



Goyette, Yves
Matricule:1035759

Travail de session

Gestion des eaux pluviales et jardin de pluie

Dans le cadre du cours
APA2130- Écologie végétale

Professeur: Mathieu Simoneau

École d'architecture de paysage
Faculté de l'aménagement
Université de Montréal

15 décembre 2016

Contents

INTRODUCTION	3
1 : L'eau; une ressource vitale	4
i. Une ressource limitée.....	4
ii. Le stress hydrique	4
2 : La gestion des eaux pluviales; une question de continuité.	6
i. Cycle hydrologique.....	6
ii. Développement urbain et ruissellement.....	7
iii. Impacts sur la morphologie et l'écologie des cours d'eau	8
iv. Responsabilité civile des municipalités.....	11
v. Réaction des municipalités et état actuelle	12
vi. Gestion Responsable des Eaux de Pluie.....	13
3 : Les jardins de pluie; un biomimétisme	13
i. Un élément de solution	13
ii. Bio filtration et bio rétention.....	15
iii. Impacts quantitatifs et qualitatifs	15
iv. Utilisation paysagère	17
v. Limite et mises en garde	19
vi. Biodiversité végétale et biodiversité	19
CONCLUSION.....	20
i. Les fondations des trois piliers du développement durable	20
ii. Design du paysage et développement durable	23
ANNEXES	24
BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES.....	24

INTRODUCTION

Depuis de nombreux siècles, la gestion des eaux de pluie en milieux urbains n'a pas beaucoup changée. On la canalise le plus rapidement possible vers les milieux récepteurs naturels; on s'en débarrasse. Mais en imperméabilisant nos villes, on perturbe le cycle de l'eau. Par surcroît, la population mondiale est de plus en plus urbanisée. D'un autre côté, la combustion des énergies fossiles qui augmente de façon exponentielle depuis un peu plus de deux siècles se fait sérieusement sentir par des écarts de températures et des événements pluviométriques extrêmes qui se manifestent plus fréquemment que par le passé. Et voilà que la réalité nous rattrape. Pendant que les nappes phréatiques s'épuisent et que nos lacs meurent prématurément, nous subissons un nombre anormalement élevé d'inondations dans les centres urbains. Nous devons revoir notre façon d'aménager nos villes; et plus particulièrement, le design du paysage. L'aménagement du paysage ne doit pas seulement répondre aux critères techniques ou fonctionnels, car il ne serait qu'ingénierie. Pas plus qu'il ne doit répondre qu'aux critères esthétiques parce qu'il ne serait qu'une œuvre d'art purement contemplative. Il doit répondre aux deux à la fois bien sûr. Mais en cette ère de bouleversement climatique, Je défends le design du paysage qui accomplit aussi une troisième fonction, soit celle de servir l'écosystème.

Je crois que la sensibilisation aux enjeux environnementaux constitue l'essence de ce changement de philosophie. Je présente donc dans la première partie de ce document, ce qui fait de l'eau douce une ressource si précieuse et pourquoi elle sera l'objet de tensions socio-économiques intenses dans un futur proche. La deuxième partie décrit plus en profondeur comment la gestion traditionnelle des eaux pluviales en contexte urbain perturbe la morphologie et l'écologie des plans d'eau. Elle traite la question de la responsabilité civile des municipalités lors d'inondations et se termine par une description de la gestion durable des eaux de pluie. La troisième partie explique comment les jardins de pluie permettent d'approcher le plus possible le régime hydrologique qui existait avant l'urbanisation. Nous y verrons aussi qu'en regardant l'eau comme une ressource à mettre en valeur plutôt qu'une nuisance à se débarrasser, nous pouvons réaliser des services écosystémiques tout en bonifiant l'expérience paysagère. Après une brève description des limites et des mises en garde qu'il faut savoir lorsqu'on aménage un jardin de pluie en milieux urbains, nous concluons ce document en soulignant que les jardins de pluie contribuent à la consolidation des trois piliers du développement durable.

1 : L'eau; une ressource vitale

i. Une ressource limitée

Selon Pindar, le philosophe grec, il n'y a rien de mieux que l'eau. L'eau purifie, adoucit, transporte et transmet. L'eau tonifie et émerveille. Plus que tout, elle nourrit et maintient la vie. L'eau est l'âme de l'humanité. Tant sur le plan physique que spirituel, l'eau est à la base de l'existence des hommes. Il n'y a véritablement rien de mieux que l'eau; car en son absence, la vie disparaît.

Et pourtant, seulement 2,5 % de l'eau présente sur Terre est de l'eau douce alors que l'eau salée représente 97,5 %. Plus des deux tiers (68,7 %) de ces 2,5 % d'eau douce sont gelés et se présentent sous forme de neige ou de glace, et près d'un tiers (31,0%) se trouve sous la surface, sous forme d'eau souterraine. Cela signifie que seulement trois dixièmes de 1% de l'eau douce de la planète sont immédiatement disponibles sous forme d'eau de surface dans les lacs, les marécages, les rivières et les fleuves ⁽¹⁾.

Le développement de toutes régions dans le monde est conditionnel à son accès à l'eau douce. Difficile à purifier et coûteuse à transporter, l'eau est pourtant essentielle à la production des aliments, au développement économique et à la vie elle-même. Mais sous le triple choc de la pollution, de la croissance démographique et de l'urbanisation mondiale, cette ressource naturelle que l'on croyait disponible à jamais devient un bien économique rare.

ii. Le stress hydrique

La figure suivante nous montre qu'à partir des années 1800, par l'industrialisation et l'exode rural qui en a résulté, la population mondiale est de plus en plus urbanisée. Au Québec, nous avons la chance d'être bien pourvus en eau potable. Le Québec possède effectivement 3 % des réserves en eau douce de la planète, alors que notre province représente seulement trois dixièmes de 1 % de l'aire totale de cette même planète ⁽¹¹⁾. Mais l'eau douce est très inégalement répartie sur terre et la majorité des humains n'ont pas cette chance.

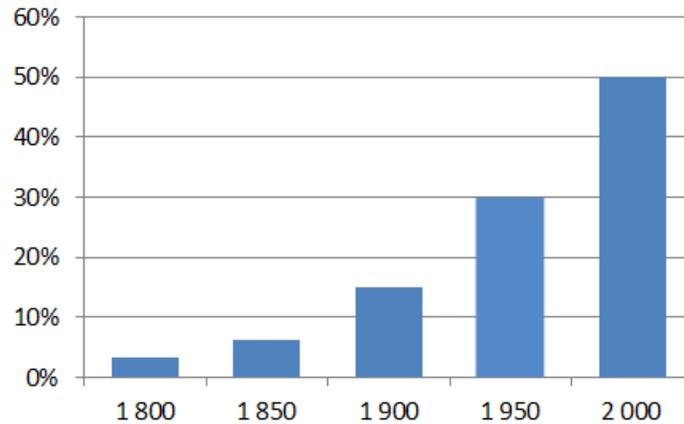


Figure 1 : Pourcentage de la population mondiale vivant en zones urbaines ⁽¹⁰⁾

Actuellement, environ 40 % de la population mondiale vit dans des zones qui rencontrent des problèmes d'approvisionnement en eau. Ce chiffre devrait atteindre 50-65 % en 2025. D'ici à 2050, près de la moitié de la population mondiale vivra dans des zones où l'eau sera une denrée rare ; 90 % de la croissance démographique aura lieu dans ces zones. ⁽²⁾

Régie par le cycle hydrologique, la quantité absolue en eau douce sur Terre reste approximativement identique à travers le temps. Cependant, la répartition inégale de l'eau et de la population humaine continuent de créer des problèmes croissants de disponibilité et d'accessibilité en eau douce. En cas de pénurie d'eau, lorsque la quantité d'eau puisée dans les lacs, les rivières ou dans les réserves souterraines est si importante que les réserves hydriques ne permettent plus de satisfaire toutes les demandes humaines et de répondre aux besoins des écosystèmes, la concurrence et les tensions s'aiguisent entre les utilisateurs.

L'eau n'est pas une ressource comme les autres. Bien qu'elle soit utilisée à des fins récréatives et utilitaires; bien qu'elle soit trop souvent gaspillée sans reconnaissance, sa consommation est d'abord une condition sine qua non à l'assouvissement de nos besoins primaires. Dans le contexte mondial où l'opulence et le gaspillage côtoient la soif et la mort, notre instinct nous chuchote à l'oreille que des tensions géopolitiques importantes sont à nos portes. Nous avons l'obligation morale de respecter cette ressource vitale.

2 : La gestion des eaux pluviales; une question de continuité.

i. Cycle hydrologique

Les précipitations atmosphériques que reçoit une région donnée, qu'elles soient sous forme de neige, de verglas ou de pluie, brouillard ou rosé, prendront nécessairement une ou l'autre des directions suivantes :

1 Écoulement sur le sol ou le ruissellement de surface.

2 Après une percolation verticale, elle ira rejoindre la nappe phréatique;

3 Retour dans l'atmosphère (par évaporation des surfaces ou transpiration de la végétation)

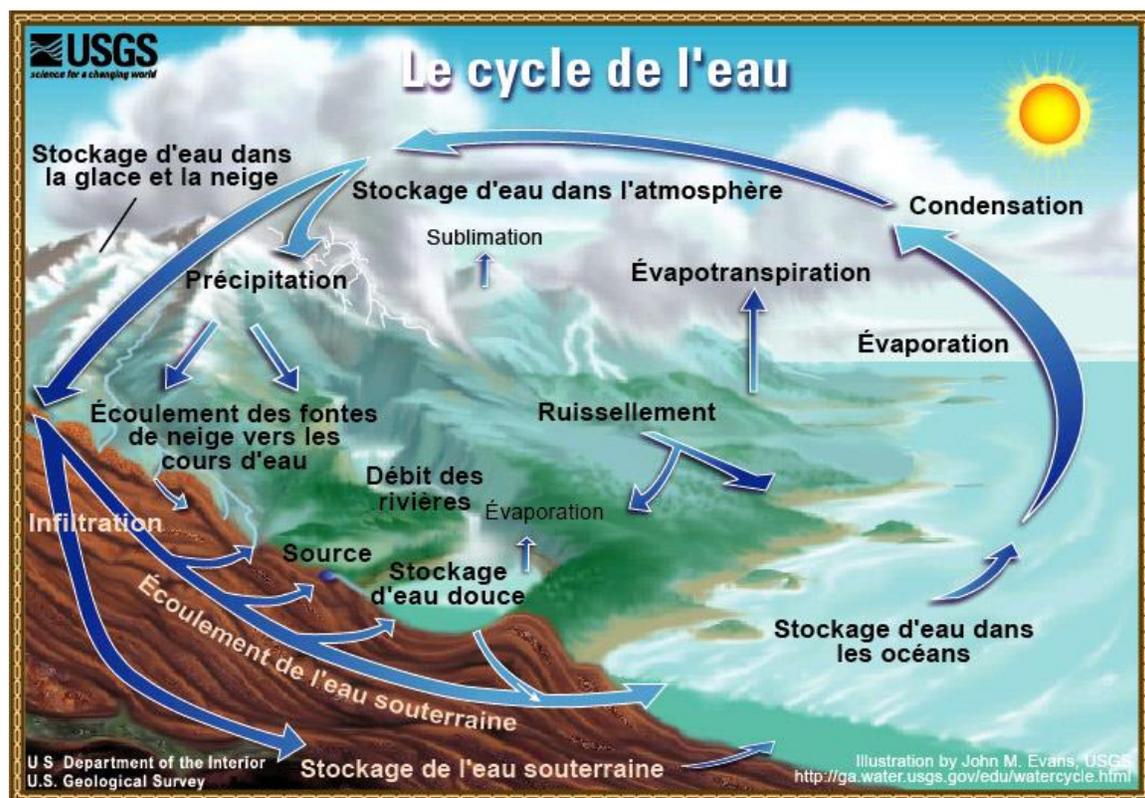


Figure 2,1 cycle hydrologique ⁽³⁾

Ce cycle naturel fonctionnait très bien depuis le carbonifère, cette ère géologique caractérisée par l'apparition des premiers grands arbres et datant d'environ 360 millions d'années⁽⁹⁾. Mais très récemment (à l'échelle du globe terrestre), ce cycle a été perturbé par l'activité humaine, entraînant un impact significatif sur l'écosystème terrestre. Pour la première fois dans l'histoire de notre planète, une de ses créatures laisse sa marque sur elle-même... Bienvenue dans l'ère anthropocène.

ii. Développement urbain et ruissellement

La figure 2.3 et le tableau ici-bas, fournissent une représentation générale des modifications pouvant être apportées aux différentes composantes du cycle hydrologique par l'urbanisation d'un territoire. Globalement, on constate qu'il se produit, avec l'urbanisation, une altération significative de la quantité d'eau infiltrée, ainsi qu'une perte importante de l'évapotranspiration.



Issues des précipitations	0% imperméabilisé forêt naturelle	85% imperméabilisé zone urbaine
Ruissellement	10%	55%
Infiltration	50%	15%
Évapotranspiration et évaporation	40%	30%
Total des précipitations	100%	100%

Figure 2,3 Urbanisation et cycle hydrologique⁽³⁾

iii. Impacts sur la morphologie et l'écologie des cours d'eau

À mesure que le territoire s'urbanise, on assiste à une augmentation du ruissellement. À titre d'exemple, lorsqu'on est en présence d'un champ ou d'une forêt mature, les petites pluies produiront un ruissellement faible ou même nul alors qu'après l'urbanisation, ces mêmes pluies pourront générer des débits importants et avoir des répercussions sur les milieux récepteurs.

La figure 2,4 illustre l'augmentation de la fréquence des débits se situant au-dessus du seuil critique pouvant générer de l'érosion dans les cours d'eau. On peut constater que les cours d'eau sortent de leur lit beaucoup plus souvent dans un environnement urbanisé. La photo 2,5, quant à elle, nous montre ces sédiments riches en éléments nutritifs, qui se retrouvent dans nos lacs; accélérant ainsi leur eutrophisation.

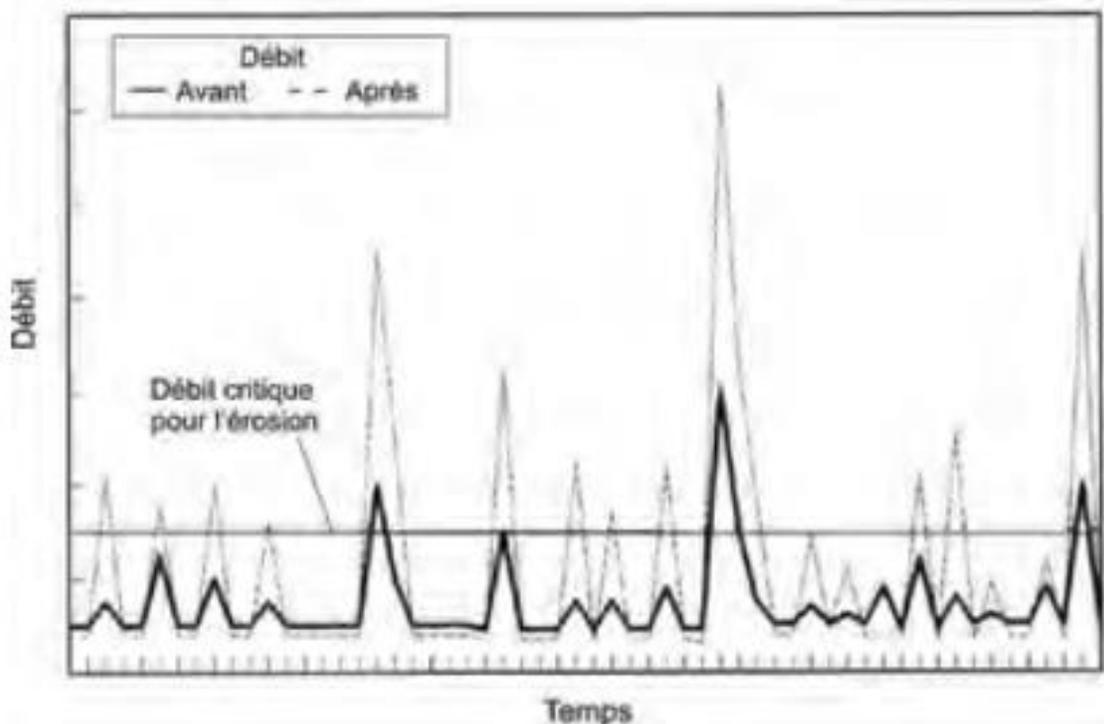


Figure 2,4 débits d'érosion avant et après urbanisation ⁽³⁾



Figure 2,5 Eutrophisations de nos lacs⁽³⁾

Le processus de décomposition de la matière organique consomme l'oxygène dissous dans l'eau; cet oxygène qui est essentiel à la vie des poissons et de plusieurs types d'organismes marins. L'augmentation des nutriments contribue aussi de façon directe à la prolifération d'algues dans les lacs et cours d'eau. Donc plus il y aura de matière organique lessivée lors des ruissellements, moins il y aura de biodiversité dans nos lacs. Finalement, l'eau de pluie non traitée peut contenir des polluants toxiques (huile usée, zinc, plomb, etc.) qui menacent la santé humaine lorsqu'ils intègrent la chaîne trophique. La figure suivante illustre ce phénomène.

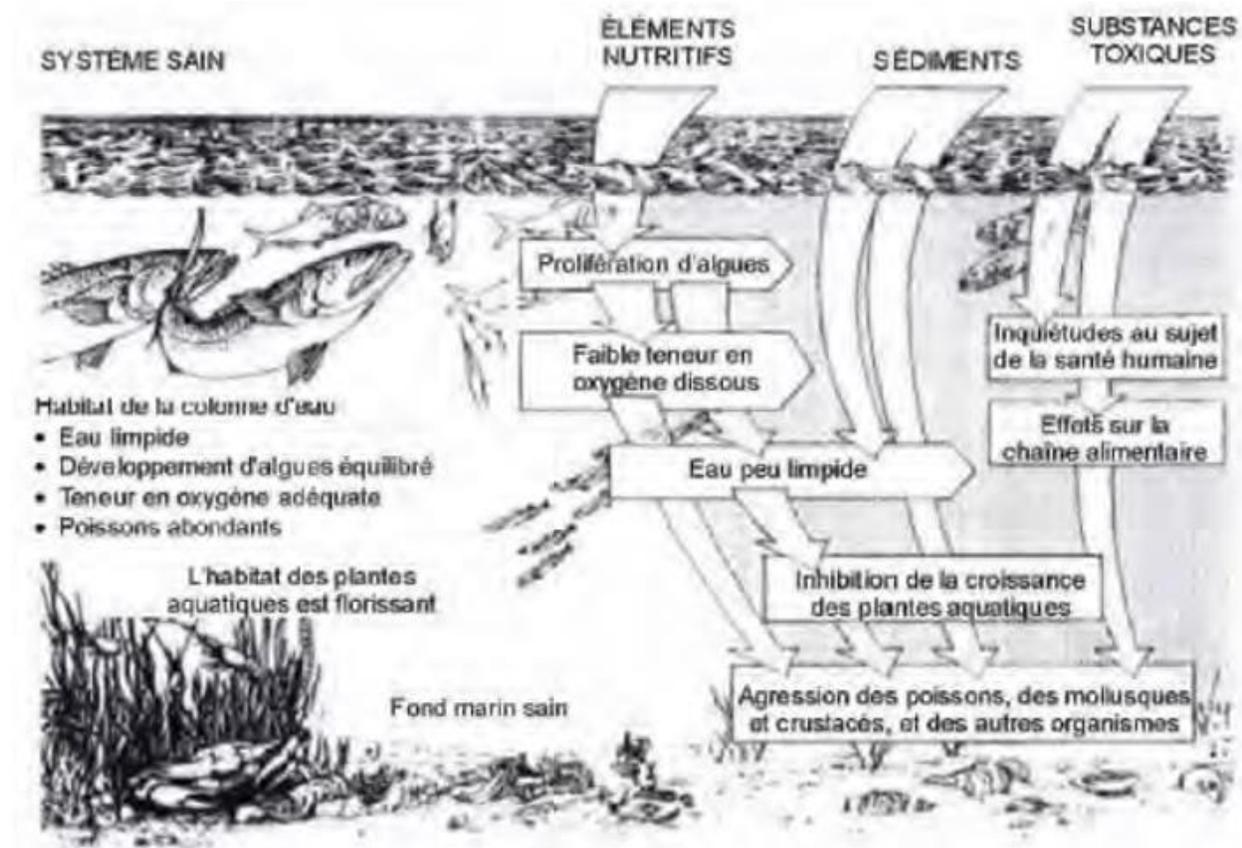


Figure 2,6 impacts de l'érosion sur la vie aquatique ⁽³⁾

Pour résumé, soulignons que Hollis (1975) et plusieurs autres chercheurs ont indiqué qu'il n'était pas rare qu'un événement pluviométrique associé auparavant à une période de récurrence de 1 fois dans 10 ans devienne, avec une urbanisation accrue, un événement beaucoup plus fréquent, avec par exemple une période de récurrence de 1 fois dans 2 ans. ⁽³⁾ Parmi les principales conséquences, on retrouve notamment :

- Un débit de pointe des cours d'eau deux à cinq fois supérieur aux niveaux antérieurs à l'urbanisation;
- Des inondations pouvant être plus fréquentes et plus importantes;
- Une baisse du débit de base des cours d'eau durant les périodes de sécheresse prolongées, en raison de la baisse de l'infiltration dans le bassin versant;
- Une eutrophisation accélérée de nos lacs.

Par ailleurs, l'augmentation d'occurrence des événements pluviométriques extrêmes fait en sorte que les réseaux d'égouts pluviaux et sanitaires urbains sont souvent incapables d'accomplir leur fonction correctement. La pression sur nos élus municipaux sera donc très forte pour trouver des solutions intelligentes.

iv. Responsabilité civile des municipalités

Les municipalités sont généralement propriétaires des réseaux d'égout pluvial, ce qui leur confère une certaine responsabilité civile dans la gestion des eaux de pluie. Ainsi, elles font parfois l'objet de réclamations lorsque des résidences subissent des refoulements ou des inondations lors de forts orages. Cette préoccupation n'est pas que théorique. Les événements pluviométriques extrêmes causent des dommages matériels et psychologiques importants. Comme on peut le constater à la figure 2,7, durant la dernière décade, Montréal a vu son nombre de réclamations exploser.

J'avise ici le lecteur que bien que ce tableau provienne de la gestion des eaux pluviales de Montréal (2014). Je n'ai pas vérifié si chacune des réclamations illustrées est attribuable à une inondation ou à une autre cause. Je n'ai d'ailleurs pas déterminé le coefficient de corrélation entre le nombre de réclamations et le nombre d'événements pluviométriques hors norme pour chacune des années.

Par contre, l'institut de la statistique du Québec nous informe que la croissance démographique de Montréal s'est accrue d'environ 4% entre 2002 et 2012. ⁽¹⁵⁾ On constate donc que la croissance moyenne des réclamations durant la même période est beaucoup plus variable et forte ($\approx 1\ 100\ %$) que la croissance démographique.

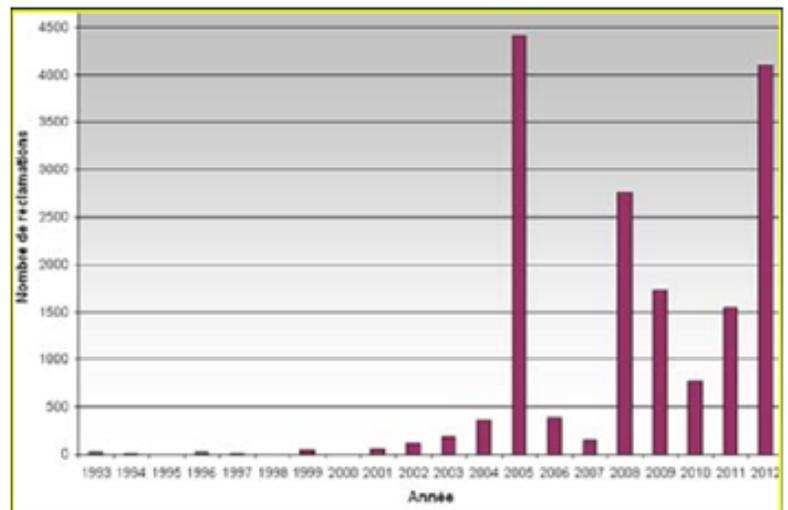


Figure 2,7 Nombre de réclamations des Montréalais de 1993 à 2012 ⁽⁸⁾



Préjudices matériels ⁽⁸⁾

v. Réaction des municipalités et état actuel

Le Québec, comme la majorité des pays industrialisés, fait face au vieillissement de ses infrastructures (Organisation de coopération et de développement économiques, 2004). Selon statistique Canada, les infrastructures canadiennes de drainage des eaux avaient atteint en 2003 52 % de leur vie utile ⁽⁶⁾. L'état des réseaux d'aqueduc et d'égout est particulièrement préoccupant à Montréal étant donné que leurs âges sont probablement plus élevés que la moyenne de l'ensemble des réseaux canadiens. La stratégie de surdimensionnement perpétuelle des infrastructures n'est d'ailleurs pas viable financièrement et ne fait que repousser le problème sans le régler. Après la philosophie du « tout à l'égout » où on utilise un réseau d'égout unitaire qui canalise autant l'eau de ruissellement que les eaux domestiques usées vers les usines de filtration, les nouveaux développements ont adopté des réseaux d'égout séparant les eaux pluviales et domestiques. Bien que les réseaux séparatifs aient contribué au soulagement des usines de filtration, les eaux pluviales doivent tout de même être traitées avant d'être relâchées dans les milieux récepteurs naturels. Les municipalités ont donc construit des bassins de rétention, avec ou sans infiltration dans le sol, pour traiter le drainage des aires communes comme les rue ou les stationnements. Ces ouvrages ont cependant l'inconvénient de réchauffer l'eau avant de la relâcher et d'engendrer une charge foncière significative.

vi. Gestion Responsable des Eaux de Pluie

Bien que nécessaires, les ouvrages collectifs de traitement des eaux de pluie nous éloignent du principe de l'infiltration le plus près possible de la source. De plus, ils déresponsabilisent le citoyen quant à la gestion des eaux de pluie qui tombe chez lui. Il nous semble donc des plus pertinent de proposer des aménagements en accord avec une vision durable des eaux de pluie. L'objectif de la gestion durable des eaux de pluie (GDEP) est d'inverser cette tendance qui consiste à récolter le plus rapidement possible les eaux de ruissellement à l'aide de puisards installés sur la surface pavée des rues ou des espaces de stationnement et à les acheminer dans des conduites souterraines. La GDEP tente plutôt d'approcher le plus possible le régime hydrologique qui existait avant l'urbanisation, en minimisant les volumes de ruissellement et en maximisant l'infiltration des eaux de ruissellement le plus près possible de la source ⁽⁶⁾.

Certaines villes ont tiré des leçons de ce changement de paradigme; les citoyens ne peuvent plus décharger simplement la responsabilité de leurs eaux de pluie sur nos municipalités. À titre d'exemple, la Ville de Toronto exige que les premiers 5 mm de toutes les précipitations soient complètement infiltrés sur le site ou près de la source. D'autres États, comme ceux du Maryland ou du Vermont, recommandent par ailleurs d'infiltrer une certaine quantité de pluie en fonction de la granulométrie des sols existants de la région. ⁽³⁾

3 : Les jardins de pluie; un biomimétisme

i. Un élément de solution

Depuis toujours, l'eau peut voyager à travers un écosystème et être filtrée par les plantes, la terre et les bactéries qui s'y trouvent. En nous inspirant de la faculté naturelle des milieux humides à épurer l'eau, nous pensons que l'intégration de jardins de pluie sur un grand nombre de terrains résidentiels, commerciaux, industriels et institutionnels serait un élément de solution appréciable pour une gestion des eaux pluviales plus saine. Pour des maisons jumelées, en rangées ou les multiplex, un jardin de pluie pour quelques unités d'habitation pourrait faire baisser les coûts par unité de logement. En y incluant un potager communautaire adjacent ou une aire de repos par exemple on favoriserait la socialisation et l'implication citoyenne qui sont indispensables à l'adoption d'une gestion durable des eaux de pluie, qui est souvent absente actuellement.

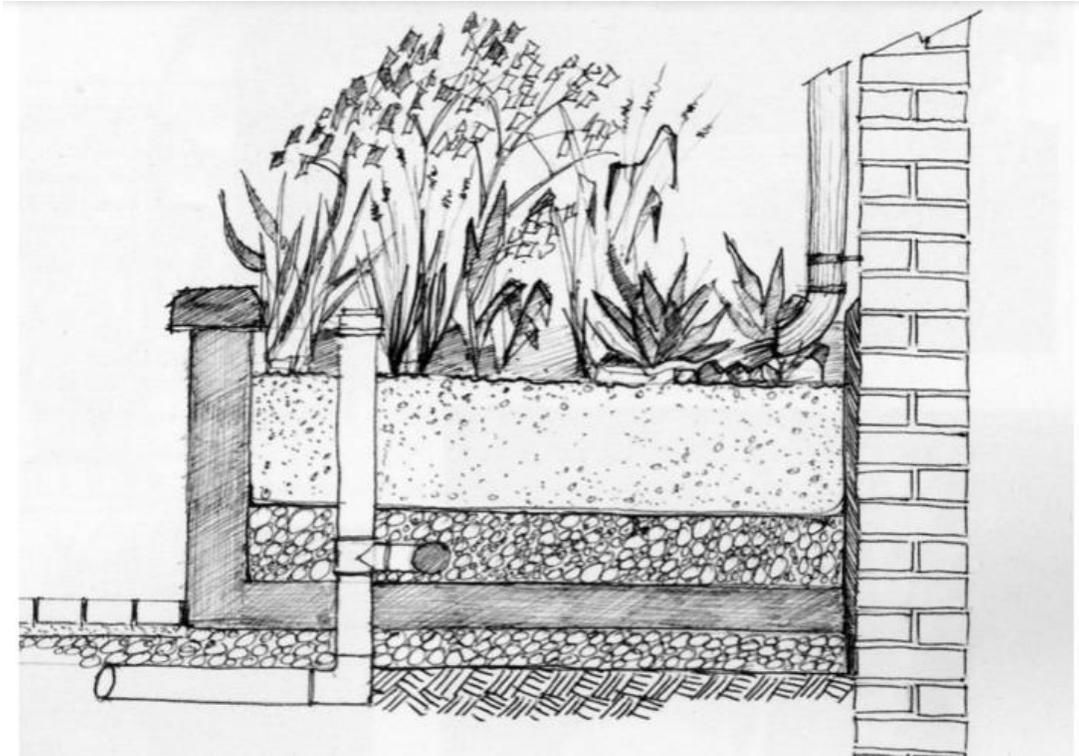


Figure 3,1 Jardin de pluie type avec un trop-plein

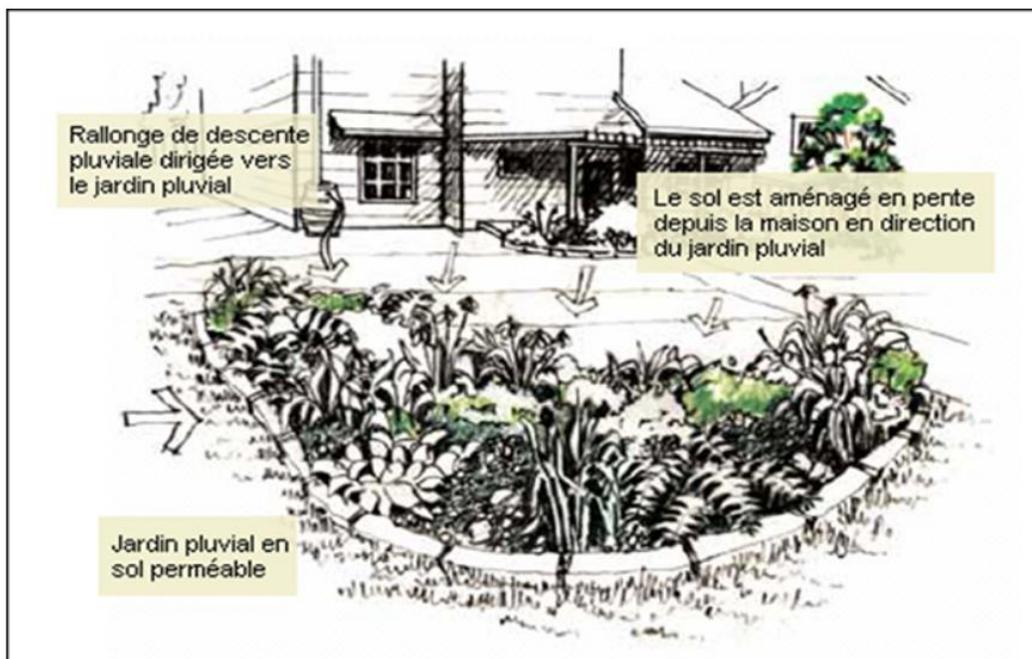


Figure 3,2 Exemple de jardin de pluie (SCHL)

ii. Bio filtration et bio rétention

Les micro-organismes des jardins de pluie permettent d'extraire les composés d'azote, et d'absorber une partie du phosphore présent dans l'eau de pluie non traitée. Dans ces jardins, on retrouve des bactéries qui décomposent la matière organique en suspension et les transforment en phosphate et en nitrate. Ces derniers jouent le rôle d'engrais pour les plantes et les coliformes fécaux y sont ainsi éliminés. ⁽⁴⁾ En termes simples, la bio filtration des jardins de pluie élimine ou transforme les polluants à l'origine de la prolifération des algues bleues et de l'eutrophisation de nos lacs.

On peut aussi compter sur la bio rétention des jardins de pluie nous fournir plusieurs services écosystémiques. En effet, les jardins de pluie sont autant de stocks tampons qui retiennent temporairement les eaux de pluie. Ils réduisent donc les débits de pointes dans les milieux récepteurs en aval en désynchronisant leur arrivée. De plus, les plantes des jardins de pluie consomment l'eau par évapotranspiration et favorisent son infiltration dans le sol via leur système racinaire. La bio rétention permet ainsi de minimiser la portion des eaux de ruissellement qui devra être acheminée au réseau d'égout, et ce, en accord avec le principe de gestion à la source des eaux de pluie.

iii. Impacts quantitatifs et qualitatifs

Comme on l'a vu plus haut, la gestion traditionnelle des eaux pluviales consiste à canaliser le plus rapidement possible les eaux de ruissellement dans des conduites souterraines. On comprend intuitivement que les débits de pointes ainsi que les débits d'étiage (c'est-à-dire les plus faibles débits des cours d'eau) dans les milieux récepteurs seront nécessairement affectés par cette approche. Le graphique suivant nous montre d'ailleurs que l'amplitude des débits est plus forte, que le cycle débute plus rapidement et qu'il dure moins longtemps avec une gestion traditionnelle des eaux de pluie. On peut cependant inverser ce phénomène avec une gestion durable des eaux de pluie.

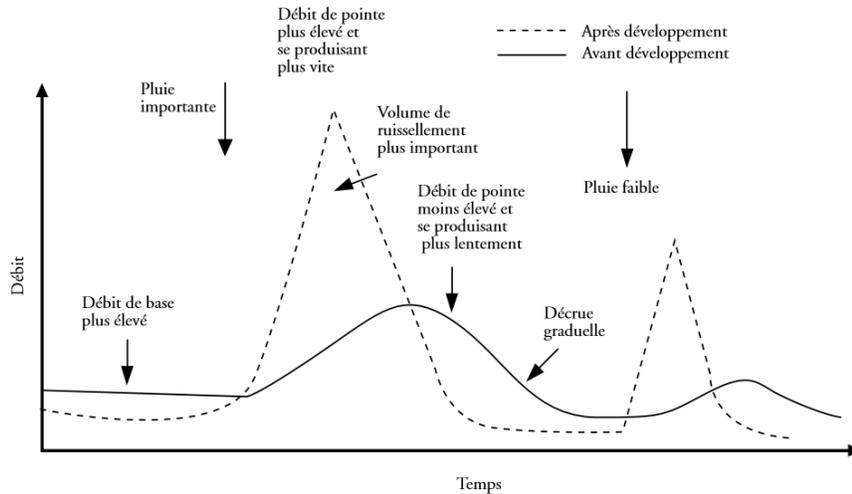


Figure 3,3 Débits des cours d'eau avant et après urbanisation ⁽³⁾

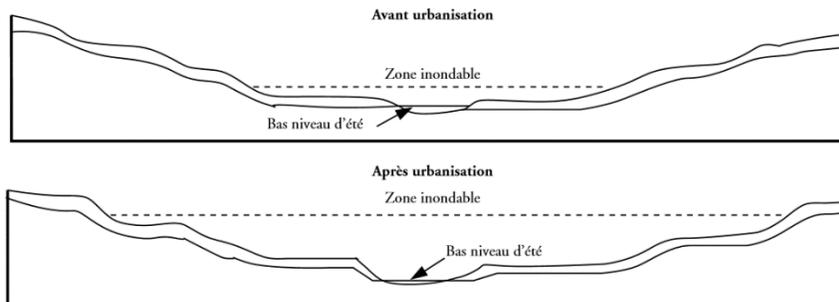


Figure 3,4 Débits d'étiage avant et après urbanisation ⁽³⁾

Comme en témoigne le graphique 3,4, dans les bassins à terrains imperméables, les nappes phréatiques n'emmagasinent pas beaucoup d'eau. Par conséquent, en périodes de pénurie pluviométrique elles n'arrivent pas à soutenir l'écoulement de surface longtemps ⁽⁵⁾. Dans cet esprit, une étude de la U.S. EPA (1983), souvent citée dans la littérature, insiste sur le fait qu'il importe de ne pas se préoccuper uniquement des pluies fortes de faible récurrence (50 ans, 100 ans), qui sont plus intenses, mais plus rares, pour se concentrer également sur les pluies plus fréquentes et moins importantes (pluie inférieure à une récurrence de 2 ans par exemple). Car malgré la faible quantité de chaque occurrence, elles représentent annuellement une part très importante de la pluviométrie totale. Ces pluies sont donc celles qui ont l'impact le plus significatif sur la qualité des eaux des cours d'eau et des lacs, sur la recharge de la nappe souterraine qui maintient les débits d'étiage et sur l'érosion des berges des cours d'eau. ⁽⁶⁾ Voilà pourquoi nous plaçons en faveur d'une GDEP.

La hausse de la qualité et de la quantité d'eau a un impact évident sur le commerce par voies maritimes, les sports nautiques ou la valeur foncière des propriétés riveraines pour ne nommer que ceux-là. Mais outre leurs bénéfices quantitatifs, les jardins de pluie peuvent avoir un bienfait important sur notre qualité de vie s'ils sont bien conçus, bien construits et bien entretenus. En constituant une importante réserve pour la biodiversité et en offrant des zones d'alimentation, de reproduction, d'abri, de refuge et de repos pour de nombreuses espèces allant des micro-organismes aux insectes, amphibiens, reptiles, oiseaux, poissons et mammifères, ces écosystèmes peuvent aussi enrichir considérablement l'expérience offerte par le paysage.

iv. Utilisation paysagère

En contexte résidentiel, l'aménagement de jardins de pluie constitue une excellente opportunité de sensibilisation quant à la protection de l'eau. En y intégrant une aire de repos et des arbres matures en périphérie par exemple, on peut accentuer le sentiment de plénitude et de paix inhérentes à la présence de cette ressource vitale. En contexte urbain, il faut voir l'eau de ruissellement comme une ressource plutôt qu'une nuisance. Des exemples à l'international nous montrent qu'il est possible de bonifier le paysage urbain par l'intermédiaire des eaux de pluie.



Mise en valeur des eaux de pluie, Suède. ⁽⁶⁾



Mise en valeur des eaux de pluie, USA. ⁽⁶⁾

La présence d'espaces végétalisés servant à l'infiltration des eaux de pluie accroît la superficie d'espaces verts d'un quartier. Ces espaces verts améliorent ses qualités esthétiques, augmentent la qualité de son air et réduisent les effets des îlots thermiques inhérents aux grands centres urbains.

Ce type de projets est pourtant loin d'être exempt de défis. Ils impliquent des sciences comme la climatologie et l'écologie qui étudient des systèmes qui ont trop de variables et trop d'interaction entre elles pour être modélisées à 100%. La théorie du chaos ne nous enseigne-t-elle pas que l'horizon temporel de prédictibilité d'un système complexe décroît à mesure que le nombre de variables, de ses interactions ainsi que l'ampleur de ses boucles de rétroactions augmente? En intégrant la dimension chimique, biologique et environnementale à nos projets d'aménagement qui se veulent esthétiques, mais qui s'intègrent eux-mêmes à l'ingénierie civile ainsi qu'à l'architecture des bâtiments, on comprend vite le niveau de complexité inhérent à un projet qui répond aux exigences techniques autant qu'à l'acceptabilité sociale. Le but étant de créer un aménagement avec un équilibre écosystémique, une approche multidisciplinaire nous semble donc nécessaire.

v. Limite et mises en garde

La conception d'un jardin de pluie implique la considération de différentes contraintes. Sans prétendre l'exhaustivité, voici quelques règles de base.

- Pour éviter toute contamination de la nappe phréatique une distance minimale de 1 m devrait être maintenue entre le dessous de l'aire de bio rétention et le dessus de la nappe phréatique
- Parce qu'un sol humide prend plus d'expansion lorsqu'il gèle que lorsqu'il est sec une distance minimale de 2 mètres entre les bâtiments et le jardin de pluie est exigée. De cette façon, on ne risque pas de provoquer un problème latent d'infiltration d'eau.
- Pour réduire les risques de noyades, certaines municipalités réglementent les accès et la profondeur des plans d'eau. Une consultation des règlements municipaux applicables est préconisée.
- En période hivernale, il peut arriver que le système de trop-plein ne fonctionne pas à cause de la glace. On doit donc prévoir un évacuateur de crue un peu plus haut que l'embouchure du trop-plein. Cet élément sera aussi utilisé pour des événements pluviométriques extrêmes de très faible récurrence.

vi. Biodiversité végétale et biodiversité

Dans la zone centrale du jardin de pluie, les végétaux devront être choisis en fonction de leur résistance aux fortes variations hydriques, aux sels de déglçage ainsi qu'aux autres sources de pollution (huile usée, plomb, zinc, etc.). Les zones plus périphériques étant moins contraignantes, le choix sera plus grand. Mais comme pour les bandes riveraines, un mix d'herbages, d'arbustes et d'arbres augmentera l'efficacité de traitement, la durabilité face à l'érosion et l'aspect naturel de l'aménagement. On évitera évidemment les végétaux envahissants. Le gouvernement du Québec interdit d'ailleurs depuis 2012 l'utilisation de la phragmite australis dans le cadre d'aménagement de marais filtrants, car elle remplace complètement la flore naturelle et appauvrit la biodiversité des écosystèmes qu'elle colonise. Et ce, bien que cette plante, mieux connue sous le nom de roseau commun, détient des caractéristiques recherchées pour l'épuration des eaux, grâce entre autres à son important système racinaire. ⁽⁶⁾

CONCLUSION

i. Les fondations des trois piliers du développement durable

Dans notre monde où tout se recycle et se transforme, la vie n'existerait pas s'il n'y avait pas d'abord eu la mort. Les constituants fondamentaux de la matière ne sont-ils pas nés du Big Bang et de la réaction nucléaire au cœur des étoiles qui expulsent, en une violente explosion, leur production à la fin de leur vie? L'énergie et la matière circulent et se transforment continuellement dans tout écosystème. Herbivores et carnivores; proies, prédateurs et super prédateurs; charognards, détritivores, champignons et bactéries; décomposition, reminéralisations et reproduction de matières végétales. Dans un Univers infini, la mort est à la fois destruction et création. Et cette destruction créatrice est aussi dans la nature du capitalisme.

Par sa liberté d'entreprendre et la concurrence qu'il implique, le capitaliste engendre un processus darwinien qui sélectionne les entreprises les plus aptes à offrir ce que la demande veut, c'est-à-dire rendre disponible en temps, en lieux et au meilleur rapport qualité/prix possible, l'ensemble des produits et services consommés par une population. Les perspectives d'enrichissements personnelles et la pression concurrentielle poussent les entreprises à innover. Les plus grands succès commerciaux ne sont-ils pas le résultat d'innovations? Au final, le cumul d'innovations technologiques, commerciales, logistiques et opérationnelles fait baisser les coûts de production et par conséquent, les prix de vente. Résultat, nous consacrons une part beaucoup plus faible de nos revenus pour manger, se vêtir et se loger, ce qui nous laisse plus de revenus pour nous divertir, voyager, communiquer et nous scolariser. En définitive, le capitalisme tend à augmenter le niveau de vie moyen des consommateurs par un accroissement de notre productivité. Il suffit de regarder quelques siècles en arrière pour s'en convaincre. L'innovation, la hausse de la productivité et ultimement notre qualité de vie, est en grande partie tributaire du fait que chaque être vivant de la planète, incluant les entrepreneurs, cherche constamment à améliorer leur sort. Et l'argent que l'on possède ou ne possède pas influence grandement nos possibilités d'améliorer ce sort. Voilà qui donne à l'économie toute sa place dans la vision d'un développement durable de l'humain.

L'innovation n'est pas seulement le moteur de l'économie; elle est le moteur de la vie. Depuis environ 3,8 milliards d'années, la vie innove sur notre planète pour s'adapter aux changements continuels de son environnement ⁽¹⁴⁾. Suite à l'apparition de l'agriculture, il y a environ 10 000 ans, l'Homme a vu naître les premières grandes villes. Et presque 8 000 ans plus tard, les premières démocraties sont apparues. Par de nombreuses innovations, la vie en société a considérablement évolué depuis ce temps. Mais aujourd'hui nous savons que la stabilité politique et le dynamisme de nos sociétés nécessitent une économie inclusive; c'est-à-dire une société où chaque individu a la chance de s'intégrer et de participer au bien collectif. En contre-exemple, on peut citer le cas de la Guinée. Bien que ce pays soit doté de certaines des réserves de minéraux les plus convoités de la planète, dont une réserve de minerai de fer de 20 milliards de tonnes, des diamants, de l'or, des quantités indéterminées d'uranium, et la plus grande réserve mondiale de bauxite qui totalise près de 40 milliards de tonnes, 55 % de ses 11 millions d'habitants vivent avec moins de 1,25 dollar par jour ⁽¹³⁾. Les habitants d'un pays riche vivent parfois dans la pauvreté si la corruption et la dictature se renforcent au détriment de la liberté et de l'égalité des chances. Comment cela est-il possible? Simplement parce qu'environ 70% du produit intérieur brut des pays développés provient de la consommation des individus. Le 30% restant résulte des investissements des entreprises, des dépenses gouvernementales et des exportations nettes. Cela signifie que plus les citoyens sont exclus, plus la croissance économique ralentit et plus le gouvernement se verra privé de ses revenus d'impôt et de taxes. Ce sont ces revenus qui lui permettent d'établir un système d'éducation accessible, de favoriser l'égalité des chances, de faire reculer l'ignorance collective et en définitive, de favoriser une saine démocratie. Ce sont ces mêmes revenus qui lui permettent de voter et de faire respecter les lois qui encadreront le capitalisme pour que la maximisation des profits personnels ne se fasse pas au détriment de l'intérêt collectif.

En somme, plus la démocratie s'affaiblit, plus l'exclusion sociale augmente. Et plus l'exclusion sociale augmente, plus la démocratie s'affaiblit. Mais heureusement, ce phénomène en spirale peut fonctionner dans les deux sens. Il est de notre responsabilité collective de s'assurer que ce sens est le bon. En tant qu'animal grégaire, nous constatons ici l'inhérence du pilier social dans le développement durable de l'humain.

Le développement axé sur la consommation d'énergie et des ressources naturelles, suivies du rejet de ses polluants est évidemment insoutenable à long terme. Compte tenu de la croissance démographique et de l'accession de la population des pays en voie de développement au mode de vie occidental, on peut anticiper une augmentation des gaz à effet de serre d'origine anthropique. L'augmentation de la température terrestre moyenne, la fonte de la calotte polaire ainsi que du pergélisol et l'élévation du niveau moyen des mers se répercutent sur l'accès à l'eau, l'agriculture, la disparition d'habitat, l'acidification des océans, etc.⁽¹⁵⁾ Dans ce contexte, une déstabilisation géopolitique est à craindre.

Dans une perspective de développement durable, les piliers social et économique doivent évoluer en parallèle; mais leur développement doit aussi tenir compte de ce que les écosystèmes peuvent supporter. L'humain ne peut se passer de tout ce que la nature fait gratuitement pour lui; la filtration de l'air et de l'eau, la production d'oxygène, le contrôle biologique des insectes envahisseurs ou des pathogènes naturels, ainsi que la pollinisation des végétaux sont des exemples qui démontrent la nature symbiotique de la vie. Notre écosphère se comporte comme un macroorganisme. Et par le bon vieux mécanisme darwinien, il se débarrassera de ses éléments pathogènes sans aucun remords; même si cet élément est sa créature la plus évoluée.

Le concept des trois piliers du développement durable est un cadre d'analyse général qui oriente nos interventions vers une vision systémique, et ce, dans plusieurs disciplines. La réflexion sur les fondements de ces trois piliers nous a cependant conduits à repenser plus spécifiquement le processus de design du paysage pour qu'il soit lui aussi plus holistique et donc plus durable



(12)

ii. Design du paysage et développement durable



Comme on a pu le voir tout au long de ce document, nous avons défendu le design du paysage qui répond aux critères esthétiques et fonctionnels tout en servant l'intérêt de notre écosphère. En effet, sur le plan économique, le jardin de pluie soulagerait nos infrastructures pluviales et sanitaires. Conséquemment il réduirait nos comptes de taxes ou du moins il réduirait les augmentations. Sur le plan social, il favoriserait la pérennisation des activités nautiques (baignade, pêche, voile, etc.), augmenterait la qualité de vie et contribuerait à l'équité intergénérationnelle. Et finalement sur le plan environnemental, il contribuerait à la préservation de l'eau tout en nous offrant des services écosystémiques. L'analogie entre les trois piliers du développement durable et les trois fonctions du design systémique saute aux yeux. Par conséquent, nous je crois que malgré les importants enjeux et défis qu'elle implique, la gestion durable des eaux pluviales par la multiplication des jardins de pluie permettrait d'apporter des solutions locales à un problème global. Et en définitive, une plus grande symbiose entre l'Homme urbanisé et sa planète.

ANNEXES

Verdissement des stationnements et bassin de biorétention, la corporation d'habitation Jeanne-Mance, Clotilde Tarditi Brigitte Laliberté, 12 Mars 2014, repère a :
http://www.habitation.gouv.qc.ca/fileadmin/internet/documents/SHQ/colloque_gestionnaire_tech_nique/2014/Stationnement_ecologique.pdf

BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES

1. Gleick, P. H. 1996 : Water resources. dans l'Encyclopaedia of Climate and Weather.
2. L'eau : une ressource limitée ?, FreshWaterWatch, repère a :
<https://freshwaterwatch.thewaterhub.org/fr/content/leau-une-ressource-limitee>
3. Guide de gestion des eaux pluviales, Développement durable, Environnement et lutte contre les changements climatique, Québec, mars 2014, repère a :
<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm>
4. Les marais filtrants, nouvelle source d'énergie, Benjamin Tanguay, La Presse, 03 février 2012, repère a : <http://www.lapresse.ca/environnement/201202/03/01-4492173-les-marais-filtrants-nouvelle-source-denergie.php>
5. Les débits d'étiage et le tarissement des nappes, université de Lyon, repère a : http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2008.meurer_m&part=151515
6. La gestion durable des eaux de pluie, Québec, repère a :
http://www.mamrot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/urbanisme/guide_gestion_eaux_pluie_partie_1.pdf
7. Infiltrer les marais, Sophie Arbour, le journal indépendant des étudiants de l'université de Montréal, Quartier Libre, 12 novembre 2014, repère a :
<http://quartierlibre.ca/marais/>
9. La gestion des eaux pluviales, Prévenir les impacts des pluies intenses : le réseau d'égout n'est pas un trou noir, ville de Montréal, Juin 2014, repère a :
http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/D_DURABLE_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PT_DC_gestion_eaux_pluviales_HL.PDF
10. Carbonifère, Wikipédia, repère a : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Carbonif%C3%A8re>
11. Urbanisation, Wikipédia, repère a : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Urbanisation>
12. Comparaison entre la superficie du Québec et celle d'autres pays, 2011, institution de la statistique, Québec, repère a :
http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/quebec_statistique/ter_ter/ter_ter_3.htm

13. Développement durable, Wikipédia, repère a :
https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9veloppement_durable
14. Ressources minières : la fin d'une malédiction?, Kingsley Ighobor, Afrique Renouveau, ONU, avril 2014, repère a : <http://www.un.org/africarenewal/fr/magazine/avril-2014/ressources-mini%C3%A8res-la-fin-d%E2%80%99une-mal%C3%A9diction>
15. L'histoire de la terre et de la vie, hominides, repère a :
<http://www.hominides.com/html/chronologie/chronoterre.php>
Réchauffement climatique, Wikipédia, repère a :
https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9chauffement_climatique#Mont.C3.A9e_des_eaux
Dynamique migratoire de l'agglomération de Montréal 2013-2014 repère a
16. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/MTL_STATS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/DYNAMIQUE_MIGRATOIRE_2013-2014.PDF