

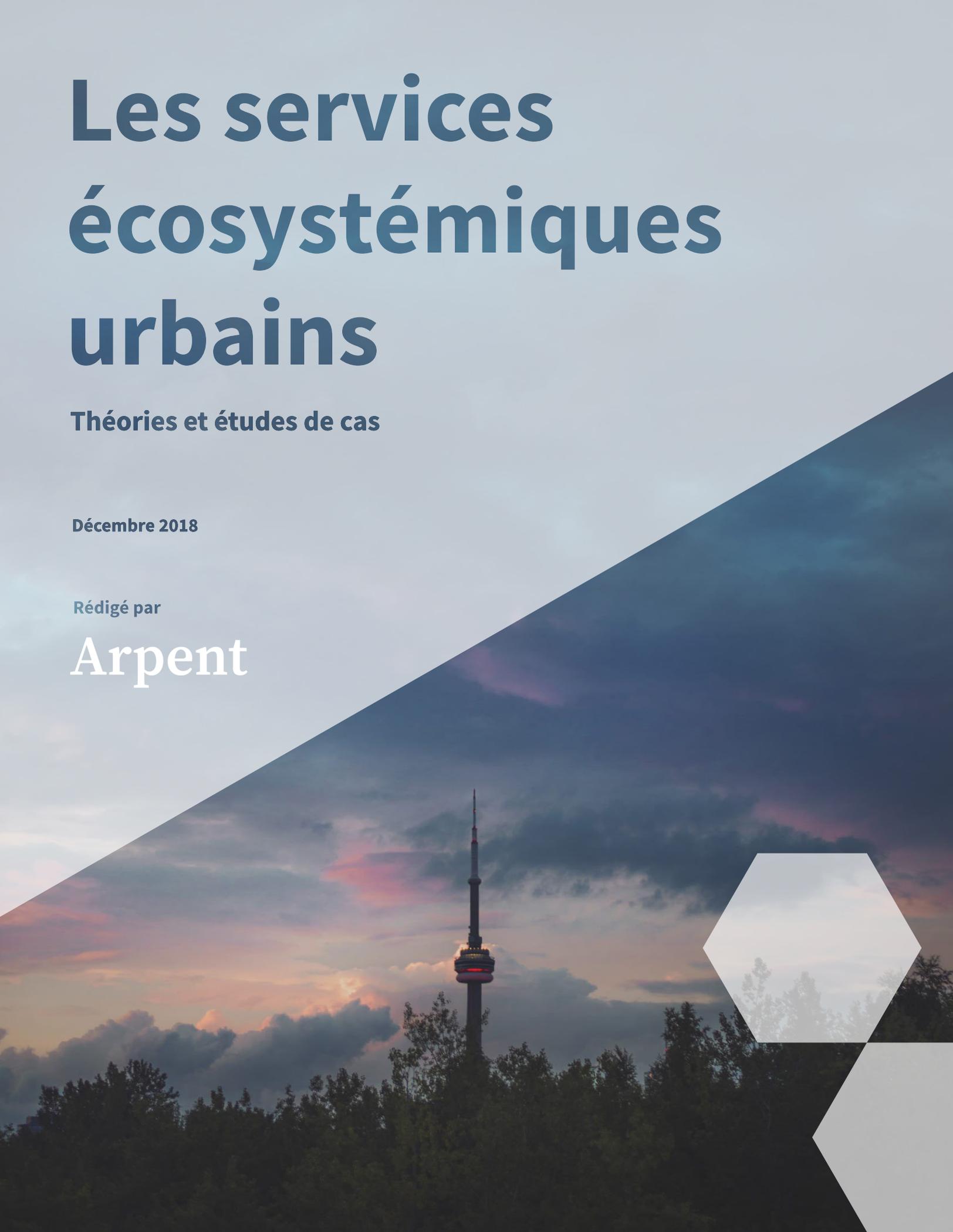
# Les services écosystémiques urbains

**Théories et études de cas**

**Décembre 2018**

**Rédigé par**

**Arpent**



**Document réalisé par l'Arpent, décembre 2018**

Rédaction | Samia Kitous

Recherche | Samia Kitous

Mise en page | Samuel Descôteaux Fréchette

Révision | Samuel Descôteaux Fréchette et Charlotte Montfils-Ratelle

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>Les écosystèmes et leurs services</b>	<b>5</b>
<b>Les services écosystémiques urbains</b>	<b>8</b>
<b>L'infrastructure verte urbaine (IVU)</b>	<b>9</b>
Les principes de l'infrastructure verte urbaine	10
<b>Étude de cas   Malmö</b>	<b>11</b>
Intégration de l'infrastructure verte à l'échelle de la ville	12
Écoquartier Augustenborg	13
Écoquartier Västra Hamnen	15
<b>Étude de cas   Toronto</b>	<b>19</b>
La gestion des eaux pluviales	19
L'infrastructure verte	23
<b>Conclusion</b>	<b>24</b>
<b>Annexe 1   Facteur d'espaces verts</b>	<b>26</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>27</b>



# Introduction

Depuis une quinzaine d'années, les enjeux environnementaux ne peuvent plus être abordés sans référence au concept de « services écosystémiques », définis comme les bénéfices que tirent les humains de la nature (TEEB, 2011). Ils sont valorisés pour leur rôle dans la lutte contre les changements climatiques et la préservation de la biodiversité, mais aussi pour les multiples bénéfices sociaux, économiques et culturels qu'ils procurent (sécurité alimentaire, développement urbain, santé, purification de l'air et de l'eau, traitement des eaux usées, valeurs esthétiques et culturelles, etc.) (EEA, 2011 ; Roberts et al., 2012 ; Davids, 2015).

L'émergence du concept se situe au début des années 1970 et renvoie à la prise de conscience de la surexploitation des ressources naturelles, de la dégradation de l'environnement et de la nécessité de raisonner de manière globale (Méral, 2012). Dès lors, la reconnaissance de ces problèmes environnementaux encourage la recherche sur les écosystèmes. À partir des années 1990, les services écosystémiques deviennent un concept essentiel de la conservation, de la gestion des ressources et du développement durable. Entre 2001 et 2005, le Millennium Ecosystem Assessment (MEA) fournit la première évaluation scientifique à l'échelle mondiale des conditions et des tendances des écosystèmes et de leurs services en mettant l'accent sur le bien-être humain. La publication du MEA conduit à une prise de conscience internationale de l'importance des services et des biens tirés de l'environnement ainsi que de la nécessité de les intégrer dans les processus de décision en aménagement du territoire : planification, conception et gestion des espaces végétalisés.

Aujourd'hui, des recherches insistent sur l'utilisation des services écosystémiques dans la pratique urbaine, notamment par l'introduction des infrastructures vertes (ex. : Gómez-Baggethun et Barton, 2013). Plusieurs villes se sont d'ores et déjà engagées dans la mise en œuvre de stratégies d'infrastructures vertes. Les premières applications ont été essentiellement centrées sur le problème de gestion des eaux pluviales (cas de Toronto au Canada et Portland aux États-Unis). Plus récemment, face aux enjeux relatifs aux changements climatiques, l'infrastructure verte est de plus en plus intégrée comme moyen de sauvegarde des corridors de circulation d'air frais, de stockage du carbone, de réduction des effets thermiques urbains (cas de Stuttgart en Allemagne) et de prévention contre les inondations pendant les périodes de fortes précipitations (cas de Malmö en Suède et Portland aux États-Unis) (Scott et al., 2016).

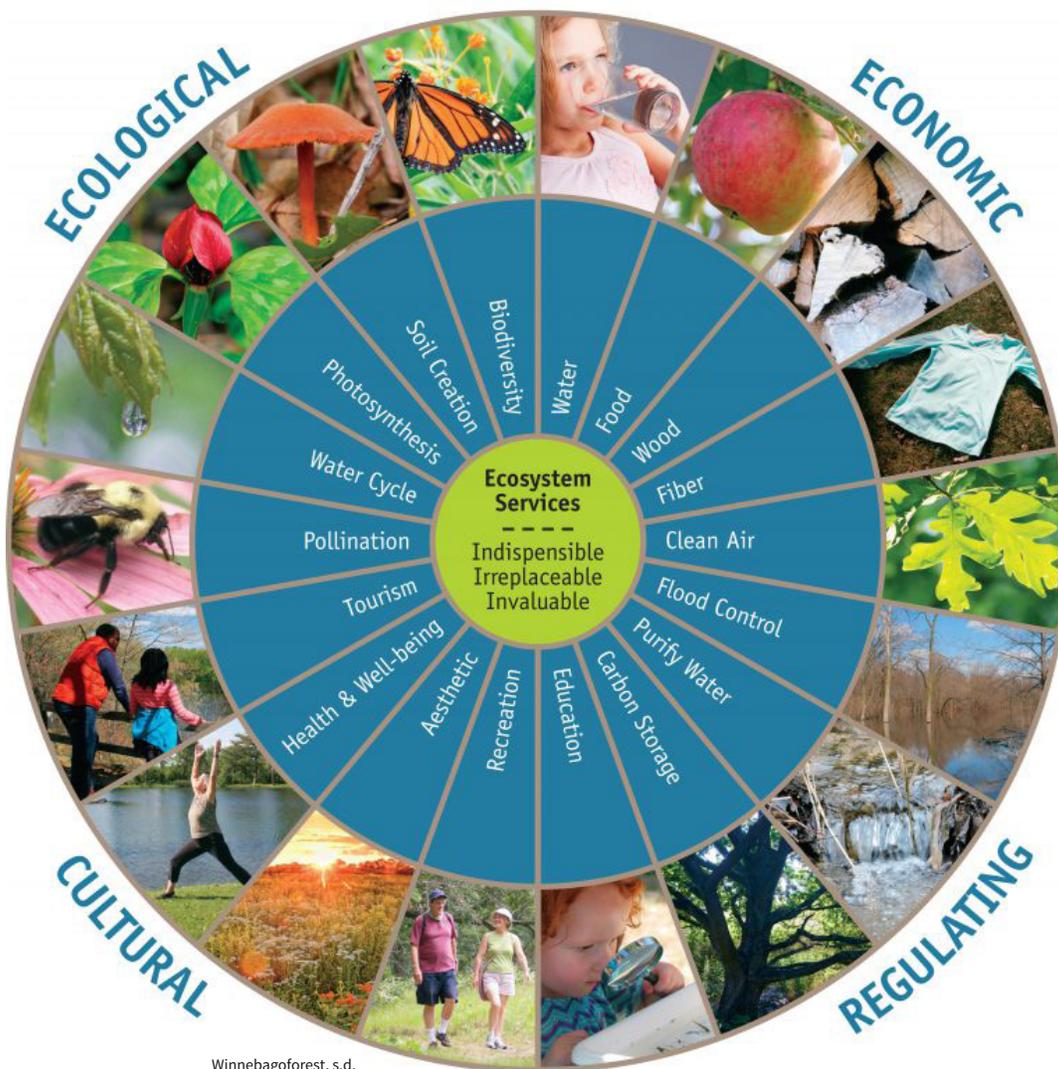
Dans cette publication seront présentés deux exemples de villes qui ont su intégrer une approche écosystémique et d'infrastructures vertes en vue de répondre à des problèmes environnementaux spécifiques. Il s'agit des villes de Malmö en Suède et de Toronto au Canada. À Malmö, des solutions de gestion des eaux pluviales tirant des bénéfices des écosystèmes ont été appliquées dans deux projets pilotes à l'échelle du quartier. Elles ont créé une percée pour l'intégration des infrastructures vertes à l'échelle de toute la ville. À Toronto en revanche, une approche écosystémique de gestion des eaux pluviales a quant à elle englobé toute la communauté urbaine et a intégré les six bassins versants de la région. Les stratégies de mise en œuvre ont été appliquées aux différentes échelles spatiales : région, quartier/rue et lot individuel.



# Les écosystèmes et leurs services

L'écosystème est « une manière de décrire le fonctionnement de la nature et consiste en des composants (plantes, animaux, micro-organismes, eau, air, etc.) ainsi que les interactions entre ces composants » (TEEB, 2011). Cette définition couvre un large éventail d'écosystèmes : 1) les écosystèmes relativement intacts tels que les forêts naturelles et les océans ; 2) les paysages mixtes avec un usage humain multifonctionnel et ; 3) les écosystèmes exploités par l'être humain de manière intensive tels que les espaces agricoles et les zones urbaines (MEA, 2005). Les écosystèmes varient énormément en taille : un bassin temporaire dans le creux d'un arbre et un bassin océanique sont tous deux des exemples d'écosystèmes (MEA, 2005).

Presque toutes les ressources que l'humanité utilise au quotidien sont puisées directement ou indirectement des forêts, des océans, des lacs, des zones humides et autres écosystèmes de la Terre. Les écosystèmes sains fournissent de l'eau potable, un habitat, un abri, de la nourriture, des matières premières, du matériel génétique, une barrière contre les catastrophes, des ressources naturelles et de nombreux autres bénéfices dont dépendent les moyens de subsistance (Colls et al., 2009). Ces bénéfices que les humains tirent de la nature sont connus sous le nom de « services écosystémiques » (TEEB, 2011). Ils sont divisés en quatre catégories : les services de prélèvement, les services de régulation, les services culturels et les services d'auto-entretien (MEA, 2005).



Les services écosystémiques selon leur catégorie

# Les écosystèmes et leurs services

## Les services de prélèvement

Les produits obtenus à partir des écosystèmes et directement consommés par l'être humain, tel que :

- L'alimentation : elle provient principalement des agroécosystèmes gérés, mais les systèmes marins et d'eau douce, les forêts et l'horticulture urbaine fournissent également de la nourriture pour la consommation par les humains (TEEB, 2011) ;
- Les matières premières : les écosystèmes fournissent une grande diversité de matériaux pour la construction et les combustibles, y compris le bois, les biocarburants et les huiles végétales directement dérivés d'espèces végétales sauvages et cultivées ;
- L'eau fraîche : les écosystèmes jouent un rôle essentiel en fournissant de l'eau potable aux villes. Ils assurent ainsi la circulation, le stockage et la purification de l'eau. La végétation et les forêts influencent la quantité d'eau disponible localement ;
- Les ressources médicinales : les écosystèmes fournissent de nombreuses plantes utilisées comme médicaments traditionnels et fournissent des matières premières à l'industrie pharmaceutique.

## Les services de régulation

Les avantages obtenus de la régulation des processus écosystémiques, notamment :

- La maintenance de la qualité de l'air et la régulation du climat local : les écosystèmes régulent la qualité de l'air, fournissent de l'ombre, influencent les précipitations et la disponibilité en eau, éliminent les polluants de l'atmosphère ;
- La séquestration et le stockage des gaz à effet de serre des écosystèmes : pour s'adapter aux effets des changements climatiques ;
- La modération des événements extrêmes : les écosystèmes et les organismes vivants créent des zones tampons contre les catastrophes naturelles ;
- Le traitement des eaux usées : les écosystèmes filtrent les déchets animaux et humains.



Samia Kitous, 2018.



Berkey Water Systems, s.d.

# Les écosystèmes et leurs services

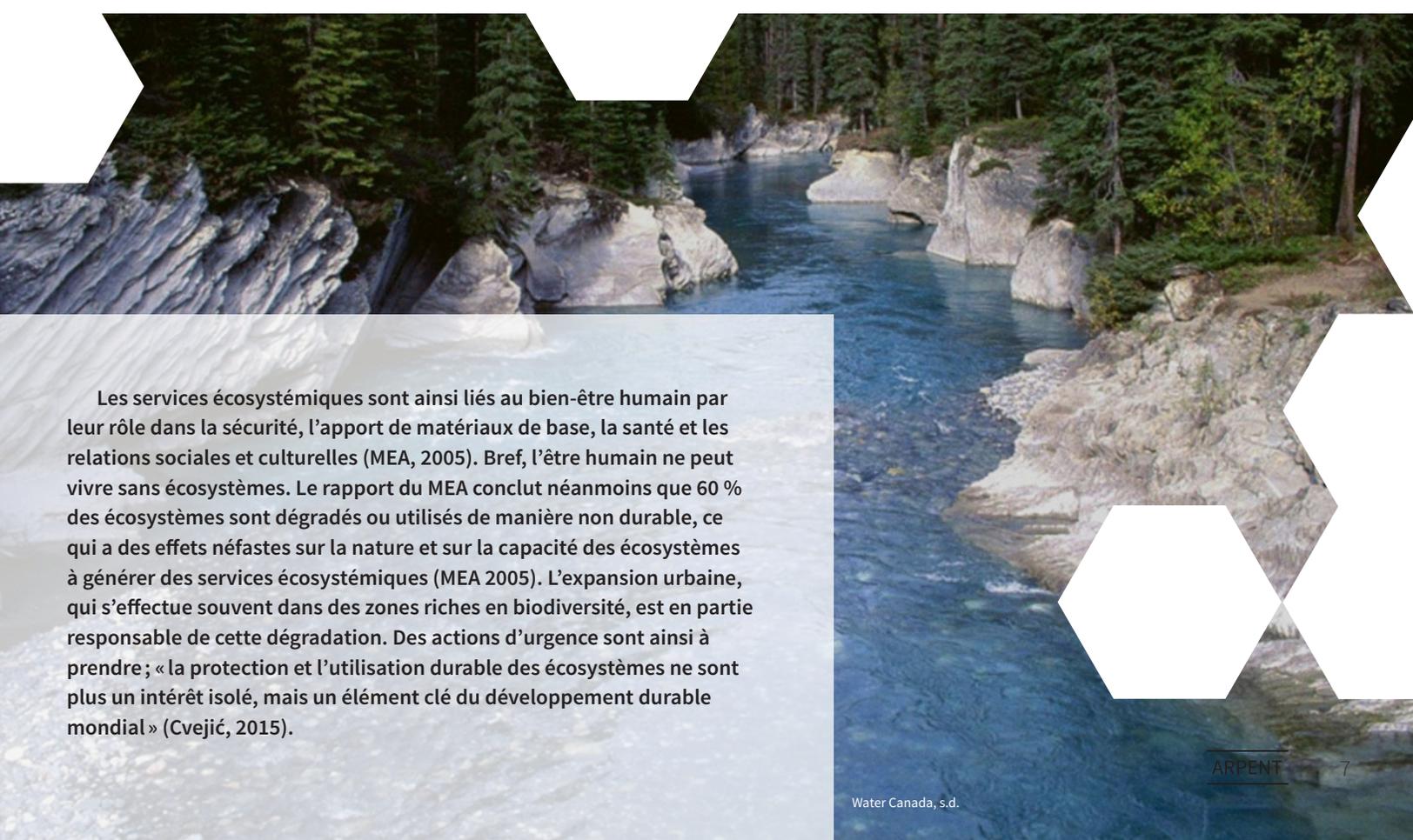
## Les services culturels

Les avantages non matériels issus des systèmes naturels tels que les loisirs, le tourisme, la contemplation esthétique, l'expérience spirituelle, le sens du lieu, etc.

## Les services d'auto-entretien

Les services de soutien nécessaires à la production de tous les autres services écosystémiques et qui maintiennent les conditions de vie sur Terre, par exemple :

- L'habitat pour les espèces : chaque écosystème fournit des habitats différents qui peuvent être essentiels pour le cycle de la vie des espèces ;
- La diversité génétique : elle fournit la base pour des variétés cultivées bien adaptées localement et un bassin de gènes pour développer des cultures commerciales.



Les services écosystémiques sont ainsi liés au bien-être humain par leur rôle dans la sécurité, l'apport de matériaux de base, la santé et les relations sociales et culturelles (MEA, 2005). Bref, l'être humain ne peut vivre sans écosystèmes. Le rapport du MEA conclut néanmoins que 60 % des écosystèmes sont dégradés ou utilisés de manière non durable, ce qui a des effets néfastes sur la nature et sur la capacité des écosystèmes à générer des services écosystémiques (MEA 2005). L'expansion urbaine, qui s'effectue souvent dans des zones riches en biodiversité, est en partie responsable de cette dégradation. Des actions d'urgence sont ainsi à prendre ; « la protection et l'utilisation durable des écosystèmes ne sont plus un intérêt isolé, mais un élément clé du développement durable mondial » (Cvejić, 2015).

# Les services écosystémiques urbains

L'étude des services écosystémiques en milieu urbain est encore peu développée. De nombreux travaux existent sur les rôles des espaces verts et de la végétation urbaine en général, mais peu de travaux abordent la question de manière intégrale (Rankovic et al., 2012). L'intérêt pour les écosystèmes « urbains » se manifeste à la fin des années 1990, avec l'étude de Bolund et Hunhammar (1999) qui met en exergue l'importance des services écosystémiques fournis par les éléments verts et bleus dans les environnements urbains. Cet intérêt pour les écosystèmes urbains est consolidé avec l'initiative mondiale The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, 2011), qui s'est fixée pour objectif d'intégrer les valeurs de la biodiversité et des services écosystémiques dans les processus de planification urbaine.

Les écosystèmes urbains désignent toutes « les zones naturelles vertes et bleues de la ville » (Bolund et Hunhammar, 1999), notamment les arbres d'alignement, les pelouses des parcs, les forêts urbaines, les terres cultivées, les zones humides, les lacs et les cours d'eau. À partir de ces écosystèmes urbains, six services particulièrement importants pour la santé publique et la qualité de vie des citoyen(ne)s sont identifiés (Bolund et Hunhammar, 1999).

- La filtration de l'air : d'une manière générale, la végétation et les parcs urbains (y compris les toits et les murs verts) ont la capacité de filtrer l'air. Cet effet varie en fonction de l'emplacement et de la structure de la végétation.
- La régulation du microclimat aux échelles de la ville et de la rue : tous les écosystèmes naturels dans la ville permettent de réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain. La végétation peut réduire, en outre, les besoins de climatisation et de chauffage en créant de l'ombre en été et en réduisant la vitesse du vent en hiver.
- La réduction du bruit : les surfaces poreuses (non imperméabilisées) et la végétation permettent de réduire le niveau de bruit lié à la circulation.
- Le drainage des eaux de pluie : les surfaces

végétalisées permettent d'accroître le taux d'infiltration et d'absorption des eaux de pluie et préviennent de ce fait les problèmes d'inondation, de pollution des cours d'eau et de surcharge des systèmes d'évacuation des eaux usées lors des fortes précipitations.

- Le traitement des eaux usées : les systèmes naturels, principalement les zones humides, peuvent être utilisés pour traiter les eaux usées (consommation d'éléments nutritifs par les plantes et les animaux, ralentissement de l'écoulement des eaux usées et dépôt des particules sur le fond).
- Les valeurs récréatives et culturelles : tous les écosystèmes naturels fournissent des valeurs récréatives, esthétiques et culturelles à la ville ; ils structurent le paysage.

Les systèmes urbains procurent le bien-être dans les villes. Ils sont de plus en plus intégrés comme stratégies de gestion des eaux pluviales, d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques (réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain, stockage de CO<sub>2</sub>). Dans ce contexte, le concept d'infrastructure verte (IV), qui est un type d'écosystème, joue un rôle clé dans cette stratégie (Scott et al., 2016).

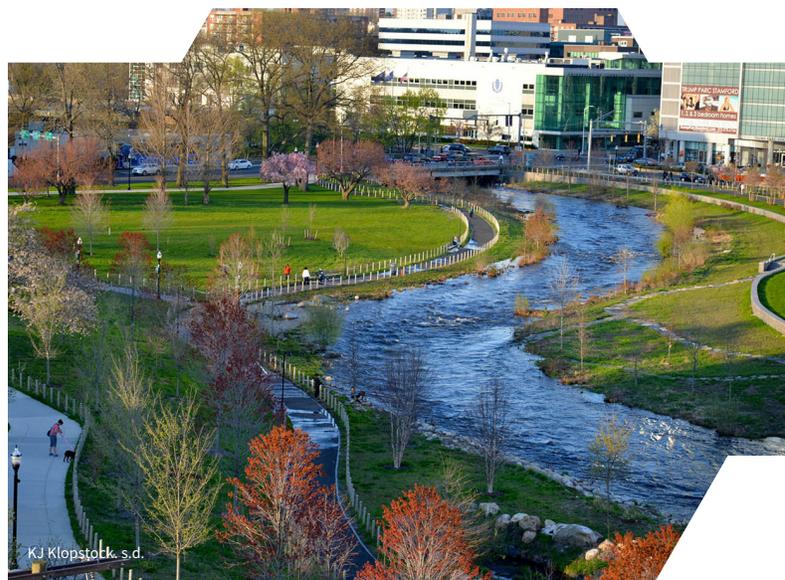


# L'infrastructure verte urbaine (IVU)

L'infrastructure verte fait référence à « un réseau interconnecté de zones naturelles et d'autres espaces ouverts qui conservent les valeurs et les fonctions des écosystèmes naturels, maintiennent l'air et l'eau purs, et offrent de nombreux avantages aux humains et aux espèces sauvages » (Benedict and McMahon, 2006). L'infrastructure verte peut prendre différentes formes : forêts, prairies extensives, rivières, zones humides, corridors écologiques (haies, bandes fauniques, murs de pierre), lacs, parcs, etc. Elle consiste à connecter les écosystèmes entre eux, à les renforcer et à les utiliser de manière à développer les multiples avantages environnementaux de ces espaces pour favoriser une plus grande durabilité (Davies, 2015).

En milieu urbain, l'infrastructure verte est définie comme le développement et la protection d'un réseau d'espaces verts multifonctionnels dans les environnements bâtis. L'infrastructure verte « urbaine » (IVU) englobe essentiellement toute la végétation trouvée dans l'environnement urbain ainsi que les espaces bleus tels que les cours d'eau, les canaux, les lacs ou les rivières et leur environnement vert adjacent (Cvejić et al., 2015). Les espaces verts sont très diversifiés et comprennent les parcs, les jardins, les cimetières, les arbres d'alignement, les surfaces perméables, les murs et les toits végétalisés, les voies vertes, etc.

Liés ensemble, ces réseaux d'éléments verts « stratégiquement planifiés » peuvent offrir de multiples avantages : soutenir une économie verte, créer des emplois, améliorer la qualité de vie, protéger la biodiversité et améliorer la capacité des écosystèmes à fournir des services tels que la réduction des risques de catastrophe, la purification de l'eau, la qualité de l'air, la création d'espaces pour les loisirs, l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques (réduction des effets de l'îlot de chaleur urbain, prévention des inondations ; production alimentaire et sécurité) et enfin, des possibilités d'éducation, de formation et d'interactions sociales (EEA, 2011; Commission européenne, sd).



Mill River Park au centre-ville de Stamford, Connecticut



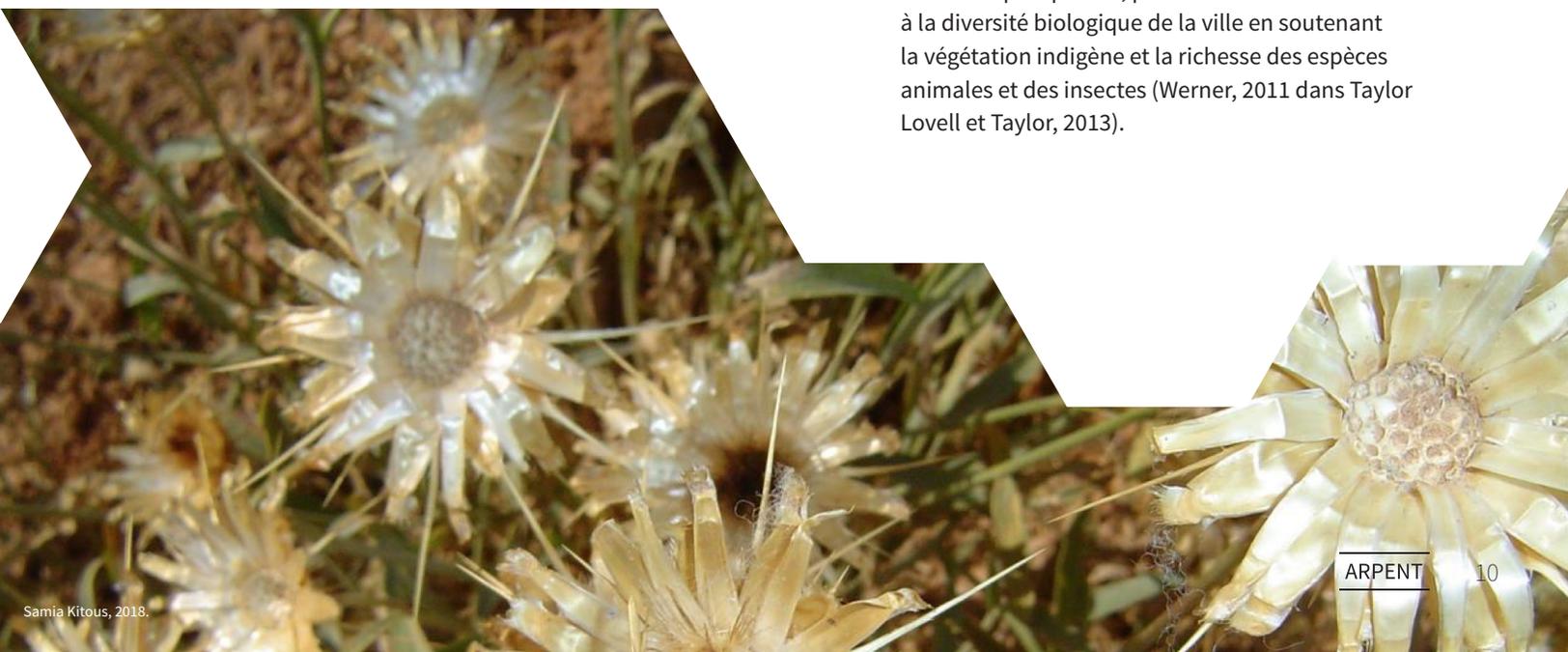
Mill River Park au centre-ville de Stamford, Connecticut

# L'infrastructure verte urbaine (IVU)

## Les principes de l'infrastructure verte urbaine

Quatre principes clés caractérisent l'infrastructure verte urbaine (Davids et al., 2015) :

- **La connectivité** implique la création et la restauration de connexions fonctionnelles et physiques entre les espaces verts en vue de tirer des bénéfices que les espaces verts individuels, seuls, ne peuvent fournir (Hansen et al., 2017 ; Davies et al., 2015). Dans les environnements urbains, les routes représentent le plus grand obstacle à la connectivité et causent une importante fragmentation de l'habitat des espèces animales et des insectes (Forman et al., 2003 dans Novotny, 2010).
- **La multifonctionnalité** représente la capacité de l'infrastructure verte urbaine à fournir simultanément, sur le même espace, plusieurs bénéfices écologiques, socioculturels et économiques (Hansen et al., 2016/2017 ; Davies et al., 2015). Un bon exemple de cette multifonctionnalité est fourni par les toits verts. Une toiture végétalisée réduit le ruissellement des eaux pluviales et la charge polluante de l'eau, atténue l'effet d'îlot de chaleur urbain, améliore l'isolation thermique du bâtiment et réduit sa consommation énergétique. Elle fournit en outre un habitat à une variété d'espèces (Commission européenne, 2012).
- **L'intégration et la coordination des espaces verts urbains avec les autres infrastructures urbaines** (dites infrastructures grises) en termes de relations physiques et fonctionnelles (structure bâtie, infrastructure de transport, système de gestion de l'eau). L'intégration des infrastructures conduit à des solutions multifonctionnelles qui offrent simultanément plusieurs avantages environnementaux, sociaux et économiques tels que la gestion de l'eau, la régulation thermique, la conservation et l'amélioration de la biodiversité, l'aménagement paysager et l'augmentation de l'offre de loisirs (Hansen et al., 2017 ; Davies et al., 2015).
- **L'approche multiscalaire** vise à relier les infrastructures vertes à différentes échelles spatiales au sein et au-dessus des villes-régions (Davies et al., 2015). À l'échelle de la ville entière, l'urbanisme peut jouer un rôle clé dans l'établissement de stratégies pour conserver les habitats existants, développer de nouveaux espaces verts et relier des fragments isolés (Lovell et Johnston, 2009 dans Taylor Lovell et Taylor, 2013). Les actions qui se prêtent à cette échelle comprennent notamment les ceintures vertes, les forêts urbaines et les parcs nationaux. D'autres sont mises en œuvre aux échelles du quartier, de la rue et même du bâtiment, sous forme de plantation d'arbres, jardins privés, végétalisation des toits et des murs, etc. Les parcelles urbaines, même les plus petites, peuvent contribuer en effet à la diversité biologique de la ville en soutenant la végétation indigène et la richesse des espèces animales et des insectes (Werner, 2011 dans Taylor Lovell et Taylor, 2013).



# Étude de cas | Malmö

Au cours des dernières années, la ville de Malmö, en Suède, a commencé à développer une démarche d'intégration des services écosystémiques et de l'infrastructure verte dans sa pratique urbanistique. Cette approche a été utilisée essentiellement afin d'améliorer la gestion des eaux pluviales et accroître la biodiversité.

Malmö a expérimenté différents types de solutions pour la gestion durable des eaux pluviales telles que les toits verts, les bassins de rétention et les rigoles de drainage biologique (éléments du paysage qui filtrent l'eau). Aujourd'hui, Malmö est souvent citée comme exemple de ville où l'infrastructure verte est utilisée avec succès dans des projets pilotes (que ce soit dans de nouveaux développements ou dans des tissus urbains existants). Son expérience fait figure de modèle et rencontre dans le monde entier un écho très positif.

## Mise en contexte

Malmö est la troisième plus grande ville de Suède, située dans la région d'Öresund. L'ère industrielle de la ville a atteint son apogée au début des années 1970. Au milieu des années 1980, une récession de la construction navale provoque un déclin économique dans la ville, laissant des

zones industrielles et des zones portuaires abandonnées le long de la côte, au nord de la ville (O'Byrne, s.d.). Au début des années 2000 cependant, avec la construction du pont Öresund qui la relie à Copenhague, Malmö réussit à se repositionner et à faire la transition d'une ville industrielle en déclin à une ville de services et de savoirs.

Entre 1998 et 2002, Malmö met en place un programme environnemental qui confirme son adhésion aux principes du développement durable, avec, entre autres, le maintien de la biodiversité dans la région en dépit du processus d'urbanisation. En coordination avec le Programme national suédois pour l'environnement, Malmö met en œuvre le programme Ekostaden (Ecocité) qui porte essentiellement sur deux projets pilotes : le renouvellement urbain du quartier Augustenborg et la création d'un nouvel écoquartier à Vastra Hamnen. Dans ces deux projets pilotes, des solutions de gestion des eaux pluviales ouvertes tirant des bénéfices des écosystèmes sont appliquées à l'échelle de tout le quartier. Elles ont créé une percée pour l'intégration des infrastructures vertes à l'échelle de toute la ville (Novotny et al., 2010). Par ailleurs, un « plan d'eau de Malmö » est en cours d'élaboration. Il couvre toute la ville et constitue un élément important de la stratégie d'adaptation climatique de la ville.



# Étude de cas | Malmö

## Intégration de l'infrastructure verte à l'échelle de la ville

C'est par l'introduction des infrastructures vertes que les services écosystémiques sont maximisés. Dans cette visée, la ville de Malmö a mis en place différentes stratégies en vue d'intégrer les infrastructures vertes urbaines à travers la ville (Hansen et al., 2016).

Le Plan global de Malmö constitue la base principale de l'intégration de l'infrastructure verte dans l'aménagement urbain. Il énonce les objectifs et les principes du développement futur de la ville, y compris la prise en compte des préoccupations environnementales et écologiques. Il stipule que « les services écosystémiques doivent être évalués, pris en compte et renforcés dans la planification spatiale et la maintenance afin de garantir des valeurs et des fonctions importantes » (Plan global, 2014). Élaboré en 2000 et mis à jour en 2014, le Plan global vise à créer une ville plus dense, mais aussi plus verte. Dans ce document, l'infrastructure verte y est décrite comme « une multitude de grands et de petits parcs, d'espaces naturels et de squares stratégiquement placés, répartis équitablement et reliés par un réseau de liens verts ».

Tout en contrôlant la croissance de la ville, le Plan vise à développer une infrastructure verte multifonctionnelle qui assure à la fois la gestion des eaux pluviales, l'adaptation aux changements climatiques, l'amélioration de la qualité de l'air et de la santé, la cohésion sociale ainsi que l'apport de différents services écosystémiques (Ville de Malmö, 2014). Dans le schéma illustrant les stratégies de développement de la ville, les espaces verts sont intégrés aux autres infrastructures urbaines et sont traités au même titre que l'habitat et les transports. Ils sont principalement liés aux infrastructures résidentielles en vue d'assurer l'accessibilité de ces espaces verts à l'échelle des piéton(ne) s.

La préservation et l'intensification de la végétation dans la ville de Malmö sont quant à elles soutenues par le Plan vert élaboré en 2003. Ce plan est un outil de référence pour protéger et sécuriser les espaces verts publics existants (Delshammar, 2015). Ses objectifs généraux comprennent l'augmentation de la superficie totale des espaces verts à Malmö ainsi que leur préservation. Les objectifs écologiques plus spécifiques visent à améliorer la biodiversité dans les limites de la ville.

Le Plan vert couvre toutes les zones urbaines et rurales de la ville. Le cadre de base comprend un réseau vert, des espaces de loisirs, des corridors verts à la campagne et une ville plus verte. Parmi les indicateurs, on souhaite augmenter la superficie des espaces verts de 33 m<sup>2</sup> à 48 m<sup>2</sup> par habitant en zone urbaine et augmenter la superficie des espaces verts accessibles à la campagne de 2 % à 33 %. Le réseau proposé, constitué de corridors et de sites naturels, relie la majorité des espaces verts existants dans la ville.

Aujourd'hui, l'administration municipale de Malmö travaille sur un nouveau plan qui intègre la notion d'infrastructure bleue au Plan vert de 2003. La nouvelle mouture reconnaît l'importance d'une infrastructure bleue et verte multifonctionnelle et de haute qualité pour le bien-être des citoyen(ne)s, la conservation de la biodiversité ainsi que la réduction des effets des changements climatiques (Hansen et al., 2016).

Les projets d'écoquartier Augustenborg et Västra Hamnen (Bo01) à Malmö sont deux exemples clés qui illustrent l'intégration d'une approche écosystémique dans la gestion des eaux pluviales. L'écoquartier Augustenborg est un projet de renouvellement urbain durable d'un quartier résidentiel datant des années 1950. Västra Hamnen en revanche est un nouvel écoquartier construit sur un ancien site industriel en bord de mer. Dans les deux cas, un système de drainage ouvert est utilisé en vue de gérer les eaux pluviales, maximisant dès lors les services écosystémiques fournis.

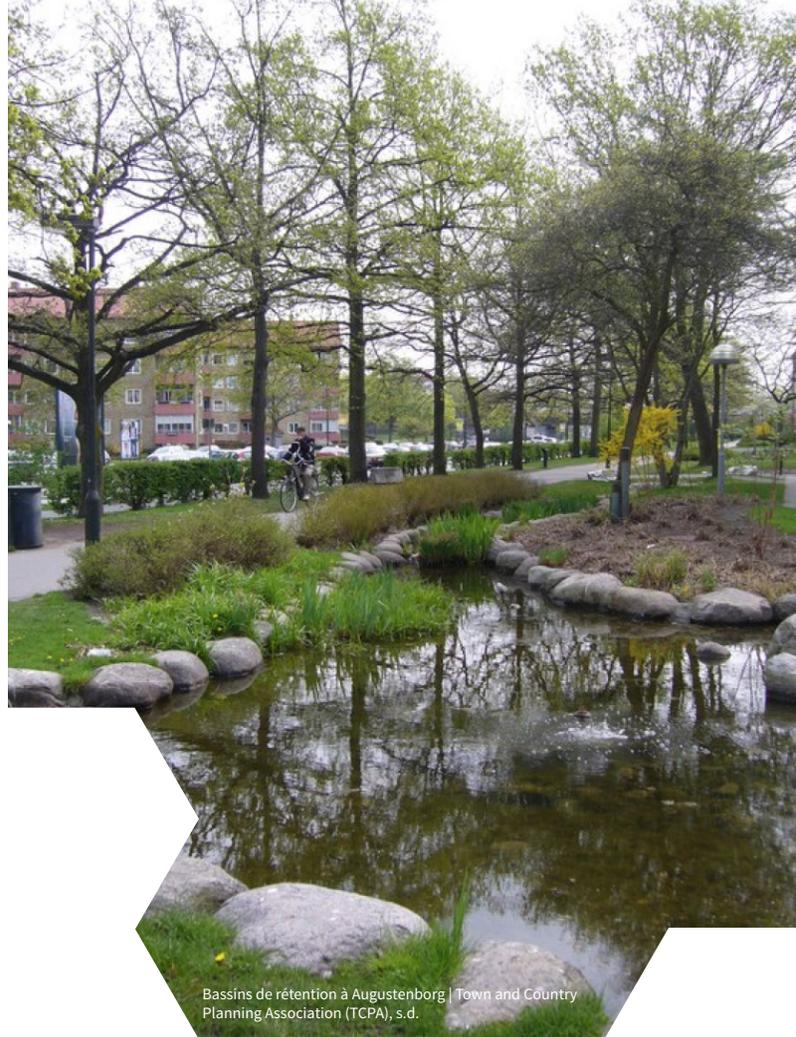
# Étude de cas | Malmö

## Écoquartier Augustenborg

Le quartier Augustenborg est situé dans la partie sud-ouest de Malmö. Il couvre une superficie totale de 32 hectares et comprend 1800 logements. Édifié à la fin des années 1940, ce quartier a connu un déclin socioéconomique au cours des décennies suivantes. Cette situation a été exacerbée par une mauvaise isolation thermique des bâtiments et des problèmes d'inondations récurrentes causées par un système de drainage inadéquat (Stahre, 2008 ; Rolfsdotter-Jansson, 2009). À la fin des années 1990, Augustenborg est choisi comme projet principal pour le programme Ekostaden (Écocité) de Malmö. Pour faire face aux problèmes d'inondation fréquents, la municipalité décide de déconnecter les eaux pluviales des égouts unitaires existants et de les drainer au moyen d'un système ouvert durable intégrant les espaces verts. Il s'agit là d'un système innovant qui incorpore les principes naturels d'écoulement et de collecte de l'eau tels que l'infiltration, la percolation, le ruissellement de surface, le drainage lent dans les systèmes ouverts ainsi que la rétention dans les étangs et les zones humides. Dans ce type de systèmes ouverts, les eaux pluviales sont souvent visibles lors du ruissellement; elles sont considérées comme une ressource positive dans le paysage urbain (Stahre, 2008).

À Augustenborg, l'objectif principal de l'initiative est de réduire les inondations de 70 % et d'éliminer complètement le débordement des égouts unitaires. Le grand défi du concept choisi est d'intégrer le système de drainage ouvert dans le paysage urbain existant et d'amener les citoyen(ne)s à accepter le nouveau système (Stahre, 2008).

Le système de gestion des eaux pluviales comprend des toits verts, des rigoles, des canaux, des étangs et des petites zones humides. Les précipitations sont collectées dans des fossés naturels et des réservoirs avant de les diriger vers un réseau d'égouts conventionnel. L'eau de pluie provenant des toits et des autres surfaces imperméables est collectée dans les gouttières au sol puis canalisée à travers les fossés, les étangs et les zones humides visibles, avant d'être finalement drainée dans un système traditionnel d'eaux pluviales souterrain fermé (Stahre, 2008).



# Étude de cas | Malmö

## Écoquartier Augustenborg

Parallèlement, de nouveaux espaces verts sont introduits et les jardins du quartier sont améliorés. Toutes les nouvelles constructions réalisées après 1998 sont dotées de toits verts; et certains bâtiments existants, tels que des garages réaménagés en bureaux, sont rénovés et recouverts de verdure. Au total, 2100 mètres carrés de toits verts sont aménagés sur des bâtiments résidentiels. Un projet de jardin botanique « expérimental » est réalisé et couvre 9500 mètres carrés d'anciennes toitures industrielles, soit le plus grand toit vert de Scandinavie (CABE, 2011). L'introduction de ces espaces verts aide à l'absorption des précipitations et contribue de ce fait à ralentir la pénétration de l'eau dans le système d'eaux pluviales. À elles seules, les toitures vertes absorbent 50 % des eaux pluviales (Villarreal et al., 2004; Kazmierczak et Carter, 2010).

La mise en œuvre de l'initiative a permis une plus grande résilience aux inondations et l'amélioration de la gestion des eaux pluviales dans la région, mais également de la performance du réseau d'égouts qui dessert les environs. On estime que 90 % des eaux pluviales des toits et autres surfaces imperméables d'Augustenborg sont dirigées vers le système pluvial ouvert. Le volume annuel total des eaux de ruissellement est quant à lui réduit d'environ 20 % par rapport au système conventionnel (Villarreal et al., 2004; Kazmierczak et Carter, 2010). Lors d'une inondation majeure en 2007, Augustenborg n'a pas été touché par la catastrophe alors que le reste de Malmö a été coupé du reste de la Suède (Kazmierczak et Carter, 2010).



Bassins de rétention d'eau conçus en collaboration avec les résidents à Augustenborg | Ville de Malmö, s.d.



# Étude de cas | Malmö

## Écoquartier Västra Hamnen

Västra Hamnen est un projet d'écoquartier sur un ancien chantier naval devenu friche industrielle sur le front de mer de Malmö. Le projet est également connu sous le nom de « Cité du savoir ». Västra Hamnen, développé en trois étapes, possède une superficie totale de 160 hectares, avec une capacité d'accueil de 10 000 habitant(e)s et 20 000 travailleur(euse)s et étudiant(e)s (Novotny et al., 2010). À usage mixte, le quartier comprend des logements, des entreprises, des écoles, des bureaux, des parcs et des espaces verts. La première phase du projet, connue sous le nom de Bo01, voit le jour en 2001. Cette opération trouve son origine dans l'exposition européenne de l'habitat (2001) : construire la « Ville de demain » (Stenning, 2008). L'exposition a pour thème le développement urbain dans une société de l'information et du bien-être, écologiquement durable (Ville de Malmö, s.d.). Bo01, édifié dans la partie ouest de l'écoquartier, couvre un peu plus du tiers de la superficie de Västra Hamnen (9 hectares sur 25 au total) et compte 1000 logements.

Dès les débuts de la phase de conception de l'écoquartier, la verdure et l'eau sont considérées comme

essentielles pour améliorer le niveau de biodiversité et augmenter la quantité d'infiltration des eaux de pluie dans le sol. En vue d'intégrer les espaces consacrés à la nature, deux programmes sont développés : l'exigence du facteur d'espaces verts (GSF) et le système de points verts (GPS).

### Le facteur d'espaces verts

La stratégie d'urbanisme la plus intéressante appliquée à Bo01 est le facteur d'espaces verts, une approche innovante pour favoriser l'intégration d'infrastructures vertes dans une zone urbaine. L'outil est introduit à Bo01 en vue d'ajouter des fonctions écologiques et de garantir le maintien d'une certaine proportion d'espaces verts dans les nouveaux bâtiments résidentiels.

Le facteur d'espaces verts définit le pourcentage de la parcelle qui doit être perméable (Austin, 2013). Cette stratégie permet de compenser le développement et l'imperméabilisation intensifs des parcelles durant les dernières décennies (Ville de Malmö, 2002). Le facteur



# Étude de cas | Malmö

## Écoquartier Västra Hamnen

d'espaces verts est appliqué à l'ensemble du terrain à bâtir en tenant compte à la fois des zones de construction et des espaces ouverts (cour). L'approche consiste à attribuer des facteurs à différents types de surface en fonction de leur contribution aux fonctions de l'écosystème (stockage et infiltration des eaux pluviales, création d'habitats fauniques). Chaque facteur est ensuite multiplié par la surface à laquelle il se rattache. Finalement, le total des facteurs additionnés est divisé par l'aire totale de la cour pour obtenir le facteur d'espaces verts global, qui doit atteindre un niveau spécifié (Kruuse, 2011 ; Malmö, 2014).

Les facteurs attribués aux différents types de surface varient de 0 à 1 (annexe 1). La partie imperméable de la parcelle, telle que les surfaces de béton ou d'asphalte, reçoit un score de 0 tandis que les surfaces recouvertes de végétation en contact avec les eaux souterraines, les bassins d'eau, les toits verts, les grands arbres et les murs recouverts de plantes grimpantes obtiennent des notes élevées allant jusqu'à 1 (Kruuse, 2011 ; Austin, 2013). À Bo01, chaque lot doit avoir un facteur d'espaces verts minimum de 0,5 (50 %). Chaque mètre carré de construction doit donc être compensé par une surface équivalente de verdure. Le promoteur a la liberté d'implémenter un nombre illimité d'entités vertes pour atteindre ce score.



Quartier Bo01 à Malmö | Ville de Malmö, s.d.



Canal ondulé du parc Ankarparken à Bo01 | Torben Petersen, s.d.



Toit vert et diversité de la flore à Malmö | Ville de Malmö, s.d.

# Étude de cas | Malmö

## Écoquartier Västra Hamnen

### Les points verts

Contrairement au facteur d'espaces verts qui est un instrument quantitatif auquel ils sont complémentaires, les « points verts » prennent en compte la diversité biologique dans les nouvelles constructions (Ville de Malmö, 2014). À cet effet, une liste exhaustive de 35 mesures environnementales est établie, telle que la plantation d'espèces rares, la création de différents habitats pour les animaux et les insectes et ainsi de suite. Au moins dix de ces mesures doivent être mises en œuvre dans chaque cour résidentielle (Kruuse, 2011 ; Ville de Malmö, s.d.). Quelques exemples de points verts qui profitent à la biodiversité sont l'inclusion de boîtes de chauves-souris, l'entretien d'au moins une cinquantaine de types de fleurs sauvages dans les cours et le maintien d'une partie du jardin à l'état naturel (Kruuse, 2011).

L'utilisation d'un facteur d'espaces verts, qui impose aux constructeurs d'intégrer des espaces consacrés à la nature à même les projets immobiliers, a considérablement augmenté la quantité et la qualité des espaces verts dans les nouvelles constructions. Cette approche a permis à la ville de continuer à se densifier tout en conservant un environnement urbain riche en flores et en faunes. Sur les 1000 m<sup>2</sup> du quartier, 300 m<sup>2</sup> sont réservés aux espaces verts et à la circulation de l'eau tandis que 200 m<sup>2</sup> sont occupés par des surfaces semi-imperméables couvertes de graviers (Charlot, 2014).



# Étude de cas | Malmö

## Écoquartier Västra Hamnen

### La gestion durable des eaux de pluie

Tout comme pour Augustenborg, le concept de base choisi pour la gestion des eaux de pluie à Bo01 est un système de drainage durable et ouvert. Le principal objectif d'un tel choix est d'intégrer des valeurs environnementales à la région ainsi qu'à piloter un système de ce type dans un quartier résidentiel très dense avec des espaces verts limités (Stahre, 2008 ; Kruise, 2011).

Le système de gestion des eaux pluviales comprend des toits verts, des murs et des surfaces horizontales végétalisées, des surfaces gravillonnées perméables, des rigoles à ciel ouvert, des bassins dans les cours privées, des canaux (6 km au total), un grand bassin d'eau de pluie, une dizaine d'étangs et des zones humides (Stahre, 2008). Ce système de drainage est entièrement intégré à la conception du quartier, depuis les places publiques, les canaux et les couloirs d'espaces verts jusqu'aux détails de drainage à une échelle fine (Novotny et al., 2010). L'ensemble du système repose sur une planification minutieuse des hauteurs de toute la zone. Pour que les eaux de ruissellement puissent s'écouler par gravité, la partie centrale de Bo01 est élevée de deux à trois mètres au-dessus du niveau du sol. À partir du point le plus élevé, l'eau de pluie coule lentement dans de petits canaux de ruissellement intégrés dans les rues, les ruelles et les places (Kruise, 2011).

Les eaux pluviales sont recueillies par les toits et les rues et acheminées le long des canaux de ruissellement vers des jardins pluviaux répartis un peu partout dans le quartier. Leur rôle est de laisser le temps nécessaire à l'eau de s'infiltrer correctement dans le sol. Les eaux sont finalement dirigées soit vers un grand canal d'eau qui sert de récipient et de bassin de stockage, soit vers la mer (Austin, 2013). Le grand canal est bordé par une zone humide qui accueille de nombreuses espèces animales et végétales dans des habitats protégés.

En somme, les écoquartiers Augustenborg et Västra Hamnen ont opté pour une approche de gestion des eaux pluviales intégrée qui livre de multiples fonctions et services écosystémiques, notamment :

- La création et la conservation d'habitats fauniques. À Augustenborg, la biodiversité a augmenté de 50 % ;
- L'amélioration de l'image du quartier et la création de zones de loisirs,
- L'amélioration de la qualité de l'air et de l'eau ;
- L'adaptation aux changements climatiques par la résilience face aux inondations et aux vagues de chaleur.



Bassins de rétention à Malmö | Ville de Malmö, s.d.

# Étude de cas | Toronto

## La gestion des eaux pluviales

Toronto est l'une des premières villes au Canada à prendre des mesures de fond pour s'attaquer au problème d'adaptation aux changements climatiques (Kazmierczak et Carter 2010). Dans son Plan d'action sur les changements climatiques, la ville a mis l'accent sur des mesures à court et à long terme axées sur l'utilisation des infrastructures vertes et bleues en vue de s'adapter aux vagues de chaleur et aux inondations plus fréquentes et plus intenses. Les écosystèmes urbains (leur protection et leur renouvellement) figurent également parmi les principales actions d'adaptation, au même titre que les transports, l'énergie, les bâtiments et la santé (Ville de Toronto, 2008).

Les principales stratégies d'adaptation sont incorporées dans le Plan officiel de Toronto (TOP). Elles mettent l'accent sur l'importance de l'investissement dans : 1) la gestion de la qualité et de la quantité des eaux pluviales et ; 2) dans l'utilisation de l'infrastructure verte qui gère les précipitations à la source (Kazmierczak et Carter, 2010).

C'est au moyen du Wet Weather Flow Master Plan (WWFMP) que Toronto a élaboré une stratégie globale, innovante et à long terme pour gérer ses eaux de ruissellement. L'approche utilise l'infrastructure verte et grise afin de réduire la quantité des ruissellements et éliminer leurs effets néfastes en tenant compte de l'ensemble du cycle hydrologique naturel (Chen et

al., 2013 ; Ville de Toronto, 2011). Le WWFMP n'a pas été initialement créé en réponse aux changements climatiques, mais avec la multiplication des incidents climatiques (épisodes de pluies torrentielles), le plan a été mis à jour pour prendre en considération de nouvelles priorités (Ville de Toronto, 2009 ; 2014).

### Mise en contexte

En 1986, la communauté urbaine de Toronto est désignée comme secteur préoccupant en raison de la dégradation de la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques le long du secteur riverain. Les débordements des égouts pluviaux et des égouts unitaires (égouts qui contiennent à la fois des écoulements sanitaires et des eaux pluviales) sont désignés comme les principales causes de cette dégradation environnementale (Environnement Canada, 2014).

Pour remédier à cette situation, un Plan d'action d'assainissement (RAP) est élaboré à l'ensemble de la communauté urbaine de Toronto. Ce plan s'appuie sur une approche écosystémique, multifonctionnelle et multiscalaire qui dépasse l'échelle du secteur riverain pour intégrer l'ensemble des bassins hydrographiques de la région (Toronto and Region, 2001). L'approche met l'accent sur des solutions naturelles avec des avantages environnementaux, économiques et sociaux.



# Étude de cas | Toronto

## La gestion des eaux pluviales

### Le Wet Weather Flow Master Plan (WWFMP)

Une des actions prioritaires ciblées par le RAP est l'implantation du WWFMP. L'objectif du plan, élaboré par la ville de Toronto en 1997, est d'améliorer la qualité de l'eau dans les cours d'eau de Toronto et sur le littoral du lac Ontario, de rendre les infrastructures plus résilientes face aux risques d'inondation et de restaurer et protéger les cours d'eau dans le but de favoriser la santé de l'écosystème (Gouvernement du Canada, 2017). L'approche est innovante et s'appuie sur une gestion des eaux pluviales par le biais de bassins versants : ainsi, au lieu de se concentrer sur les problèmes de ruissellement des eaux pluviales spécifiques au site, le plan prend en compte l'ensemble du cycle hydrologique naturel dans le contexte de la protection des écosystèmes (Ville de Toronto, 2009). La zone d'étude s'étend à travers l'ensemble de la ville, englobant six grands bassins versants ainsi que le secteur riverain.

Le WWFMP gère les eaux de pluie selon une démarche hiérarchique qui donne la priorité au contrôle à la source (traitement de la pluie et de la neige là où elle tombe), suivie des mesures de transport et enfin, au traitement de « fin de cycle » (Toronto and Region, 2001). À chacune de ces hiérarchies correspond une échelle spatiale d'intervention.

### *Initiatives de contrôle à la source/échelle spécifique du lot*

Les contrôles à la source sont des mesures pour gérer les précipitations là où elles tombent. Elles font référence aux installations à petite échelle. Les principales initiatives de contrôle à la source comprennent la végétalisation des toits dans des bâtiments neufs ou rénovés, la mise en place de projets pilotes de récupération des eaux pluviales et des programmes de déconnexion des descentes pluviales (devenue obligatoire en 2011). En 2009, Toronto devient la première ville en Amérique du Nord à adopter des normes de construction qui exigent que tous les nouveaux bâtiments ainsi que les rénovations ayant une surface de plancher brute de plus de 2000 mètres carrés comprennent un toit vert (Chen et al., 2013 ; Barth, 2017). Un total de 444 toits verts ont été aménagés entre 2009 et 2015 à Toronto (Ville de Toronto, 2015).



# Étude de cas | Toronto

## La gestion des eaux pluviales

*Initiatives de contrôle des moyens de transport/échelle de la rue et du quartier*

Le contrôle du « transport lent » fait référence à la conception du système public de collecte des eaux pluviales afin de ralentir et minimiser la quantité d’eaux pluviales qui se déversent dans les eaux réceptrices telles que les rigoles de drainage, les fossés, les criques, les canaux, etc. (Ville de Toronto, 2014, 2008 ; Stahre, 2008). Les principales mesures comprennent le verdissement des rues pour encourager l’infiltration, la maximisation des revêtements perméables dans les allées et les trottoirs, la plantation d’arbres et la création de fossés et de rigoles de drainage verts. Entre 2004 et 2008, près de 10 km de rigoles vertes et de fossés en bordure de route sont restaurés, conservés ou améliorés (Ville de Toronto, 2014). En 2007, Toronto publie des lignes directrices provisoires sur le verdissement des aires de stationnement. Ces normes comprennent la plantation d’arbres et la création de surfaces perméables, ainsi que l’aménagement de zones paysagères et de biorétention pour gérer les eaux pluviales sur site (Podolsky et MacDonald, 2008). Dans cette visée, le Plan de revitalisation de Regent Park, l’une des plus anciennes et plus importantes communautés de logement social au Canada, comprend notamment des mesures de contrôle des eaux pluviales qui visent à améliorer la rétention des eaux de ruissellement. Le plan insiste sur l’infiltration naturelle des eaux pluviales, le pavage perméable, les citernes, les rigoles végétalisées et le verdissement des rues (Podolsky et MacDonald, 2008).



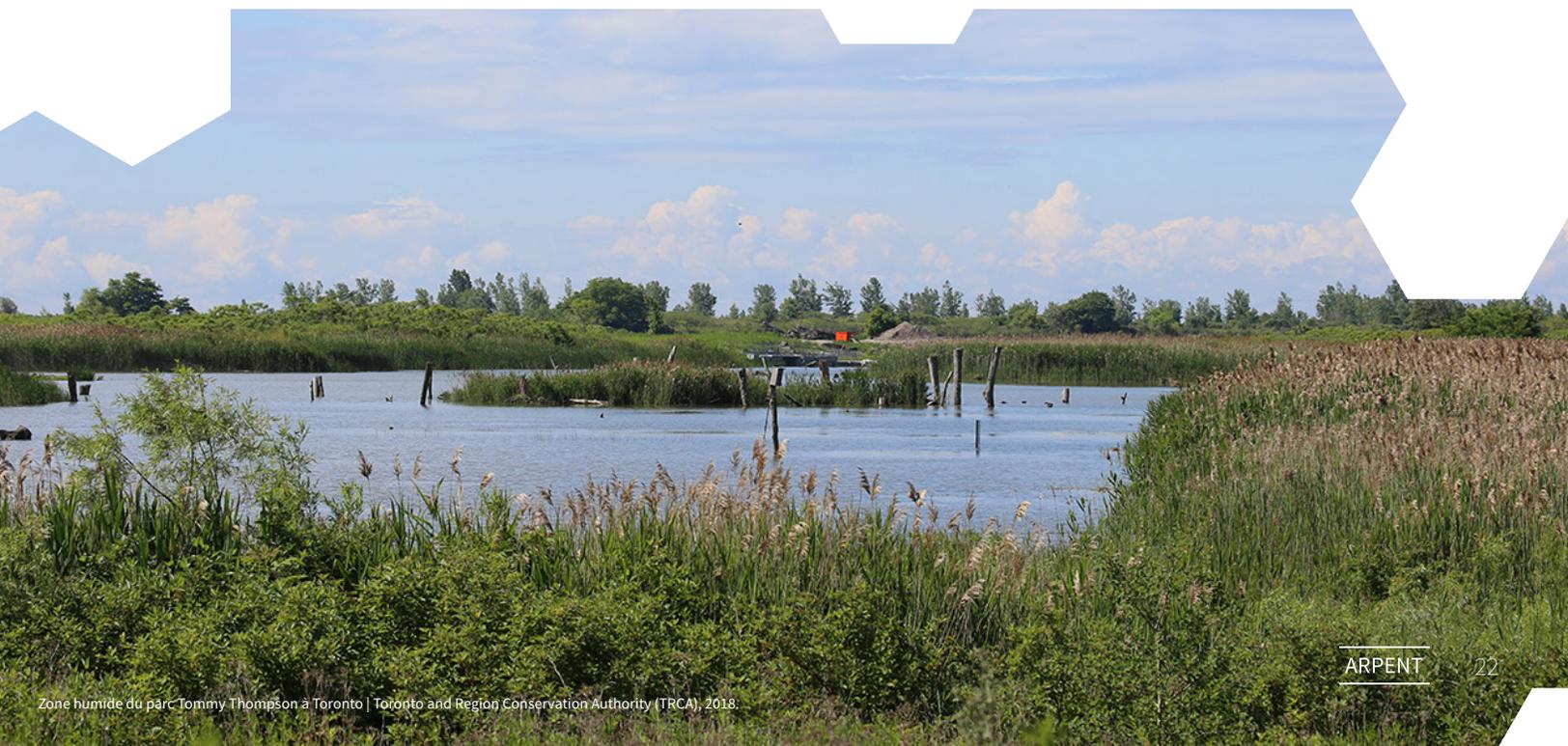
# Étude de cas | Toronto

## La gestion des eaux pluviales

### *Initiatives de contrôle de fin de cycle/échelle régionale*

Le « contrôle en aval » ou « de fin de cycle » comprend différentes mesures à grande échelle pour la rétention temporaire des eaux pluviales dans les parties en aval du système de drainage. Il est entre autres réalisé dans de grands étangs, des zones humides et des lacs (Stahre, 2008). Des mesures de contrôle de fin de cycle sont nécessaires pour gérer les rejets d'eaux pluviales, notamment dans les parties les plus anciennes de Toronto, dotées d'égouts unitaires (mélange d'eaux usées non traitées et d'eaux pluviales polluées) (Ville de Toronto, 2014). Pour une meilleure protection de la qualité de l'eau, des bassins d'eaux pluviales, des marécages artificiels, des étangs secs, des bassins d'infiltration et des réservoirs de stockage souterrains sont prévus à travers toute la ville (Ville de Toronto, 2009). Plusieurs zones humides ont été restaurées et des berges revitalisées.

L'implantation du WWFMP a permis d'améliorer la qualité des rivières, des ruisseaux, des plages, des zones naturelles de Toronto, tout en contrôlant la quantité de l'eau à travers le bassin hydrographique urbain.



# Étude de cas | Toronto

## L'infrastructure verte

Dans le cadre du Toronto Green Standard, du WWFMP et du Plan stratégique de gestion forestière de Toronto, la ville de Toronto a défini divers objectifs environnementaux pour aborder les changements climatiques, ainsi que les enjeux de la qualité de l'air, de la gestion des eaux de pluie et du couvert forestier urbain. L'infrastructure verte est jugée par la Ville comme étant centrale à la réalisation de ces objectifs environnementaux et faisant partie intégrante du territoire, au même titre que les autres infrastructures (Ville de Toronto, 2017). Le Plan officiel de Toronto mis à jour reconnaît explicitement la nécessité de protéger, de restaurer et d'améliorer la santé et l'intégrité de l'écosystème naturel, de soutenir la biodiversité dans la ville, de cibler les améliorations écologiques, et de préserver les corridors naturels qui relient les espaces verts (Ville de Toronto, 2015 a).

La mise en application de ces objectifs se traduit par la création et la préservation des espaces verts dans les zones basses des bassins versants. Cette stratégie a pour but la gestion des inondations, la naturalisation des parcs et des terres entourant les installations d'eaux pluviales et d'eaux usées, la protection des écosystèmes existants et le développement « d'un système de voies vertes connectées » pour permettre la migration naturelle des espèces. Ce système d'espaces verts comprend « les terrains dotés d'une désignation de zones de parcs et d'espaces ouverts qui sont de grande taille, qui ont une valeur patrimoniale ou récréative importante et qui sont reliés » (Ville de Toronto, 2015a).

Depuis la mise à jour du Plan officiel de Toronto, 68 nouveaux sites ont été désignés comme Zones d'importance environnementale (ESAs) et 14 sites existants ont été agrandis. Ensemble, ces zones représentent 2698 hectares, soit l'équivalent de 4 % de la superficie de la ville. Ces zones abritent une extraordinaire variété de plantes et d'animaux sauvages, dont 369 espèces végétales importantes, 175 espèces d'oiseaux et 16 espèces de reptiles et d'amphibiens. La désignation de ces zones permet d'introduire et de faire découvrir la nature sauvage dans la ville (Ville de Toronto, 2015b).

Les mesures prises pour élargir le système des espaces verts comprennent notamment l'acquisition d'autres parcs et d'espaces ouverts (fronts de mer, ravins, cours d'eau, plages, zones humides, falaises, terrains de sport, etc.), de terres ou de servitudes sur des terrains associés à un développement privé pouvant être relié au système vert existant (Ville de Toronto, 2015 a). Les initiatives d'écologisation comprennent également la réhabilitation de 800 hectares de friches

industrielles sur le front de mer dont 25 % sont réservés aux parcs et aux espaces ouverts. Des actions sont par ailleurs mises en œuvre en vue d'améliorer les conditions de survie et de croissance des plantes, notamment les arbres le long des rues (Ville de Toronto, 2008).

En 2013, la ville de Toronto a adopté le Plan de gestion stratégique des forêts de Toronto pour soutenir et élargir la forêt urbaine. Le Plan met en évidence six objectifs stratégiques, notamment l'augmentation du couvert forestier à 40 % de la Ville pour préserver la biodiversité et maximiser les services écosystémiques fournis par la végétation (augmentation de l'ombrage, lutte contre la pollution de l'air, diminution de l'effet d'îlot de chaleur urbain et réduction du ruissellement des eaux pluviales et des inondations urbaines) (Ville de Toronto, 2014 ; 2015 b).

En 2014, la ville de Toronto élabore le guide « Toronto Complete Streets Guidelines » qui fournit une nouvelle approche pour la conception des rues, notamment la gestion durable des eaux pluviales et l'introduction des infrastructures vertes. Le chapitre nommé « Street Design for Green Infrastructure », offre une gamme complète d'emplacements pour l'infrastructure verte, ainsi qu'un outil de sélection permettant d'identifier les meilleurs éléments d'infrastructure verte dans un contexte donné. Les rues vertes sont conçues en tenant compte des fonctions écologiques et hydrologiques de la rue et, en particulier, du traitement à la source des eaux de ruissellement (Ville de Toronto, 2017).

Enfin, les initiatives portent sur la végétalisation des toits de bâtiments neufs ou rénovés ainsi que l'écologisation des aires de stationnement de surface. L'objectif est de réduire la chaleur urbaine, le ruissellement des eaux pluviales et l'amélioration des espaces verts des quartiers (Ville de Toronto, 2014).

La stratégie d'adaptation adoptée par Toronto met ainsi l'accent sur l'utilisation de l'infrastructure verte pour une meilleure gestion des eaux pluviales. Cette stratégie « suggère moins de tuyauterie et plus d'infiltration naturelle » (Hamin et Gurrán, 2009). L'approche gère les précipitations à la source tout en fournissant une multitude de services écosystémiques tels qu'un habitat aux espèces locales, une protection contre les inondations, une réduction des effets de l'îlot de chaleur urbain, une purification de l'air, des variétés de paysages pour la contemplation et une offre de loisirs et d'éducation environnementale.

# Conclusion

Aujourd'hui, l'urbanisme est engagé dans un recadrage fondamental des méthodes de travail, des pratiques et des objectifs pour relever le défi de la durabilité et de la résilience aux changements climatiques. Les nouvelles méthodes s'opposent aux pratiques de planification traditionnelles axées sur la séparation spatiale des fonctions et la destruction quasi systématique des écosystèmes (Scott et al., 2016). Elles mettent en revanche l'accent sur l'utilisation de ces écosystèmes naturels, qui maximisent les bénéfices et permettent d'offrir un meilleur fonctionnement des milieux urbains. Cette approche conduit à plusieurs types d'interventions qui visent à garantir la préservation, le maintien et le développement de l'environnement naturel. Elle repose sur deux principes clés :

1) travailler « avec la nature » et non pas la détruire : la réhabilitation et la restauration des écosystèmes aident les villes à s'adapter à long terme aux changements climatiques, en plus des avantages liés aux fonctions récréatives, économiques et sanitaires de la région (Davies, 2015).

2) reconnaître les infrastructures vertes comme une partie essentielle de l'aménagement urbain : ils doivent être soigneusement planifiés pour maximiser leurs multiples avantages (Davies, 2015).

Les projets présentés dans ce rapport abordent le défi de la durabilité des villes par l'introduction des infrastructures vertes et bleues. Dans les deux cas analysés, les surfaces perméables et végétalisées sont maximisées pour mieux gérer les eaux pluviales, prévenir les problèmes d'inondation, soulager les stations d'épuration, capter le CO<sub>2</sub> et réduire le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Les stratégies développées comprennent des toits verts innovants, des aménagements paysagers intégrés ainsi que des écosystèmes de rétention de l'eau tels que des canaux, des rigoles et des bassins.

On retient par ailleurs que les échelles d'intervention peuvent varier. À Malmö, l'infrastructure verte a d'abord été utilisée avec succès dans des projets pilotes à l'échelle du quartier. Le système de drainage a été entièrement intégré à sa conception depuis les places publiques, les canaux et les couloirs verts jusqu'aux détails de drainage à une échelle fine. Aujourd'hui, la municipalité étend son approche de gestion durable à l'échelle de tout son territoire. Pour sa part, le cas de Toronto illustre une intervention large à l'échelle des bassins versants. Elle intègre les différentes échelles spatiales de la ville et de sa région, de la rue et du quartier, ainsi que celle du lot individuel.

Les stratégies appliquées ont eu pour objectif de renforcer : 1) la multifonctionnalité ; 2) la biodiversité ; 3) la mise en réseau des espaces verts et ; 4) l'intégration verte et grise.



# Conclusion

1) **La multifonctionnalité** a permis de fournir plusieurs services écosystémiques dans des espaces limités. Dans le cas de Toronto, le « Toronto Complete Streets Guidelines » démontre la stratégie multifonctionnelle de l'approche écosystémique. Les rues vertes sont conçues comme des extensions du système de drainage naturel. Tout en répondant aux besoins de la ville en matière de déplacement, les rues vertes contribuent à la biodiversité et assurent de multiples objectifs environnementaux. Avec l'introduction des jardins pluviaux en bordure de route, les rues permettent l'expansion du couvert forestier, la rétention des eaux pluviales, l'amélioration de la qualité de l'eau et la modération du microclimat. De même, à Malmö, le système de drainage ouvert composé de toits verts, de rigoles, de canaux, d'étangs et de petites zones humides offre de multiples fonctions et services écosystémiques, notamment l'amélioration de la biodiversité, de l'esthétique et des espaces récréatifs, ainsi que la régulation thermique.

2) **La biodiversité** : le maintien et l'amélioration de la biodiversité représentent une composante essentielle de l'approche écosystémique. L'augmentation du couvert végétal urbain et l'installation de toits verts constituent une stratégie particulièrement efficace adoptée par les villes de Malmö et de Toronto en vue de créer la biodiversité.

3) **La connectivité** : dans les deux exemples présentés, la connectivité est assurée autour des réseaux verts et bleus qui soutiennent et encadrent la biodiversité, les processus hydrologiques, le déplacement des piéton(ne)s, les régulations climatiques et l'esthétique.

4) **L'intégration verte et grise** : à Malmö, dans le schéma illustrant les stratégies de développement de la ville, les espaces verts sont intégrés aux autres infrastructures urbaines et sont traités au même titre que l'habitat et les transports. De même, à Toronto, l'infrastructure verte est centrale à la réalisation des objectifs environnementaux et fait partie intégrante de la ville, au même titre que les autres infrastructures.

Cette publication a traité des aspects théoriques et conceptuels relatifs aux services écosystémiques en milieu urbain en accordant une attention particulière au concept d'infrastructure verte. Elle a en outre présenté les différentes initiatives qui sont mises en œuvre par les villes de Malmö et de Toronto dans leur politique de gestion des eaux pluviales et de lutte contre les problèmes d'inondation. Ces actions représentent un début prometteur et peuvent être reproduites dans d'autres villes, sous différentes latitudes et à différentes échelles spatiales. La plupart des expert(e)s estiment néanmoins que la mise en place de ces stratégies doit être considérablement accélérée si l'on veut vraiment réussir à résoudre les problèmes liés aux changements climatiques. Confrontées à cette situation sans précédent, les villes peuvent et doivent agir proactivement en adoptant des stratégies d'infrastructures vertes et bleues nombreuses et variées.



# Annexe 1

## Facteur d'espaces verts

Type de surface	Facteur
Végétation au sol	1
Végétation sur treillis ou façade	0.7
Toits verts	0.6
Végétation sur poutres et poutrelles, profondeur de sol comprise entre 20 et 80 cm	0.7
Végétation sur poutres et poutrelles, profondeur du sol de plus de 80 cm	0.9
Surface d'eau	1
Collecte et rétention des eaux pluviales	0.2
Drainage des surfaces non perméables à la végétation environnante	0.2
Zones non perméables	0
Zones pavées de pierre, avec des joints ouverts où l'eau peut s'infiltrer	0.2
Zones semi-perméables : sable, gravier, etc	0.4
Buisson haut de plus de 3 mètres	0.2

Kruuse, 2011

# Bibliographie

Austin, G. (2013). Case study and sustainability assessment of Bo01, Malmö, Sweden. *Journal of Green Building*, 8(3), 34-50.

Barth, B. J. (2017). Green roofs grow over Toronto. In *BEYOND PROFORMAS*

Bendict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure: linking landscapes and communities* Island Press. Washington, DC.

Berghöfer, A., Mader, A., Patrickson, S., Calcaterra, E., Smit, J., Blignaut, J., ... & van Zyl, H. (2011). *TEEB Manual for cities: Ecosystem services in urban management. The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, Suiza.

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29(2), 293-301. CABE, 2011

Charlot, A. (2014). La nature au cœur de la ville. *Vraiment durable*, (1), 191-200.

Chen, J., Hobbs, K., Garrison, N., Hammer, R., & Levine, L. (2013). *Rooftops to Rivers II*. UPDATE

City of Toronto (2008). *Ahead from the storm. Preparing Toronto for Climate Change. Development of a climate change adaptation strategy*. Available at <https://www1.toronto.ca/>

Colls, A., N. Ash, and N. Ikkala. 2009. *Ecosystem-based adaptation: a natural response to climate change*. International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland. Commission Européenne, 2015)

Cvejić, R., Eler, K., Pintar, M., Železnikar, Š., Haase, D., Kabisch, N., & Strohbach, M. (2015). A typology of urban green spaces, ecosystem provisioning services and demands. EU FP7 GREEN SURGE Deliverable, Report D, 3. Davids et al, 2015

Davies, C., Hansen, R., Rall, E., Pauleit, S., Laforteza, R., De Bellis, Y., ... & Tosics, I. (2015). *Green infrastructure planning and implementation. The status of European green space planning and implementation based on an analysis of selected European city-regions*. GREEN SURGE PROJECT, Deliverable, 5.

Davies, W. K. (Ed.). (2015). *Theme cities: Solutions for urban problems* (Vol. 112). Springer.

Delshammar, T. (2014). *Urban greening strategies for compact areas-case study of Malmö, Sweden*. NA, 26(2). Ville de Malmö (2014). *Comprehensive Plan for Malmo*. Summary in English.

Delshammar, T. (2015). *Malmö, Sweden–Case Study City Portrait*; part of a GREEN SURGE study on urban green infrastructure planning and governance in 20 European cities.

European Commission, non daté. *Green Infrastructure and Climate Adaptation*

European Commission. (2012). *The multifunctionality of green infrastructure*.

European Environment Agency. (2011). *Green infrastructure and Territorial Cohesion: the Concept of Green Infrastructure and its Integration into Policies Using Monitoring Systems*. Publications Office of the European Union.

Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2013). *Classifying and valuing ecosystem services for urban planning*. *Ecological Economics*, 86, 235-245. Gouvernement du Canada, 2017).

Hamin, E. M., & Gurran, N. (2009). *Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the US and Australia*. *Habitat international*, 33(3), 238-245.

Hansen, R., & Pauleit, S. (2014). *From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework*

for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. *Ambio*, 43(4), 516-529.

Hansen, R., Rolf, W., Santos, A., Luz, A. C., Száraz, L., Tosics, I., ... & Pauleit, S. (2016). *Advanced Urban Green In-frastructure Planning and Implementation: Innovative Approaches and Strategies from European Cities*. Greensurge.

Kazmierczak, A., & Carter, J. (2010). *Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies*

Kruuse, A. (2011). *The green space factor and the green points system*. Town and Country Planning Association and European Union Green and Blue Space Adaptation for Urban Areas and Eco Towns Network, London.

Local Governments for Sustainability, European Secretariat (ICLEI) and CEPS (Centre for European Policy Studies) (2013). *Climate change adaptation: Empowerment of local and regional authorities, with a focus on their involvement in monitoring and policy design*.

Lovell, S. T., & Taylor, J. R. (2013). *Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States*. *Landscape ecology*, 28(8), 1447-1463.

Méral, P. (2012). *Le concept de service écosystémique en économie: origine et tendances récentes*. *Natures Sciences Sociétés*, 20(1), 3-15. Millennium Ecosystem Assessment (MEA)

Millenium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Washington DC, Island Press.

Novotny, V., Ahern, J., & Brown, P. (2010). *Water centric sustainable communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment*. John Wiley & Sons. Plan Global, 2014

O'byrne, D. (Sans date). *Malmö, Sweden. The city of parks*. [http://depts.washington.edu/open2100/Resources/1\\_OpenSpaceSystems/Open\\_Space\\_Systems/Malmo\\_Case\\_Study.pdf](http://depts.washington.edu/open2100/Resources/1_OpenSpaceSystems/Open_Space_Systems/Malmo_Case_Study.pdf)

Podolsky, L., & MacDonald, E. (2008). *Green Cities Great Lakes: Using green infrastructure to reduce combined sewer overflows*. Toronto: EcoJustice. Rankovic et al., (2012).

Roberts, D., Boon, R., Diederichs, N., Douwes, E., Govender, N., McInnes, A., & Spires, M. (2012). *Exploring ecosystem-based adaptation in Durban, South Africa: "learning-by-doing" at the local government coal face*. *Environment and Urbanization*, 24(1), 167-195. Environnement Canada, (2014).

Rolfsson, J., & Jansson, C. (2009). *Ekostaden Augustenborg: on the way towards a sustainable neighbourhood*. Plan Vert, 2003

Scott, M., Lennon, M., Collier, M., Foley, K (2016). *Integrating Ecosystem Approaches, Green Infrastructure and Spatial Planning*. Environmental Protection Agency.

Stahre, P. (2008). *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden: Malmö's way towards a sustainable urban drainage*. Va syd.

Stenning, E. (2008). *An Assessment of the Seattle green factor: increasing and improving the quality of urban green infrastructure* (Doctoral dissertation, University of Washington).

Toronto and Region (2001). *The Toronto and Region Remedial Action Plan*. Progress Report. Clean Waters, Healthy Habitats

Villarreal, E. L., Semadeni-Davies, A., & Bengtsson, L. (2004). *Inner city stormwater control using a combination of best management practices*. *Ecological Engineering*, 22(4-5), 279-298.

Ville de Malmö (2003). *Green Plan for Malmö 2003*

Ville de Malmö (2014). *Climate Adaptation Strategy*. Available at [http://www.mcrit.com/ADJUNTS/ciutats\\_sostenibles/malmo.pdf](http://www.mcrit.com/ADJUNTS/ciutats_sostenibles/malmo.pdf)

Ville de Malmö. *Sustainable Malmö*. Available at <https://malmo.se/Nice-to-know-about-Malmo/Sustainable-Malmo-.html>

Ville de Toronto (2009). Wet Weather Flow Master Plan. The Plan in Action. 5 - Year Summary Report. Available at <https://www1.toronto.ca/>.

Ville de Toronto (2011). Toronto's Adaptation Actions. Available at <https://www1.toronto.ca/>.

Ville de Toronto (2014). Council Briefing Book Volume 2: Key City Initiatives. Available at <https://www1.toronto.ca/>.

Ville de Toronto (2015a). Toronto Official Plan (TOP). Available at <https://www1.toronto.ca/>.

Ville de Toronto (2015b). Toronto Environmental Progress Report. Available at <https://www1.toronto.ca/>.

Ville de Toronto (2017). Toronto Complete Streets Guidelines Edition 1. Volume 1.

Ville de Toronto, Toronto Complete Street Guidelines, 1998-2018)