalisés

Prix du foncier

L'existence ou le développement d'espaces de nature en ville a des effets économiques d'importances variables (Cormier L. et al., 2010). Ainsi le prix du foncier est influencé par la mise en place d'espaces végétalisés type parcs, linéaires arborés ou forêts urbaines. Crompton (2001) et Cho (2008) mettent en évidence qu'un espace de ce type fait augmenter le prix du foncier à proximité et jusqu'à 800 mètres. L'étude du Sustainable Cities Institute (2012) sur les effets généraux des infrastructures vertes met en évidence, dans le cas américain, que les particuliers sont prêts à payer un bien 33 % plus cher lorsqu'il est attenant à un espace vert. Cette étude s'appuie aussi sur les travaux du Service Forêts du Département d'Etat Américain de l'Agriculture (USDA), montrant aussi que la présence d'arbres adultes fait augmenter le prix d'un bien immobilier d'environ 10 %. Dans le cas français, un logement situé à moins de 100 mètres d'un espace vert coûte en moyenne 11 % de plus qu'un plus éloigné (cas de Brest, Ahameda, 2008 ; in Laille P. et al. 2013).

Filière bois-énergie : valorisation économique de la biomasse

De plus, les espaces végétalisés urbains sont une source de biomasse importante, dont une partie peut être récupérée et valorisée. Cette valorisation passe par des filières spécifiques, comme la filière bois-énergie. Cette activité repose sur l'exploitation énergétique de la biomasse, source de combustible (sous forme de bûches, de granulés de bois, de plaquettes...). L'entretien des forêts et espaces verts urbains, publics et privés, génère de nombreux déchets verts (branchage...) qui, une fois transformés, peuvent être valorisés dans des systèmes de chauffages urbains. En Autriche, la ville de Güssing a l'un des plus grands réseaux de chaleur fonctionnant à la biomasse, alimenté

par la production de bois des 133 000 hectares de forêts de la ville. La production d'énergie est assurée par deux chaudières d'une puissance de 5 MW alimentant un réseau de 14 km de long. Plus de 300 familles en bénéficient, de même que tous les équipements collectifs de la ville (écoles, hôpitaux...).

Un système semblable est à l'étude dans le cas de la Région de Bruxelles Capitale où la valorisation et l'utilisation des déchets verts des espaces publics de Bruxelles et des 19 communes voisines permettrait d'économiser 1 million de litre de mazout/an en chauffage (Marchal, 2008). Un tel projet reste cependant tributaire de la mise en place de récolte et valorisation des déchets verts privés, la prise en compte de la problématique de l'émission de particules fines lors de la combustion, l'incitation à installer des appareils de chauffage sûrs et efficaces et plus largement des réseaux d'alimentation comme à Güssing. Cette question de l'utilisation et de la valorisation des ressources vertes en ville est aussi d'actualité dans les pays en développement, en Afrique notamment, où le bois-énergie issu des forêts urbaines et péri-urbaines représente plus de 80 % de l'énergie domestique utilisé sur le continent (Marien *et al.*, 2010). Ces exemples soulignent l'importance de l'utilisation économique des ressources forestières urbaines et des enjeux qu'elles recouvrent, notamment en termes de gestion durable des ressources.

Agriculture urbaine : sécurité alimentaire et bénéfices écologiques

L'agriculture urbaine permet elle aussi une valorisation économique d'espaces urbains végétalisés. Elle est recommandée par l'ONU (particulièrement dans les travaux de la FAO) comme solution pour faire face aux besoins de sécurité alimentaire et aux défis de l'urbanisation croissante dans le monde. Elle revêt une importance toute aussi grande dans les pays industrialisés que dans les pays en développements et émergents, parce qu'elle permet de réduire l'empreinte écologique des villes (Rees, 1995). Les toits, façades et champs deviennent alors des espaces de production (maraîchage, céréales...) ayant des fonctions économiques *et al.*imentaires directes (en réduisant la distance producteur/consommateur, en offrant un débouché à la gestion de déchets biodégradables...). Cette agriculture en cycle court diminue les coûts de transport, réduit les émissions de gaz à effet de serre mais rencontre de nombreuses contraintes (concurrence foncière, pollution et dégradation des sols par les engrais et produits phytosanitaires, accès à l'eau).

Sous certaines conditions (de choix d'essences, de gestion durable...), les espaces végétalisés agricoles peuvent participer pleinement au continuum écologique et trames vertes urbaines. Cette agriculture recouvre des réalités foncières, agronomiques, de gouvernance et de valorisation économiques très spécifiques, qui ne sont pas l'objet de cette étude mais sont traités de manière extensive au sein d'un large corpus de littérature⁸.

⁸ Cf. notamment Mougeot 2006 ; les travaux d'Yves Cabannes ; le groupe de recherche américain Carrot City « Designing for Urban Agriculture » et les travaux de la FAO sur le sujet.

La valorisation des services écosystémiques

Plus généralement, les projets de végétalisation urbains permettent d'inclure des espaces de nature et des infrastructures vertes⁹ qui produisent une multitude de services, dits écosystémiques, parmi lesquels la séquestration de carbone, la réduction de l'ICU, la meilleure gestion du ruissellement des eaux, la biodiversité (Boudes, 2010).

En France, la stratégie nationale pour la biodiversité définit plus précisément ces services comme l'« *utilisation par l'homme des fonctions écologiques de certains écosystèmes, à travers des usages et une réglementation qui encadrent cette utilisation* » (SNB 2011-2020). Le rapport sur l'économie de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes (CAS, 2009) propose une valeur moyenne de référence à accorder aux écosystèmes selon leur type, par exemple 970€/ha/an pour les forêts métropolitaines. Ce chiffre est *a minima* et est revu à la hausse selon l'usage récréatif ou touristique, et le mode de gestion. L'évaluation de la valeur des zones humides, vertes et des espaces ouverts en zone urbaine permet d'affiner ces estimations. Un coefficient de 5 à 10 peut être ajouté pour évaluer les services rendus par des parcs urbains et périurbains très fréquentés et intégrés à une trame verte (comme dans le cas de Londres par exemple, avec une valorisation à 2 000 €/ha/an pour les parcs de la ceinture).

En s'appuyant sur l'idée qu'une des « meilleures façons de protéger la biodiversité est de lui affecter une valeur économique » (Randall, 1988), Rankovic *et al.* (2013) souligne comment cette monétisation des services rendus par les écosystèmes peut être intégrée à une analyse coûts-bénéfices, lors d'arbitrages entre construction immobilière avec toit vert intégré et maintien d'un espace ouvert par exemple. Evaluer les services rendus par les écosystèmes permet de les intégrer à l'analyse coûts-bénéfices en phase initiale d'un projet de développement urbain, ou contribuer à enrichir une analyse multicritères, qui peuvent alors agir comme outil d'aide à la décision. Mais la réalisation de cette monétisation des services écosystémiques est encore très difficile, du fait de ces imprécisions, de ces coûts, de ces problèmes méthodologiques, et très peu utilisée par les décideurs quand elle existe, notamment du fait du manque de culture économique, d'obligations légales et des pluralités des objectifs à couvrir (cf. la synthèse faite par le CGDD, 2013). Beaucoup de travaux sont en cours pour développer les méthodes et l'utilisation de cette évaluation économique des services écosystémiques (cf. par exemple le projet EFES - Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Eco-systémiques, et les travaux de la commission Quinet en France).

B. DES EFFETS POSITIFS À NUANCER SELON LES DIFFÉRENTES ÉCHELLES

Les bienfaits des espaces végétalisés urbains sont nombreux et de plus en plus documentés. Pour préciser l'analyse, il est possible de détailler, à travers une typologie des différents espaces de nature en ville, le rôle joué par chacun et ses limites.

⁹ Cf. Encadré 1 p.11.

TABLEAU 2 – POTENTIELS DES BÉNÉFICES DES ESPACES DE VÉGÉTALISATION URBAINS

	TVU et infrastructures vertes	Forêts et parcs urbains	Jardins privatifs et communautaires	Friches et espaces interstitiels	Arbres et linéaires	Toits et murs végétalisés
Participation à un continuum écologique						
Réservoir de biodiversité						
Séquestration de carbone*		Elevé (foret) / modéré (parc)				
Réduction du ruissellement / meilleure infiltration						
Effet rafraichissant						
Amélioration de la qualité de l'air						
Lutte contre l'ICU						
Valorisation foncière						
Santé et bien-être						
Tourisme						
Espace récréatif						

Légende : ■ Bénéfice élevé; ■ Bénéfice modéré; ■ Bénéfice faible ou inexistant.

* On considère ici la séquestration de carbone dans la biomasse et le sol d'une zone végétalisée en croissance sur une zone qui était artificielle il y a peu. La transition est supposée pérenne (donc sans considérer la réversibilité).

Source : I4CE, d'après Bertrand et al. (2012), ICLEI (2012), Laille et al. (2013) et Natural Economy Northwest et al.(2010), et dires d'experts

Au-delà des strictes références à la biodiversité, les espaces végétalisés urbains présentent une grande diversité de bénéfices (régulation climatique, lutte contre l'imperméabilisation des sols...) et d'usages (récréatifs, économiques...), les infrastructures vertes présentent l'avantage d'associer tout ou partie de ces bénéfices. De nombreux travaux montrent ainsi que ces infrastructures doivent être des outils indispensables des projets urbains, en s'intégrant aux stratégies locales d'adaptation (cf. par ex. Gil *et al.* (2007)). Le tableau 2 présente une synthèse qualitative des bénéfices potentiels de chacun des espaces de végétalisation urbains en fonction aussi de sa facilité de mise en place (eu égard à la disponibilité des espaces, acteurs à impliquer, coûts, etc.)¹⁰. Ce tableau est très indicatif et doit être aussi mis en regard des caractéristiques de l'espace considéré (taille globale, taille individuelle, nature des espèces, emplacement, disponibilité de l'eau et mesures d'entretien, etc.). Il ne se substitue pas à une analyse spécifique car les bénéfices exacts dépendent des caractéristiques réelles de ces espaces.

¹⁰ La classification proposée ici ne rend pas compte de la multifonctionnalité que chaque espace peut recouvrir. De plus, les forêts, jardins, friches, arbres, toits et murs végétalisés sont des espaces qui présentent des bénéfices en soi tout en jouant un rôle qui peut être central dans une infrastructure verte. Ce tableau ne rend compte que du bénéfice potentiel que peut recouvrir de ces espaces pris séparément. Sont ici présentés des bénéfices moyens pour chaque espace, selon leur taille moyenne habituelle et lors de la création de ce type d'espace par rapport à une surface non végétalisée, mais sur le terrain, ces bénéfices dépendent de la gestion et des conditions locales. En effet un parc « haussmannien » et un parc en gestion différenciée ne jouent pas le même rôle par exemple pour la biodiversité et le tourisme.

1) Les Trames Vertes et Bleues et les infrastructures vertes : connecter les îlots de biodiversité urbaine, limites pratiques et risque de gentrification

De manière générale, les infrastructures vertes constituent un « réseau d'espaces contenant des éléments linéaires, conçu, planifié et géré à différentes fins, (écologiques, économiques, récréatives, esthétiques, culturelles), compatibles avec la notion d'usage durable du territoire » (Ahern, 1995). C'est cette définition qui est retenue en 2013 dans la communication de la Commission Européenne (cf. encadré n°1, page 11). Les effets positifs des infrastructures vertes ne sont pas seulement environnementaux. Pensées à l'échelle de l'aire urbaine dans son ensemble, voire même de la région, comme dans le Nord Pas de Calais, les infrastructures vertes sont le support d'activités économiques (filiale-bois, tourisme) et sociales (loisirs, parcours éducatif...) diversifiées, qui recoupent les activités qu'accueillent les espaces que l'infrastructure recouvre (parcs, forêts urbaines, jardins privés, friches...).

En France, le code de l'environnement (art. L371-1, Titre VII) donne à la trame verte et bleue comme objectifs « d'enrayer la perte de biodiversité en participant à la préservation, à la gestion et à la remise en bon état des milieux nécessaires aux continuités écologiques, tout en prenant en compte les activités humaines ». Cette trame vise à « diminuer la fragmentation et la vulnérabilité des habitats naturels », « identifier, préserver et relier les espaces importants pour la préservation de la biodiversité par des corridors écologiques ».

Dans le cas de Lyon par exemple, l'axe Garibaldi permet de connecter, par un linéaire arboré et des jardins communautaires d'immeubles, le Parc de la Tête d'Or au Nord et les espaces de nature du Sud de la ville, parcs de Gerland et de Sergent Blandan. De plus, l'intégration de certains espaces à des TVB, notamment les friches et les espaces inondables, permet de les requalifier et de les réintégrer à l'espace urbain (cf. encadré 1).

Les infrastructures vertes connaissent trois limites qui doivent être prises en compte pour une meilleure mise en œuvre :

- tout d'abord, le morcellement des parcelles et de leurs statuts freine ou empêche la mobilisation de certains espaces-clés, et déconnecte l'ensemble des espaces de nature urbains, ce qui revient à fortement réduire le rôle joué par l'infrastructure elle-même ;
- ensuite, les projets d'infrastructures vertes connaissent le risque de devenir un support à un étalement urbain croissant, ce qui affaiblit d'autant les effets positifs de la trame. Comme les projets d'infrastructures vertes sont pensés à l'échelle de l'aire urbaine, ils tracent des axes verts protégés qui donnent une valeur accrue aux lots limitrophes vacants. Pensées pour connecter espaces

ruraux et espaces urbains, et intégrer la nature dans une ville dense, les infrastructures vertes peuvent se révéler des supports d'une ville moins dense¹¹. De plus, de tels effets de valorisation du foncier dans les zones déjà construites doivent être pris en compte lors de la planification des infrastructures vertes. Il s'agit de réduire ou d'éviter de trop forts effets d'éviction de certains groupes socio-économiques, consécutifs aux projets. Cette limite et ces effets d'éviction par gentrification ont été identifiés dans plusieurs villes, à Bruxelles (Dubois & Van Criekingen, 2007), Liverpool (Whitford *et al.*, 2001) et plus généralement par Tyrväinen *et al.*, 2005 ;

- enfin, comme tous autres types d'espaces verts décrits ci-après, mais de manière plus importante du fait de la taille des trames et des différents acteurs en présence, les infrastructures vertes sont exposées au risque d'être vidées d'une ou plusieurs de leurs fonctions (écologique, sociale...). Elles ne doivent pas être pensées comme une simple succession de parcs publics (ce qui ne prendrait pas en compte leur portée écologique), ni comme un

¹¹ C'est alors tout l'enjeu de l'acceptabilité sociale de l'infrastructure verte et de la communication qui la soutient de s'assurer que la mise en place de l'infrastructure verte peut au contraire permettre de faire accepter une plus grande compacité de la ville.

ENCADRÉ N°1 – LES TRAMES VERTES ET LES INFRASTRUCTURES VERTES, DU GRENELLE I ET II À LA COMMISSION EUROPÉENNE

Selon les auteurs et la discipline (écologie, aménagement...), la définition de la **trame verte** change. Dans une définition écologique, elle correspond aux corridors et noyaux d'habitats (*ou patch*) pris comme un réseau fonctionnel de continuités végétales (trame verte) et hydriques (trame bleue) (Baarda, 2008 ; Clergeau, 2010). Une trame verte organise le territoire urbain et permet une circulation de la faune et la flore, depuis les espaces ruraux alentours jusqu'au centre-ville. Elle permet de lutter contre la fragmentation de la végétation et renforcer l'hétérogénéité environnementale (Niemelä, 1999 ; Savard *et al.* 2000).

Cependant, dans des milieux fortement anthropisés (comme en milieu urbain et périurbain), elle est assimilée à une **infrastructure verte** (*green infrastructure*) (Gil *et al.*, 2007), c'est-à-dire « un réseau d'espaces verts interconnectés conservant une valeur et des fonctions d'écosystème naturel, tout en fournissant des co-bénéfices aux populations humaines » (Benedict & McMahon, 2002). Elle inclut la notion de *greenways* et de *linear parks* et devient aussi un outil d'aménagement du territoire. Ahern (1995) donne cette définition englobant les différentes fonctions et espaces : « réseau d'espaces contenant des éléments linéaires, conçu, planifié et géré à différentes fins, (écologiques, économiques, récréatives, esthétiques, culturelles), compatibles avec la notion d'usage durable du territoire. »

La loi française « Grenelle II » (n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement) prévoit de s'appuyer, au niveau local, sur les TVB entendues comme infrastructures écologiques. Les TVB sont alors des outils d'aménagement de l'espace visant à favoriser la biodiversité par la circulation d'espèces tout en englobant des aspects socio-économique : « la trame verte et la trame bleue ont pour objectif d'enrayer la perte de biodiversité en participant à la préservation, à la gestion et à la remise en bon état des milieux nécessaires aux continuités écologiques, tout en prenant en compte les activités humaines, et notamment agricoles, en milieu rural ». Les TVB sont moins définies par ce qu'elles sont que par leurs fonctions. Si en France l'impulsion initiale est d'ordre écologique, les trames vertes recouvrent dans les faits une réalité proche de celle des infrastructures vertes.

En mai 2013, la **Commission européenne** a adopté une communication en matière d'infrastructure verte, ayant pour objectif de protéger et d'améliorer le capital naturel européen. Elle définit l'infrastructure verte de manière fonctionnelle comme « un réseau constitué de zones naturelles et semi-naturelles et d'autres éléments environnementaux faisant l'objet d'une planification stratégique, conçu et géré aux fins de la production d'une large gamme de services écosystémiques. Il intègre des espaces verts (ou aquatiques dans le cas d'écosystèmes de ce type) et d'autres éléments physiques des zones terrestres (y compris côtières) et marines. A terre, l'infrastructure verte se retrouve en milieu rural et urbain. »

L'Union Européenne fait d'ailleurs de l'infrastructure verte un élément de sa « stratégie relative à l'adaptation au changement climatique » (COM-2013/249 final).

maillage de corridors écologiques (ce qui réduirait d'autant ses services socio-économiques).

2) Les forêts et parcs : des bénéfiques et des usages multiples, parfois en conflit

Intégrés aux infrastructures vertes et jouant à la fois un rôle social, économique et écologique, ces forêts et parcs urbains accueillent des usages multiples, parfois conflictuels. En effet, les espaces sont des lieux pour pratiquer des activités de loisirs (sport, promenade...) qui peuvent rentrer en conflit avec certaines activités économiques tirant profit des ressources naturelles (filrière-bois...) ¹², ou des fonctions écologiques recherchées (réservoirs de biodiversité (McKinney, 2002), éléments de corridors écologiques). Résoudre ce conflit passe souvent par la fragmentation des espaces et la création d'aires écologiques dédiées et fermées au public, comme c'est le cas au sein du Table Mountain National Park de la ville du Cap, en Afrique du Sud : tout un espace est fermé au public et sert de réservoir de biodiversité pour l'ensemble de la ville, quand le reste du parc est ouvert à la randonnée, à l'éco-tourisme et, sur le versant Est, aux activités de foresterie.

Les parcs urbains sont souvent plus intégrés au tissu urbain que les forêts urbaines mais accueillent aussi plus souvent des activités spécifiques. A l'échelle de la ville, les parcs peuvent même fonctionner de manière complémentaire. A Lyon par exemple, le Parc de la Tête d'Or est un parc public, espace entretenu de manière classique et dédié à un usage récréatif (zoo, jardin botanique, pelouses enherbées, chemins goudronnés, pieds des arbres entretenus et désherbés) ; les fonctions écologiques qu'il peut jouer sont alors secondaires. A l'inverse le jardin de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon, au sud de la ville, est fermé du public pour préserver le rôle écologique qu'il joue ; il est enclos, en gestion différenciée ¹³ et présente une grande diversité de faune et de flore (Boutefeu, 2008).

3) Développer les jardins communautaires et apporter une aide aux jardins privés

Les jardins privés ou communautaires permettent de mobiliser les espaces privés au sein d'une infrastructure verte à l'échelle de la ville, tout en réduisant le poids pour les finances publiques. A la différence des parcs de quartiers, ce sont les habitants eux-mêmes qui prennent en charge la mise en place et l'entretien de ces jardins. Le développement de ce genre d'espaces de nature en ville permet de plus de renforcer l'implication des habitants pour les projets de végétalisation de la ville, en créant des espaces de nature de proximité et de lien social (fonction récréative, éducative, économique). Ces jardins peuvent être le lieu de productions agricoles, de jardins potagers partagés et donc le support de circuits courts de productions, distribution et consommation. En théorie, cela

¹² Pour une analyse détaillée des conflits entre usages d'espaces végétalisés urbains, cf. par ex. Fabos, 2004.

¹³ Une gestion qui vise à maintenir et renforcer la biodiversité d'un espace tout en développant ses services écosystémiques, en gérant de manière différenciée des espaces adjacents par jouer sur leurs complémentarités, en remplaçant la tonte par la fauche partielle ou le pâturage, et en supprimant l'usage de pesticides et de désherbants.

présente un intérêt écologique ¹⁴ et économique certain, en réduisant les trajets et en développant une production locale, en favorisant une culture avec des intrants limités (si la pédagogie est faite) et en développant une production locale en autoconsommation. Dans le cas où ces espaces partagés ne sont pas des jardins potagers, ils peuvent être des réservoirs locaux de biodiversité ¹⁵ et fonctionner en réseau à l'échelle d'un quartier par exemple.

Ces espaces de nature privés ou communautaires doivent être accompagnés dans leur développement, par certains services de la ville ou des associations, de façon à ce qu'ils participent pleinement à l'infrastructure verte de la ville sur le volet écologique comme social et économique. C'est par exemple le cas du Potrero Hill Community Garden de San Francisco, où des associations environnementales aident les résidents à entretenir le jardin et le potager de manière à réduire l'empreinte environnementale (pédagogie à l'utilisation raisonnée d'intrants) tout en protégeant et renforçant la biodiversité à l'échelle locale.

4) Les friches et espaces interstitiels : une richesse méconnue et une gestion par définition difficile

Les friches urbaines et les espaces interstitiels présentent un atout : la végétation qui s'y développe est spontanée, donc adaptée aux conditions existantes, ne demandant pas d'entretien et souvent très diversifiée (Arnould *et al.*, 2008 ; Méliani *et al.*, 2010). Ces espaces présentent un intérêt pour le maintien de la biodiversité, tout en participant à la lutte contre l'ICU et à une meilleure infiltration des eaux de pluie. Parfois présentes à l'échelle d'une ville (cf. par ex. les nombreuses parcelles vacantes accueillant une végétation spontanée dans le centre-ville de Lisbonne), ces friches se retrouvent aussi en bordure d'infrastructures de transport. Cette végétation spontanée se développe aussi au pied des arbres, à l'échelle micro-locale. Mais ces espaces constituent un défi qui peut s'avérer être une limite dans les projets d'infrastructures verts et de végétalisation urbains : ils sont considérés comme à requalifier (sans fonction actuelle, parfois à dépolluer), en friche ou vacant, souvent déconsidérés par la population (qui voit ces espaces comme de la mauvaise herbe, non-entretenu par les pouvoirs publics), leur richesse est souvent méconnue et le rôle essentiel qu'ils jouent dans les infrastructures vertes est sous-estimé par le public comme par les aménageurs urbains. Alors que leur coût d'entretien est par définition quasi-nul et qu'ils jouent souvent un rôle efficace de réservoir de biodiversité urbains (Ost *et al.*, 1993), ces espaces non aménagés ne sont qu'imparfaitement intégrés dans les projets de végétalisation des villes. Cette intégration est due

¹⁴ L'entretien de ces jardins et de ces potagers, s'il est mal géré, peut représenter au contraire un risque environnemental (mauvaise gestion de l'eau et de l'arrosage, plantation d'espèces inadaptées ou invasives, utilisations d'engrais et pesticides, infiltration dans les nappes phréatiques...). En France, un cadre réglementaire vient prévenir ce risque : le 23 janvier 2014, le Parlement a adopté une loi interdisant l'utilisation de produits phytosanitaires dans les espaces verts publics à partir de 2020 et dans les jardins particuliers à partir de 2022. L'utilisation des produits sera donc interdite pour l'entretien des espaces verts, des forêts, promenades, jardins publics et privés.

¹⁵ Une étude portant sur 61 jardins privés de la ville de Sheffield (G.-B.) a relevé la présence de plus de 4 000 invertébrés, 80 espèces de lichen et plus de 1000 espèces de plantes. (Richard *et al.*, 2006).

TABLEAU 3 – EFFETS DU VERDISSEMENT (LINÉAIRE ARBORÉ) DU CENTRE-VILLE DU MANCHESTER SUR LES TEMPÉRATURES, SELON DEUX SCÉNARI

Scénarios	1970	2020		2050		2080	
	Données mesurées	Low	High	Low	High	Low	High
Niveau actuel	31°C	32°C	32°C	33°C	33°C	33°C	36°C
+ 10 %	28°C	28°C	29°C	29°C	30°C	30°C	32°C
- 10 %	34°C	35°C	36°C	36°C	37°C	37°C	39°C

Source : IACE, d'après Gill et al. (2007) et Boudes (2010)

à la multiplicité des statuts fonciers et des propriétaires de ces friches, ce qui freine leur mobilisation et maintien¹⁶.

Les cas de Montréal et de Paris sont intéressants à propos de l'atout des friches urbaines pour la biodiversité. Les deux villes ont fait le choix de prendre en compte cette biodiversité déjà existante (friches, végétation spontanée de pied d'arbres, mauvaises herbes) et de l'intégrer à leur projet de végétalisation de la ville. Partant du constat qu'une végétalisation de la ville d'un côté ne pouvait aller de pair avec un arrachage de ces mauvaises herbes adaptées et spontanées de l'autre côté, les deux villes ont lancé des programmes de sensibilisation l'égard des habitants et des services de voiries et d'espaces verts, pour communiquer sur l'importance de conserver ces plantes, en favorisant la prise de conscience de la richesse écologique spontanée qui existe déjà et des façons de la conserver et l'acceptabilité sociale, pour dépasser l'image de « mauvaises herbes » et de « terrains à requalifier » (Arnould et al., 2011).

5) Les linéaires de végétation : effets contrastés sur l'environnement selon le mode de gestion et les espèces sélectionnées

Les arbres en ville peuvent constituer un support à une TVB, notamment sous la forme de linéaires, le long des axes de communication. Ils peuvent de plus participer d'une régulation des paramètres environnementaux (débits d'eau, température, qualité de l'air¹⁷ et renforcer le confort thermique des bâtiments (réduction de la température de plusieurs degrés, sur une durée plus longue que par l'intermédiaire de toits végétalisés) (cf. par ex. Gill et al. (2007), Georgi & Dimitriou, 2010 et Balaÿ et al., 2013 dans le cas de Nantes et Paris).

Plusieurs études détaillent les effets des arbres urbains en matière de température locale. Ces études montrent une réduction des températures de l'ordre de 1,7°C à 3,9°C dans les villes de Sacramento, Miami et Phoenix, mesurées au niveau du sol et dans la rue adjacente. De plus, une augmentation de la couverture arborée d'une ville (en linéaire) peut relever d'une stratégie d'adaptation au changement climatique. Gill et al. (2007) modélisent l'impact sur les températures en milieu urbain d'une augmentation

de 10 % / réduction de 10 % / maintien au niveau actuel, du niveau de linéaire arboré, dans la ville de Manchester, pour des scénarios de changements climatiques faibles (Low) et forts (High), à différents horizons (cf. tableau 3).

Les arbres en ville peuvent avoir des effets positifs sur la balance thermique des bâtiments (Wende et al., 2010), mais ces effets dépendent des espèces et du climat local.

Selon les effets recherchés, l'aménageur urbain pourra choisir des essences différentes : des arbres à feuilles caduques en climat chaud, pour renforcer l'ombrage et réduire les coûts de rafraîchissement du bâtiment ; des arbres à feuilles persistantes en climat froid, pour créer un obstacle au vent et réduire les coûts de chauffage.

Plus facilement mis en place par l'aménageur urbain à l'échelle d'un quartier ou d'une ville que des projets ayant une grande emprise foncière, les linéaires arborés sont facilement identifiables par les habitants comme une présence de nature en ville et ont une bonne acceptabilité sociale. La mise en place de ces linéaires par les collectivités peut se doubler d'initiatives privées, comme c'est le cas à Santa Monica, en Californie. Les services de foresterie urbaine de la ville ont un programme d'accompagnement des habitants qui souhaiteraient planter des arbres chez eux. La ville fournit son expertise, des moyens techniques et conseillent dans le choix des espèces de façon à favoriser les essences les plus adaptées aux conditions existantes. Autre exemple, un système de parrainage, que l'on retrouve à New-York, permet aux habitants « d'adopter un arbre » : les habitants s'engagent à participer à l'entretien de leur arbre, sur plusieurs mois ou années. Ces programmes permettent de réduire les coûts d'entretien et de protection pour les collectivités locales, tout en renforçant la participation des habitants aux projets de végétalisation de la ville et leur acceptabilité sociale. Le coût de maintenance moyen des arbres urbains est estimé, aux Etats-Unis, de 15 à 50 \$US/ arbre/an (Foster et al., 2011), pris en charge par les services municipaux pour les arbres du domaine public, et par les particuliers quand il s'agit d'un arbre adopté.

Ces projets de linéaire d'arbres, s'ils sont généralisés, rencontrent cependant plusieurs limites. Tout d'abord, il est important que le projet soit pensé plusieurs années à l'avance, de façon à permettre à la collectivité de contractualiser avec des pépiniéristes pour se fournir en stocks et essences adaptées localement. C'est notamment le cas à Montréal, où la ville est propriétaire d'une pépinière depuis 1948, ce

¹⁶ La Ville de Nantes développe actuellement une cartographie et un recensement par système d'information géographique (SIG) des friches de l'agglomération, afin d'en connaître l'étendue, la qualité et de pouvoir si besoin les mobiliser dans une infrastructure verte.

¹⁷ Cf. par ex. Beckett et al. 1998 sur les liens entre arbres et réduction de la pollution.

TABLEAU 4 – COMPARATIF DES COÛTS ET SERVICES ENVIRONNEMENTAUX* RENDUS PAR DES TOITS VERTS SELON LEUR COMPOSITION

	Toit vert A (« extensif »)	Toit vert B (« intensif »)
Type de végétation	Rase	Herbacée, arbustive
Substrat (épaisseur)	10 cm	30 cm ou plus
Coût	Faible (25-100 €/m ²)	Elevé (plus de 200 €/m ²)
Isolation thermique	Nulle/non avérée	Modérée à élevée
Rétention des eaux pluviales/m ²	Faible (4 à 8mm en lame d'eau absorbée)	Elevée (22 à 38 mm)
Amélioration/maintien de la biodiversité	Faible	Elevée
Lutte contre les effets de l'ICU	Nulle	Faible à élevée

* Ce tableau présente deux cas spécifiques de toits verts, à l'aune des services environnementaux rendus. Cependant, un toit vert qui rendrait peu de services environnementaux peut avoir un grand rôle économique et social (tourisme, bien-être, agriculture urbaine ...). Ce tableau doit surtout attirer l'attention sur le fait que l'égalité toit=services écosystémiques n'est pas une évidence mais est au contraire fortement conditionnée par le respect de points précis (type de végétation, épaisseur du substrat, entretien, etc.).

Source : I4CE 2014, d'après Mairie de Paris/Cahier technique (2012)

qui lui assure une stabilité des plantations et une continuité dans l'approvisionnement. De plus, si ces linéaires d'arbres sont facilement identifiables par les habitants comme nature en ville et qu'ils permettent de réduire la prise du vent et des variations de température sur les bâtiments (Calmet I. *et al.*, 2013), l'importance de leur impact en termes de microclimat local et de biodiversité est très dépendante du contexte climatique local et des essences sélectionnées¹⁸.

6) Toits et murs végétalisés : des effets écologiques et rafraichissant limités en-dessous d'un seuil rarement atteint

Selon le Programme des Nations Unies pour l'environnement (2010), la surface des façades et toits végétalisés dans le monde est passée de 65 000 m² en 2002 à plus de 600 000 m² en 2009. Dans des villes denses souhaitant mettre en place des trames vertes, mais où les surfaces libres s'amenuisent, « le développement de continuités écologiques peut passer par la végétalisation des emprises bâties » (Marie de Paris, 2012). Cinq fonctions positives jouées par les toits végétalisés sont identifiables (Peck, 2012 ; Doshi *et al.*, 2006) : **i**) réduction de l'effet d'ICU (par évapotranspiration et évaporation), **ii**) séquestration du carbone, **iii**) gestion des eaux de pluie et des risques d'inondations, **iv**) réservoir/ilot de biodiversité en ville et enfin, **v**) un potentiel économique fort (valorisation du service rendu, agriculture urbaine, meilleure isolation et réduction des dépenses énergétiques du bâtiment¹⁹, réduction des coûts d'entretien des toits et durée de vie accrue). C'est ce dernier rôle qui concentre aujourd'hui beaucoup d'attention dans les projets de végétalisation urbains en Amérique du Nord²⁰, alors qu'en Europe, les projets portant sur les toits verts insistent sur leur rôle de régulateur environnemental²¹.

18 Cf. par exemple le projet de recherche ANR-TVU, qui étudie les conditions qui font des pieds d'arbres en ville des supports de biodiversité.

19 Cf. par exemple le projet MUSCADE sur l'agglomération parisienne, qui vise notamment à évaluer les impacts sur la consommation énergétique des toits végétalisés.

20 Cf. ex. du Green Building Permit Program détaillé dans cette étude.

21 Cf. par ex. les cas de Paris et Bâle détaillés dans cette étude.

Il existe encore peu de littérature scientifique sur les toits végétalisés qui analyse leur fonction en termes de réduction de l'empreinte carbone du bâtiment. On observe des résultats divergents en termes d'effets sur le confort thermique des bâtiments : Balaÿ *et al.* (2013) soulignent que les toitures végétalisées n'ont qu'un impact limité sur le confort thermique dans les rues adjacentes, moindre que les arbres et surfaces enherbées ; Belarbi *et al.* (2012) montre que la végétalisation des toitures et façades modifie en revanche fortement les consommations énergétiques des bâtiments concernés, avec un impact concentré sur les derniers étages (pour les toitures) et les pièces donnant sur l'extérieur (pour les façades) ; enfin Widholm (2006) détaille l'effet rafraichissant des toits végétalisés à Chicago avec une réduction d'un degré Fahrenheit de la température du bâtiment grâce aux toits verts entraînant une réduction de l'énergie utilisée pour le refroidissement du bâtiment de l'ordre de 1,5 %. La différence ou divergence entre ces effets s'expliquent par la surface et l'épaisseur relative du complexe végétal (substrat et végétation) du toit. Consciente de l'importance que joue l'épaisseur de ce complexe végétal dans la lutte contre l'ICU, l'isolation des bâtiments et l'amélioration de la biodiversité, la Ville de Paris préconise, dans son cahier technique « Toitures végétalisées 2012 » à l'attention des particuliers et des entreprises, de mettre en place des complexes végétaux d'une épaisseur minimale de substrat de 10cm et une gamme diversifiée d'une dizaine d'espèces appartenant à des genres différents.

Ainsi, le tableau 4 compare, dans le cas de Paris une toiture végétalisée A de type « extensif » à végétation rase, substrat de 10 cm et coût faible (25-100 €/m²) et une toiture végétalisée B de type « intensif », à végétation herbacée et arbustive, substrat de plus de 30 cm et coût plus élevé (plus de 200 €/m²). Il illustre la différence des effets obtenus selon le type de toit vert mis en place (cf. tableau 4).

Il existe une pluralité de bénéfices globalement positifs des projets de végétalisation urbains. Cependant il est encore nécessaire de procéder à des évaluations plus précises et au cas par cas, à travers des travaux de recherche et des expérimentations *in situ*. Ces évaluations plus précises

devraient permettre aux développeurs urbains et collectivités de recourir plus facilement et systématiquement à une analyse coût-bénéfice des projets de végétalisation urbains, et être utilisées comme outils d'aide à la décision. De plus, les infrastructures vertes peuvent servir d'outil possible à une stratégie d'adaptation au changement climatique. Cette stratégie peut passer, à l'échelle de la ville, par l'association d'espaces végétalisés, parcs, toits verts et friches, afin de rendre différents services écosystémiques complémentaires. Cette utilisation des projets de végétalisation urbains comme outil d'adaptation est illustrée par l'Annexe 1, qui reprend plusieurs cas développés dans cette Etude Climat.

II. Financer les espaces de nature en ville dans un contexte de finances publiques dégradées

La question du financement des projets de végétalisation urbains est complexe : les sommes en jeu peuvent être importantes (plusieurs dizaines de millions d'euros), les espaces concernés sont autant du domaine privé que public, les acteurs en présence sont multiples, souvent avec des intérêts divergents (collectivités, secteur privé, habitants, associations...), et les retours/bénéfices souvent peu monétisés.

Face à cette situation, le contexte de financement doit prendre en compte trois facteurs dans les pays industrialisés :

- tout d'abord, il existe une nécessité à inscrire ces projets (et donc leurs plans de financement) dans le moyen à long terme, afin de leur faire jouer leurs fonctions écologiques et de régulateurs environnementaux, et de bénéficier des financements spécifiques dédiés à ces aspects ;
- ensuite, le contexte de finances publiques dégradées exerce une contrainte sur les montants et la répartition des budgets des collectivités. Cela pousse les collectivités à mobiliser les ressources et/ou l'expertise du secteur privé et des particuliers. Cette contrainte est d'autant plus forte qu'il est primordial de ne pas abandonner les projets de végétalisation. Certes, à court terme, ces projets s'avèrent potentiellement coûteux. Mais ils donnent des résultats et rendent de multiples services économiques, sociaux et environnementaux qui s'inscrivent dans le moyen et long terme, des échelles de temps à prendre en compte en évaluant la validité d'un projet (« *Green investments are often risky, costly and require more capital up-front* » in Baietti 2013, Rapport Banque Mondiale). Attirer les fonds nécessaires et diversifier les sources de financement du portefeuille repose alors sur une bonne connaissance des coûts et des bénéfices du projet, ainsi qu'une répartition ex-ante des responsabilités de chaque partie-prenante ;
- enfin, alors que la majorité des investissements de grande envergure (infrastructures énergétiques notamment) font appel à un financement de projet – *project finance*, où les apports de fonds seront majoritairement rémunérés par les flux financiers générés par le projet lui-même (fonds auto-générés, par opposition aux fonds externes, d'origine publique) – les projets d'infrastructures

vertes génèrent peu de flux financiers. De nombreuses collectivités développent cependant des montages et activités leur permettant d'en générer un minimum : écotourisme, agriculture urbaine, incitations administratives et financières à l'installation de toits verts...

L'analyse d'exemples généralisables de projets de végétalisation urbaine précise comment se structurent et à combien se chiffrent les phases de tels projets (section A) ; quels montages de financement public peuvent s'élaborer, en Europe notamment, de l'échelon local à l'échelon communautaire (section B) ; et selon quelles modalités des collectivités peuvent mobiliser des ressources et expertises privées pour ce projet (section C).

A. DES COÛTS ÉLEVÉS, TOUT AU LONG DES PHASES DU PROJET

Le tableau suivant propose un panorama des coûts des différents projets et espaces de végétalisation urbains, à partir des études de cas sélectionnés. Ces ordres de grandeur invitent à un constat complémentaire à celui fait à la suite du tableau 2 sur les bénéfices des espaces de végétalisation : les espaces qui rendent le plus de services et peuvent accueillir le plus de fonctions (écologique, environnementale socio-économique), sont les plus difficiles à mettre en place et les plus coûteux en investissement initial et en coûts de maintenance. Les friches urbaines et les toits verts sont moins coûteux à mettre en place que des parcs urbains et les trames vertes, mais leur taille est aussi bien plus faible et leurs effets circonscrits (cf. tableau 5, page suivante).

1) L'évaluation des coûts et du retour sur investissement : le cas de Montréal

Pour avoir un impact en termes de biodiversité et de régulation environnementale, les infrastructures vertes doivent être entretenues et protégées dans le temps, ce qui étale les coûts de ces projets, notamment liés à la maintenance, sur plusieurs années. A ce titre, l'exemple du Plan d'Action Canopée (PAC) de la ville de Montréal, qui vise à lutter contre les effets de l'ICU et à mieux gérer les eaux pluviales, est intéressant. L'objectif de Montréal est de faire passer son indice de canopée²² de 20 à 25 % d'ici 2025 en plantant 300 000 nouveaux arbres.

Le PAC couvre l'agglomération dans son ensemble : sont associés au plan la Ville de Montréal, les villes qui lui sont liées et les propriétaires privés. La société de verdissement du Montréal Métropolitain (SOVERDI) prend en charge la coordination des interventions sur le domaine privé. En s'appuyant sur Sydnor T. *et al* (2011), la ville de Montréal a fait le choix de privilégier « la plantation d'arbres de gros gabarit, qui contribuent jusqu'à 7,5 fois plus en bénéfices environnementaux que les arbres de plus petit gabarit » (PAC, document de travail, 2012). Un arbre de gros gabarit (55-60 mm de diamètre de tronc) revient à 1 000 \$ canadiens l'unité, pour 650 \$ l'unité pour un arbre de gabarit moyen (30-35 mm de diamètre de tronc). Les fonds

²² Cet indice correspond au « rapport entre, d'une part, la somme des superficies des couronnes d'arbres ou groupes d'arbres projetés au sol – la canopée – et d'autre part, la superficie totale de l'agglomération » (Plan d'Action Canopée, document de travail, 2012).

TABLEAU 5 – ORDRES DE GRANDEUR DE COÛTS D'INVESTISSEMENT ET FONCTIONNEMENT DE DIFFÉRENTS PROJETS DE VÉGÉTALISATION URBAINS*

	Trame/ infrastructure verte	Forêt/parc urbain	Jardin privé/ communautaire	Arbres	Toits verts	Friches
Coûts de mise en œuvre/ investissement initial	++++	+++ à +++++	+ à +++	+ (un arbre) à +++++ (projet urbain)	+ à ++	0 à +
Coûts de maintenance / an	++++	++ à ++++	+ à +++	+ à +++	++	0 à +
Coût global	→					
Exemple de projet	Parco Nord (Milan) TVB (Lille Métrop.)	Nene Park Trust (Peterborough)	Potrero Hills (S.F.)	Plan d'Action Canopée (Montréal)	Green Building Permit Program (Chicago)	Castelo Sao Jorge (Lisbonne)

Légende :	++	10 000 à 100 000 €	++++	1 M à 10 M€
	+	< à 10 000 €	+++	100 000 à 1 M€
			+++++	10 M à > à 100 M€

* Ce tableau présente des ordres de grandeur de coûts de projets pris dans leur ensemble (et non en €/m² par ex), et reflète les données, peu nombreuses, que nous avons pu collectées. Il peut permettre d'éclairer un choix de financement, à budget donné, entre deux espaces, en le comparant aux bénéfices potentiels du tableau 2. Il est à noter que les coûts mentionnés sont exprimés sans distinction des acteurs les supportant, et peuvent être incomplets au sens où ils n'englobent pas nécessairement tous les coûts induits engendrés (achat ou non du foncier, coût d'opportunité d'utilisation du terrain, etc.). Des analyses plus détaillées sur un nombre de cas plus important pourraient faire l'objet de recherches futures.

Source : I4CE, d'après les études-ressources pour chacun des projets (cf. annexe 1 et bibliographie)

levés auprès d'acteurs privés ont deux sources : d'une part des dons de particuliers et d'entreprises (assurances, banques, industriels) ; d'autre part des projets immobiliers privés végétalisés et intégrés au PAC. Les constructeurs immobiliers supportent le coût de la plantation des arbres, mais sont aidés sur certains aspects techniques (harmonisation avec les plans d'action à l'échelle du quartier notamment) par la SOVERDI. Les coûts sont supportés par les acteurs privés mais restent retracés dans le coût global du projet afin d'évaluer les services écosystémiques qu'il rend. A cet égard la SOVERDI a réalisé une étude portant sur les services rendus par les arbres du projet (séquestration du carbone, traitement des eaux, économies d'énergie) et a ainsi prévu une récupération totale du coût d'investissement de 200 M\$ en 2050 (cf. tableau 6).

2) La répartition des coûts et leur intégration dans le budget métropolitain : les cas de la TVB de Lille Métropole et du Parco Nord de Milan

Les coûts de ces projets sont du même ordre de grandeur qu'à Montréal. Territoire composé de 85 communes, 4^{ème} agglomération française (et 2^{ème} par sa densité) Lille

Métropole s'est doté en 2009 d'un programme identifiant 10 000 hectares d'espaces naturels à développer (dont 2 000 hectares prioritaires), complété par un plan de 250 km de voies vertes à des fins écologiques et de loisirs. Le territoire métropolitain lillois est marqué par une double contrainte : une forte artificialisation des sols, et des espaces vacants rares, fragmentés et souvent pollués (Kervadec T., 2012). Le budget de TVB se décompose, par an, entre 5 M€ de dépenses de développement (servant à l'ouverture de nouveaux sites, à la requalification de sites existants) et 7 M€ de dépenses de fonctionnement. Ce fonctionnement est assuré par le syndicat mixte ENLM (Espaces Naturels Lille Métropole), qui regroupe 40 communes et Lille Métropole communauté urbaine, ayant pour mission « de développer, gérer et animer les espaces naturels intercommunaux » (Kervadec T., 2012). Une des premières réalisations de ce projet de TVB lilloise a été la mise en place d'un parc agricole de 250 ha, « la Plaine des Périsseaux » qui est inséré dans le bâti urbain dense et a pour objectif de concilier une agriculture productive, un usage récréatif et une augmentation de la biodiversité en milieu urbain.

TABLEAU 6 – RÉPARTITION DES OBJECTIFS ET DES COÛTS ENTRE ACTEURS

	Objectifs en nombre d'arbres plantés	Coûts
Ville de Montréal	75 000	70M\$/10 ans (7 M€/an)
19 villes limitrophes	22 000	22M\$/10 ans (2,2 M\$/an)
Propriétaires privés, accompagnés par la SOVERDI	180 000	70M\$/10 ans de subventions publiques + 50M\$/10 ans de dons privés mobilisés

Source : Plan d'Action Canopée 2012

TABLEAU 7 – STRUCTURE DES COÛTS DE FONCTIONNEMENT DU PARCO NORD DE MILAN, SUR L'ANNÉE 2004
(BUDGET TOTAL DE 6 077 000 €)*

Service de Gestion	2 488 000 € (40,94 %)	1 287 000 € : entretien des aires vertes (21,18 %)
		946 000 € : reboisements, renouvellement des plantations et nouveau matériel (16,6 %)
		255 000 € : dépenses de fonctionnement (4,20 %)
Service de Vie du Parc	170 000 € (2,90 %)	170 000 € : événements, publications (2,80 %)
Service de Projets	958 000 € (15,76 %)	869 000 € : projets de développement du Parc (14,30 %)
		89 000 € : location de matériel (1,46 %)
Service Administratif	270 000 € (4,44 %)	215 000 € : fonctions représentatives (3,54 %)
		55 000 € : assurances (0,91 %)
Direction	1 934 000 € (31,82 %)	1 534 000 € : frais de personnel (25,54 %)
		92 000 € : commandes professionnelles (1,51 %)
		200 000 € : projet Vivre le Parc, Vivre Mieux (3,29 %)
		65 000 € : certifications environnementales (1,07 %)
Services Financiers	257 000 € (4,23 %)	43 000 € : surveillance du Parc (0,71 %)
		123 000 € : services de rétribution/intérêts de l'emprunt (2,02 %)
		124 000 € : impôts et taxes (2,04 %)
		10 000 € : système d'évaluations et audits (0,16 %)

* Ce budget constitue une photographie à un instant T : à cette époque, le parc venait d'être repris en gestion après une longue période de déshérence. Cela explique les coûts de communication élevés (pour se créer une identité neuve) et les coûts de fonctionnement conséquents (qui sont plus proches de coûts d'investissements ponctuels pour retrouver un certain niveau de végétation).

Source : IACE, d'après Riccardo Gini, (Directeur du Parco Nord Milano, communication 2004)

L'infrastructure verte que recouvre le Parco Nord de Milan se déploie sur des terrains comparables à ceux de Lille Métropole : friches industrielles et terrains vacants, à requalifier. Couvrant 400 ha au Nord de Milan, il s'étend sur 7 communes différentes, regroupées en consortium de gestion. Dans un souci de gestion optimale des ressources, le Parc est géré par une autorité dédiée, avec des services de gestion, de projets, de voirie, une direction et un budget renouvelé par vote tous les 3 ans. Pour l'année 2004, le budget, détaillé ci-dessus, est de plus de 6 millions d'euros. La structure des coûts est similaire à celles d'autres projets d'infrastructures vertes avec une autorité de gestion dédiée : 40 % des dépenses en frais de gestion du Parc, et plus de 30 % pour la Direction. En détail, les trois lignes budgétaires majeures sont : les ressources humaines (frais de personnel : 25,24 %), les frais de maintenance des aires végétalisées (21,18 %) et les frais liés aux opérations de reboisement (16,67 %) (cf. tableau 7).

B. LES DIFFÉRENTS ÉCHELONS INSTITUTIONNELS DE FINANCEMENT PUBLIC

Au sein des sources de financement de projets de végétalisation urbains, le financement public est majoritaire (60-75 % du montant total en Amérique du Nord et au Royaume-Uni, 90-100 % du montant total en Europe continentale). Les sources de financements publics sont nombreuses et connaissent depuis une dizaine d'années une diversification. Dans le contexte européen, cela est dû aux nouvelles orientations réglementaires (Directives et Communications Européennes, Natura 2000 en Europe, Grenelle I et II en France) qui incitent et soutiennent des

projets d'infrastructure verte et de maintien/amélioration de la biodiversité en milieu urbain.

Le détail des échelons d'actions et d'outils de financement mobilisables peut s'appuyer sur l'exemple français, qui est représentatif du cadre dans lequel peuvent s'inscrire de tels projets pour les pays européens. De manière générale, la prise de conscience de la multifonctionnalité des infrastructures vertes est un de moteurs de cette diversification. En effet, la sectorisation fonctionnelle des équipements et espaces publics est peu à peu remplacée par la multifonctionnalité de ces espaces et par là-même, des financements disponibles. Par exemple, le coût de gestion d'une ligne de tramway enherbée intégrée à une infrastructure verte pour être partagé entre le budget « équipements de transport » et « trame verte ».

1) L'échelon local : le financement par les collectivités locales

A l'échelle locale, deux axes de financement sont majeurs :

- l'intégration de projets de communes ou d'intercommunalités dans le cadre d'orientations de la Région (comme c'est le cas notamment pour la TVB de Lille Métropole, qui s'inscrit dans le Plan de TVB régionale du Nord-Pas-de-Calais). Cette intégration s'inscrit dans les orientations Trames Vertes et Bleues soutenues par le Grenelle I et II. Elle est synonyme de sources diversifiées de financement, pour établir une connexion adéquate entre les échelons du projet ;
- le budget direct de la ville : la mobilisation de ressources fiscales locales (à travers des impôts locaux), pour

ENCADRÉ N°2 – TRAME VERTE ET BLEUE (TVB), SCHÉMA RÉGIONAL DE COHÉRENCE ÉCOLOGIQUE (SRCE) ET FINANCEMENTS

En France, la TVB a été créée par le Grenelle de l'Environnement (2007 – cf. encadré n°1 pour le détail de ce débat et son intégration au contexte européen) comme un instrument permettant d'inclure la biodiversité et les écosystèmes au sein de l'aménagement du territoire, urbain notamment.

Le SRCE est l'instrument de mise en œuvre de la TVB au niveau local et régional. La Mission Economie de la Biodiversité (MEB) souligne « *qu'au niveau régional, l'Etat – à travers les DREAL – et les conseils régionaux, élaborent conjointement et en association avec un Comité régional Trames verte et bleue des documents de planification appelés SRCE. Ces SRCE doivent comprendre : un diagnostic du territoire, une présentation et une analyse des enjeux régionaux relatifs aux continuités écologiques, une cartographie de la TVB à l'échelle régionale, un plan d'action stratégique, et un dispositif de suivi et d'évaluation de sa mise en œuvre. Ils doivent être révisés tous les 6 ans.* » (Biodiv'2050, 2013).

Pour évaluer les besoins de financements, la MEB reprend la liste des dépenses à prévoir pour la mise en œuvre des TVB, établie par la Direction de l'eau et de la biodiversité du Ministère de l'Ecologie : « *l'estimation est de l'ordre de 10 à 15 millions d'euros pour l'élaboration des SRCE, et de 6 à 7 millions par an pour leur évaluation et leur mise à jour.* ». A cela s'ajoutent les actions d'investissements pour restaurer les sites ou fonctionnalités dégradées, pour lesquelles aucune évaluation n'est proposée. Aussi la MEB conclut-elle que « *l'évaluation des coûts n'est quasiment jamais menée lors de l'élaboration des SRCE* » (Biodiv'2050, 2013), en raison d'un manque actuel de données disponibles pour effectuer le dimensionnement économique d'un SRCE. Face aux problèmes de mise en œuvre des SRCE, la MEB appelle à la mise en place d'une base de données sur les coûts des opérations de restauration et de gestion de la biodiversité.

financer les projets de végétalisation urbains. Cette mobilisation peut être décidée et discutée au moment de chaque budget annuel au sein d'une commune, ou faire l'objet, sinon d'une ligne budgétaire dédiée (comme c'est notamment le cas dans le projet de TVB de Lille Métropole), au moins d'un fléchage pluriannuel qui inscrit le projet dans la durée. L'exemple de Lille Métropole détaillé ci-dessus illustre les montants mobilisables : sur un coût de fonctionnement annuel de 10 M€ pour la TVB, Lille Métropole participe à hauteur de 7 millions d'euros pour les opérations d'entretien, d'aménagement et d'équipement (cf. encadré 2).

2) L'échelon national : le financement par l'Etat et les agences de l'Etat

A l'échelle nationale, deux outils majeurs sont mobilisables, centrés sur un des avantages de la végétalisation, et non pour elle-même ou pour la biodiversité retenue :

- les prêts et les prêts bonifiés, (cf. par ex. les Eco-Prêts à Taux Zéro mobilisés pour aider les projets de végétalisation de toits et façades, depuis 2010, qui rentrent dans les aides allouées plus largement à l'amélioration de la performance globale du logement, cf., ADEME 2014a);
- des aides techniques et financières ponctuelles (cf. par exemple les subventions de l'Anah et de l'Ademe pour la mise en place de toits végétalisés à Paris);
- des réponses à des appels à projets thématiques et sectoriels (zones humides...). Cela permet aux collectivités de faire coïncider la multifonctionnalité des infrastructures vertes concernées à une pluralité de financements.

3) L'échelon européen : la place centrale des financements de l'Union européenne

A l'échelle européenne, un certain nombre d'acteurs et outils majeurs peuvent être mobilisés dans le cadre de projets de végétalisation urbains (pour leur fonction

écologique, énergétique, environnementale), repris par le tableau 8²³ (cf. tableau 8).

Acteur central du financement des projets d'infrastructures au sein de l'Union européenne, la Banque Européenne d'Investissement (BEI) peut investir dans des projets de rénovation urbaine, de protection du patrimoine urbain, de soutien à la réduction de la pollution, des orientations dans lesquelles les projets d'infrastructure verte peuvent s'inscrire.

Dans le cadre du budget 2014-2020 et des orientations stratégiques associées, la BEI va être amenée à jouer un rôle majeur en tant qu'acteur financier et technique des projets d'infrastructures vertes. En effet, la Commission Européenne a adopté le 6 mai 2013 une communication (COM-2013/249) portant sur les infrastructures vertes²⁴ qui passe par l'amélioration de l'accès au financement des projets de végétalisation urbains : « *la Commission et la BEI examinent les possibilités de mettre en place un mécanisme de financement²⁵ visant à soutenir les investissements liés à la biodiversité, notamment les projets d'infrastructure verte* ». De plus, la Commission rappelle aux investisseurs potentiels (municipalités, régions, promoteurs privés) que la BEI peut fournir une assistance technique pour élaborer des projets d'infrastructures vertes (Efec, 2012). En effet, la BEI délivre une aide financière et un appui technique à projets sous

²³ Une action spécifique pour les pays ayant un revenu national brut inférieur à 90 % de la moyenne communautaire est prévue, dans la nouvelle politique de cohésion 2014-2015. Un guide sur l'accès au financement pour des projets d'infrastructures vertes est même disponible en ligne : http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/guide_multi_benefit_nature.pdf

²⁴ Définies comme « une réseau constitué de zones naturelles et semi-naturelles, et d'autres éléments environnementaux faisant l'objet d'une planification stratégique ».

²⁵ Encore à préciser au moment où cette étude a été réalisée (depuis, des avancées ont été faites notamment sur la création du Mécanisme de financement du capital naturel (Natural Capital Funding Facility, NCF), cf. <http://www.eib.org/products/blending/nccff/index.htm> – voir aussi : <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/background.htm>)

TABLEAU 8 – FONDS ET OUTILS EUROPÉENS MAJEURS MOBILISABLES POUR DES PROJETS DE VÉGÉTALISATION URBAINS

	Missions	Outils	Acteurs ciblés	Ex. de projet
Natura 2000¹	Financer document d'objectifs, travaux forestiers et travaux en milieu ni agri ni forestier	Subventions	Collectivité territoriale, particuliers	Chécy (Centre) et programme de jardins en ville/poumon vert urbain (60 000 €)
FEDER² (fonds européen de développement régional)	Instrument financier des Fonds Structurels Projets Nature et Biodiv (Interreg IV) Cohésion urbaine	Subventions	Collectivité territoriale	Plérin (Bretagne) : répertoirer la biodiversité urbaine (15 000 €)
FEADER³ (fonds européen agricole pour le développement rural)	25 % du budget consacré à des projets de gestion foncière et environnement	Subventions	Collectivité territoriale	Subvention Leader : Gorilla Park danois : développement d'activités commerciales dans une forêt périurbaine (73 000 €)
Life + (DG Environnement) 2007-2013	Cofinance projets environnementaux pilotes ou innovants	Prêts (90 %) et subventions (10 %)	Collectivité territoriale	Seine City Park (Yvelines) : Infrastructures vertes (1,7 M€)
Fonds EEE (European Energy Efficiency) sous-ensemble de Life+	Efficacité énergétique et énergie renouvelable	Prêts, garanties, participation au capital	Collectivité territoriale, entité privée, particulier	Berlin Jewish Musuem (Allemagne) : efficacité énergétique et toit végétalisé à l'étude (3 M€)

¹ Les sites qui appartiennent au réseau européen Natura 2000 s'inscrivent dans la Politique Agricole Commune de l'UE, au titre des « mesures agro-environnementales territorialisées ». Les sites urbains Natura 2000 sont présents dans 32 des villes majeurs d'Europe, dont 16 capitales : plus de la moitié des capitales européennes accueillent au moins un site Natura 2000.

² Ex du FEDER Aquitaine : Axe 3 (valoriser le potentiel énergétique et environnemental de l'Aquitaine) et Axe 4 (développer durablement les territoires spécifiques, dont l'objectif 4.3 « soutenir les territoires en mutation »).

³ FEADER : notamment sur les axes 1 (améliorer la compétitivité des secteurs agricoles et forestiers) et 2 (améliorer l'environnement et l'espace rural).

Source : I4CE

une forme plus diversifiée que les fonds européens : prêts directs et intermédiés (jusqu'à 50 % du total), obligations, participation... En période de restriction budgétaire et de rationalisation accrue des politiques publiques, le rôle de la BEI se renforce. Son modèle de financement permet un effet de levier conséquent sur les dépenses (en sollicitant le secteur privé, bancaire notamment, et en apportant une expertise en *project finance* et un suivi de long terme).

C. UN RECOURS CROISSANT AU FINANCEMENT PRIVÉ : DONS, PARTENARIATS PUBLIC-PRIVÉ, FINANCEMENT PARTICIPATIF

De nombreux projets font le choix d'associer ressources publiques et privées dans le modèle de financement du projet de végétalisation urbain. Ce choix est motivé par plusieurs raisons non-exclusives : accroître l'effet des dépenses publiques par un effet de levier sur la levée de fonds privés (donc plus de ressources disponibles), impliquer les habitants dans les projets en les sollicitant à différents stades du projet, mobiliser l'expertise financière et technique propre au secteur privé pour améliorer les montages et le suivi de projet.

1) PPP et dons du secteur privé pour des projets publics de végétalisation urbains

Le fait de solliciter des acteurs du secteur privé permet d'associer les entreprises aux projets de préservation des écosystèmes urbains des collectivités territoriales.

Plusieurs outils sont alors disponibles pour les entreprises : dons, mécénat, revenus générés par l'exploitation du parc urbain... A Dallas (Texas) par exemple, le Woodall Rodgers Park (renommé en 2012 Klyde Warren Park, du nom du fils d'un donateur local), d'une superficie de 3 hectares, a été entièrement financé par les dons de 4 acteurs privés (la Texas Bank pour 2 millions US\$ et 3 particuliers), pour un financement total en investissement initial de 7 millions US\$.

C'est aussi le cas dans le cadre du financement du *One million Trees Project* lancée par la Ville de New-York en 2007. L'objectif est de planter 1 million d'arbres dans la ville sur la période 2007-2017, soit une augmentation de 20 % du nombre d'arbres présents en ville. Le département des Parcs (NYCP) est en charge de la plantation des arbres dans l'espace public, pour 70 % de l'objectif (700 000 arbres) et le Projet de Restauration de la Ville de New-York (NYRP) se charge de la coordination des acteurs de la communauté privée (habitants et entreprises volontaires), pour 30 % de l'objectif. NYRP a levé, depuis sa création, 70 millions US\$ auprès des habitants et donateurs privés, et planté plus de 100 000 arbres. Le programme est financé par des fonds publics et des dons de sponsors privés, dont Toyota, la TD Bank et Edison Com et des dons de particuliers à travers le financement participatif. En 2013, près de 800 000 arbres ont été plantés dans le cadre de ce programme.

Au Royaume-Uni, le modèle du Park Trust est répandu et permet de mettre à disposition des habitants des parcs et forêts périurbaines, avec un coût nul pour le contribuable.

Ce modèle repose sur une contractualisation entre la Région et le *Trust*, portant sur un bail de 999 ans de gestion du terrain concerné. Par exemple, le Nene Park Trust de Peterborough, établi en 1988 et s'étendant sur 1 000 ha, requiert des dépenses de fonctionnement et de maintenance de 1,5 million £/an (McCulloch, 2013). Ces dépenses, de même que les intérêts sur les emprunts contractés par le *Trust* pour les investissements initiaux, sont intégralement financés par les revenus issus des concessions et des loyers commerciaux (restaurants, loisirs sportifs...) situés sur le domaine du parc.

2) Programme à incitation financière orienté vers le secteur privé : le cas de Chicago

Un moyen de mobiliser les acteurs privés est de mettre en place des programmes d'incitations financières, comme c'est par exemple le cas à Chicago (Etats-Unis), depuis 2005. Le *Green Permit Program*, intégré au *Green Building Agenda*, vise à inciter les entreprises à rendre leurs bâtiments plus « verts » et notamment à végétaliser leurs toits. Ce *Green Permit Program* offre aux entreprises qui se qualifient, une procédure accélérée d'obtention de permis de construire et des réductions de frais d'émissions de permis et de consultation. Ce programme part d'un double constat : d'une part, les coûts de développement et de construction peuvent augmenter de 1 à 5 % quand ils intègrent des éléments de végétalisation et de réduction de l'empreinte écologique (Widholm, 2006), ce qui peut freiner le verdissement des bâtiments ; d'autre part, les promoteurs immobiliers sont intéressés à vendre leurs constructions le plus rapidement et à réduire au mieux les coûts liés aux emprunts pour construction. Aussi, la Ville de Chicago a mis en place ce programme permettant d'accélérer ces processus tout en incitant à végétaliser les bâtiments construits ou rénovés. En effet, réduire le délai d'obtention d'un permis de 3 mois sur un cycle de projet de 22 mois en moyenne peut influencer les investisseurs de manière décisive. De plus, des délais de permis plus longs se répercutent en général sur les loyers futurs, le retour sur investissement étant repoussé dans le temps (PwC, 2005) (cf. tableau 9).

Ce programme fait partie de la politique actuelle de la Ville de Chicago visant à faire de Chicago « la ville la plus verte d'Amérique ». Il incite ainsi les entreprises à végétaliser leurs toits et à voir leurs projets conformes au *green menu* du Chicago *Department of Buildings* (DOB), composé des éléments suivants, et que les promoteurs intègrent à leurs projets : toits verts, performances énergétiques exceptionnelles, énergie renouvelable, loyer modéré, innovation, excellent traitement des eaux, dépassement des standards LEED, ventilation naturelle... Plus les projets intègrent d'éléments du *menu*, plus le projet se qualifie pour une accélération rapide de l'obtention de permis et des réductions de frais de consultant. Aux effets positifs de cette politique d'incitation financière et technique, qui mobilise les ressources privées et renforce l'attractivité des investissements de long terme, on peut rajouter les effets positifs liés aux toits verts en général : réduction locale des effets d'ICU, meilleure isolation des bâtiments et réduction de la consommation énergétique, maintien de la biodiversité (Widholm, 2006).

3) Inciter le secteur privé par la voie réglementaire : le cas de Bâle

Un autre moyen d'inciter les acteurs du secteur privé est de les mobiliser par la voie réglementaire. C'est notamment le cas à Bâle, en Suisse, une ville qui a mis en place un programme incitatif de développement de toits verts et qui a maintenant la plus grande surface de toits verts par habitant du monde (Kazmierczak A. *et al*, 2010)²⁶. Le programme de verdissement de Bâle s'appuie sur un cadre réglementaire précis, nourri par plusieurs études (Brenneissen, 2008), et qui contraint les rénovations et constructions à mettre en place des surfaces minimales de toits verts.

- **La première phase du programme (1995-1996)** avait pour objectif d'accroître la couverture en toits verts de la ville pour réduire la consommation énergétique des bâtiments. Le financement de cette phase reposait sur un fonds, l'Energy Saving Funds (abondé à hauteur de 5 % des redevances électricité de particuliers et des

²⁶ En effet, en 2010, environ 23% des toits de Bâle étaient végétalisés (soit 700 000 m²), avec un objectif de 30 % d'ici 2015 (Brenneissen, 2008).

TABLEAU 9 – LE GREEN BUILDING PERMIT PROGRAM DE CHICAGO

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • réduire la consommation d'énergie des bâtiments • attirer les investissements et les implantations d'entreprises • lutter contre l'ICU en minimisant l'impact sur les finances publiques
Outils	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Green Building Permit Program</i>, visant à réduire les délais d'obtention de permis de construire (réduits de 3 mois à 3 semaines) pour les projets immobiliers incluant un toit vert (neufs et rénovation) • réduction/exemption des frais obligatoire de consultant municipal (jusqu'à 30 000 \$)
Coûts	<ul style="list-style-type: none"> • 400 000 \$/an de manque à gagner pour le DOB (<i>Department of Buildings</i>)
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • 2008-2012 : 60 % des nouveaux bâtiments et 40 % des rénovés passent par le programme • économie d'énergie de 50 à 100 M\$/an • création de 24 PME/ETI spécialisées dans les toits verts • attractivité économique renforcée

Source : I4CE, d'après Kazmierczak, A. et Carter, J. (2010)

entreprises), pour une valeur totale d'un million de franc Suisses (CHF) (pour un coût moyen, en 1995, de 100 CHF/m² de toits végétalisés). Cette première phase a permis une réduction d'énergie de l'ordre de 4 gigawatt/heure par an sur l'ensemble de la ville ;

- **La seconde phase du programme (à partir de 2002)** rajoutait aux objectifs initiaux un objectif de protection/amélioration de la biodiversité. Cette phase du programme a été marquée par le vote d'un amendement consacré aux toits verts (Loi Bâtiment et Construction, § 72. Ville de Bâle), stipulant que tout toit plan, neuf ou rénové, doit être transformé en toit vert. Un ensemble de procédures encadrant la mise en place des toits verts avait aussi été édité²⁷. Les résultats en termes de protection de la biodiversité sont aujourd'hui établis (Doshi, 2006) et renforcés par une étude en cours montrant le rôle des toits verts pour compenser les pertes d'habitats liés à des développements urbains (Baumann, 2010) ;
- **La troisième phase (2005-2006)** incorpore les précédentes et prend la forme d'un nouveau programme d'incitation, pour une valeur totale d'un million de franc Suisses (CHF) (pour un coût moyen, en 2000, de 20 CHF/m²). Cette phase rajoute de nouveaux objectifs d'adaptation au changement climatique (par réduction des ruissellements et réduction de l'effet d'ICU) (Kazmierczak A. *et al*, 2010). Cette troisième phase a permis une réduction d'énergie de l'ordre de 3,1 gigawatt/heure par an sur l'ensemble de la ville.

La mise en place d'un tel cadre contraignant au niveau local est possible du fait du caractère semi-indépendant des cantons suisses en terme législatif, avec une grande autonomie des décisions municipales. Afin de ne pas affaiblir le programme par une faible acceptabilité sociale et de freiner les nouvelles implantations d'entreprises, la ville a doublé son initiative d'une incitation financière.

Ainsi, plutôt que de prendre directement en charge les plans et le financement des projets de végétalisation urbains, les collectivités mettent en place des programmes de soutien financier aux entreprises et particuliers désireuses de végétaliser leurs bâtiments. Cela peut passer, comme dans le cas des toits verts à Bâle, par l'allocation de bourses et de subventions couvrant une partie du montant total des travaux dont la majorité des frais restent à la charge du secteur privé. Cela peut aussi passer, comme dans le cas de *Green Building Permit Program* de Chicago, par une procédure accélérée d'obtention de permis de construire et la réduction de certains frais obligatoires de conseil à projet. De telles initiatives sont intéressantes pour quatre points :

- elles permettent de toucher une surface plus étendue que les seuls espaces publics, en mobilisant les toits du domaine privé (d'où des projets verts plus étendus et, dans le cas d'une intégration à une TVB, une meilleure interconnexion assurée) ;

²⁷ Il demandait : un substrat provenant de sols régionaux, de 15 cm d'épaisseur minimum ; des zones de terreaux (H : 30 cm, Lg : 3 m) pour les invertébrés ; une végétation composée d'un mélange d'essences locales et l'obligation de passer par une phase de consultation/planification auprès de la Municipalité pour les toits verts > 1000 m².

- elles permettent de réduire les coûts pour les budgets publics, en faisant fonctionner l'effet de levier des dépenses publiques sur les dépenses privées. Cela, tout en fléchant les subventions, et donc en orientant (sans même d'outil réglementaire), les choix de construction/rénovation dans le sens de plus de végétalisation ;
- elles permettent de stimuler l'économie locale (dans les secteurs associés à la mise en place de toits verts et des emplois de services de conseil et de maintenance liés) ;
- de tels programmes de soutien public à des projets privés fournissent de plus un signal positif pour les banques dans leurs évaluations des projets de particuliers et d'entreprises souhaitant emprunter pour installer ou rénover un toit vert.

En réduisant les coûts pour les particuliers, ces programmes d'incitation financière (subvention, crédit d'impôt) permettent de réintégrer les bénéfices publics rendus par ces toits verts privés²⁸. Sans incitation publique, l'analyse coût-bénéfice de l'installation d'un toit vert montre que les coûts sont plus importants que les bénéfices privés pour le particulier ou le promoteur immobilier (Nurmi *et al.*, 2013). A l'inverse, les bénéfices publics sont très élevés. Afin de sortir de cet équilibre sous-optimal, l'incitation publique permet de soutenir l'installation de toits verts, en la finançant juste assez pour rendre positif le rapport coût – bénéfice pour le particulier.

D. L'UTILISATION DE FINANCEMENT INNOVANT : LA FINANCE CARBONE ET LES OBLIGATIONS VERTES

1) Le financement par le marché carbone volontaire et la recherche de co-bénéfices : l'exemple de la ville de Perth, et du projet de compensation carbone en Midi-Pyrénées

La finance carbone apporte une rémunération monétaire (ou symbolique pour la compensation interne d'une entité) des réductions d'émissions de gaz à effet de serre ou du carbone séquestré, après validation et vérification. Deux initiatives locales illustrent la grande diversité dans les possibilités de ce mécanisme, à Perth et en région Aquitaine.

La ville de Perth, en Australie, a lancé en 2000 un programme de compensation des émissions dues au déplacement dans et à travers la ville, avec l'objectif de générer des crédits commercialisables. Elle a fait le choix de financer un programme local de plantation d'arbres pour pouvoir le surveiller directement et réduire les risques sur la qualité et la délivrance des crédits carbone. Les objectifs du projet prenaient clairement en compte les co-bénéfices de ces plantations : séquestrer du carbone, améliorer les rendements agricoles et faire du bois-énergie (Kebe *et al*, 2011). Ce projet est devenu ainsi un outil pour renforcer la solidarité entre citadins et agriculteurs, tout en améliorant la biodiversité des milieux concernés.

²⁸ En effet, la réduction de consommation énergétique du bâtiment est un bénéfice privé, alors que les bénéfices en termes de régulation de la température, de biodiversité, de meilleure infiltration des eaux de pluie et plus généralement de lutte contre les effets de l'ICU, sont des bénéfices publics, partagés à l'échelle du quartier ou de la ville.

Le projet a permis la plantation de 170 000 arbres en deux vagues (2009 et 2011, en deux appels d'offres publiques pour la plantation et l'entretien), pour capturer 15 600 tCO₂e sur 40 ans. Le financement du projet de plantation des arbres vient des automobilistes, au travers des parcmètres : c'est une approche « pollueur-payeur » des objectifs climatiques » qui a été retenue (Kebe *et al.*, 2011).

Autre exemple : le dispositif de compensation carbone volontaire local lancé en 2013 en Midi-Pyrénées, appelé « carbone local ». Animé par l'ARPE Midi-Pyrénées (Agence régionale du développement durable) en partenariat avec la Région et le cabinet de certification Ecocert, ce dispositif lancé en novembre 2013 permet aux entreprises de la région de faire de la compensation carbone, sur un mode volontaire (car le mécanisme ne concerne pas les entreprises soumises au marché des quotas), et réalisée au niveau local en finançant des projets localisés dans la région. L'objectif du dispositif Carbone Local est en effet de faire de la compensation carbone, en finançant des réductions d'émissions en région Midi-Pyrénées par des entreprises de la Région qui voudraient compenser près de chez elles.

Les projets doivent répondre à 4 critères : i) être mesurable, grâce à des méthodologies validées par l'ARPE, ii) être vérifiable sur le terrain et avec un système de certification de la réalisation de réductions des émissions, iii) être permanent donc avoir des effets garantis sur le long terme (pour cela, l'ARPE a choisi d'acheter des quotas européens – cf infra), iv) être additionnel, en montrant que le projet n'aurait pas pu se faire sans la valorisation carbone. Chaque projet Carbone Local fait l'objet d'une méthodologie qui est publique, et un registre tenu par l'ARPE garantit la traçabilité des crédits carbone créés et l'unicité de la monétisation du crédit et de l'acheteur correspondant. L'ARPE n'est pas développeur de projets mais joue un rôle d'animateur afin de faire émerger des projets et d'aider les porteurs de projets de réductions d'émissions à financer leurs initiatives.

Le premier type de projet développé par l'ARPE concerne la haie champêtre (ce projet n'est pas urbain mais l'application

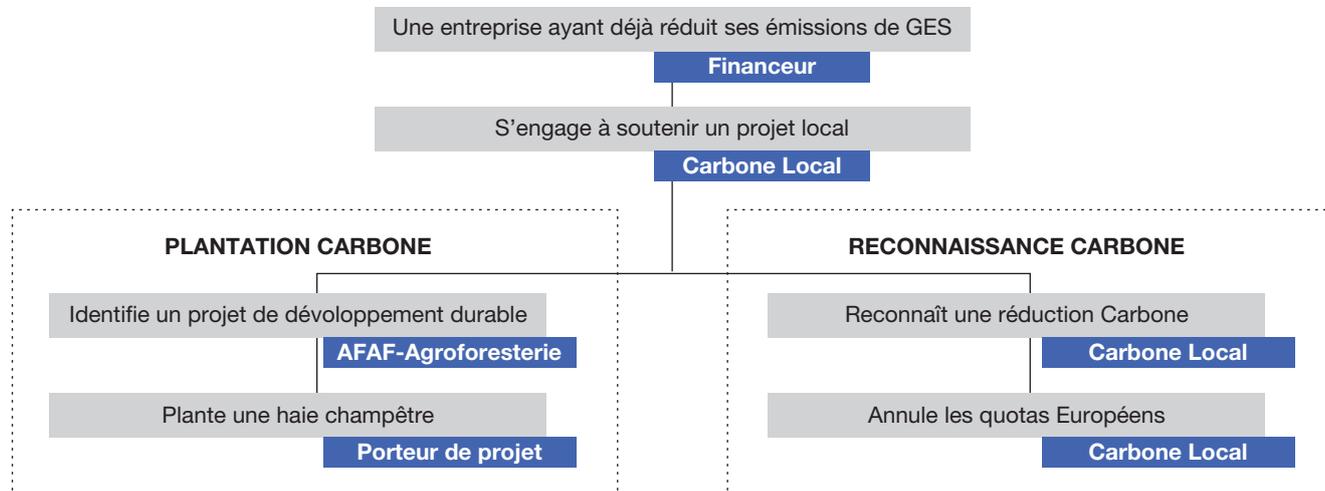
à l'urbain peut être envisagé). Cet enjeu a été priorisé par l'ARPE du fait de son impact environnemental, certains départements arrivant à une disparition annuelle de plus de 100 000 km de haies. L'agroforesterie est ici également valorisée dans le but d'apporter des co-bénéfices pour les agriculteurs (revenu complémentaire, aliments pour animaux...), et est portée par l'AFAP-Agroforesterie. L'objectif est d'avoir 10 à 20 km de haies reconnus par Carbone Local, et également de développer des méthodologies visant des projets à plus large échelle. Comme la plantation de haie est une activité non comptabilisée dans les inventaires nationaux, cela facilite en théorie sa certification et évite la question de la double comptabilisation (une unité carbone valorisée deux fois, par l'entreprise acheteuse et par l'Etat – cf Foucherot *et al.* 2014.). Par ailleurs pour garantir la permanence des projet, alors qu'il est difficile d'assurer l'existence de la haie pendant de très longue période, et afin d'offrir à l'acheteur une compensation carbone certifiée et reconnue, la solution retenue par l'ARPE a été d'acheter des unités sur le marché réglementaire européen (quotas EUAs), puis de les annuler (cf. figure 2).

2) Le financement par le marché carbone réglementaire : les projets de foresterie urbaine à Delhi et à Santa Monica

Delhi (Inde) finance en partie, grâce au marché du carbone réglementé, un projet de reboisement sur 358 hectares de terrains en friche : devant réduire 12 ktCO₂/an et répondant aux critères des méthodologies validés par le mécanisme pour un développement propre (MDP), il a pu être enregistré comme projet MDP et devrait bénéficier des crédits carbone correspondants (en l'occurrence des URCE – unités de réduction certifiée des émissions) pendant 30 ans. En fonction du prix de vente possible, ce montant peut prendre une part plus ou moins grande du financement total nécessaire.

Autre exemple, sur le marché californien : la ville de Santa Monica a fait labelliser un projet de maintien d'espaces

FIGURE 2 – MONTAGE DU DISPOSITIF « CARBONE LOCAL »



Source : ARPE

FIGURE 3 – EXEMPLES DE MODE DE GOUVERNANCE ET D'OUTILS POSSIBLES SELON LES DIFFÉRENTES PHASES DU PROJET



Source : I4CE

forestiers et reforestation de 1 000 arbres. La ville devrait donc recevoir des crédits valorisables financièrement sur le marché californien du carbone.

Excepté ces projets, il est difficile de trouver d'autres projets de végétalisation en milieu urbain qui ont pu bénéficier d'un financement sur les marchés carbone réglementés. Ceci peut s'expliquer par la méconnaissance du mécanisme par les autorités locales, la faiblesse du prix du crédit carbone obtenu, la complexité administrative, (cf. Clapp *et al.*, 2010) additionnée à des problématiques forestières comme la difficulté de comptabilisation, et de la création de tels espaces verts dans des zones urbaines déjà denses.

3) Obligations vertes : une diversification des sources de financement

Les obligations dites vertes se caractérisent par l'objet de leur financement, qui comporte un bénéfice environnemental et sont en général soumises à un système de suivi prouvant que l'argent levé a bien permis de financer les actions attendues. Ces deux caractéristiques permettent d'attirer plus d'investisseurs, en particulier ceux orientés vers l'Investissement Socialement Responsable (ISR), leur permettant de répondre à leurs exigences extra-financières.

En Europe, la première collectivité émettrice d'obligations vertes a été le Conseil Régional d'Ile-de-France, pour des projets à visée environnementale, comprenant notamment des actions consacrées à la biodiversité. Les obligations vertes pourraient donc être utilisées pour lever du financement pour la mise en place d'espaces verts, sous réserve que les collectivités aient accès au marché obligataire²⁹.

²⁹ La capacité d'emprunt et le volume appelé sont des conditions qui peuvent s'avérer difficiles à remplir pour des collectivités de petite taille. Pour rentabiliser leurs émissions et justifier les coûts de transaction, les collectivités doivent avoir une taille et des besoins suffisamment importants, soit un ordre de grandeur des émissions obligataires de 100 à 150 millions d'euros.

Un tel recours aux obligations vertes permet aux collectivités de diversifier les sources de financement, un point important en période de restriction de l'offre de crédits. Ainsi, il peut permettre « de financer des projets qui ne le seraient pas sans cet accès aux marchés financiers et plus particulièrement aux investisseurs ISR » (Morel et Bordier, 2012). Une visibilité accrue et un bénéfice en matière de communication sont généralement mis en avant, ce qui permet de relativiser les coûts additionnels liés à la mise en place du système de suivi. Le rendement financier d'un projet d'espaces verts étant quasi-inexistant, le remboursement de l'obligation sera à la charge de l'émetteur – la collectivité. Cela est conforme avec les attentes des investisseurs puisque leur premier critère d'investissement est la solidité financière de l'émetteur, ce qui dépend finalement peu du projet.

III. Quelle gouvernance et quels outils opérationnels de mise en œuvre de projet ?

Tout projet de végétalisation urbaine passe par différentes phases, de la conception à la mise en œuvre et au suivi/évaluation de la mise en place et des résultats obtenus. Le graphe ci-dessus montre les différents modes de gouvernance et d'outils qui peuvent être mobilisés selon les phases du projet³⁰ (cf. figure 3).

Pour qu'un projet de végétalisation urbaine soit le plus efficace possible, il est utile que l'ensemble des parties prenantes soient impliquées, du stade d'identification des besoins et des objectifs, jusqu'au suivi du projet, en passant

³⁰ Le référentiel Trame Verte Urbaine, fruit du travail de l'ANR Trame Verte Urbaine (2013), est un exemple d'initiative actuelle en ce sens. Il est conçu comme un outil de conseil et d'aide à la décision à l'attention des professionnels de la ville. Il reprend les différentes phases de la mise en place d'une infrastructure verte sur un territoire intercommunal (projet politique, diagnostic, objectifs, chantier, gestion), cf. <http://www.nature-en-ville.com/actions/109-realiser-un-referentiel-sur-la-trame-verte-et-bleue-en-milieu-urbain>

par sa mise en place. Une telle gouvernance participative évite un programme descendant, *top-down*, parfois mal informé des besoins des habitants ou affaibli par le manque d'acceptation sociale.

La question de la gouvernance du projet est importante pour permettre une concertation et faire émerger des objectifs partagés, tout en renforçant l'implication des acteurs privés (acteurs économiques, habitants, associations) et leur contribution au financement. La gouvernance du projet n'est pas seulement un élément des phases initiales d'un projet d'infrastructure verte. En effet, une fois le projet inauguré, la concertation portant sur les usages, les entretiens et les outils d'audit prennent tout leur sens.

A. LA GOUVERNANCE LOCALE DES PROJETS COMME FACTEUR DE SUCCÈS : DIFFÉRENTES MODALITÉS PERMETTENT L'IMPLICATION DES ACTEURS À CHACUNE DES PHASES DU PROJET

Sans chercher l'exhaustivité, les études de cas ci-dessous illustrent la diversité des exemples de modes de gouvernance.

1) L'incitation économique et le cahier des charges opérationnel : l'exemple de Chicago

Dans le cas de Chicago, le choix a été fait de mettre explicitement en avant les objectifs économiques du programme (renforcer l'attractivité de la ville, réduire les coûts de maintenance et les dépenses d'énergie) pour créer une incitation pertinente et efficace vis-à-vis des acteurs économiques. Cela est le fruit du constat fait par la Ville de Chicago selon lequel, les entreprises et acteurs privés sont les plus à même de participer à l'adaptation au changement climatique et à la végétalisation de la ville (identification des terrains disponibles, participation des acteurs immobiliers, utilisation des ressources techniques et financières), mais restent peu réceptifs aux arguments exclusivement environnementaux et d'intérêt public (Kazmierczak A. *et al*, 2010). Le *Green Building Permit Program* (exposé en partie II) s'est donc appuyé sur un cahier des charges très opérationnel, le *green menu*, adapté aux acteurs qu'il souhaite cibler car il a été produit en associant les syndicats et représentants des différents secteurs économiques concernés et chiffre, pour chaque point du *menu*, les coûts engagés et économies réalisées par les promoteurs qui s'engageraient (et permet l'octroi des permis de construire plus rapidement). Ce modèle, rapidement opérationnel et sans ambiguïté pour les entreprises, présente deux avantages majeurs :

- la clarté des objectifs, formulés en éléments concrets et directement transférables dans les projets de promoteurs immobiliers;
- le chiffrage précis des coûts de mise en œuvre des toits verts, des gains potentiels en économie d'énergie et des réductions de frais que les entreprises peuvent obtenir.

2) L'implication citoyenne dans un projet de végétalisation urbain : l'exemple de Kamen

Le cas de la ville de Kamen (Allemagne) illustre l'appropriation conjointe d'un projet d'adaptation au changement climatique par des habitants. Consciente que le système municipal de traitement des eaux était exposé à des risques majeurs et croissants de débordement et d'inondation lors d'épisodes exceptionnels de précipitations, la ville a décidé de présenter aux habitants, lors de sessions d'informations publiques, les risques que représentait cette non-adaptation (Circle-2, 2013). Ces sessions ont été l'occasion de présentations, par des experts, des effets d'ICU et des bénéfices à mettre en place des projets de végétalisation de la ville pour réduire le ruissellement et accroître l'infiltration. Lors de ces sessions, les habitants ont pu émettre leurs doutes et questions et tout au long du processus, les associations environnementales et les entreprises privées locales ont été invitées à participer aux volets du projet pouvant les concerner directement.

Une fois l'ensemble des acteurs informé du projet et ayant apporté leur contribution, une première phase du projet a été lancée : les habitants volontaires ont été invité à participer à la déconnexion des tuyaux centralisant les eaux de pluies du système de traitement des eaux, moyennant une contrepartie financière de 16 à 20 €/m². Ces mêmes habitants ont aussi participé à des porte-à-porte pour discuter avec leurs voisins et leur expliquer les raisons qui les avaient convaincus de participer au projet. Cette initiative s'inspire des *task-forces* citoyennes identifiées par Quayle (1995) comme un outil efficace pour aider les habitants à comprendre et s'approprier des politiques publiques aux objectifs complexes, comme les infrastructures vertes ou l'adaptation au changement climatique. Le modèle de Kamen, basé sur l'implication en amont des citoyens, paraît être un outil utile pour tout projet. Il pourrait notamment être transposé à la végétalisation de toits ou de façades qui peuvent être mis en place et maintenus avec l'aide des habitants et permettre une meilleure gouvernance au sein de projets de TVB tout en intégrant le foncier et les acteurs privés.

3) Le recours au consortium multi-acteurs pour identifier les objectifs : l'exemple de Londres

La mise en place d'un consortium multi-acteurs a été l'option de gouvernance et d'identification des objectifs retenue par la Ville de Londres. Ce consortium élargi rassemble les acteurs publics centraux (*boroughs*), ONG, entreprises et associations de quartier. Dans le cadre de la *Biodiversity strategy for the City*, lancée en 2002, la ville a décidé d'améliorer et de protéger la biodiversité urbaine, autour de trois espaces types dont l'importance et les limites ont été identifiées par le consortium (espaces verts urbains, cimetières et églises ; bâtiments ; rives de la Tamise).

La période 2010-2015 de ce plan est marquée par une implication plus directe des particuliers et entreprises privées pour l'identification d'espaces, les compétences et les ressources. Le *Consortium* s'est doublé du *London*

Assembly's Green Spaces Investigative Committee, qui regroupe les mêmes acteurs et supervise la stratégie de financement des espaces publics et verts par le secteur privé, tout en incitant par des campagnes de communication, au verdissement des bâtiments d'entreprises, au renforcement de la biodiversité dans les zones vertes incluses dans le foncier privé et au don. Ce modèle de consortium a un triple avantage pour les projets de végétalisation urbaine :

- faciliter l'émergence d'objectifs partagés et d'un dialogue entre parties prenantes tout au long du projet, d'où une meilleure acceptabilité sociale ;
- offrir une structure souple, moins administrative, plus réactive et entièrement dédiée au projet (avec des attributions qui peuvent lui être ajoutées, comme la levée de fonds...);
- permettre une meilleure transparence sur le projet (avancée, utilisation des fonds) du fait de l'implication des parties prenantes aux décisions.

De manière générale, l'implication des représentants de la société civile et des parties prenantes à l'élaboration d'un projet de végétalisation urbaine s'adapte bien au besoin d'intégrer les nombreuses fonctions que cet espace peut jouer. En passant par une élaboration conjointe peuvent émerger des besoins précis en termes d'usages récréatifs ou d'exploitation économique de l'espace, qui n'auraient pas été pris en compte par un projet exclusivement environnemental élaboré par les services orientés développement durable et climat d'une collectivité.

B. LA MAÎTRISE FONCIÈRE ET LA FISCALITÉ LOCALE : DEUX FACTEURS CLÉS POUR L'IMPLANTATION DE PROJET

1) Les outils de maîtrise foncière

Les questions foncières sont des questions centrales dans la mise en place des TVB et des projets de végétalisation urbains, car le prix du foncier en milieu urbain est très élevé : cette pression rend très coûteuse la création d'un espace vert. De plus, comme le souligne Kervadec T. (2012), « l'émiettement des propriétés et la multiplicité des statuts accentuent la complexité des acquisitions pour la TVB ». En effet, la capacité d'une collectivité à mobiliser rapidement des terrains pour mettre en place une infrastructure verte est freinée par le nombre et la diversité des acteurs à réunir et la lourdeur des processus de décisions en matière foncière (sécurisation de la parcelle, procédure d'expropriation, modification du statut de constructible à non-constructible) (Kervadec T., 2012).

La mise en place en milieu dense d'une TVB est facilitée par la maîtrise foncière³¹, ce qui permet d'inscrire l'infrastructure verte dès l'amont des projets « notamment à l'occasion d'opérations de restructuration urbaine de quartiers ou d'opérations de dépollution de friches en milieu urbain » (Kervadec T., 2012). Une politique foncière permet une bonne maîtrise foncière et un financement plus rapide des

31 La maîtrise du foncier relève d'une démarche d'un établissement public ou d'une collectivité territoriale, visant à maîtriser l'usage de certains espaces en vue d'un projet (d'infrastructure verte, de protection d'écosystèmes). Cette maîtrise « consiste à acquérir la propriété ou à passer une convention de gestion avec les propriétaires, généralement par un bail emphytéotique ou un bail rural à clauses environnementales » (ONEMA, 2010).

acquisitions d'espaces nécessaires à la TVB. Une telle politique peut s'appuyer sur la mobilisation des « opérateurs fonciers pourvus d'une ligne de crédit dédié (opérateurs généralistes comme les Etablissements Publics Fonciers, EPF Locaux et sociétés publiques locales d'aménagement - SPLA), et les opérateurs spécialisés dans certaines actions foncières » (SAFER pour le foncier agricole périurbain, Agences de l'eau pour les zones humides et composantes de la Trame Bleue) (Kervadec T. ; 2012). En zone péri-urbaine, où la pression du renchérissement des prix du foncier est forte, une stratégie de maîtrise foncière peut passer par la constitution de réserves foncières sécurisées (espaces naturels et agricoles). En association avec la SAFER, la communauté urbaine de Nantes maintient ainsi les activités agricoles, et protège les espaces naturels dans les zones humides de l'estuaire de la Loire (rapport CESE, 2007).

Une telle stratégie foncière est en place à Roubaix, dans le cadre de son projet de TVB. Cette stratégie permet de faire face aux enjeux fonciers locaux : milieu urbain dense et vaste mouvement de mutation foncière, diversité des propriétaires concernés (RFF, SNCF, Région, habitants), complexité technique (écologie, urbanisme, architecture) et morcèlement des propriétés. Roubaix a donc institué un comité de pilotage incluant les acteurs centraux du projet TVB : services municipaux (services en charge des espaces publics, du développement durable, de l'aménagement, des espaces verts, des sports), élus, conseils et comités de quartiers, RFF, SNCF, le Conseil Régional, les entreprises et les associations. Lille Métropole (LMCU) est aussi associée à cette phase d'identification foncière car elle dispose de compétences en matière de voirie, d'assainissement et d'aménagement. Le portage foncier du projet de corridor vert de Roubaix est facilité par la convention signée en 2010 entre la ville et l'Etablissement Public Foncier (EPF) sur la ligne « gestion économe des fonciers ressources naturelles » (Kervadec T., 2012). Suite à cette convention, Roubaix a aussi délégué à l'EPF son droit de préemption urbain. Cette structure de pilotage et de portage foncier a facilité la réalisation du projet de TVB, en favorisant l'identification et la mobilisation du foncier. Cela permet le bon développement d'une TVB, pour éviter les ruptures de continuité dans l'infrastructure verte.

2) Le contexte fiscal : souvent un frein, parfois un outil incitatif

Au niveau local, la fiscalité foncière peut constituer une limite importante au maintien et à la mobilisation d'espaces privés (friches, espaces non bâtis non agricoles) dans des infrastructures vertes. En France par exemple, le système fiscal foncier rencontre quatre limites – identifiées par Sainteny (1993) et reprises par le rapport Biodiversité 2009 du Centre d'Analyse Stratégique – qui peuvent décourager les propriétaires de lots non-bâti de les laisser vacants :

- le taux de prélèvement est le même pour des biens au rendement différent. Un impôt à 1,5 % ou 2 % aura une incidence faible sur un patrimoine de valeurs mobilières (au rendement à 7 % sur le long terme), une incidence moyenne sur un patrimoine immobilier locatif (au rendement à 4-5 % sur le long terme), mais une forte

incidence sur un patrimoine de foncier non bâti (espaces naturels, forêts...) pour lequel le rendement de long terme est inférieur à 2 %. Une telle égalité incite à l'artificialisation et à la construction des lots non vacants ;

- le taux de prélèvement est le même pour des biens non bâtis et avec des modes d'exploitations différents (extensif, biologique, intensif). D'une part, cela peut pénaliser les usages non intensifs (moins de production, plus de surface), d'autre part cela incite à intensifier l'exploitation des espaces les moins rentables (friches, forêts non exploitées) au détriment des continuités écologiques.
- de manière générale, le foncier non bâti est plus imposé en France que dans de nombreux pays semblables, comme le Royaume-Uni, l'Allemagne ou les Etats-Unis ;
- en 1986, le Conseil des Impôts avait montré que « le taux de rendement net d'un patrimoine agricole en faire-valoir indirect était négatif ». Sainteny (1993) part de ce résultat pour souligner que le cas d'un espace non bâti non agricole est encore plus problématique : il ne produit pas de revenus et, souvent riche en biodiversité, il produit des biens et services éco systémiques non monétarisés et non valorisés. Cet état de fait renforce la rentabilité négative de ces espaces et l'incitation qui existe pour les propriétaires à en changer l'usage.

Afin d'encourager les propriétaires à maintenir leurs espaces non bâtis non agricoles en l'état, il faudrait leur permettre d'en accroître le rendement, pour compenser cette imposition relativement plus forte. Cela peut passer par des subventions, mais ce système se heurte à de possibles effets d'aubaine ou par un allègement de la fiscalité sur ces espaces. En France depuis 2005, au moins deux dispositifs, mis en évidence par le Rapport Biodiversité 2009 et pouvant concerner des espaces en milieu urbain ou péri-urbain, vont dans ce sens :

- les zones Natura 2000 sont exonérées à 100 % de la part communale de la taxe foncière sur les propriétés non bâties (TFNB), selon la loi sur le développement des territoires ruraux ;
- les frais de restauration des espaces naturels protégés sont déductibles des revenus fonciers,

Ces dispositions fiscales ne poussent pas particulièrement les particuliers à verdir leurs parcelles. A l'inverse, au Canada existe par exemple un dispositif fiscal incitatif pour encourager les propriétaires de parcelles à planter des arbres. Conscient que le coût d'entretien d'arbres et de foresterie urbaine peut être élevé (15-50 \$ US/arbre/an) (Foster *et al*, 2011) pour des particuliers, le Département des Ressources Naturelles de l'Ontario a mis en place un crédit d'impôts à destination des propriétaires fonciers possédant au minimum 4 hectares de forêts péri-urbaines. En échange de leur engagement à suivre le *Managed Forest Plan* de la Région, les propriétaires ne paient que 25 % de leur taxe foncière (Foster *et al*, 2011).

De plus, il est possible d'imaginer la mise en place d'un fonds d'indemnisation pour favoriser le maintien de tels espaces non bâtis non agricoles, tout en gardant à l'esprit les effets d'aubaine desquels un tel fonds devrait se prémunir.

C. LES OUTILS DE SUIVI ET D'ÉVALUATION DE PROJETS : PLUSIEURS INDICATEURS POUR PLUSIEURS OBJECTIFS

Un facteur essentiel à la réussite d'un projet de végétalisation urbain est la mise en place d'outils et d'indicateurs permettant un suivi de l'avancée et de la réussite effective du projet, en fonction des objectifs visés. Idéalement, un outil de suivi efficace présente les caractéristiques suivantes :

- est simple et peu coûteux à mettre en place ;
- reflète les différents objectifs du projet (pour une infrastructure verte, il pourra intégrer un relevé de températures, un suivi de l'infiltration des eaux de pluie, un suivi de l'évolution du stock de biodiversité, un suivi des usages sociaux)³² ;
- est adaptable dans le temps, afin de pouvoir incorporer de nouveaux usages ou bénéfiques de l'espace ;
- intègre un suivi détaillé des coûts des espaces végétalisés, pour en rationaliser la maintenance et servir de point de référence à la conception de nouveaux projets³³ ;
- comprend des mesures ou des outils visant à solliciter les usagers de l'espace (entretien, réseaux sociaux), pour récolter des données concernant les usages et les attentes, faciliter l'adaptation de l'espace et renforcer l'acceptabilité sociale du projet.

Dans la majorité des cas, un même indicateur ne peut pas viser plusieurs ou tous les objectifs. Selon ce qui est souhaité, la définition de plusieurs indicateurs est nécessaire.

En phase initiale d'un projet d'infrastructure verte est souvent utilisé l'indicateur du rapport de m² d'espaces verts publics disponibles par habitant, à l'échelle d'une ville. Cette approche quantitative permet de servir d'indicateur global du niveau de végétalisation d'une ville. Cependant, selon l'objectif visé, il est insuffisant, du point de vue social et de la biodiversité par exemple. Il ne rend pas compte des disparités qui peuvent exister, selon le degré d'ouverture et de desserte de chacun de ces espaces, du temps et des distances à parcourir pour chaque habitant pour y avoir accès : un indicateur montrant une disponibilité de 10 m² d'espaces verts publics par habitant ne renseigne ni sur leur degré d'accessibilité ni sur la mesure avec laquelle certains quartiers en sont dépourvus, ni encore moins sur le degré de biodiversité atteint.

A l'inverse, une approche par la notion de desserte des espaces végétalisés, spatialisée, permet de rendre compte de la répartition effective de la population, des espaces verts et de leur accessibilité. Elle considère qu'un espace possède une aire d'attraction au-delà de laquelle son accessibilité est réduite ou nulle. Cette approche spatiale se

³² Cf. par exemple le logiciel *i-Tree*, développé par le USDA Forest Service, qui propose aux collectivités des outils d'analyse et d'évaluation des bénéfices de la foresterie urbaine (<http://www.itreetools.org>).

³³ Cf. par exemple l'outil *SEVINDIC*, développé par Plante & Cité, pour que les services des Espaces verts puissent comparer plus aisément leur action d'une ville à l'autre. Cet outil est en phase de réactualisation, pour y intégrer les notions de gestion écologique, de suivi de projet mais aussi d'impacts économiques à long terme des politiques de biodiversité. L'intérêt de développer de tels outils est de mettre à disposition des villes des arguments complémentaires pour motiver leurs choix de projet d'infrastructure verte.

fonde sur la délimitation d'aires de desserte, de carences, de zones de coupures (par des infrastructures de transport, des réseaux hydrographiques) à partir d'études fines de photographies aériennes et satellites. En se centrant que sur les espaces verts publics, cet indicateur sert à mesurer le niveau d'espaces végétalisés à fonction récréative. En Région Ile-de-France, cet indicateur complété d'enquêtes de terrain a mis en évidence deux éléments : une carence de plusieurs quartiers pourtant au-dessus du 10 m²/hab, et l'existence d'une aire d'attractivité plus vaste que prévue de certains parcs « de fins de semaine » (parc des Guilands, Montreuil-Bagnolet par ex. *in* Legenne, 2009). Ces résultats permettent, d'une part d'affiner les projets de végétalisation en ciblant des zones en carence, d'autre part de mieux cerner les usages du projet, d'en réajuster les capacités, et de pouvoir évaluer les gains économiques qu'apporte une infrastructure verte au territoire et à la collectivité. Mais ce type d'indicateurs ne prend pas en compte le degré de biodiversité atteint.

L'organisation du suivi d'un espace végétalisé en fonctionnement peut s'inspirer de ce qui existe déjà pour des espaces à seule visée écologique, comme ceux de Natura 2000. Ces outils spécifiques incluent des dispositifs de suivi écologiques, s'appuyant sur des indicateurs de suivi de retour de la biodiversité³⁴. Des outils de suivi peuvent être imaginés à partir de ces outils spécifiques, en les adaptant aux objectifs plus diversifiés (climatique, pollution, réduction du ruissellement, décompte de la fréquentation). De plus, la mise en place de ces nouveaux outils peut s'appuyer par « un suivi participatif ouvert à tous les acteurs du territoire qui permette de bénéficier de leur expertise d'usage » et de renforcer en même temps la mobilisation et l'acceptation sociale du projet (Kervadec T., 2012).

³⁴ Cf. par exemple l'index de Singapour, qui vise à comparer les efforts des villes pour la biodiversité au niveau de la planète.

Dans le cas du projet de la ville de New-York évoqué plus haut, un des indicateurs utilisés est le décompte des arbres plantés par rapport à l'objectif. Ce décompte est publié et mis à jour sur le site internet du projet, avec des cartes interactives permettant de savoir dans quel quartier chaque plantation a eu lieu, avec quelle essence, et quel mode de financement.

Ce site, transparent quant aux objectifs fixés, présente l'intérêt d'être accessible au public. Il s'appuie de plus sur un indice de suivi aisément mesurable et compréhensible. Cependant, il connaît des limites : cet indicateur considère chaque arbre de la même façon, sans prendre en compte la participation différente d'arbres de petit et de gros gabarits à la lutte contre l'effet d'ICU. Il ne rend pas non plus compte de l'intérêt qu'il y a à choisir des essences allogènes lors de la plantation : plus adaptées au contexte et climat actuels locaux, elles consomment moins d'eau, sont plus résistantes et demandent moins d'entretien.

A l'inverse, et tout en utilisant comme outil la plantation d'arbres en ville, le Plan D'action Canopée de la Ville de Montréal s'appuie sur un indicateur de couvert arborescent (l'indice canopée), indice de la qualité environnementale du milieu, et qui peut renseigner sur sa capacité à participer à la lutte contre l'ICU et à une meilleure gestion des eaux pluviales. De plus, la canopée est ici considérée comme un des instruments les plus efficaces pour maintenir la biodiversité en ville. Cet indice est déterminé par photographies aériennes : « il est le rapport entre, d'une part, la sommation des superficies des couronnes d'arbres ou groupes d'arbres projetés au sol (la canopée) et d'autre part, la superficie totale de l'agglomération » (Plan d'Action Canopée, 2011), mais il ne tient pas compte de l'accessibilité des espaces par exemple.

Conclusion

Les espaces végétalisés font bénéficier les villes de nombreux effets positifs : pour l'environnement (lutte contre l'îlot de chaleur urbain (ICU), moindre imperméabilisation des sols), pour la santé et le bien-être (meilleure qualité de l'air, espaces de loisirs) et pour l'économie (valorisation du foncier et des friches industrielles, filière bois-énergie). Mais ce constat doit être nuancé : d'une part, tous les espaces végétalisés urbains ne rendent pas les mêmes services écosystémiques ; d'autre part, les services environnementaux sont plus difficilement chiffrables et plus lents à faire effet que les services socio-économiques. Cette Etude Climat dresse un bilan général de ces principaux avantages et limites selon les espaces, en l'état des connaissances actuelles (car de nombreux travaux de recherche et d'expérimentation sont en cours pour préciser les effets exacts selon quelles conditions).

Végétaliser des espaces en ville présente une pluralité de bénéfices, qui doivent être pris en compte au sein de l'argumentaire du projet, de la définition de ses objectifs (hiérarchisation entre bénéfices, prise en compte globale). De multiples recherches en cours visent à évaluer ces bénéfices, mais l'analyse économique comme outil d'aide à la décision apparaît encore peu présente alors qu'elle pourrait être utile pour guider la décision et a priori justifier le choix des espaces végétaux par rapport à d'autres options, souvent plus coûteuses notamment pour un objectif d'adaptation aux impacts du changement climatique. La multifonctionnalité d'une infrastructure verte permet aussi d'accéder à une plus grande diversité de sources et modalités de financement complémentaires, qui rendent compte de la diversité des bénéfices du projet.

Cette Etude Climat identifie quatre points clés, qui peuvent se révéler des facteurs de réussite des projets de végétalisation urbains :

- les projets de végétalisation sont a priori moins coûteux que des projets purement techniques visant le même effet³⁵ et politiquement plus porteurs, et engendrent de nombreux co-bénéfices souvent nombreux (amélioration du cadre de vie, de l'acceptabilité sociale, de la biodiversité, etc.). Mais la monétarisation de ces effets, et par là la capacité d'auto-financement des projets, sont encore très limitées, même si de nombreux travaux portent actuellement sur cette question. La solution financière passe donc souvent par l'accès à des financements globaux, mais qui ne sont souvent pas dédiés à l'ensemble des services rendus par le végétal. Ces financements flèchent un ou deux aspects, les autres étant alors considérés comme des co-bénéfices non valorisés du projet. Aujourd'hui en Europe, en France notamment, de tels projets sont en majorité financés par plusieurs fonds publics (budgets locaux, subventions nationales, fonds européens) en mettant en avant les différents co-bénéfices justifiant le financement (la biodiversité, la reconversion de friche, la réduction de la consommation énergétique, etc.). Le contexte actuel

connaît cependant deux changements majeurs. D'une part, dans le cadre du budget 2014-2020, la Banque Européenne d'Investissement (BEI) pourrait être amenée à jouer un rôle majeur en tant qu'acteur financier et technique des projets de végétalisation, par l'intermédiaire d'un mécanisme de financement et d'expertise, notamment via le nouveau NCCf. D'autre part, le contexte de restriction budgétaire incite à faire fonctionner au mieux l'effet levier des dépenses publiques sur l'expertise et la mobilisation des financements privés via par exemple le financement participatif, le *trust*, les dons, le crédit d'impôts, etc. ;

- la gouvernance et l'implication des acteurs sont souvent déterminantes. A la fois car ce sont des projets de long terme et qui influent sur leur environnement, les citoyens sont souvent associés au projet, parfois même dans ses phases amont et peuvent ainsi contribuer à sa préfiguration et à la bonne prise en compte de tous les enjeux locaux. L'implication du secteur privé présente des avantages semblables, et peut même contribuer significativement au financement, comme dans le cas du consortium mis en place pour identifier et gérer le projet de végétalisation de Londres. L'implication des citoyens et des acteurs du secteur privé permet de renforcer l'acceptabilité et l'adaptabilité du projet, à chacune de ses phases ;
- divers outils opérationnels sont mobilisables pour la mise en œuvre et le suivi, et sont essentiels pour la bonne réalisation et l'efficacité du projet. Les outils et structures de maîtrise foncière (établissement public foncier, syndicat mixte, *trust*) permettent un portage de projet opérationnel, à même de mobiliser des terrains publics et privés pour la mise en place du projet. Au niveau local, la fiscalité foncière peut constituer une limite importante au maintien et à la mobilisation d'espaces dans des projets de végétalisation urbains. A l'inverse, l'outil fiscal peut se révéler très efficace pour mobiliser et verdir des espaces en ville, par le biais d'un allègement de la fiscalité ou un dispositif incitatif. Quant aux outils de mesure d'impacts, ils sont essentiels pour estimer l'efficacité du projet mais celui-ci visant souvent plusieurs objectifs, il nécessite souvent une pluralité d'indicateurs de suivi ;
- enfin, le portage politique du projet est un facteur-clé de réussite. Ce portage s'initie dès l'inscription du projet dans une stratégie plus globale de la ville et/ou de l'Etat. Il est renforcé par le dialogue et la coopération entre les services opérationnels des collectivités. Ainsi, les projets d'infrastructure verte qui rendent le plus de services écosystémiques sont ceux qui sont gérés de manière concertée entre services ayant des missions différentes. Les infrastructures vertes sont le support de nombreuses fonctions, et leur gestion opérationnelle doit être à leur image. Ce portage et cette volonté renforcent l'acceptabilité sociale du projet et permettent de mettre l'accent sur tel ou tel bénéfice jugé prioritaire.

Cette Etude Climat ne remplace pas des analyses détaillées et/ou locales des bénéfices environnementaux des espaces végétalisés urbains. Elle offre cependant un panorama analytique – et chiffré dès que possible – de l'ensemble des fonctions de ces espaces, des coûts de leur mise en œuvre et des outils mobilisables pour mener à bien un projet, selon l'objectif choisi.

³⁵ En France par exemple, des projets de recherche sont en cours pour évaluer les coûts des différentes solutions possibles, parmi lesquelles des mesures végétales : MUSCADE, *Adaptatio*, etc.

Annexe I – Tableau récapitulatif des projets : objectifs, coûts et mise en œuvre

Projet (Ville / Pays / Nom)	Objectifs	Mode d'élaboration du projet, gouvernance et acteurs impliqués	Espaces du projet et surfaces concernés (quand données dispo.)	Indicateurs initiaux et outils, de mise en place et de suivi du projet	Mode de financement et montant (quand données dispo.)	Particularités-clés
Bâle (Suisse)	Phase 1 : Réduction la consommation énergétique des bâtiments (1995-96) Phase 2 : Maintenir/ accroître la bio-diversité urbaine (2002-05) + Phase 3 : Réduction du ruissellement des eaux de pluie et de l'ICU (depuis 2006) 30 % des toits verts en 2017	Elaboré par : • Services municipaux (<i>Top-down</i>) Implication de : • Services municipaux • Bailleurs, promoteurs • Entreprises privées • Particuliers	• Toits, neufs ou renouvelés • Aujourd'hui, 23 % des toits sont verts, soit 700 000 m ²)	• Outil : cadre réglementaire contraignant • Incitation financière • Relevés environnementaux réguliers (t°, précipitations)	• Subventions incitatives financées par l' <i>Energy Savin Funds</i> (5 % des redevances électriques des particuliers et entps) • Financement par les propriétaires	Espaces : • Toits verts Mise en place : • Cadre réglementaire • Objectifs souples et complémentaires Résultats : • Co-bénéfices forts
Chicago (Etats-Unis) <i>Green Building Permit Program</i>	• Réduire la consommation énergétique des bâtiments • Lutter contre l'ICU en réduisant les coûts pour les finances publiques • Renforcer l'attractivité de la ville • 6 000 nouveaux toits verts d'ici 2020	Elaboré par : • Services municipaux (<i>Top-down</i>) Implication de : • Services municipaux • Bailleurs, promoteurs • Entreprises privées	• Toits verts sur bâtiments neufs et renouvelés • 70 000 m ² en 2011	• Outil : green menu • Mesure de réduction de consommation énergétique • Absence de suivi des co-bénéfices (t°, biodiversité)	• Crédit d'impôt (réduction de frais de consultant et des délais de permis de construire) • Coût : 400 000 \$/an pour le <i>Department of Buildings</i> • Économies d'énergie d'ici 2020 : 50 à 100 M\$/an	Espaces : • Toits verts Mise en place : • Implication du secteur privé • Crédit d'impôt • Outils simples (<i>green menu</i>) Résultats : • Attractivité économique
Kamen (Allemagne)	• Adaptation des systèmes de traitements des eaux • Réduction du ruissellement des eaux de pluies • Maintenir des espaces non bâtis non agricoles	Co-élaboré par : • Groupe d'experts • Services municipaux • Habitants Implication de : • services municipaux • <i>Task force</i> citoyenne	• Berges des canaux et fossés • Friches • Raccordement des canalisations privées	• Suivi des volumes d'eaux rejetées/ traitées à l'échelle de la ville	• Public (accompagnement des travaux opérations sur espaces publics) • Privé (raccordement et entretien : 16-20 €/m ²)	Mise en place : • Implication citoyenne (<i>task force</i>) • Adaptation des réseaux de traitement des eaux
Lille (France) <i>TVB</i>	• Mise en place d'une Trame Verte et Bleue (TVB) dans le cadre du Grenelle II • Maintien/ renforcement de la biodiversité • Réduction du ruissellement des eaux de pluies + lutte contre l'ICU • Lieux récréatifs et productifs • Requalification des friches industrielles • 10 000 ha d'espaces végétalisés dont 2 000 ha prioritaires • 250 km de voies vertes	Co-élaboré par : • les collectivités (Lille Métropole : Lille et 40 communes limitrophes) Gestion par : • Services de la ville • ENLM (Espaces Naturels Lille Métropole) : syndicat mixte de développement et gestion des espaces naturels	• Parcs publics • Linéaires arborés • Friches • Jardins privés et partagés • Espaces de loisirs • Espaces agricoles • Espaces à usages mixtes (cf. parc des Périsseaux, 250 ha)	• Suivi de la biodiversité (par associations) • Suivi des usages • Adaptation aux attentes des usagers • Portage foncier actif et identification de nouveaux espaces à mobiliser	• 5 M€ de dépenses de développement (ouverture de nouveaux sites, requalification d'anciens, préemption et portage foncier) • 7 M€/an de dépenses de fonctionnement	Espaces : • TVB Mise en place : • Syndicat mixte de gestion d'espaces • Maîtrise foncière • Usages multiples • Requalification de friches industrielles

Projet (Ville / Pays / Nom)	Objectifs	Mode d'élaboration du projet, gouvernance et acteurs impliqués	Espaces du projet et surfaces concernés (quand données dispo.)	Indicateurs initiaux et outils, de mise en place et de suivi du projet	Mode de financement et montant (quand données dispo.)	Particularités-clés
Montréal (Canada) <i>Plan d'Action Canopée</i>	<ul style="list-style-type: none"> Plantation de 300 000 arbres (2012-2021) Réduction des effets de l'ICU Réduction du ruissellement des eaux de pluie 	<p>Elaboré par :</p> <ul style="list-style-type: none"> Services municipaux (<i>Top-down</i>) <p>Implication de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mairie, habitants, SOVERDI <p>Répartition des objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> 75 000 arbres plantés par Montréal, 22 000 par villes limitrophes et 180 000 par SOVERDI + habitants 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres (linéaires dans les rues) Parcelles publiques et privées 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Indice Canopée</i> pour identifier les manques et les objectifs Suivi nombre d'arbres plantés Relevés environnementaux 	<p>Arbre : 650 \$CAN/moyen, 1 000 \$CAN/gros 200 M\$CAN/10 ans soit :</p> <ul style="list-style-type: none"> Montréal : 140 \$CAN Villes voisines : 20 M\$CAN SOVERDI/privés : 50 M\$ 	<p>Espaces :</p> <ul style="list-style-type: none"> Linéaire arboré Esp. public et privé <p>Mise en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> Partenariat Public/privé Implication société civile Indice Canopée Suivi indicateurs environnementaux
Nene Park Trust (R.-U.)	<ul style="list-style-type: none"> Protection des espaces naturels Offrir un espace végétalisé multifonctionnel (loisirs, biodiversité) à coût nul pour le contribuable 	<ul style="list-style-type: none"> Bail de 999 ans de l'Etat au Trust <p>Définition des limites et fonctions : habitants, agriculteurs locaux, associations environnementales</p> <ul style="list-style-type: none"> Commerces et pro. du loisir 	<ul style="list-style-type: none"> 1000 ha de parc Plans d'eaux, forêts, prairies enherbées, friches 	<ul style="list-style-type: none"> Suivi de la biodiversité (par associations) Suivi des usages Adaptation aux attentes des usagers Pédagogie (à propos des friches notam.) 	<ul style="list-style-type: none"> Bail en donation pour exploitation Coûts de fonctionnement et maintenance : 1,5 M£/an, financés par les loyers des concessions commerciales 	<p>Mise en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bail et <i>trust</i> Gestion autofinancée
New-York (Etats-Unis) <i>One Million Trees Project</i>	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des effets de l'ICU Renforcer la présence de la nature dans les quartiers d'habitations (rôle social) 1M d'arbres plantés (2007-2017), soit 20 % d'arbres en plus 	<p>Élaboré par :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mairie, associations de quartiers <p>Implication de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mairie (70 % plantés) Habitants et NYRP (30 % plantés) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres (linéaires dans les rues) Parcelles publiques et privées 	<ul style="list-style-type: none"> Suivi du nombre d'arbres plantés Présentation des plantations sur un site web dédié Implication des habitants sur les réseaux sociaux 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts pour la Mairie : 700 000 arbres – 600 M\$/10ans Coûts pour NYRP : 300 000 arbres – 300 M\$/10 ans (donations de grandes entps.) 	<p>Espaces :</p> <ul style="list-style-type: none"> Linéaire arboré Esp. public et privé <p>Mise en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> Partenariat Public/privé Implication société civile
Paris (France) <i>Programme de végétalisation urbain</i>	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des effets de l'ICU 300 ha d'espaces verts en 2020 	<p>Elaboré par :</p> <ul style="list-style-type: none"> Services municipaux Soutien à initiatives citoyennes 	<ul style="list-style-type: none"> Espaces publics Toits et murs verts Jardins partagés 25 000 m² de toits verts (2008), 450 m² de murs verts et 50 jardins partagés (2010) 	<ul style="list-style-type: none"> Accompagnement et financement de projets citoyens m² d'espaces verts/habitants Prise en compte des surfaces publiques et privées (toits, murs, jardins) 	<ul style="list-style-type: none"> 64 M€ de budget (Direction des Espaces Verts et de l'Environnement) 	<p>Espaces :</p> <ul style="list-style-type: none"> Toits et murs verts Mobilisation des esp. publics et privés <p>Mise en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> Soutien à initiative privées (eco-PTZ...)

Références

- ADEME (2014a), Aides financières 2014 : comment financer la performance énergétique de votre logement ? (http://ecocitoyens.ademe.fr/sites/default/files/guide_ademe_aides_financieres_habitat2014.pdf)
- ADEME (2014b – à paraître), *Cahier technique de l'AEU2 Ecosystèmes dans les territoires*
- Agence Parisienne du Climat et Météo France (2013). L'îlot de chaleur urbain à Paris. Un microclimat au cœur de la ville. (www.apc-paris.com/apc/download/3107.html)
- Ahamada, I., Flachaire, E. & Lubat, M. (2008). Prix des logements et autocorrélation spatiale : une approche semi-paramétrique. *Economie publique* n°20 : www.economiepublique.revues.org/7312
- Ahern, J. (1995). Greenways as a planning strategy. In Fabos, J.G. & Ahern, J. (ed.) *Greenways : the beginning of an international movement*. p.134
- Anberger, A. & Eder, R. (2012). The influence of green space on community attachment of urban and suburban residents. *Urban Forestry & Greening*. 11 (1) : 41-49
- Arnould, P., Le Lay, Y.-F., Dodane, C. & Méliani, I. (2011). « La nature en ville : l'improbable biodiversité », *Géographie, économie & société*. 2011/1-Vol.13 : 45-68
- Balaÿ, O., Bardyn, J.L., Gauvreau, B., Guillaume, G., Lemonsu, A., de Munck, C., Musy, M. & Szucs, A. (2013) « Les ambiances dans la ville verte : confort et perceptions », Séminaire de présentation finale du projet VegDUD, Nantes
- Baietti, A. (2013). Green Infrastructure finance : a public-private partnership approach to climate finance. Washington DC. Rapport de la Banque Mondiale
- Bardaa, P. (2008). Review of *Corridor Ecology. The Science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation* by Hilty, J.A., Lidicker, W.Z. & Merenlender, A.M., 2006, *Biological Conservation*, 141 : 1161-1166
- Baumann, N. (2010) *Basel as a GRaBS case study*. Communication personnelle
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P.H. & Taylor, G. (1998). Urban woodlands : their role in reducing the effects of particulate pollution, *Environmental Pollution*, 99 : 347-360
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P.H. & Taylor, G. (2000). The capture of particulate pollution by trees at five contrasting urban sites. *Arboricultural Journal*. 2000/24 : 209-230
- Beckley, T. (1995). Community stability and the relationship between economic and social well-being in forest-dependant communities. *Society & Natural Resources*. 8 : 261-266
- Belarbi, R., Jaffal, I. & Ouldboukhite, S.-E. (2012). A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. *Renewable Energy* 43 : 157-164
- Benedict, M.A. & McMahon, E.T. (2002). Green infrastructure : smart conservation for the 21st century, *Renewable Resources Journal*, 20(3) : 12-17
- Bertrand, F. & Simonet, G. (2012). Les trames vertes urbaines et l'adaptation au changement climatique : perspectives pour l'aménagement du territoire. *Vertigo*. 2012/12
- Biodiv'2050 (2013). Mission Economie de la Biodiversité. CDC Biodiversité. n°2
- Boudes, P. (2010), Changements Climatiques et Trames Vertes Urbaines – CCTV, rapport final de la phase d'incubation, GIS Climat Environnement Société, ANR Trames Vertes Urbaines et UMR LADYSS/Paris 7
- Boutefeu, E. (2008). Gestion différenciée : l'exemple du jardin de l'ENS. *Technicités* 148/2008
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M. & Pullin, A.S. (2010). Urban greening to cool towns and cities : a systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*. 2010/97 : 147-155
- Brenneisen S. (2008), *From Pilot to Mainstream : Green Roofs in Basel, Switzerland*. Sixth International Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference
- Calmet, I., Chancibault, K., Dupont, S., De Munck, C., Brunet, Y., Keravec, P., Lemonsu, A., Mestayer, P., Mosini, M.L., Rosant, J.M., Tavares, R. & Rodriguez F. (2013) "Rôle du végétal dans le développement urbain durable : enseignements relatifs à la climatologie et l'hydrologie", Séminaire de présentation finale du projet VegDUD, Nantes
- Certu, CAUE, CNVVF, FNCAUE (2011), *Aménager avec le végétal - Pour des espaces verts durable*, Edition du Certu
- Centre d'Analyse Stratégique (2009). Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Par Bielsa, S., Chevassus-au-Louis, B., Martin, G., Pujol, J.L., Richard, D., Salles, J.M.
- Conseil Economique, Social et Environnemental – CESE (2007). *La nature en ville : biodiversité et urbanisme*
- Chen, W.Y. & Jim. C.Y. (2008). Ecology, Planning and Management of Urban Forests in *Assessment and valuation of the ecosystem services provided by urban forests*. Springer, 2008 : 53 – 83
- Cho, S., Poudyal, N.C., Roberts, R.K. (2008) : Spatial analysis of the amenity value of green open space. *Ecological Economics*. 2008/66 : 403-416
- Circle-2 (2013) *Adaptation Inspiration Book : 22 implemented cases of local climate change adaptation to inspire European citizens*, Tiago Capela Lourenço
- Clergeau, P. (2010), Contribution à la journée d'étude Adaptation aux Changements Climatiques et Trames Vertes Urbaines, GIS CES & EIVP, Paris, avril 2010
- Clapp C., Leseur A., Sartor O., Briner G., Corfee-Morlot J. (2011) « Villes et marches du carbone : Mécanisme pour un développement propre (MDP) et mise en œuvre conjointe (MOC) – Bilan de l'expérience des villes ». Rapport OCDE - CDC Climat Recherche
- Commission Européenne. (2013). Communication 2013/249 de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Economique et Social Européen et au Comité des Régions : *Infrastructure verte – Renforcer la capital naturel de l'Europe*
- Commissariat Général au Développement Durable-CGDD. (2013) « Monétarisation des biens et services environnementaux. Quelles utilisations pour les politiques publiques et les décisions privées ». Actes du séminaire du 13 décembre 2012. Collection Etudes & Documents
- Cormier, L., de Lajarte, A. & Carcaud, N. (2010). La planification des trames vertes, du global au local : réalités et limites. *Cybergéo*. 504
- Cornelis, J. & Hermy, M. (2004). Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape and Urban Planning*. 2004/69 : 285-401
- Conseil régional d'Ile-de-France (2012). *L'Ile-de-France, première collectivité à emprunter responsable* www.iledefrance.fr/lactualite/conseil-regional/conseil-regional/ile-de-france-1re-collectivite-a-emprunter-responsable/
- Crompton, J.L. (2001) "The impact of parks on property values : a review of the empirical evidence", dans *Journal of Leisure Research*. 33(1) : 1-31
- Davis, Z.G., Edmondson, J.L., Heinemeyer, A., Leake, J.R., Gaston, K.J. (2011) "Mapping an urban ecosystem service : quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale", dans *Journal of Applied Ecology* 48(5) : 1125-1134

- Doshi, H., Currie, B.A., Lawlor, G. & Wiedetz, I. (2006). *Green roofs : a resource manual for municipal policy makers*, Canada Mortgage and Housing Corporation ed.
- Dubois, O. & Van Criekingen, M. (2007). La ville durable contre les inégalités sociales? In Cornut, P. et al (eds), *Environnement et inégalités sociales*, Bruxelles, pp.37-45
- Eftic (2012) Innovative use of financial instruments and approaches to enhance private sector finance of biodiversity. Final Summary Report to European Commission DG Environment 070307/2010/581922/ETU/F1
- Fabos, J.G. (2004) Greenway planning in the United States : its origins and recent case studies, *Landscape and Urban Planning*, 68 : 321-342
- Foster, J., Lowe, A. & Winkleman, S. (2011), The value of green infrastructure for urban climate adaptation, for the Center for clean air policy
- Foucherot C, Grimault J et Morel R (2014), « Contribution de I4CE à la question de la gestion du double compte dans le cadre des projets volontaires au niveau des pays de l'annexe B », *Note d'I4CE*.
- Georgi, J. & Dimitriou, D. (2010). The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities : case study of Chania, Greece, *Building & Environment*, 45 : 1401-1414
- Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R. & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change : the role of the green infrastructures, *Built Environment*, 33 (1) : 115-133
- Gini, R. (2004) Bilan social et zones protégées. Pour valoriser le travail des parcs, de la construction à l'utilisation : résultats et perspectives. Communication. Fedenetur 2004
- Green Infrastructure Value Network (2011), Building natural value for sustainable economic development : Green Infrastructure Valuation Toolkit, disponible en ligne : http://www.greeninfrastructurenw.co.uk/resources/Green_Infrastructure_Valuation_Toolkit_UserGuide.pdf
- ICLEI (2012). Proceedings of the Resilient Cities 2012 Congress. Presentation : *Urban green infrastructure, making visible what is valuable*
- Kaczynski, A.T. & Henderson, K.A. (2007). Environmental Correlates of Physical Activity : A Review of Evidence about Parks and Recreations. *Leisure Sciences*. 29 : 315-354
- Kazmierczak, A. & Carter, J. (2010) Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies. Manchester University & www.grab-eu.org
- Kebe A., Bellasen V. & Leseur A. (2011). La compensation carbone volontaire des collectivités : pratiques et leçons, Etude Climat n°29, CDC Climat Recherche
- Kervadec, T. (2012) Mettre en œuvre la Trame verte et bleue en milieu urbain. *Les Notes Etd*. Etd. (<http://www.projetdeterritoire.com/index.php/Nos-thematiques/Energie-Environnement/Mettre-en-oeuvre-une-Trame-verte-et-bleue-en-milieu-urbain-une-nouvelle-note-d-Etd>)
- Kervadec, T. (2012) Lille Métropole : Restructuration du canal de Roubaix articulée à un système hydraulique pour la station d'épuration au titre d'un plan bleu ; création d'un syndicat mixte de gestion des espaces de nature métropolitains. *Fiches Territoires TVB*. Etd www.projetdeterritoire.com/index.php/Nos-publications/Notes-d-Etd
- Konijnendijk, C.C., Annerstedt, M., Maruthaveeran, S. & Nielsen, A.B. (2013). Benefits of urban parks – systematic review of the evidence. IFPRA. 68 pp.
- Kubal, C., Haase, D., Meyer, V. & Scheuer, S. (2009) Integrated urban flood risk assessment – adapting a multicriteria approach to a city. *Natural Hazards and Earth System Science*. 9 (6) : 1881-1895
- Laille, P., Provendier, D. & Colson, F. (2013). Les bienfaits du végétal en ville : synthèse des travaux scientifiques et méthode d'analyse. Plante & Cité. Angers
- Legenne, C. (2009). La desserte en espaces verts, un outil de suivi de la trame verte d'agglomération. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme île-de-France
- Loughner, C.P., Allen, D.J. Zhang, D.L., Pickering, K., Dickerson, R.R. & Landry, L. (2012). Roles of Urban Tree Canopy and Buildings in Urban Heat Island Effects : Parameterization and Preliminary Results. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2012/51 : 1775-1793
- Mahan, B.L., Polasky, S. & Adams, R.M. (2000). Valuing Urban Wetlands : a Property Price Approach. *Land Economics*, 76 : 100-113
- Mairie de Paris (2012). Plan Climat Energie de Paris. Adopté par le Conseil de Paris du 11 décembre 2012. Grandes Orientations.
- Mairie de Paris (2012). Toitures végétalisées : cahier technique (15 fiches pratiques)
- Marchal, D. (2008) *Le potentiel bois-énergie dans la Région de Bruxelles-Capital*, Silvia Belgica
- Marien, J.N., Gauthier, M. & Abhervé-Quinquis, A.G. (2010) Forêt urbaine et périurbaine en Afrique Quelles perspectives pour le bois-énergie ? Document de travail sur la forêt urbaine et périurbaine n°4. Rome, FAO
- McCulloch (2013) Another way ? The UK park trust model. Presentation to the Peterborough Nene Park Trust 25th anniversary
- McKinney, M.L. (2002). Urbanization, biodiversity and conservation. *BioScience*. 2002 : 52 : 883-890
- McPherson, E.G. & Muchnick, J. (2005). Effects of street tree shade on asphalt concrete pavement performance. *Journal of Arboriculture*. 31(6) : 303-310
- Mehdi, L., Kohler, M., Blond, N., Clappier, A., & Weber, C. (2013). Interactions entre végétations et climat urbain, in Blanc, N. & Clergeau, P. (Ed.) De la recherche scientifique au projet urbain. 2013 : 155-175
- Météo-France (2012). Projet EPICEA – Etude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement Climatique à l'Echelle de l'Agglomération parisienne. Volet 3 : *Lien entre l'urbanisme et le climat urbain*. Rapport Final / DIRIC-BEC-EPICEA-Volet3 (http://www.cnrm.meteo.fr/IMG/pdf/epicea-rapport-volet3_v2.pdf)
- Mitchell, R. & Popham, F. (2007). Greenspace, urbanity and health : relationships in England. *Journal of epidemiology and community health*. 61 : 681-683
- Morel, R., & Bordier, C. (2012) Financer la transition verte par les obligations : un grand bond en avant ? Point Climat n°14, CDC Climat Recherche
- Mougeot, L. (2006). Growing Better Cities : urban agriculture for sustainable development. IDRC
- Morsch, A. (2009). "A climate Change Vulnerability and Risk Assessment for the City of Atlanta, Georgia". Thesis, Duke University
- Natural Economy Northwest, CAFE, Natural England, Yorkshire Forward, The Northern Way, Design for London, Defra, Tees Valley Unlimited, Pleasington Consulting Ltd, and Genecon LLP (2010). *Building natural value for sustainable economic development : Green Infrastructure Valuation Toolkit. Version 1.3* (updated in 2014). www.bit.ly/givaluationtoolkit
- Niemelä, J. (1999), Ecology and urban planning, *Biodiversity and Conservation*, 8 : 119-131
- Nurmi, V., Votsis, A., Perrels, A., Lehvävirta, S. (2013). Cost-benefit analysis of green-roofs in urban areas : case study in Helsinki

- Observatoire des Plans Climat-Energie Territoriaux (2013). Retour d'expérience : programme de végétalisation urbaine. Le cas de la ville de Paris
- ONEMA (2010). La maîtrise foncière, un outil efficace de préservation et de restauration, Etapes et Outils
- Ost, F., Rémy, J. & van Campenhoudt, L. (Dir.)(1993). *Entre ville et nature, les sites semi-naturels*. Bruxelles
- Peck, S. & Kuhn, M. (2012), Design guidelines for greenroofs
- Plan d'Action Canopée 2012-2021 (2012). Document de travail. Direction des grands parcs et du verdissement. 12p.
- Poepelau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leifeld, J., van Wesemael, B., Schumacher, J., Gensior, A., 2011. "Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach". *Global Change Biology* 17, 2415–2427
- Price Waterhouse Coopers (2005). The Economic Impact of Accelerating Permit Processes on Local Development and Government Revenues. American Institute of Architects
- Quayle, M. (1995), Urban greenway and public ways : realizing public ideas in a fragmented world, *Landscape and Urban Planning*, 33 : 461-475
- Randall, A., (1988). What mainstream economists have to say about the value of biodiversity. In Wilson, E.O. (Ed), Biodiversity, National Academy Press, 217-223
- Richard, M.S., Warren, P.H., Thompson, K. & Gaston, K.J. (2006). Urban domestic gardens (VI) : environmental correlates of invertebrate species richness. *Topics in Biodiversity and Conservation* Vol.3 : 75-98
- Richardson, E. & Mitchell, R. (2010). Gender differences in relationships between urban green space and health in the United Kingdom. *Social science & Medecine*. 17 (3) : 568-575
- Sainteny, G. (1993), *La Fiscalité des espaces naturels*, Éditions Victoires, Collection Environnement, 104 p.
- Savard, J.-P.L., Clergeau, P., Mennechez, G. (2000). Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning*. 48 : 131-142
- Säumel, I., Kowarik, I. & Butenschön, S. (2010). Green traces from past to future : the interplay of culture and ecological processes in European historical parks. *Acta Horticulturae*. 2010/881 : 993-938
- SEEIDD/CGDD (2012). *Type d'habitat et bien-être des ménages*. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable/ Commissariat Général au Développement Durable, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
- Skelhorn, C., Lindley, S. & Levermore, G. (2012), Development of a GIS Data Model for Urban Microclimate and Building Energy Estimations. University of Manchester
- Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB) 2011-2020 (2011). Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
- Sustainable Cities Institute (2012). *Green Infrastructure : an overview*
- Sydnor, T.D. & Subburayalu, S.K. (2011), Should we consider expected environmental benefits when planting larger or smaller tree species ? *Arboriculture & Urban Forestry* 37(4) : 167-172
- Takano, T., Nakamura, K. & Watanabe, M. (2002). Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas : the importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2002, 56 : 913-918
- Townsend-Small, A., and C. I. Czimczik (2010), Carbon sequestration and greenhouse gas emissions in urban turf, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L02707
- Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K. & de Vries, S. (2005). Benefits and uses of urban forests and trees. In Konijnendijk C.C., Nilsson K., Randrup, T.B. & Schipperijn, J. (eds), *Urban Forests and Trees*
- UN Habitat, *Global report on human settlements 2011, Cities and climate change : policy directions*
- US Forest services (2008). Fact-sheet n°4 : Control stormwater runoff with trees. Watershed Forestry Resource Guide (<http://www.forestsforwatersheds.org/reduce-stormwater/>)
- Van Dillen, S., Sjerp de Vries, M.E., Groenewegen, P. & Spreeuwenberg, P. (2012). Greenspace in Urban Neighbourhoods and Residents' Health : Adding Quality to Quantity. *Journal of Epidemiology and Community Health*. Vol. 66:6
- Widholm, P. (2006) Sustainable buildings. Permit program speeds greening of Chicago. *Midwest Construction* (http://midwest.construction.com/features/archive/0611_feature2.asp)
- Whitford, V., Ennos, R. & Handley, J.F. (2001). City form and natural process-indicators for the ecological performance on urban areas and their application to Merseyside, UK, *Landscape and Urban Planning*, 57 : 91-103
- Yin, S., Shen, Z., Zhou, P., Zou, X., Che, S. & Wang W. (2011). Quantifying air pollution attenuation within urban parks : an experimental approach in Shanghai, China. *Journal of Environmental Management*. 2012/100 : 65-71
- Zhang, B., Xie, G., Zhang, C. & Zhang, J. (2012). The economic benefits of rainwater-runoff reduction by urban green spaces : a case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*. 2012/100 : 65-71

Toutes les publications de I4CE sont disponibles sur :

<http://www.i4ce.org>

I4CE

24 avenue Marceau

75008 Paris

Twitter @I4CE_

I4CE

INSTITUTE FOR
CLIMATE
ECONOMICS

Une initiative de la Caisse des Dépôts et
de l'Agence Française de Développement

www.i4ce.org