

Université de Montréal

La résilience aux inondations à travers les infrastructures vertes et bleues en contexte québécois

Par

Santiago Varsi

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Maîtrise en aménagement, option ville, territoire
et paysage

Décembre 2022

© Santiago Varsi, 2022

Université de Montréal

Faculté de l'aménagement

Ce mémoire intitulé :

La résilience aux inondations à travers les infrastructures vertes et bleues en contexte québécois

Présentée par :

Santiago Varsi

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Shin Koseki, président

Isabelle Thomas, directrice de recherche

Charlotte Heinzlef, membre du jury

Résumé : Le besoin d'agir face aux inondations n'a jamais été aussi pressant. Le Québec a connu dernièrement des épisodes exceptionnels qui rendent à l'évidence la vulnérabilité des communautés face aux inondations, notamment d'un point de vue des infrastructures. Il est temps de réaliser un virage vers des innovations de l'aménagement qui seront davantage inclusives de l'eau. Dans cet esprit, les infrastructures vertes et bleues pourraient offrir une solution complémentaire aux infrastructures plus traditionnelles, étant plus respectueuses de l'environnement ainsi que des personnes, caractérisées par une flexibilité qui vient compenser l'incertitude climatique présentement vécue. Ce mémoire de recherche vise à étudier et cadrer le concept d'infrastructures vertes et bleues afin de proposer un scénario adapté au contexte québécois. L'exercice a permis de proposer des interventions théoriques à deux échelles complémentaires, misant sur les réalisations des acteurs de l'eau ainsi que du laboratoire de recherche dans lequel ce mémoire prend place.

Abstract: The need to act in the face of floods has never been more crucial. Quebec has recently experienced exceptional episodes that highlight the vulnerability of communities to flooding, particularly from an infrastructure point of view. It is time to shift towards planning innovations that will be more inclusive of water as a resource. In this spirit, green and blue infrastructures could offer a complementary solution to more traditional interventions, being more respectful of the environment as well as people and characterized by a flexibility that can potentially compensate for the climatic uncertainty currently experienced. This thesis aims to study and adapt the concept of green and blue infrastructure to the province of Quebec, by developing a project proposal. This exercise yielded the proposal of theoretical scenarios at two complementary scales, building off local and regional interventions as well as some of the work realized by the research group in which this project takes place.

Mots-clés : hydrologie, aménagement en zone inondable, vivre avec l'eau, résilience face aux inondations, infrastructures vertes et bleues

Keywords: Hydrology, floodplain development, living with water, flood resilience, blue-green infrastructure

Table des matières

1. Liste des sigles et abréviations.....	8
2. Un besoin urgent d’agir et innover	9
2.1. Un environnement évolutif.....	10
2.2. But et méthodologie de la recherche	14
3. Territoire à l’étude	17
4. Vers la résilience	23
4.1. La résilience urbaine face aux inondations.....	23
4.2. Des aménagements inclusifs et responsables	26
4.3. Réalisations basées sur les IVB.....	32
5. Mise en commun et applicabilité des IVB au contexte québécois	48
5.1. Apprentissages.....	48
5.2. Scénarios adaptés au Québec	63
6. Conclusion.....	84
Références	86
Annexe	92

Liste des figures

Figure 1 Les conséquences de la crue printanière de 2019 dans le quartier de Cartierville à Montréal, Québec.	9
Figure 2 Un milieu humide type au Québec.	12
Figure 3 Le projet de renforcement de la digue de Saint-Marthe-sur-le-Lac à la suite des inondations de 2019.	13
Figure 4 De gauche à droite : Sanya Mangrove Park, Sanya City, Chine ; Tanner Spring Park, Portland ; SW 12th Avenue Green Street, Portland.	15
Figure 5 Saint-André-d'Argenteuil et ses secteurs à proximité de l'eau.	17
Figure 6 Diagnostic d'une crue 100 ans à Saint-André-d'Argenteuil.	19
Figure 7 Le territoire de la zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE) du bassin versant de la rivière du Nord.	21
Figure 8 Exemple d'étude portant sur les outils d'évaluation de la résilience.	24
Figure 9 Exemple de méthodologie employée afin de relever les principaux indicateurs de résilience face aux inondations.	25
Figure 10 Le parc Jean-Drapeau, à Montréal, est conçu avec une stratégie de captation et de filtration des eaux pluviales et du fleuve Saint-Laurent.	27
Figure 11 Apparition des concepts d'aménagement durable à travers les années.	29
Figure 12 Éventail de concepts connexes.	31
Figure 13 Le Kristalbad sert à retenir et filtrer de grands volumes d'eau dans un contexte de gestion des eaux régional.	34
Figure 14 Un parc fluvial en milieu établi, Singapour.	35
Figure 15 Une conception centrée sur le bien-être.	37
Figure 16 Stratégies de gestion durable des eaux de pluie du plan RISA à Hambourg, Allemagne.	38
Figure 17 Les Green Streets de Portland assurent un drainage naturel des rues, en plus d'un embellissement du quartier.	40
Figure 18 Création de milieux humides pour un drainage durable des eaux urbaines à Staten Island. ...	42
Figure 19 Des IVB pour la gestion des eaux fluviales à l'échelle du quartier et de la municipalité à Staten Island, NY.	43
Figure 20 L'IVB vivante du parc de Billancourt en France.	43
Figure 21 La trame verte et bleue de la CMM et ses 150 projets.	46
Figure 22 Les efforts de remise au naturel du sol prennent toutes sortes de formes et de tailles.	50

Figure 23 Exemple de système de drainage urbain durable (Sustainable Urban Drainage System, SUDS), un type d'IVB conçu spécifiquement pour la gestion des eaux pluviales en milieu urbain.....	51
Figure 24 La CMQ a également sa propre trame verte et bleue.	53
Figure 25 Les rues de Sheffield, au Royaume-Uni, font preuve de collaboration entre éléments bleus, verts et gris.	58
Figure 26 L'autorité de conservation LSRCA sur place, à Forest Glen Road, Ontario, pour un effort de consultation dans le cadre d'un projet de gestion des eaux fluviales.	60
Figure 27 Les étapes d'une gestion durable des eaux à l'échelle du bassin versant localisées, par ordre d'intervention.	61
Figure 28 La problématique et les opportunités de la gestion des eaux intégrée.	62
Figure 29 Mise en contexte des inondations récentes à Saint-André-d'Argenteuil.....	65
Figure 30 Opportunités d'aménagement résilient telles qu'identifiées par l'équipe ARIACTION.....	66
Figure 31 Illustration d'un réseau d'IVB fictif pour la municipalité de Saint-André-d'Argenteuil.	67
Figure 32 La carrière au centre de la municipalité de Saint-André-d'Argenteuil, un territoire à prendre en charge.	68
Figure 33 Le parc Bishan-Ang Mo Kio, à Singapour, récolte les eaux de pluie et les redirige là où elles sont filtrées.	68
Figure 34 Les bluebelts de Staten Island.	69
Figure 35 Restauration écologique de la plage Surfers' Point, à Ventura, Californie.....	70
Figure 36 Exemple d'aménagement centré sur les IVB à la Baie Carillon. En haut, « avant », en bas, « après ».....	72
Figure 37 Parc de Billancourt « mouillé », Boulogne-Billancourt.	73
Figure 38 Les enjeux principaux liés aux inondations à l'échelle du bassin versant de la rivière du Nord.76	
Figure 39 Proportion des rives à l'état naturel des cours d'eau du bassin versant de la rivière du Nord..	77
Figure 40 Usage agricole du sud du bassin versant de la rivière du Nord.....	78
Figure 41 Réseau d'interventions structurelles et non-structurelles pour le bassin versant de la rivière du Nord.	80
Figure 42 Le bassin de rétention et de filtration à trois étapes du Kristalbad, au Pays-Bas.	81
Figure 43 Un projet d'envergure en plein centre-ville de Toronto.....	81
Figure 44 Leçons d'une enquête auprès de fermiers en zone inondable au Massachusetts.	82

1. Liste des sigles et abréviations

BMPs : *Best Management Practices*

BV : bassin versant

CC : changements climatiques

IG : infrastructure grise

IVB : infrastructure verte et bleue

LID : *Low Impact Development*

MAMH : ministère des Affaires municipales et de l'Habitation

MELCC : ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

MSP : ministère de la Sécurité publique

OBV : organisme de bassin versant

SÉ : service écosystémique

STADA : Saint-André-d'Argenteuil

SUDS : *Sustainable Urban Drainage Systems*

2. Un besoin urgent d'agir et innover

Les inondations représentent à l'échelle mondiale les catastrophes les plus fréquentes et les plus dévastatrices. L'évènement responsable du plus haut nombre de décès en 2019 fut une inondation, en Inde, causant la mort de 1900 individus et plus de 5000 victimes au totales, ayant perdu la vie à l'échelle mondiale. Au compte de 194 épisodes enregistrés, les inondations ont causé des dommages totalisant 36.8 milliards de dollars US, pour la même année (CRED, 2020).

Le Québec, connaissant des épisodes moins intenses, n'échappe certainement pas à ce type d'aléa. Les crues printanières des années 2017 et 2019 furent particulièrement difficiles pour les québécois. Jugées en tant que crues « exceptionnelles », voir même historiques, ces inondations ont conjointement atteint des centaines de municipalités (293 en 2017 et plus de 240 en 2019) et des milliers de citoyens (plus de 4 000 en 2017 et plus de 10 000 en 2019) se voyant forcés d'évacuer leur domicile. La totalité des dommages matériels dépasse un milliard de dollars canadiens, tandis que les dommages immatériels demeurent difficilement quantifiables, représentant néanmoins un énorme enjeu (MAMH, Plan de protection du territoire face aux inondations, 2020).



Figure 1 Les conséquences de la crue printanière de 2019 dans le quartier de Cartierville à Montréal, Québec. Source : Pierre cb, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons. Disponible en ligne sur : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Inondations_2019_Parc_Belmont_Cartierville.jpg

2.1. Un environnement évolutif

Tandis que, d'une part, les inondations semblent être bien présentes dans le contexte climatique québécois, d'une autre, les changements climatiques (CC) rajoutent une dimension à prendre en compte en ce qui a trait à la gestion des risques. En effet, ce phénomène global aujourd'hui bien connu a comme effet, en quelques mots, d'amplifier ces catastrophes autrefois totalement normales et naturelles. Nous pouvons aujourd'hui, par rapport aux dernières décennies, observer le nombre de catastrophes, par année, augmenter de manière importante. Qu'il s'agisse du réchauffement climatique ou bien de la montée du niveau de l'eau accélérée, la situation courante concernant les CC ne fait qu'accentuer le besoin d'agir et de s'adapter (Oxfam international, 2022).

Le territoire québécois en est un qui est en contact étroit avec son hydrographie. Qu'il s'agisse de l'océan à l'est, le fleuve Saint-Laurent, les nombreuses rivières dont la rivière des Outaouais, les lacs, les cours d'eau, les ruisseaux ainsi que les milieux humides et les marais, l'eau est omniprésente. De plus, la province nordique connaît des hivers intenses, avec de grands froids et d'importantes quantités de neige. À l'autre extrême, des températures considérablement élevées, accompagnées de pluies intenses, sont de plus en plus communes en période estivale. Ainsi, les sources possibles d'inondations sont nombreuses : tempêtes et fortes pluies, fonte des neiges et crues printanières, embâcles de glace, etc. Par ailleurs, si les sources d'aléa peuvent varier, les résultats d'une année à l'autre varient tout autant. Tandis que certaines régions sont davantage exposées aux inondations régulières, la majorité des milieux à travers le Québec ont connu des situations extrêmes (notamment en 2017 et 2019) suivies de périodes calmes sans inondations majeures (en 2021 et 2022) (Marquis, 2022). Ces variables naturelles complexifient tout autant les prévisions météorologiques.

La problématique des inondations au Québec, ainsi qu'ailleurs dans le monde, n'est pas uniquement la cause d'évènements naturels et des CC. Elle est aussi liée au développement urbain du territoire. Afin de comprendre la réalité du risque d'inondation auquel font face les québécois, il faut s'attarder sur l'historique et les particularités du développement urbain de la province.

Le développement urbain au Québec a été marqué, notamment, par un important étalement urbain dans les années 1960, à la suite de la Deuxième Guerre mondiale. À partir de ce moment, la population québécoise s'est installée dans des endroits de choix, dont les berges des cours d'eau. L'urbanisation rapide et intense de la province, notamment dans le sud, sans les connaissances nécessaires relatives aux inondations, a conduit de nombreuses communautés à habiter des milieux à risque. La proximité à l'eau

joue alors un rôle à double fonction : un atout important, mais également un facteur de risque élevé (MAMH, Aménagement du territoire et urbanisme, 2010).

Le résultat de telles décisions de développement en contexte d'inondations est un nombre important de milieux urbains vulnérables. Une communauté urbaine vulnérable à un aléa est un milieu habité qui démontre des caractéristiques physiques, sociales et environnementales prédisposées à subir un préjudice important lors d'une catastrophe. Alors qu'une inondation importante peut causer des dommages à tout milieu habité, certaines communautés semblent être moins bien préparées à d'éventuels épisodes (Thomas & Gagnon, Coaticook : Analyse scientifique de la vulnérabilité intégrant l'implication des acteurs locaux et citoyens pour une ville et une communauté plus résiliente, 2019).

Au-delà d'une présence citoyenne dans une zone à risque, l'étalement urbain touche à une inquiétude supplémentaire, mais toute aussi essentielle, soit celle de la dégradation des milieux naturels, spécialement les milieux humides. Ces endroits étroitement en contact avec l'hydrographie jouent un rôle essentiel dans le bien-être des écosystèmes et, ainsi, dans la gestion des inondations. Les milieux humides sont caractérisés par une végétation, un sol et, par conséquent, une biodiversité adaptée au contexte aquatique, souvent en réponse à une saturation en eau importante, quoique temporaire. Il s'agit de milieux naturels « hybrides » entre le sec et le mouillé, tels que les marais et les étangs. En contexte d'inondation, ces unités de paysage peuvent aider à retenir, filtrer et ralentir le cours de l'eau. Malgré leur importance au sein de leur écosystème, les milieux humides sont souvent négligés et constamment durement impactés par l'étalement urbain (Canards Illimité Canada, 2013).



Figure 2 Un milieu humide type au Québec. Source : Technotrotteur, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons. Disponible en ligne sur : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f9/Marais_de_la_Grande_Baie_-_Oka.jpg

Un autre facteur important en lien avec la vulnérabilité face aux inondations est le vieillissement des infrastructures. En effet, à travers la province, ces dernières atteignent leur fin de vie et nécessitent une mise à jour. De plus, elles ne peuvent maintenir un niveau adéquat de service, que ce soit la filtration, la canalisation ou la protection, à la lumière des bouleversements engendrés par les CC. Au Québec, nous avons, par exemple, les fosses septiques, notamment dans les banlieues. Ces installations ne sont pas conçues pour faire face aux inondations de taille. Ces infrastructures dites « grises » (IG), soit les méthodes d'ingénierie traditionnelles, ont su répondre aux besoins des populations pendant des siècles. Cependant, la réalité a fortement changé, tout comme la demande. Les IG sont donc jugées « statiques » en matière de gestion des inondations, ne pouvant pas s'adapter à moins de subir des modifications coûteuses (Moore, Gulliver, Stack, & Simpson, 2016).

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
<https://mobile-img.lpcdn.ca/lpca/924x/r3996/1ac2d7be-883d-11ea-b33c-02fe89184577.jpg>

Figure 3 Le projet de renforcement de la digue de Saint-Marthe-sur-le-Lac à la suite des inondations de 2019. Source : JEAN, OLIVIER (sans date). LA PRESSE (photo), 27 avril 2020, disponible en ligne sur : <https://www.lapresse.ca/actualites/2020-04-27/sainte-marthe-sur-le-lac-un-an-une-digue-et-des-millions-plus-tard>

À la lumière de cette réalité, le Québec connaît aujourd'hui un réel vent de changement en ce qui concerne le développement du territoire, notamment en zone inondable. Afin d'augmenter la sécurité de personnes et des biens et éviter autant que possible de revivre les conséquences des événements récents, la législation est en cours de changement, misant sur des principes innovants d'aménagement résilient. Ce virage prend diverses formes, dont une rectification de la réglementation en zone inondable et un effort accru en matière de connaissance du risque et de soutien aux communautés. Des restrictions renforcées quant à la construction et la modification du cadre bâti ainsi que l'usage du sol en zone inondable est essentiel afin de freiner, pour de bon, l'empiètement de zones à risque et la mise en danger des populations. Conjointement, l'étude de l'hydrographie ainsi que la production de cartographie fiable et transparente est un apport primordial à ce même combat. Finalement, le support technique et financier de la part des autorités s'accroît afin d'encourager une culture de la résilience à l'échelle de la province (MAMH, Plan de protection du territoire face aux inondations, 2020).

La résilience est un concept évolutif qui peut sembler assez vague et nécessite d'être bien encadrer et compris selon le contexte d'étude. Ainsi la résilience aux inondations en soit est un concept bien unique, qui sera développé dans les prochaines parties de ce mémoire. De manière générale, la résilience est la capacité interne dont est doté un système pour agir dans un environnement turbulent et incertain » (Thomas & Da Cunha, La ville résiliente : Comment la construire?, 2017). Elle peut être vue comme un idéal à atteindre, qui guide les avancements, notamment en matière d'aménagement et d'urbanisme. Aujourd'hui, au Québec, la résilience aux inondations doit être promue, présentée et appropriée par, tout simplement, chaque québécoise et québécois et à divers degrés, dans l'espoir de pouvoir éviter les conséquences bien connues des inondations.

La problématique des inondations et de l'urbanisme moderne au Québec met la lumière sur un besoin pressant d'innover en matière d'aménagement du territoire en zone inondable. Tandis que de nombreux efforts sont déployés afin d'encadrer le développement et de sensibiliser les communautés aux risques, il

Il y a encore beaucoup de chemin à parcourir du point de vue des aménagements résilients face aux inondations. Il est plus clair que jamais qu'il existe un besoin d'innover en matière d'aménagement du paysage et en milieu urbain en contexte d'inondations. De plus, le problème ne peut désormais être simplement évité, il s'agit bien d'une réalité avec laquelle il faut apprendre à vivre quotidiennement. Dans une lutte où toutes les parties prenantes – autorités locales, organismes, secteurs privés et citoyens – sont responsables, il est essentiel de revoir la manière dont se développe le territoire québécois, à même les principes d'aménagement.

2.2. But et méthodologie de la recherche

Ce mémoire de recherche s'intéresse aux innovations en matière de développement du territoire résilient face aux inondations, plus précisément en ce qui a trait à l'aménagement du paysage. Dans un contexte où les bénéfices des écosystèmes sont désormais connus et pris en compte, où les conséquences d'un développement peu encadré sont évidentes et où la volonté politique et sociale envers le changement prend une place réelle, comment pouvons-nous développer nos milieux de vie tout en intégrant des principes d'aménagement responsables, à la fois vis-à-vis de la nature et des communautés? Concrètement, quelles sont les formes que peut prendre l'aménagement du territoire résilient au Québec?

D'un tel angle, le concept des infrastructures vertes et bleues (IVB) semble offrir, du moins, une partie intégrale de la réponse. À cet effet, comment pouvons-nous encadrer et contextualiser les IVB en tant qu'outil de développement urbain résilient au Québec, dans la gestion des inondations? Les IVB sont des systèmes interconnectés d'éléments naturels et semi-naturels verts (végétation/terrestre), bleus (aquatiques) et hybrides (humides et transitoires) déjà en place et conçus afin de gérer plus efficacement et de manière durable les inondations (O'Donnell, Thorne, Yeakley, & Chan, 2020). Ces éléments naturels, détenant plusieurs formes et fonctions (bassins de rétention, jardins de pluie, marais, corridors verts, etc.), offrent divers services écosystémiques (SÉ) aux communautés humaines ainsi qu'à la faune et la flore locale (Rousseau, 2016). Dans un contexte d'adaptation aux inondations, ces services recherchés sont principalement concentrés autour de la rétention et l'absorption de l'eau (pluies, tempêtes, fonte des neiges ou crues) et le développement de la végétalisation locale, ce qui peut fortement renforcer les caractéristiques de mitigation des catastrophes naturelles de ces infrastructures (Chen, et autres, 2021).

Images disponibles en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
https://images.divisare.com/images/f_auto,q_auto,w_800/v1606467371/tjseucdwiqim4m8sdp2u/turenscape-sanya-mangrove-park.jpg ; https://ramboll.com/-/media/images/rde/environnement/stu/tanner-springs-park_1360x765.jpg ;
<https://www.portlandoregon.gov/shared/cfm/image.cfm?id=571101>

Figure 4 De gauche à droite : Sanya Mangrove Park, Sanya City, Chine ; Tanner Spring Park, Portland ; SW 12th Avenue Green Street, Portland. Sources (de gauche à droite) : TURENSCAPE (sans date). DIVISARE (photo), 27 novembre 2020, disponible en ligne sur : <https://divisare.com/projects/433738-turenscape-sanya-mangrove-park> ; Atelier Dreiseitl (sans date). RAMBOLL (photo), 2020, disponible en ligne sur : <https://ramboll.com/projects/germany/tanner-springs-park> ; Ville de Portland (photo), sans date, disponible en ligne sur : <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/123776>

Les objectifs de cette recherche sont, d'une part, d'étudier et clarifier le concept d'IVB, tel qu'il serait possiblement applicable au Québec et, d'une autre, de proposer des solutions d'aménagement résilient, qui s'inspirent d'un tel concept, pour une gestion des inondations à deux niveaux d'échelle différents, mais complémentaires.

La méthodologie se divise en deux principales étapes, soit celle de la recension des écrits – revue de littérature, mise en commun et synthèse des trouvailles, élaboration de critères d'évaluation des IVB basés sur la littérature scientifique – ainsi qu'une étape d'élaboration et de proposition de scénarios, à deux différentes échelles, celle de la municipalité et celle du bassin versant, inspirée de plusieurs études de cas et adaptée à une réalité bien spécifique d'une région québécoise.

Cette recherche prend place parallèlement et simultanément à certains projets d'ARIACTION, une équipe de recherche en vulnérabilité et résilience face aux inondations, de l'Université de Montréal. Elle s'inspire donc en partie, tout en proposant des appréciations propres, de certains projets de l'équipe ARIACTION, en lien avec l'aménagement du territoire en zone inondable. Parmi ces réalisations se trouve le projet AMERZI, soit « une approche multicritère pour l'évaluation de la résilience en zone inondable ». AMERZI représente principalement un travail d'analyse de la situation des inondations récentes ainsi qu'un processus de co-construction d'un scénario résilient avec la municipalité de Saint-André-d'Argenteuil (STADA). Cette même municipalité fait l'objet d'une des deux échelles complémentaires d'étude de ce mémoire de recherche, l'autre étant le bassin versant de la rivière du Nord, territoire hydrographique dans lequel se retrouve STADA.

Certains défis et limites se présentent au projet de recherche ci-décrié. D'abord, la situation récente de la COVID-19, notamment l'isolation sociale, a su retarder et par moments empêcher tout processus de rencontres en personne (entrevues, échanges, discussions, présentations) ainsi que de visite de terrain et

de récolte de certaines données. Ensuite, la nature même du point focal de la recherche (les IVB), en lien avec des disciplines autres que celles de l'aménagement et de l'urbanisme (hydrologie, biologie, ingénierie, etc.), pose une difficulté de compréhension et de compétences. Les analyses du présent mémoire se limitent à des notions d'aménagement du territoire et d'urbanisme. Par conséquent, des interrogations et des échanges avec des professionnels dans des domaines divers connexes (biologie, hydrologie, ingénierie, etc.) est de mise afin de tenter de compenser à cet enjeu. Les limites et les perspectives de cette recherche seront présentées et élaborées dans une prochaine section.

3. Territoire à l'étude

Les questionnements ayant guidé ce projet de recherche de maîtrise sont issus des évènements vécus en 2017 et 2019, au Québec et les conséquences émanant en partie de l'aménagement du territoire – le résultat d'une fonte rapide des neiges ainsi que d'une gestion et une connaissance des inondations inadéquates. Tel que présenté plus tôt, plusieurs municipalités furent touchées et le résultat est un grand nombre de personnes en détresse, forcées de se relocaliser ou rebâtir, des communautés impactées et des territoires physiquement transformés. Tel est le cas de la municipalité de Saint-André-d'Argenteuil, dans la MRC d'Argenteuil, située dans le sud-ouest du Québec. En réponse aux évènements, cette localité québécoise a fait l'objet d'un projet important en matière de sécurité publique et de co-construction afin de trouver et proposer des solutions, par l'équipe ARIACTION et ses partenaires. L'équipe de recherche de l'Université de Montréal a su cerner de manière exhaustive le contexte hydrologique et urbain du territoire, permettant une mise en contexte robuste sur laquelle s'appuie ce mémoire (ARIACTION, 2022).



Figure 5 Saint-André-d'Argenteuil et ses secteurs à proximité de l'eau. Source : AMERZI, ARIACTION, 2020

STADA compte aujourd'hui un peu plus de 3 000 résidents, habitant principalement le centre-ville, traversé par la rivière du Nord, mais aussi les berges de la rivière des Outaouais ainsi que celles du Lac des

Deux Montagnes. Cette proximité considérable à l'eau explique en partie l'histoire des inondations à Saint-André-d'Argenteuil (Fig. 8).

Des épisodes d'envergure causant de nombreux dégâts aux infrastructures sont mentionnés dans les archives datant de la fin du 19^e siècle. Il est notamment question d'inondations par embâcles de glace, le long de la rivière du Nord, impactant le réseau routier dont principalement les ponts traversant la rivière du Nord. Plus récemment, soit en 1974 et 1976, le territoire connaît deux épisodes d'inondations jugées exceptionnelles. Le nom de la municipalité ne semble pas être mentionné. Néanmoins, le barrage Carrillon, situé sur la rivière des Outaouais en berge ouest de Saint-André-d'Argenteuil, a dû laisser passer de grands volumes d'eau étant donné l'ampleur de la crue. En 1981, la municipalité est bel et bien évoquée. L'épisode concerne cette fois plusieurs endroits dont l'embouchure de la rivière du Nord et les abords de la rivière Saint-André Est. Les archives estiment les dommages s'élevant environ à 475 000\$, en dollars de 1986 (ARIACTION, 2022, AMERZI, dossier 6 FINAL).

Ainsi, les québécois, de Saint-André-d'Argenteuil ainsi qu'ailleurs, connaissent bien les risques liés aux inondations à travers le territoire. Les inondations historiques (comparables à une crue centenaire) de 2017 et 2019 ont eu un impact important, non seulement au moment de la crise, mais en matière de perception du risque. Au sein de la municipalité à l'étude, trois secteurs ont été principalement touchés, soit celui de la rue Fournier, la Terrasse Robillard et la Baie de Carrillon. Ces milieux et l'aléa associé ont bien été caractérisés par l'équipe ARIACTION, permettant ainsi une étude de la situation davantage poussée dans le cadre de ce mémoire de maîtrise (Fig. 9). Afin de brosser un portrait de la situation au moment de ces inondations exceptionnelles et de comprendre la problématique locale, quelques constats sont essentiels (ARIACTION, 2022).

D'abord, l'aléa dont il est question est plus spécifiquement une crue en eau libre, provenant à la fois de la rivière des Outaouais et de la rivière du Nord – une combinaison entre une fonte rapide des neiges et des pluies importantes et ces mêmes effets sur l'écoulement des rivières vers l'aval. Selon des données du ministère de la Sécurité Publique (MSP), plus de 300 personnes seraient exposées directement aux inondations. Les dommages causés par les deux épisodes récents, directs et indirectes, matériels et immatériels, s'estiment à plus de 18 M\$ (ARIACTION, 2022).

Crue 100 ans - Saint-André-d'Argenteuil - diagnostic

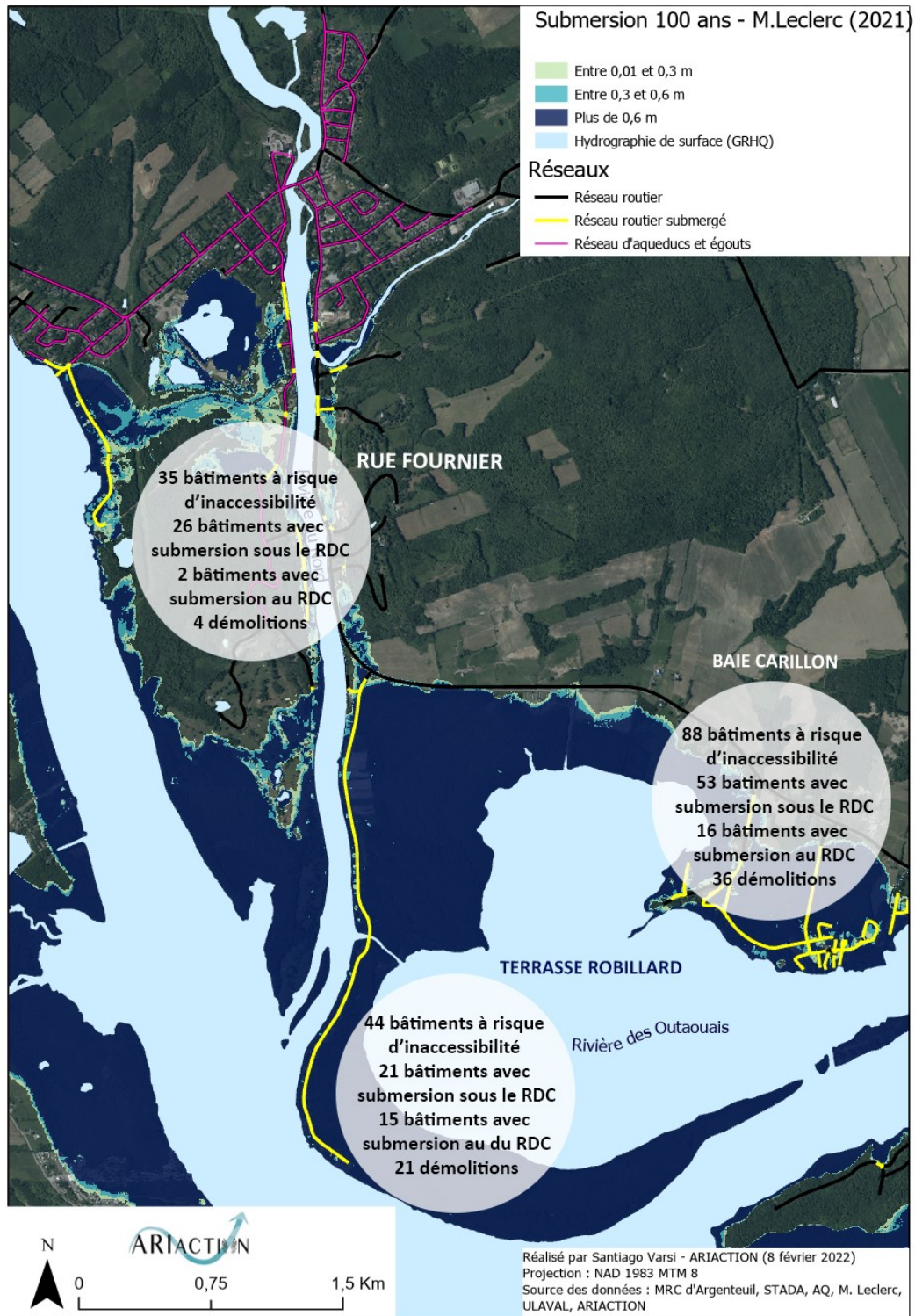


Figure 6 Diagnostic d'une crue 100 ans à Saint-André-d'Argenteuil. Source : AMERZI, ARIACTION, Santiago Varsi, 2022

Ensuite, la municipalité se retrouve face à des enjeux et problématiques internes qui complexifient la situation des inondations. En effet, une partie importante de la population, dont celle qui a été impactée par les inondations, éprouve des difficultés liées aux ressources financières disponibles ainsi qu'à un âge avancé, augmentant la vulnérabilité des résidents face aux inondations. La typologie du cadre bâti est également une source de problèmes en situation d'aléa. Les nombreuses propriétés, au sein de la municipalité, munies de puits individuels et de systèmes septiques font face à une problématique sanitaire et sécuritaire lors de crues importantes. À une plus grande échelle, les citoyens font face à des enjeux d'accessibilité. Lors d'une inondation (ne serait-ce qu'une crue 10 ans), certains secteurs se voient complètement déconnectés par les voies routières dû à un niveau de submersion trop dangereux pour des véhicules individuels et, parfois, les services d'urgence (pompiers, ambulances). La topographie du territoire pose également un problème quant à l'accès direct et sécuritaire des terrains – la Terrasse Robillard ainsi que la Baie Carrillon, par exemple, se retrouvent presque complètement sous un niveau d'eau alarmant (au-delà de 30cm) lors d'une inondation de l'ordre des événements les plus récents. De plus, la municipalité éprouve dernièrement des difficultés en matière de ressources disponibles, à la fois financières ainsi qu'à l'eau potable, se retrouvant en période de sécheresse depuis quelques années. Ainsi, le contexte à STADA entourant les inondations récentes ainsi que la situation interne observée en font un candidat de choix dans le cas d'une étude d'adaptation aux inondations à travers les IVB (ARIACTION, 2022).

Enfin, STADA est la dernière municipalité en aval du bassin versant de la Rivière du Nord. Ce dernier, centré autour de la rivière du Nord, se trouve au centre-sud de la région québécoise des Laurentides et prend sa source, d'un point de vue hydrologique, quelques 147km au nord, au niveau de la municipalité de Lantier, dans le lac de la montagne Noire. Le bassin versant, ou plutôt la rivière du Nord, termine son cheminement dans la rivière des Outaouais, en passant par STADA (Abrinord, À propos d'Abrinord, 2021).

La municipalité à l'étude au sein de ce projet de recherche est donc d'autant plus en situation de vulnérabilité, dû à sa position géographique et le son contexte hydrologique. La partie inférieure (sud) du bassin versant est caractérisée principalement par des milieux industriels et des terres agricoles. La nature et l'intensité des usages à travers le bassin versant – en amont de STADA – créent et accentuent les enjeux de quantité et de qualité d'eau en aval (Abrinord, Portrait de la zone de gestion intégrée de l'eau du Nord - Plan directeur de l'eau (Mise à jour de la 2e édition), 2022) (Fig. 10). La sélection d'une étude d'adaptation à deux échelles, soit celle de la municipalité et celle du bassin versant respectif, pour ce

mémoire, prend ainsi une importance primordiale. Une quête vers la résilience en contexte d'inondation doit se faire sur ces deux niveaux géographiques simultanément.

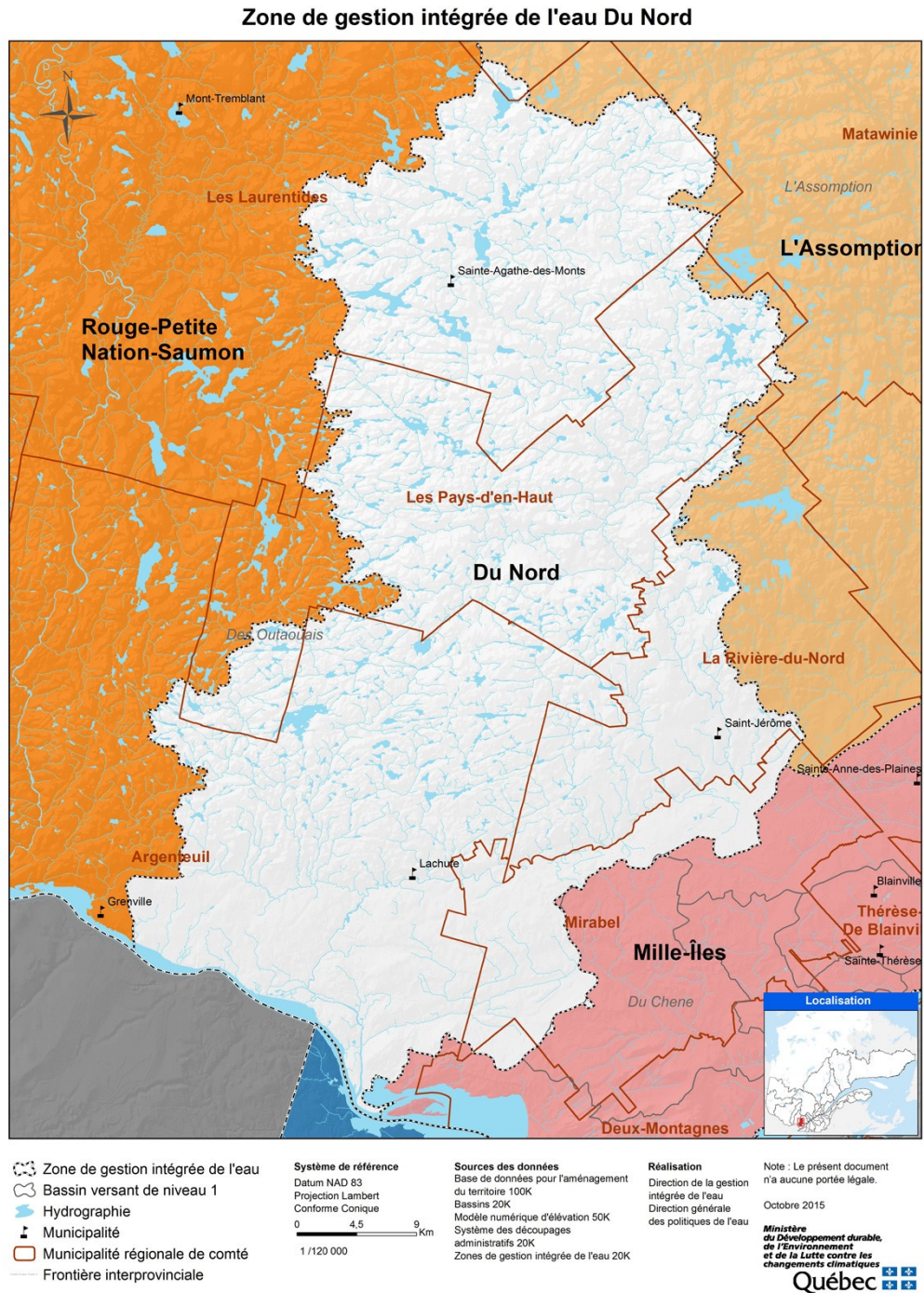


Figure 7 Le territoire de la zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE) du bassin versant de la rivière du Nord.
 Source : MELCCFP, 2015. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la
 Faune et des Parcs, 2015, disponible en ligne sur :

<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/zones-gire/liste-carte.htm>

Au-delà des enjeux énumérés ci-dessus, la municipalité de STADA ainsi que le bassin versant de la rivière du Nord détiennent également des opportunités qui favoriseraient l’implantation de mesures résilientes et innovantes, leur permettant alors d’agir en tant que possible projet pilote pour des aménagements résilients futurs. D’abord, le projet AMERZI, mené par l’équipe d’ARIACTION, avec la collaboration du MSP et de l’Université Laval, a soulevé des problématiques primordiales à prioriser lors de futurs aménagements résilients et représente un bon exemple de communication et de co-construction avec les parties prenantes du milieu. L’équipe de recherche de l’Université de Montréal a su, durant les dernières deux années d’opération, impliquer plusieurs acteurs dont l’équipe de la municipalité, des employés de la MRC, l’organisme de bassin versant (OBV) Abrinord et de nombreux citoyens à travers des outils et des stratégies de communication et participation, afin d’élaborer un scénario d’aménagement résilient et compréhensif à l’échelle de STADA. Les efforts déployés et les résultats produits des échanges et analyses émanant du projet AMERZI constituent des éléments essentiels à l’encrage du présent projet de recherche.

Parmi les opportunités d’aménagement résilient observées à la suite des réalisations du projet d’ARIACTION, on retrouve d’abord la morphologie, ou la forme urbaine de la municipalité même. C’est-à-dire, sa proximité à l’eau et la présence de berges habitées et fréquentées, la taille restreinte de la superficie urbanisée ainsi que la présence et la qualité de nombreux éléments de paysage naturels. Ces caractéristiques morphologiques sont des exemples adéquats d’opportunités en termes de réaménagement, malgré le risque et la vulnérabilité bien réels, ressentis par la communauté de STADA. Par ailleurs, l’historique des inondations et la culture du risque, partagés entre l’administration municipale et les citoyens, représentent également des atouts pour un aménagement innovateur et résilient. De plus, l’OBV Abrinord, un acteur à l’échelle du bassin versant, essentiel à la compréhension et la prise en charge des enjeux liés à l’hydrologie et la biologie, a fait preuve d’un désir de venir en aide à la municipalité à la lumière des épisodes récents d’inondations (ARIACTION, 2022).

Ainsi, le choix du territoire à l’étude pour ce mémoire de maîtrise, dans ce cas, à deux échelles interreliées, s’explique autant d’un point de vue des besoins des communautés qui l’habitent que des opportunités présentes sur ces milieux. Le projet AMERZI démontre l’importance d’agir à STADA d’un point de vue de l’adaptation aux inondations, tout en ouvrant la porte à une réflexion d’intervention à des échelles réellement pertinentes – la municipalité et le bassin versant – visant la création d’un projet pilote qui va au-delà de la problématique de l’aléa inondation. C’est ce sur quoi se bâtit ce mémoire de recherche.

4. Vers la résilience

La réponse à la vulnérabilité des communautés urbaines face aux inondations telles que STADA semble être la quête vers la résilience. La résilience urbaine repose sur une adaptation bien exécutée et constamment améliorée. Cela implique d'aller bien au-delà d'interventions individuelles ou structurelles – par exemple, le renforcement de la structure d'un bâtiment – et d'assurer une réelle compréhension et acceptation de l'aléa sur toutes les facettes de la société, soit la forme urbaine et les infrastructures, les services courants et d'urgence, le maintien d'une diversité économique, une culture et une connaissance du risque à jour et bien plus encore.

Si le concept de résilience urbaine est aujourd'hui généralement compris et accepté, son applicabilité, ou opérationnalisation, est toutefois assez complexe. Étant une notion large, parfois vague et considérablement récente, du moins, dans le domaine de l'aménagement et l'urbanisme, la mise en place d'une résilience urbaine à travers des interventions sur le territoire pose de nombreux défis et, ce, auprès de tous les acteurs locaux, allant des autorités aux citoyens. La résilience étant une réponse directe à la vulnérabilité et de manière plus large à la réalité spécifique des milieux, elle doit être cernée et comprise par rapport à de nombreux éléments du contexte local. La résilience urbaine peut ainsi prendre diverses formes selon le contexte urbain et géographique étudié. De plus, elle passe autant par le matériel que l'immatériel.

4.1. La résilience urbaine face aux inondations

Dans un contexte d'inondations, l'une des manières d'atteindre une certaine résilience urbaine est un aménagement urbain durable, soit une façon de construire, développer ou transformer le territoire qui prend en compte le bien-être de l'environnement et de la société, présente et future. C'est également un effort d'inclusion et de respect, autant des personnes que des ressources naturelles. Cette résilience urbaine peut ensuite être divisée en sous-composantes, dont la résilience du paysage. À son tour, un paysage résilient se veut un paysage qui est capable de soutenir les processus écosystémiques normaux et vitaux et offrir les SÉ recherchés tout en subissant des pressions de tailles dont les aléas ou les CC, à travers le temps (Beller, et autres, 2018).

L'une des complexités en ce qui a trait à la résilience urbaine est son évaluation. Malgré la compréhension de ce concept, il est primordial de réussir, ou du moins tenter, à mesurer la résilience de différents milieux et différentes interventions, surtout dans le domaine de la gestion des risques (Beller, et autres, 2018). Ainsi, de nombreuses études sont aujourd'hui dédiées à l'évaluation de la résilience, portant sur divers types d'aléas ainsi que différentes échelles (Gao, Wang, & Haibo, 2022), à l'aide, entre

autres, d'études de cas et de comparaisons et de méthodes mathématiques. À cette fin, Monaghan, Ott et Fogarty ont étudié six outils d'évaluation de la résilience disponibles en ligne, dont l'Index de la résilience d'une communauté côtière (*Coastal Community Resilience Index*) (Monaghan, Ott, & Fogarty, 2018), permettant une analyse du niveau de résilience d'une communauté urbaine côtière (faible, moyen et élevé) à l'aide de nombreux questionnaires et de fiches-réponses (Sempier, et autres, 2021). Par ailleurs, Lavelle et autres ont tenté d'encadrer l'analyse de la résilience au sens large, en explorant neuf méthodologies d'évaluation de la résilience à l'échelle de la communauté, dont le Tableau de bord de la résilience aux catastrophes des Nations Unies et le Système de la résilience communautaire (*Community Resilience System*) de l'Institut du bilan de la résilience communautaire et régionale (*Assessment of the Community and Regional Resilience Institute*) (Tesema Bulti, Girma, & Lika Megento, 2019). Plusieurs autres chercheurs et institutions ont également survolé différentes méthodes et stratégies d'évaluation de la résilience urbaine, face aux plusieurs aléas possibles, dans diverses régions du monde. Certains outils d'évaluation datent depuis plus d'une décennie. Toutefois, il semblerait que la nature holistique de la résilience urbaine – touchant à différentes facettes de la société et à différents domaines en lien avec le développement du territoire (urbanisme, architecture, aménagement du paysage, ingénierie, biologie, etc.) – est difficilement prise en compte dans les cadre d'analyse de la résilience urbaine aux inondations, ce qui conduit à des résultats inconsistants. Un effort accru doit porter sur l'interdisciplinarité quant à l'évaluation et l'analyse de la résilience urbaine, ainsi qu'une lecture à différentes échelles spatiales et temporelles (Tesema Bulti, Girma, & Lika Megento, 2019). Ceci peut expliquer en partie l'existence de divers cadres d'analyse déjà en circulation. Il est essentiel d'ajuster tout outil ou méthodologie au contexte local (urbain, géographique, démographique, etc.) et à l'évolution de la situation (CC, aléas, crises, etc.) (Monaghan, Ott, & Fogarty, 2018).

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-019-1731-6/tables/5>

Figure 8 Exemple d'étude portant sur les outils d'évaluation de la résilience. Source : BULTI, Tesema et autres, 2019. *Community flood resilience assessment frameworks: a review*, SN Applied Sciences (photo), 25 novembre 2019, disponible en ligne sur :

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-019-1731-6>

Les avancements dans ce domaine ont permis, notamment, de faire ressortir des indicateurs de résilience, qui peuvent guider les acteurs du développement du territoire. Xu et autres ont su déterminer les principaux indicateurs dans le cas d'une comparaison de la résilience aux inondations de trois villes

chinoises situées dans le même bassin versant. Dans ce cas, 13 indicateurs furent relevés, allant du degré d'investissement en infrastructure (*level of infrastructure investment*) jusqu'au niveau de ressources publiques (*public resource level*) à l'aide d'une matrice de corrélation. À travers ces indicateurs, la capacité des prévisions météorologiques (*weather forecast overview*) et la structure spatiale de l'utilisation du sol (*spatial structure of land use*) figurent en tant qu'éléments influençant directement la résilience aux inondations, tandis que les capacités de secours ou sauvetage (*rescue capabilities*) et l'aménagement rationnel de l'espace ou du territoire (*rational spatial planning*) se trouvent au bas de la hiérarchie, en lien plutôt avec la capacité générale de la ville à résister aux inondations (Xu, Cong, Proverbs, & Zhang, 2021). Par ailleurs, adoptant une réflexion semblable, le travail d'envergure de Tu et autres tente de classer par importance relative de nombreux indicateurs, classés selon l'étape de l'inondation (avant, pendant et après) et la nature de l'indicateur (environnementale, sociale, économique et de gestion). Les chercheurs, proposant une méthodologie innovante d'hiérarchisation des indicateurs, l'appliquant ensuite à six cas d'études (villes), démontrent également l'importance d'une connaissance du risque adéquate, c'est-à-dire des prévisions météorologiques et des données hydrologiques à jour, le plus possible en temps réel, à l'aide notamment de stations de prélèvement et d'enregistrement. De plus, l'équipe prône l'importance de l'expérience des inondations, aussi nommé la culture du risque, au niveau du gouvernement, mais également de la société et des individus, afin de façonner à la fois des politiques d'inondations et des comportements adaptatifs efficaces. D'autres indicateurs sont également mis de l'avant en tant que facteurs considérables dans la résilience urbaine aux inondations, dont la proportion de couvert végétal en milieu bâti (*greenery coverage in built-up areas*) et le niveau d'éducation du public en matière de mitigation et prévention de désastres (*public education in disaster prevention and mitigation*) (Tu, et autres, 2022).

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
https://www.mdpi.com/water/water-13-02022/article_deploy/html/images/water-13-02022-g002-550.jpg

Figure 9 Exemple de méthodologie employée afin de relever les principaux indicateurs de résilience face aux inondations. Source : XU, Wenping et autres, 2021. An Evaluation of Urban Resilience to Flooding, Water (photo), 24 juillet 2021, disponible en ligne sur : <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/15/2022>

La sélection d'indicateurs d'évaluation de la résilience d'un territoire dans un contexte d'inondation est présentement considérablement explorée et mise à l'épreuve, à l'aide de méthodes complexes et de

leur applicabilité dans diverses études de cas. Différentes études démontrent le besoin bien réel de contextualiser la résilience urbaine selon, notamment, le contexte urbain, tout comme l'aléa spécifique. De plus, l'évaluation de la résilience et, par conséquent, sa réalisation, doivent tout de même être reconnues comme des concepts holistiques, faisant appel à de nombreuses disciplines, devant être appliqués à différentes échelles spatiales et temporelles. À de nombreuses reprises, des constats furent élaborés quant à la nécessité d'impliquer chaque participant dans la transformation du territoire, allant du pallier gouvernemental à l'échelle individuelle. La sensibilisation et l'apprentissage, l'analyse critique et la mise en action, tout comme le suivi et la flexibilité sont, à priori, des composantes intrinsèques de la résilience urbaine. L'identification, entre autres, d'indicateurs permettant une certaine évaluation de la résilience peuvent permettre de guider les acteurs du changement afin de mieux encadrer les milieux de vie à risque (Ro & Garfin, 2022). Finalement, l'une des prochaines étapes dans la mise en place de la résilience urbaine face aux inondations est sa traduction à travers des interventions concrètes sur le territoire. C'est alors que diverses innovations s'offrent aux domaines en lien avec l'aménagement du territoire, toujours en évolution. Parmi ces façons de faire prometteuses se trouvent les IVB.

4.2. Des aménagements inclusifs et responsables

Les IVB sont un concept propre au développement urbain durable. Elles répondent à un très grand nombre de besoins économiques, sociaux et environnementaux de nos sociétés actuelles. Elles sont un outil holistique qui regroupe une multitude de connaissances et d'expertises en lien avec l'aménagement, la biologie, la sociologie, l'économie et plus encore. Principalement, dans le contexte de cette étude, elles réduisent la vulnérabilité des milieux urbanisés en permettant une certaine flexibilité face à l'incertitude climatique, ce qui en fait un outil complémentaire pertinent aux IG déjà en place (Ghofrani, Sposito, & Faggian, 2016). De plus, elles offrent une panoplie de SÉ secondaires dont peuvent bénéficier les populations locales, dont l'offre d'espaces naturels de qualité, la filtration des eaux et la disponibilité d'une ressource vitale et la réduction de consommation énergétique. Finalement, elles permettent d'encourager un développement sain de la biodiversité locale, notamment par la connectivité de divers milieux naturels. L'implantation d'IVB signifie alors un changement de paradigme dans la sphère du développement du territoire, soit le passage d'une vision centrée sur l'utilité de la nature pour les humains

à une image plus globale où les différents écosystèmes, urbain et naturel, sont étroitement connectés (Qi, et autres, 2020).



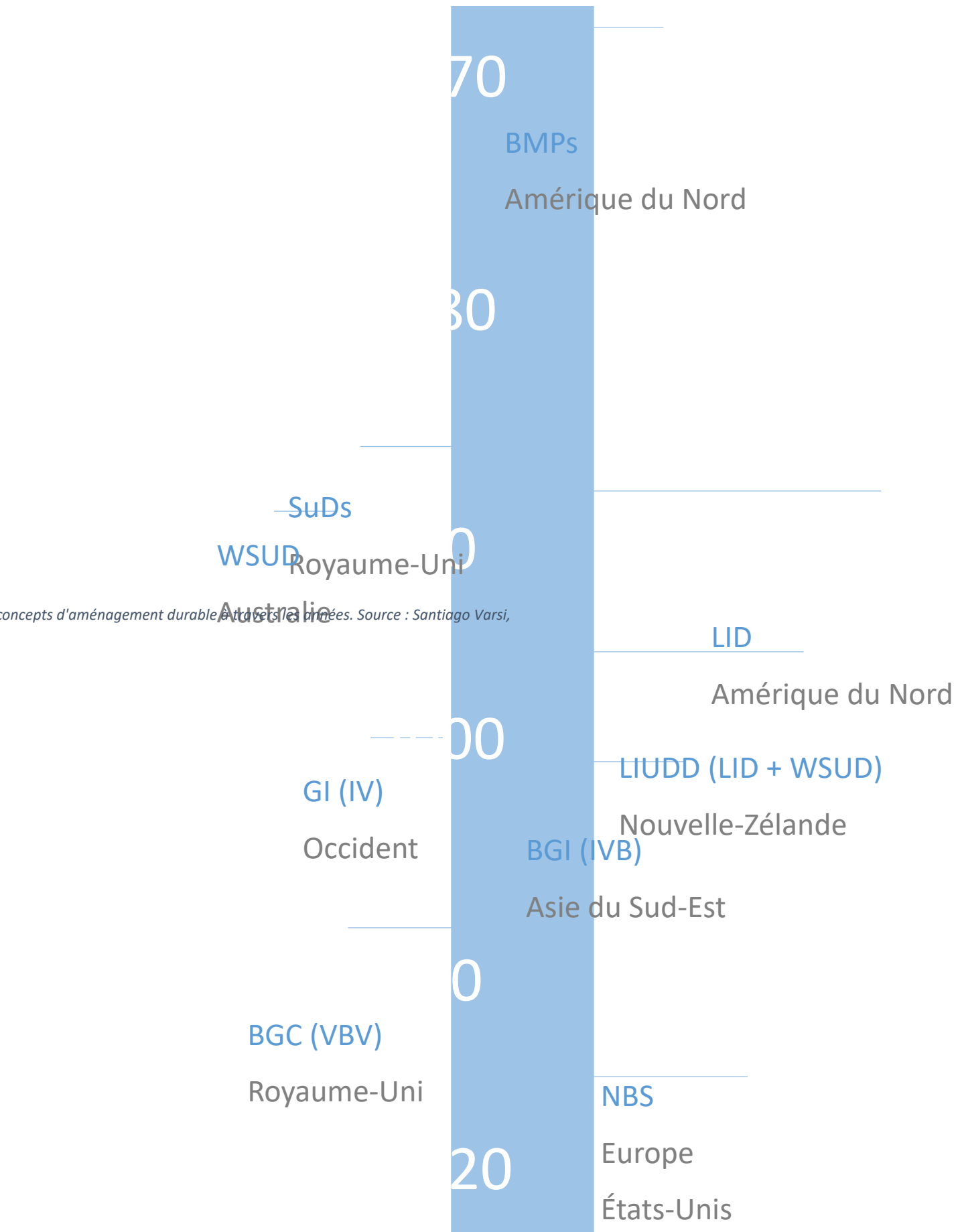
Figure 10 Le parc Jean-Drapeau, à Montréal, est conçu avec une stratégie de captation et de filtration des eaux pluviales et du fleuve Saint-Laurent. Source : Cédric THÉVENET, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons. Disponible en ligne sur : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/Biosph%C3%A8re Montr%C3%A9al.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/Biosph%C3%A8re_Montr%C3%A9al.jpg)

Le concept d'IVB émane d'une quête de la réconciliation entre l'anthropique et le naturel, notamment en milieu hautement urbanisé, datant de quelques décennies. Pendant des siècles, les civilisations récentes ont tenté de contrôler l'eau, en asséchant et occupant des territoires autrefois submergés, en emmurant et canalisant, etc. L'urbanisation intense moderne et les CC ont su présenter de nouveaux enjeux et de nouvelles pressions mettant à l'épreuve les façons de faire traditionnelles et nécessitant un nouvel angle d'attaque (Kozak, Henderson, de Castro Mazarro, Rotbart, & Aradas, 2020).

Ainsi, vers le tournant du 21^e siècle, les experts et autorités de l'aménagement commencent à comprendre l'importance d'inclure l'eau et la nature en général dans nos environnements urbains. Ce changement prend la forme de nombreux outils de planification à diverses échelles, tentant d'incorporer les principes de développement durable dans les disciplines de l'aménagement, notamment dans le monde occidental (Qi, et autres, 2020).

Les racines du concept peuvent être retracées à certains mouvements paysagistes et principes hydrologiques et biologiques bien connus. Les IVB mettent de l'avant des connaissances notamment de

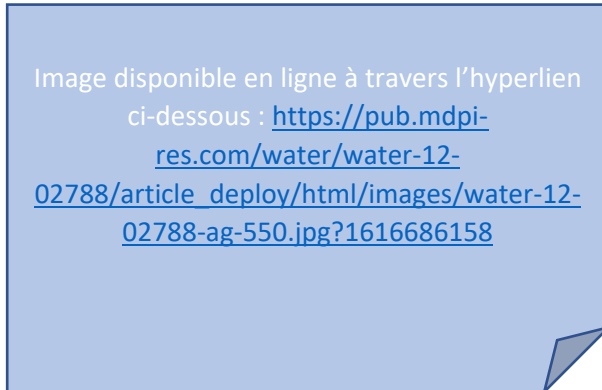
l'hydrologie afin d'apporter les solutions les plus efficaces possibles en matière de gestion des eaux et d'adaptation aux inondations. C'est alors qu'entre en jeu la question d'échelle d'intervention. Des expérimentations en restauration de milieux humides ont révélé le besoin de prendre en compte l'étendue du bassin versant, en agissant à la fois de manière ponctuelle – aménagements d'échelle plus fine, naturels et artificiels – et globale – stratégies, sensibilisation, solidarité amont-aval, etc (Booth, 2005) (Walsh, Fletcher, & Ladson, 2005). En contexte d'adaptation aux inondations, plus précisément, Ghofrani et coll. rappellent également les impacts multiscalaires des interventions en milieu hydrique. Il faut garder en tête que l'aléa est de nature beaucoup plus large que les simples points de contacts, ou zones affectées, par les événements naturels. Ainsi, toute solution apportée doit respecter les notions « d'amont-aval » des cours d'eau, lacs, rivières ou autres endroits visés (Ghofrani, Sposito, & Faggian, 2016).



De manière plus globale, les éléments de développement paysager durable tels que les IVB tirent également leur essence de l'écologie du paysage. Si les IVB sont aujourd'hui d'actualité, c'est en grande partie à cause des SÉ qu'elles fournissent, directement et indirectement, aux sociétés. Ces services issus d'écosystèmes, ou d'éléments naturels du paysage, sont des bénéfices tirés par les humains à travers les processus naturels des différentes composantes de l'environnement. Les SÉ peuvent prendre une forme matérielle, tel que la production d'aliments ou la filtration de l'eau de pluie, ou immatérielle, dont la création d'espaces naturels de qualité pour un usage récréatif (Gómez-Baggethun & Barton, 2012). Si le concept d'IVB est relativement jeune, la littérature en lien avec les SÉ et leur pertinence au sein des communautés urbaines modernes remonte à plus d'un siècle, au moment de la reconnaissance de l'importance d'espaces ou d'éléments naturels dans la planification et l'aménagement du territoire. Les outils de développement durable s'érigent ainsi, notamment, sur des concepts clés de l'écologie du paysage (Alencar & Ferreira do Amaral Porto, 2019).

Aujourd'hui, ces concepts connexes sont nombreux et portent divers noms, dépendamment du contexte. Cela est principalement dû à la nature polysémique des innovations durables de gestion des eaux urbaines ainsi qu'à leur évolution dans le temps. D'une part, chaque contexte d'intervention est unique. L'environnement géographique, économique, démographique et culturel de chaque société est différent. Ainsi, le concept adéquat prend la forme et la signification nécessaires au contexte. De plus, à travers les études et les expérimentations, la compréhension des changements climatiques s'approfondie, tandis que la problématique du développement résilient se complexifie. Les besoins des populations à risque changent et deviennent plus pressants. Les solutions doivent donc s'adapter. Cette réalité donne naissance à un éventail d'innovations qui ne cesse de s'épanouir (Wolfe, 2020).

Parmi les solutions durables d'adaptation aux inondations et d'une gestion saine des eaux urbaines les plus populaire, on retrouve :



NBS : Nature-Based Solutions

SuDS : Sustainable Drainage Systems

BMPs : Best Management Practices

WSUD : Water Sensitive Urban Design

LID : Low Impact Development

SCP : Sponge City Programme

BGC : Blue-Green Cities

Figure 12 Éventail de concepts connexes. Source : Qi, Yunfei et autres, 2020. Addressing Challenges of Urban Water Management in Chinese Sponge Cities via Nature-Based Solutions, Water (photo), 8 octobre 2020, disponible en ligne sur : <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/10/2788#>

La revue de littérature ci-présente a permis de soulever certains principes d'aménagement propres aux IVB. D'abord, elles permettent la création d'espaces à la fois résilients, en contexte d'inondations, mais également des milieux naturels de qualité et ouverts au publics. L'insertion d'IVB dans des milieux urbains denses peut à la fois augmenter la résilience et offrir un accès collectif aux richesses naturelles telles que la végétation, l'eau et la biodiversité. Des inégalités sont bien présentes dans plusieurs métropoles d'aujourd'hui. Il est donc nécessaire de répartir équitablement ces ressources afin de tirer un maximum de bénéfices des ES. Les IVB peuvent donc représenter une opportunité d'équité environnementale et spatiale (Kremer, Hamstead, & McPhearson, 2016). Par ailleurs, leur nature versatile en forme et fonction permet une adaptation des IVB à des échelles variées. De plus, elles se situent au croisement de diverses disciplines, autres que celle de l'aménagement. Ainsi, les IVB peuvent également être des véhicules de collaboration à la fois entre différents paliers d'intervention ainsi que différents secteurs. Il est démontré qu'un travail inter-gouvernemental et sectoriel augmente considérablement les chances d'une réussite (Langridge, et autres, 2014). Finalement, la notion de connectivité, ou de réseau, est souvent directement évoquée en présence des IVB. Afin d'optimiser les SÉ recherchés de ces milieux sec, aquatiques et hybrides, il est important de miser sur leur connectivité. Ceci impact leur fonctionnement autant du côté de la gestion des eaux, en assurant une complémentarité entre différentes que de la biodiversité.

Parmi les défis encore présents à surmonter, on retrouve le financement et la responsabilité, soit un suivi et une gestion (entretien) adéquats, des IVB. En effet, il est difficile de monétiser les bénéfices directs ainsi que les SÉ des IVB. D'une part, les retombées n'ont pas toujours lieu là où l'intervention est menée. C'est-à-dire, une IVB implantée en milieu agricole, destinée à retenir et absorber des excès d'eau pluviales et venant de la fonte des neiges, empiétant sur des terres agricoles voisines, ne sera pas nécessairement aussi bénéfique pour les occupants du milieu que pour ceux des centres urbains visés par la mitigation de l'inondation. Ensuite, le maintien de ces installations à prédominance naturelle nécessite une certaine connaissance et expertise spécifiques, qui ne sont pas complètement encore documentées et standardisées aujourd'hui (Collentine & Futter, 2016).

Un autre facteur à prendre en compte est celui de la disponibilité du sol. Les IVB, afin d'être réellement efficaces en matière d'inondation, ont besoin d'une grande étendue de terre. Au Québec, nous détenons encore une grande proportion d'espaces ouverts naturels, possiblement propices à de futurs projets d'IVB. Ce n'est pas le cas de toutes les communautés affectées par les inondations, là où le marché de l'espace (terrain) est beaucoup plus compétitif (Ghofrani, Sposito, & Faggian, 2016). Pour de tels environnements, il est peut-être favorable d'opter pour d'autres types de solutions telles que de LID ou des SUDS.

Enfin, les IVB présentent des solutions durables aux inondations et complémentaires aux IG déjà présentes sur le territoire. Leur nature versatile permet d'adapter le concept à différents contextes urbains et les SÉ qu'elles engendrent en font un outil d'aménagement de choix afin de répondre aux problématiques urbaines d'aujourd'hui telles que les îlots de chaleur, l'équité spatiale et naturelle et la production de nourriture et d'eau. Pour ces raisons, leur implantation, adéquatement réalisée, contribue à la résilience urbaine des milieux à risque d'inondation. Certains milieux ont entamé et, ce, depuis quelques années, de telles réalisations, dans l'espoir de mitiger ou même complètement éviter les conséquences des inondations sur les communautés urbaines.

4.3. Réalisations basées sur les IVB

La littérature concernant les interventions basées sur les IVB, surtout dans le contexte de la mitigation des inondations, croît à une vitesse impressionnante, notamment en lumière des enjeux qu'entraînent les CC à l'échelle mondiale. Progressivement, des projets pilotes d'IVB en contexte d'inondation voient le jour à travers le monde. Ces réalisations prennent diverses formes afin de répondre aux besoins et de s'adapter aux contextes locaux. Chaque projet constitue un apprentissage, alimentant

le suivant. Les études de cas nous permettent ainsi de tirer des leçons quant à l'élaboration d'infrastructures résilientes, inclusives et respectueuses afin de mitiger les impacts des inondations.

Grâce aux communications modernes, les professionnels de l'aménagement détiennent aujourd'hui accès à de nombreux concepts, techniques et stratégies afin d'aménager le territoire de manière résiliente. Les IVB inspirent de nouvelles façons de transformer le territoire et d'offrir une qualité de vie et une sécurité accrues aux communautés. Allant de simples aménagements d'échelle fine à des programmes nationaux de paysagement, les IVB font désormais leur place sur la scène du développement durable et résilient. Afin de tenter de cadrer l'évaluation d'une IVB pour la mitigation ou le contrôle des inondations, ce projet de recherche explore et compare de nombreuses études de cas – des réalisations de projets entièrement constitués de ou centrés autour des IVB – à l'internationale et au Québec. La sélection des projets présentés s'attarde aux interventions en milieu inondable, urbain et de paysagement, ou développement du territoire, à composantes principalement naturelles, dans le but premier de mitiger, atténuer ou contrôler les inondations. Les IVB présentées ont donc en commun le but d'augmenter la résilience urbaine face aux inondations. Cependant, certains cas diffèrent dans quelques caractéristiques dont l'échelle d'intervention (local, régionale, nationale), afin de couvrir un éventail de concepts qui alimenteront les propositions d'IVB dans une prochaine section de ce mémoire.

Depuis le début du 21^e siècle, soit l'apparition du concept d'IVB – une prise en compte de la relation entre le vert et le bleu et des SÉ fournies aux communautés à proximité – de nombreux milieux ont réalisé des projets d'IVB en contexte d'inondation. À travers les années, certaines villes, pays et régions semblent s'être démarquées, faisant preuve d'innovation et de volonté politique et sociale afin de remédier à la problématique. Ces pionniers des IVB telles que connues aujourd'hui détiennent souvent un historique étroit avec les inondations. Ils ont su capter et exploiter ce que l'on appelle la culture du risque et changer, parfois totalement, de direction en matière de solutions, ouvrant la porte à un mouvement qui se répand présentement à travers le globe.

1- Le Kristalbad, Hengelo/Enschede, Pays-Bas

Le Kristalbad est une zone de rétention et de filtration des eaux usées, située entre les municipalités d'Enschede (amont) et Hengelo (aval), dans la province d'Overijssel, aux Pays-Bas. À la lumière des CC, le Kristalbad est conçu pour retenir une grande quantité d'eau (187 M de litres) qui s'écoule vers la municipalité de Hengelo, située près du niveau de la mer, lors d'épisodes de pluies fortes et de décharges ou relâchements d'eau en amont. De plus, la zone de rétention comporte des mécanismes naturels sous forme de cycles à base de lumière, air, plantes et bactéries, permettant de rendre l'eau « biologiquement active » et prête à être réutilisée. L'eau entrant ainsi que sortant du Kristalbad est constamment analysée afin de mesurer le rendement de cette IVB.

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
[https://d3w13n53foase7.cloudfront.net/Kristalbad Flickr Fabian Tubbing_ea4c6b6bd4.jpg](https://d3w13n53foase7.cloudfront.net/Kristalbad_Flickr_Fabian_Tubbing_ea4c6b6bd4.jpg)

Figure 13 Le Kristalbad sert à retenir et filtrer de grands volumes d'eau dans un contexte de gestion des eaux régional. Source : TUBBING, Fabian. Flickr (photo), 2021, disponible en ligne sur : <https://www.livetheworld.com/activities/netherlands/kristalbad>

Les IVB employées sont ainsi une succession de grands marais filtrants, agissant également en tant que bassin, ou aire de rétention. Au-delà des services de mitigation des inondations et d'épuration des eaux, le Kristalbad contribue, notamment par sa grande taille (40 hectares), à la connectivité écologique du milieu. De plus, des aménagements ont été prévus afin d'inviter la population à visiter les lieux pour des activités récréatives et instructives/éducatives (Teekens, 2017).

Ce projet d'IVB d'envergure est un exemple parfait d'installation efficace pour une rétention et un ralentissement des volumes d'eau dans un contexte de bassin versant et de solidarité amont-aval. Il s'agit d'une réalisation collaborative entre divers acteurs, dont les municipalités d'Enschede et Hengelo et deux ministères, celui de l'Infrastructure et de l'Environnement et celui des Affaires économiques. Ce projet réalisé qui a su démontré son apport en résilience peut inspirer les autorités actives sur le territoire de STADA et du bassin versant de la rivière du Nord à dédier des espaces sous-utilisés à des fins de rétention et de filtration de l'eau. Le contexte de la région du bassin versant dans lequel se retrouve STADA, soit le sud du territoire, en aval de la rivière, pourrait bénéficier d'une telle IVB, étant donnée la problématique de quantité et de qualité d'eau présentement connue, tout en recevant de nouvelles « zones tampons », telles que le Kristalbad.

2- Le parc Bishan-Ang Mo Kio, Singapour

Le parc de Bishan est situé dans une zone hautement résidentielle et dense de Singapour, au croisement de deux grands quartiers historiques. À l'origine, un canal bétonné avait été construit au même endroit en tant que mesure de contrôle des eaux usées et des inondations due aux fortes pluies. Le parc a ensuite été sélectionné, en 2006, pour faire partie du programme Active, Beautiful and Clean (ABC) Waters, visant à améliorer la qualité et la gestion des eaux urbaines à travers la cité-état. Ainsi, il a été décidé de restaurer le canal et le transformer en ruisseau, en végétalisant les berges et créant un parc d'envergure afin d'offrir une surface poreuse capable d'accueillir d'importants volumes d'eau. Au-delà des apports en rétention et filtration des eaux, le parc est un espace naturel récréatif de qualité ainsi qu'une opportunité de sensibiliser la population aux inondations et à la faune et la flore du milieu (Dreiseitl & Wanschura, 2016).



Figure 14 Un parc fluvial en milieu établi, Singapour. Source : Atelierdreiseitl, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons. Disponible en ligne sur : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Singapore_Bishan_Park_Aerial.jpg

Réalisé grâce à une initiative de collaboration entre le conseil des services publics de Singapour (Public Utility Board, PUB) et le conseil des parcs de Singapour (Parks Board), le parc de Bishan offre aujourd'hui un cours d'eau semi-naturel végétalisé, permettant la biofiltration des eaux usées, de 3km et un parc de 62 hectares destiné à accueillir les excès d'eau par biorétention. Cette IVB à l'échelle de quartier et même au-delà – desservant deux quartiers centraux densément peuplés – démontre les possibilités de consolidation du tissu urbain au sein d'un environnement établi, tout en restant respectueux et inclusif de l'environnement (National Parks, 2022).

Le parc de Bishan constitue une optimisation importante d'un territoire autrement morcelé et à risque d'inondation. Ce type d'IVB pourrait être adaptée au contexte de la municipalité de STADA. On retrouve, en son cœur, entre de nombreux quartiers urbanisés, une ancienne carrière ainsi que terrains ouverts sur lesquels s'étalent la rivière des Outaouais et la rivière du Nord en temps d'inondation importante (de la taille de celles de 2017 et 2019). Ces terrains représentent une superficie d'envergure, relativement au reste de la municipalité. Une IVB telle que le parc de Bishan saurait optimiser ces espaces, tout en créant un milieu résilient et au service des nombreux résidents déjà sur place.

3- L'hôpital Khoo Teck Puat et l'étang Yishu, Singapour

Le prochain exemple de projet d'IVB intelligemment conçu vient également du Singapour, un milieu connaissant des problématiques amplifiées par sa superficie restreinte, une population importante et grandissante et un climat de forêt tropicale. Ces conditions font alors pressions sur les autorités, qui doivent délivrer des solutions innovantes et efficaces.

Ouvert en 2010, l'hôpital Khoo Teck Puat est centré sur le bien être des patients et la relation entre santé et présence d'éléments naturels, suivant une philosophie biophilique. Ainsi, le bâtiment, les chambres des patients et aires de visitation sont situées autour d'un aménagement public naturel, ouvert, composé d'un jardin, de promenades et d'une variété d'éléments végétalisés, le tout adjacent à un grand étang d'eau de pluie, l'étang Yishun. Ce dernier offre un paysage qui se transforme avec les conditions météorologiques et permet d'accueillir les eaux de pluie de tout le complexe environnant. Depuis l'acquisition du marais par l'hôpital, les berges ont été végétalisées et des îles flottantes ont été ajoutées afin d'aider avec la gestion des eaux urbaines (Dreiseitl & Wanschura, 2016) (Greenroofs, 2022).

L'établissement et ses aménagements paysagers mettent en lumière une dimension supplémentaire de la résilience à travers l'installation d'éléments d'IVB, soit celle du bien-être. Ce projet et ses ajouts à travers le temps est une expression d'aménagement holistique, attaquant à la fois la problématique des inondations et de la santé de la communauté. Cette étude de cas fait preuve d'adaptabilité selon les besoins de la communauté environnante, tout en présentant des IVB fonctionnelles et pertinentes. Ce sont ces principes qui doivent être mis de l'avant lors d'un possible futur réaménagement de STADA et d'autres milieux de vie à travers le bassin versant. Ce type de projet met les résidents et usagers des milieux au cœur des préoccupations guidant l'aménagement du territoire, une composante tout aussi importante de la résilience urbaine.



Figure 15 Une conception centrée sur le bien-être. Source : SANTIMANO, Eustaquio, 25 mai 2014. Pas d'utilisation commerciale – Partage dans les mêmes conditions (CC BY-NC-SA 2.0). Disponible en ligne sur : <https://www.flickr.com/photos/eustaquio/14240728146>

4- Le Plan RISA, Hambourg, Allemagne

La ville d'Hambourg, en Allemagne, a un historique étroit avec les inondations. Située seulement à quelques mètres au-dessus du niveau de la mer et caractérisée par une forte densité de cadre bâti et de surfaces imperméables, une grande partie de la ville est à fort risque d'inondations, notamment à cause des CC. Dernièrement, des efforts ont été déployés afin de renforcer les défenses côtières traditionnelles à l'aide d'IG, une réponse logique à la lumière des risques qui s'intensifient. Néanmoins, dans une vision de développement durable et résilient, les autorités ont décidé d'établir un plan d'adaptation climatique à l'échelle de la ville, centré sur une gestion durable des eaux urbaines (de pluie, ruissellement, usées, etc.). C'est ainsi qu'en 2009, les secteurs de l'eau, de l'environnement, du climat, de l'agriculture et de l'énergie ont rédigé le plan *Rain InfraStructure Adaptation* (RISA).

RISA est un mandat en complémentarité au plan climat de Hambourg afin d'assurer la planification, sur plusieurs années, de 2015 à 2030 et la mise en place d'interventions qui priorisent une gestion des

eaux résiliente et une adaptation aux CC. Ledit Plan présente une diversité de thématiques en lien avec la prévention aux inondations, passant par des brochures et des guides de conception à la cartographie de précipitation importantes, mais se concentre sur l'encadrement de développements et intervention à travers Hambourg.

L'un des projets récents qui fait preuve de cette évolution en matière de prise en compte des CC est l'adaptation du complexe résidentiel Kleine Horst, Ohlsdorf 12, réalisée en 2009 par la firme DREISEITL Consulting. Un projet urbain établi de 9.3 hectares, l'Ohlsdorf 12 contient aujourd'hui des tunnels ou fossés d'eau, des rigoles de rétention et des étangs de pluie afin de permettre un drainage et une rétention des eaux de pluie et de ruissellement (Consulting, 2022).

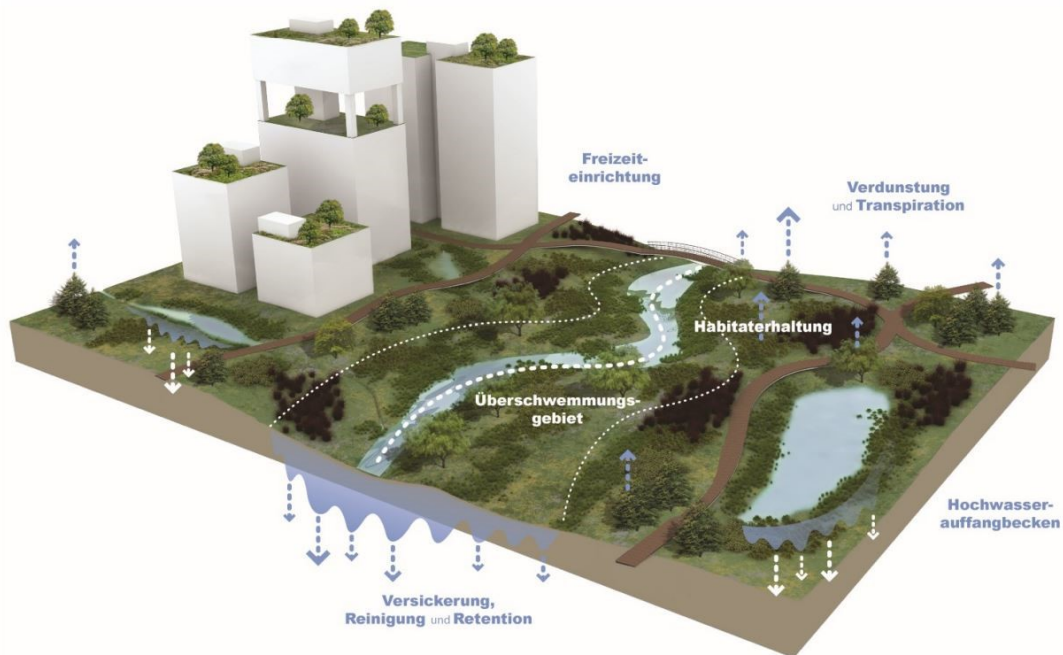


Figure 16 Stratégies de gestion durable des eaux de pluie du plan RISA à Hambourg, Allemagne. Source : WALDHOFF, Axel et autres (2015). PLAN STRUCTUREL RISA EAUX PLUVIALES 2030 (traduit de l'allemand), HAMBURG WASSER, p.7. Disponible en ligne sur : <https://www.risa-hamburg.de/downloads.html>

Un autre exemple de cette adaptation à travers la ville est le parc Ohlendorff, un héritage d'une des familles les plus importantes d'Hambourg. Cette infrastructure publique à prédominance naturelle de 0.2 hectares est aujourd'hui destinée à une rétention et une filtration d'eau de pluie et de ruissellement. Situé dans le quartier de Volksdorf, à l'extrémité nord-est de la ville, le parc Ohlendorff offre également des espaces de détente et de promenade pour la population du quartier (Authority for Environment, s. d.).

La Ville ira un pas plus loin afin d'intégrer l'eau dans la vie quotidienne des citoyens et sensibiliser les générations futures à la problématique des inondations et de la gestion des eaux. Dans le cadre du Plan RISA, des terrains de jeux accueillant des volumes d'eau importants voient le jour et constituent des projets pilotes pour des interventions futures dans ce genre. L'école primaire Wegenkamp a eu la chance d'accueillir la première cour d'école du Plan, capable d'accueillir de grandes quantités d'eau de pluie et de les relâcher de manière à ne pas surcharger les IG correspondantes. Un travail conjoint entre le ministère du Développement urbain et de l'Environnement, Construction écoles Hambourg et Eau Hambourg, cette cour adaptée aux précipitations fait partie d'une initiative de diminution des surfaces imperméables sur le terrain des écoles d'Hambourg et a permis la publication d'un manuel intitulé « *Rainwater Management at Schools in Hamburg* » (Umweltbundesamt, 2016).

Enfin, le Plan RISA fait preuve d'encadrement et de prévention à grande échelle à la lumière des CC, favorisant un principe d'aménagement simple en théorie, mais essentiel à la survie des milieux urbanisés, soit celui d'une approche décentralisée qui prend en compte les précipitations et les renvoie de manière adéquate vers le cycle naturel de l'eau (dans le sol, vers les nappes phréatiques, dans les cours d'eau, pour irrigation, etc.) (Dreiseitl & Wanschura, 2016). Par ailleurs, STADA se retrouve également en grande partie à peine au-dessus du niveau hydrologique. Plus d'un quartier (Terrasse Robillard, Rue Fournier et Baie Carillon) s'est retrouvé presque entièrement submergé en 2017 et encore en 2019. L'applicabilité du Plan RISA est dans son échelle de planification, ainsi que dans la nature holistique des interventions (création de surface poreuses, utilisation du réseau routier comme conduits d'évacuation des excès d'eau, complexe résidentiel conçu avec un drainage systémique en tête, des interventions à différentes échelles, l'appel à une multitude d'acteurs, le recours à la sensibilisation citoyenne, etc.). Rien de moins, en tant qu'effort, ne doit être déployé à STADA, qui connaît aujourd'hui la problématique des inondations, mais également d'autres contraintes dont une décroissance due principalement aux épisodes d'aléa, des difficultés liées à l'approvisionnement en eau potable, des infrastructures grises essentielles vieillissantes et plus encore.

5- Le projet Green Streets, Portland, Oregon, États-Unis

Un autre pionnier dans le domaine de l'aménagement durable, mais surtout en matière de gestion des eaux de pluie et du ruissellement est la Ville de Portland, en Oregon. L'administration est constamment portée à trouver des solutions innovantes aux problèmes modernes d'un grand centre urbain, misant sur une qualité de vie accrue de ses citoyens (Dreiseitl & Wanschura, 2016).

Parmi les actions de prédilection, la Ville met en place des projets ponctuels d'échelle plus ou moins fine à travers son territoire afin de capter et diriger les eaux urbaines de manière durable, afin d'accroître sa résilience face aux inondations. Dans ce même esprit d'idées, elle adopte en 2007 une politique des rues vertes, une résolution visant à promouvoir et standardiser la mise en place de rues dites « vertes » dans les développements publics et privés. Portland définit les rues vertes comme suit : une rue utilisant des installations végétalisées pour la gestion du ruissellement des eaux de pluie à sa source. Ces rues sont encadrées par des règlements et des standards de qualité de l'eau (Environmental Services, 2022).

On retrouve ainsi, à travers le territoire administratif, une panoplie d'initiatives de gestion des eaux urbaines durable, à la source des précipitations, tous aussi uniques les unes que les autres. Un des projets pilotes menant vers l'adoption d'un document officiel des rues vertes et le réaménagement de la rue Ankeny, entre la 56^e et la 57^e avenue.

Réalisé en 2004 par la Ville de Portland, le projet de la rue Ankeny compte deux saillies de trottoir végétalisées, avec des espèces spécialement sélectionnées pour leurs caractéristiques hydrophiles, à la suite d'une étude de faisabilité du secteur en question (obstacles, type de sol sous le pavé de la rue, places de stationnement à retirer, etc.). La surface de rétention végétalisée d'un total de 495 pi² pour les deux saillies reçoit l'eau de pluie et de ruissellement d'une surface de 7 300 pi² et peut contenir à tout moment un maximum de 248 pi³ (23,04m³). La Ville a publié en ligne à ce jour 12 secteurs de réaménagement de rue verte, tous accompagné d'un nombre impressionnant de détails. Il s'agit d'un exemple pertinent d'usage d'IVB pour une consolidation du tissu urbain, à une échelle des plus fines (Portland, 2004).



Figure 17 Les Green Streets de Portland assurent un drainage naturel des rues, en plus d'un embellissement du quartier. Source : Ville de Portland (2004). Disponible en ligne sur : <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/167583>

De telles interventions à l'échelle de la rue s'avèrent complémentaires en tant que pistes de réflexion pour des propositions à l'échelle de la municipalité. L'augmentation du couvert végétal et, plus largement, les surfaces poreuses, est primordiale sous toutes ses formes, là où l'espace le permet, dans la quête vers la résilience urbaine. L'exemple des rues vertes de Portland vient alors contribuer à une « boîte à outils » qui servira d'inspiration pour les propositions à STADA.

6- *Bluebelts* de New York, New York, États-Unis

Originellement développé à Staten Island, un quartier du sud de la Ville de New York, le programme des *Bluebelts*, porté par le Département de la protection de l'environnement (DPE) (*Department of Environmental Protection, DEP*), vise principalement à restaurer, maintenir et créer des milieux humides, notamment ceux stratégiquement situés pour drainer les eaux de pluie et de ruissellement afin d'alléger les IG des communautés urbaines. Parmi les unités de paysage sélectionnées pour ce programme, on retrouve des étangs, des marais, des cours d'eau et des ruisseaux. Ces derniers sont ainsi optimisés à l'aide de programmes de restauration et des techniques d'ingénierie, souvent de manière complémentaire avec des IG, afin d'offrir le meilleur drainage possible.

Un exemple d'intervention dans le cadre du programme *Bluebelt* est celui de la création de trois nouveaux « *bluebelts* » à Staten Island, dans les quartiers de Great Kills, Tottenville et Eltingville, sur la côte sud et la partie est de l'île. Les départements de la Protection de l'environnement (DPE) et du Design et de la construction (DDC) ont mené un projet, en 2021, d'IVB d'envergure, totalisant \$135 millions US, dans le but d'améliorer le drainage dans les trois communautés. Cette opération massive impliquait à la fois un développement à prédominance naturelle et des améliorations nettes en termes d'IG, faisant ainsi preuve d'une complémentarité calculée entre naturel et artificiel. D'une part, des marécages furent développés pour un drainage naturel et ralenti des eaux pluviales et des dispositifs dont des puisards et des égouts fluviaux furent installés afin d'assurer une gestion adéquate des excès d'eau sur le réseau routier. De plus, l'opportunité fut saisie d'installer l'équipement nécessaire afin de connecter les résidences des zones d'intervention au système d'égouts sanitaires de la Ville, abandonnant ainsi l'usage de fosses septiques (NYC Environmental Protection, Three New Bluebelts on Staten Island Manage Stormwater and Reduce Flooding While Protecting the Environment, 2021).



Figure 18 Création de milieux humides pour un drainage durable des eaux urbaines à Staten Island. Source : GREEN, Matt (20 octobre 2014). Pas d'utilisation commerciale – Partage dans les mêmes conditions (CC BY-NC-SA 2.0). Disponible en ligne sur : <https://www.flickr.com/photos/imjustwalkin/15590617317>

Ces réalisations s'ajoutent à une liste de plus de 70 *bluebelts* réalisés par le DPE depuis 25 ans. Le programme des *bluebelts* de Staten Island vise à encadrer le drainage des 16 sous-bassins versant de l'île et les connecter au système d'égouts fluviaux déjà en place dans le but d'atteindre une gestion intégrée des eaux de pluie à travers le territoire. Les efforts vont même au-delà du quartier et s'étendent à travers la Ville de New York avec des sites additionnels couramment sous conception. L'administration est à la recherche constante de terrains en milieux humides à acquérir afin de les intégrer au programme. D'autres propriétés, publiques et privées, font également partie du système d'un point de vue du drainage résilient et durable des eaux pluviales, dont plusieurs des parcs de la Ville (NYC Environmental Protection, The Bluebelt Program, 2022).

Avec l'acquisition de terrains, les travaux et la gestion intégrée des risques d'inondation à travers son territoire, la Ville de New York démontre une volonté de solidarité amont-aval qui peut servir d'exemple. Une conscience et un encadrement stricte à l'égard des milieux humides, non seulement en périphérie, mais bien sur le territoire même de la municipalité est l'un des meilleurs moyens de s'assurer d'une gestion résiliente des risques d'inondation (Raymond, et autres, 2017). Des IVB telles que celles

illustrées dans cet exemple constituent un autre type de « zone tampon » qui saura être utile dans l'élaboration fictive d'interventions résilientes à l'échelle, principalement, du bassin versant, contribuant à mitiger la problématique hydrologique amont-aval que connaît aujourd'hui toute la partie inférieure du BV de la rivière du Nord.

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
[https://courses.umass.edu/greenurb/2006/mo%27rourke/land_aquisiti
on.jpg](https://courses.umass.edu/greenurb/2006/mo%27rourke/land_aquisiti
on.jpg)

Figure 19 Des IVB pour la gestion des eaux fluviales à l'échelle du quartier et de la municipalité à Staten Island, NY.. Source : New York City DEP. (2005). Disponible en ligne sur : <https://courses.umass.edu/greenurb/2006/mo%27rourke/innovations.html>

7- Parc de Billancourt, Boulogne-Billancourt, France

Dans une commune en périphérie ouest de Paris, Boulogne-Billancourt, le parc se situe au milieu d'un développement mixte de 74 hectares comptant plusieurs bâtiments, dont des résidences, des bureaux et des commerces, occupant plus de 10% du territoire, soit au-delà de 7 hectares. Autrefois d'anciennes terres appartenant à la compagnie automobile Renault, le parc de Billancourt a été conçu principalement pour accueillir les excès d'eau pluviales à la source ainsi que celles redirigées de part et d'autre du nouveau secteur. Ces eaux sont récupérées par des dispositifs inclus dans la conception de l'IVB et utilisées pour l'arrosage du parc et des usages domestiques des résidences autour.



Figure 20 L'IVB vivante du parc de Billancourt en France. Source : Thomon, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>>, via Wikimedia Commons. Disponible en ligne sur : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/40/Parc de Billancourt_1.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/40/Parc_de_Billancourt_1.jpg)

Inauguré en 2017 et conçu par la firme Agence Ter, l'aménagement du parc a prévu des jardins en creux composés d'un marais et d'une tourbière, d'une grève et de noues sableuses, afin de ralentir l'écoulement de l'eau et la filtrer, pour une réutilisation éventuelle. Ces milieux humides totalisent 23 000 m² et imitent un habitat en bordure de fleuve, conçus pour absorber des précipitations décennales. Le parc contient également des endroits naturels publics dits « secs » pour des activités récréatives. En cas d'inondation plus intense, les vannes sont fermées et cet espace se joint aux installations de milieux humides afin de transformer le parc au complet en bassin de rétention. L'eau est ensuite relâchée directement dans la Seine de manière lente et contrôlée, afin d'éviter des débordements en aval. Par ailleurs, les espèces végétales ont spécialement été sélectionnées parmi une végétation indigène afin que l'endroit devienne une vraie noue écologique et favorise le développement d'une biodiversité locale (Braun/Naja, 2010) (Desfontaines, 2010).

Une gestion spéciale et différenciée, dépendamment de l'unité de paysage du parc, est requise pour l'entretien, mais de manière espacée, à laisse un certain renouvellement naturel de la flore (et de la faune). Des endroits sont réservés à la biodiversité et, donc, interdits aux visiteurs. Ces efforts ont même valu au parc, décerné en 2021, le label Écojardin par l'agence régionale de la biodiversité (Écojardin, 2022) (Boulogne-Billancourt, 2021).

Ce projet d'IVB au cœur d'un quartier multifonctionnel met de l'avant qualité de vie et gestion des eaux durable. Il contribue même à ralentir le ruissellement des eaux pluviales vers le canal de la Seine. Il s'agit ainsi d'un projet pilote à tenir en compte lors de redéveloppements à l'échelle du secteur ou du quartier à STADA comme ailleurs au sein des municipalités à risque d'inondation (Braun/Naja, 2010).

8- Trame verte et bleue de la Communauté métropolitaine de Montréal

La trame verte et bleue de la Communauté métropolitaine de Montréal (CCM) est un outil de planification d'échelle régionale, couvrant une grande partie du territoire du Grand Montréal, soit l'île de Montréal et les berges des rives nord et sud. Elle a pour but principal la protection et la restauration de milieux humides et naturels ainsi que la création d'opportunités pour des activités récréatives à travers le territoire. La trame verte et bleue s'inspire du concept de « ceinture verte » et constitue un effort concret et établi des autorités locales et régionales de mettre en valeur l'attrait naturel et patrimonial de la CCM.

Ce projet en collaboration avec le Gouvernement du Québec a été lancé en 2012 et permet de structurer les développements et initiatives locales de manière à assurer une cohérence d'un point de vue

environnemental, économique et social. Les intérêts représentés par la trame se déclinent en 5 différents axes d'intervention, soit le Parc de la Rivière-des-Mille-Îles, la promenade fluviale du Grand Montréal, le corridor forestier du Mont-Saint-Bruno, le corridor forestier Châteauguay–Léry et le sentier cyclable et pédestre entre Oka et Mont-Saint-Hilaire. Plus de 150 projets ont vu le jour sous le couvert de la trame verte et bleue, dont des plages urbaines, des corridors cyclables en nature et en ville, des sentiers pédestres, de nombreux parcs, la restauration de milieux naturels dont des berges et des îles et bien plus encore. En date de 2019, 44 municipalités ont eu la chance de proposer et mettre en œuvre leurs projets, totalisant 211 M\$ (CAD).

Les valeurs et principes mis de l'avant par la CMM dans le cadre de la trame verte et bleu sont nombreux et divers, mais l'une des préoccupations principales est la protection de milieux naturels, dont les milieux humides et les plaines inondables – des atouts naturels primordiales dans la quête vers la résilience face aux inondations. L'île de Montréal et ses environs se retrouvent déjà à un certain niveau de vulnérabilité face aux inondations (événements de 2017 et 2019, proximité à l'eau, la présence de communautés en zone inondable à risque élevé, etc.), ce qui motive d'autant plus la mise en place de projets pour une mitigation des inondations dans le cadre de la trame verte et bleue. Ainsi, la CMM s'engage depuis les premières initiatives à l'acquisition et la restauration de milieux sensibles aux inondations (CMM, 2022).

Aujourd'hui, on compte 42 milieux naturels acquis, 800 hectares de forêt protégés et la création de 47 parcs riverains, dans le cadre de la trame, dans une optique de protection de l'environnement et de l'adaptation aux CC. Afin de concrétiser l'apport du capital naturel de la trame verte et bleue, à l'échelle de la région métropolitaine, en matière de mitigation des inondations, la fondation David Suzuki a conduit, en 2018, une étude sur le rôle des milieux naturels dans la captation des eaux pluviales et des crues côtières. Les endroits analysés dans cette étude sont ceux susceptibles d'être inondés, selon la délimitation des zones inondables de la CMM en date de 2018 ainsi que l'utilisation d'images satellite, de manière à compenser avec le manque de données. La donnée représentant les milieux naturels fut le couvert forestier sur le territoire. En croisant la superficie inondable et la superficie de couvert forestier, le groupe de recherche de la fondation put déduire d'une part les quantités d'eau captées (retenues et filtrées), la valeur associée à l'aide d'indicateurs scientifiques de la littérature et les endroits à prioriser – les milieux naturels les plus importants sur le territoire de la CMM en ce qui a trait à la mitigation des inondations (CMM, 2022) (Fondation David Suzuki, 2018).



Figure 21 La trame verte et bleue de la CMM et ses 150 projets. Source : CMM (2019).
La trame verte et bleue du Grand Montréal, p.14. Disponible en ligne sur :
<https://cmm.qc.ca/wp-content/uploads/2019/12/document-promo-TVB-150dpi.pdf>

Les trouvailles de cette étude démontrent l'apport, traduit en montants d'argent, que représentent le couvert forestier inclus dans les projets réalisés dans le cadre de la trame verte et bleue. Il s'agit de plusieurs dizaines de milliers de dollars épargnés grâce à la rétention et la filtration des eaux de pluie et des crues côtières par les milieux naturels et ce, en ne prenant compte que du couvert forestier. Chaque milieu est unique et peut prendre un éventail de formes plus ou moins résilientes (jardin, bassin de rétention, marais, noues, etc.).

Un projet de planification et de mise en œuvre, tel que la trame verte et bleue, permet de développer à grande échelle de manière cohérente et intégrée, un élément essentiel afin d'augmenter la résilience face aux inondations. Il s'agit d'une initiative exemplaire pour la structuration des projets de d'adaptation aux inondations à grande échelle. Ainsi, les principes pouvant être retirés d'une telle planification, sont la nécessité d'une vision à grande échelle des enjeux hydrologiques ainsi que la polyvalence et l'importance du rôle joué par chaque type d'intervention d'IVB différente sur le territoire. Seules, les IVB ont un impact réduit sur la mitigation des inondations, mais en réseau, tel que promu par le concept de trame verte et bleue, les SÉ se voient optimisés et permettent aux IVB de contribuer réellement à une résilience urbaine face aux inondations.

5. Mise en commun et applicabilité des IVB au contexte québécois

La revue et l'analyse des études de cas ont permis de brosser un portrait de la situation courante des projets basés sur les IVB, en partie ou complètement, à travers le monde. Ainsi, il est possible de se faire une idée sur l'état des avancements, des projets pilotes déjà mis en œuvre ou en conception, ainsi que des points forts et des limites des IVB dans la mitigation des inondations. Certaines réalisations, datant de quelques années, permettent même une évaluation préliminaire de la performance de ces outils novateurs face aux inondations. Dans le cadre de ce rapport, huit études de cas ont été présentées, sélectionnées selon la pertinence envers divers critères et leurs différences relatives. Cependant, le nombre de réalisations d'IVB consultées est bien plus important. Seule une portion de celles-ci a été retenue et prise en compte pour la présente section, portant sur les résultats du croisement de cette revue. Au total, 21 projets ont été révisés en profondeur et inclus dans la discussion qui suit (Annexe A).

L'analyse a dévoilé certains constats dont la redondance du type d'aléa abordé, de l'action recherchée par l'intervention (but principal) et le type d'IVB employée. Le croisement de ces éléments a également permis de classer les IVB selon une typologie à laquelle peuvent être associées certaines caractéristiques dont des SÉ divers, parfois spécifiques, d'autres généraux à travers plusieurs types. En outre, certains apprentissages peuvent être tirés des exemples analysés, portant à la fois sur le contenu du projet et sur le processus d'intervention. Enfin, la mise en pratique du concept des IVB pour l'adaptation aux inondations rencontre aujourd'hui certaines limites, qui seront également explorées dans la présente section.

5.1. Apprentissages

Ce que tous les cas étudiés ont en commun, sans équivoque, est une connaissance préalable de la situation, plus précisément de l'aléa, de la vulnérabilité, du contexte urbain, ainsi qu'une démarche de priorisation des milieux dans lesquels intervenir. La ou les IVB sélectionnées ne seront efficaces que si elles répondent de manière adéquate au contexte spécifique dans lequel elles s'insèrent. Dans une étude réalisée pour le quartier de Beauport, à la Ville de Québec, Thomas, Dagenais et Paquette démontrent clairement, en étapes bien définies, la manière dont peut être conduite une telle analyse. Le projet porte sur la faisabilité d'une gestion durable des eaux de pluie et de ruissellement à l'échelle du secteur. D'abord, à l'aide d'indicateurs de vulnérabilité sociaux et territoriaux ainsi que des données relatives à l'exposition (précipitations, inclinaison des surfaces, etc.), l'équipe de chercheurs a pu identifier des endroits précis à prioriser pour l'implantation de dispositifs de gestion durable des eaux. La faisabilité

d'une telle intervention a été mesurée notamment à l'aide de données dans un système d'information géographique (SIG), soit les espaces disponibles (surfaces). Il a également été question d'investiguer les meilleures localisations afin d'optimiser les SÉ, ou bénéfices secondaires, de ces infrastructures naturelles (Dagenais, Thomas, & Paquette, 2016).

Une autre étude semblable a eu lieu pour la région de Monterey Bay, en Californie. Le territoire étant hautement exposé à l'océan Pacifique, les communautés côtières vivent depuis un certain temps des enjeux d'érosion et d'inondation, d'autant plus que la montée du niveau de la mer menace d'amplifier ces aléas. Une équipe de chercheurs pluridisciplinaire composée d'urbanistes, ingénieurs, géographes, écologistes et plus encore, a su soulever des éléments précis d'exposition et étudier, à l'aide d'un logiciel de modélisation, la vulnérabilité des segments composant la côte de Monterey Bay. En un deuxième temps, l'étude a analysé différentes solutions d'IVB et d'IG, dont la création plaines fluviales et des structures de protection en bois, visant à identifier laquelle serait la plus efficace à la lumière des aléas présentés. Il s'agit ici d'un autre exemple d'étude allant de la vulnérabilité, sociale et territoriale, à des solutions de résilience qui dépendent du contexte urbain et environnemental spécifique. Ce type d'exercice doit être réalisé afin de comprendre, le plus possible, la problématique d'inondation. Même si l'aléa est semblable, la situation peut être complètement différente d'un territoire à l'autre. Une analyse de vulnérabilité et de faisabilité permet ainsi de mieux concentrer les efforts de conception et d'intervention d'IVB (Langridge, et autres, 2014).

Une des actions les plus recherchées à travers les études de cas analysées est la captation efficace et durable des eaux de pluie et la rétention du ruissellement. D'une part, les acteurs cherchent à capter l'eau de pluie à la source, soit là où elle tombe. D'une autre, il s'agit de palier à l'imperméabilisation des sols, qui encourage le ruissellement des eaux de pluie. Ceci est notamment d'importance primordiale dans les endroits du monde où les pluies sont fréquentes et puissantes. Voilà pourquoi un territoire tel que l'Asie du Sud-Est, dont principalement le Singapour, est aussi avancé en ce qui a trait aux projets d'IVB. Apparaissant à deux reprises à travers les cas recensés, la ville-état au climat tropical regorge de projets d'IVB sous la forme de parcs, de jardins de grande et petite surface, d'étangs et de toits et murs végétalisés, ainsi qu'une présence de végétation à la fois fonctionnelle et esthétique impressionnante. Il est notable que les pressions, dont les pluies fortes et un manque d'eau en tant que ressource, ont fait de Singapour un vrai laboratoire de projets pilotes d'IVB pour la mitigation des inondations. La réalité locale a poussé les autorités multidisciplinaires à trouver des solutions efficaces et innovantes, à instaurer des politiques et un encadrement propice aux expérimentations ainsi qu'à l'allocation de budget pour ces

réalisations. Aujourd’hui, les projets d’IVB tels que le parc Bishan-Ang Mo Kio et l’hôpital Khoo Teck Puat et son étang Yishu font leurs preuves et constituent des exemples potentiels à suivre pour une adaptation aux pluies intenses au Québec (Greenroofs, 2022) (National Parks, 2022).



Figure 22 Les efforts de remise au naturel du sol prennent toutes sortes de formes et de tailles. Source : Philadelphia Water Department (2013). Attribution (CC BY 2.0). Disponible en ligne sur : <https://www.flickr.com/photos/philadelphiawater/9085793151>

En effet, plusieurs autres études de cas ont employé des techniques similaires afin de mieux gérer les excès d’eau en milieu urbain. Parmi plusieurs, on retrouve la ville de Portland, avec son projet de rues vertes (*Green Streets Project*), le parc de Billancourt en France et le plan RISA à Hambourg, Allemagne. L’emploi d’éléments naturels verts, dont des saillies, des rigoles, du pavé perméable et autres recouvrements poreux, ainsi que d’éléments bleus tels que des bassins de rétention et des marais font tranquillement leur place là où l’univers bâti a pris le dessus. Ces dispositifs, souvent appelés « solutions basées sur la nature » (*Nature-Based Solutions, NBS*) ou « systèmes de drainage urbain durables » (*Sustainable urban Drainage Systems, SuDS*) sont relativement faciles à adapter aux différents contextes urbains et géographiques et requièrent, pour certains, peu d’espace et de ressources. La captation des eaux de pluie et de ruissellement se base sur un principe très facile à capter, soit celui de remettre le sol à son état original, en permettant les processus écosystémiques de base (absorption de l’eau de surface,

rechargement de la nappe phréatique, filtration des eaux de pluie par la végétation et le sol, etc.) (Qi, et autres, 2020).



Figure 23 Exemple de système de drainage urbain durable (Sustainable Urban Drainage System, SUDS), un type d'IVB conçu spécifiquement pour la gestion des eaux pluviales en milieu urbain. Source : FISCHER, Eric (15 octobre 2017). Attribution CC BY 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>>, via Wikimedia Commons. Disponible en ligne sur : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/Bioswale_and_curb_extension_with_cutouts_%2838067594726%29.jpg

Au-delà d'une gestion résiliente des eaux de pluie et du ruissellement, les IVB se voient de plus en plus être l'objet de projet centrés sur le principe de créer de la place pour l'eau, notamment en présence d'inondations côtières et de crues venant des cours d'eau. S'installer auprès de l'eau est presque aussi naturel que de trouver ou construire un toit pour s'abriter. À travers les millénaires les communautés humaines ont convoité la côte et les berges de rivières et cours d'eau, pour des raisons principalement existentielles. Depuis quelques siècles, une réalité bien connue en Amérique du Nord et les territoires où l'urbanisation a engendré l'étalement urbain, le milieu habité se rapproche autant que possible de l'eau. De nombreuses techniques ont été mises en place afin d'assécher et protéger de nouveaux territoires autrefois appartenant au monde aquatique. Cette tendance dévoile aujourd'hui deux constats, soit la mise en danger des personnes en zone inondable et la dégradation d'habitats naturels essentiels au cycle de l'eau, dont les espaces de liberté des cours d'eau et les crues régulières (Werritty, 2006).

Ainsi, une partie des exemples d'IVB révisés abordent cette problématique, proposant différentes solutions dépendamment du contexte. Un tel exemple est celui du Kristalbad, aux Pays-Bas. Cette IVB d'envergure, située entre les municipalités de Hengelo et Enschede, est destinée principalement à réduire et capter les volumes d'eau descendant le canal Twente. Il s'agit en quelques mots d'un effort de redonner de la place à la nature en milieu hautement bétonné. Cette infrastructure naturelle, avec une surface dépassant les 19 hectares, est un exemple concret de ce mouvement visant à revenir aux sources en matière de cycles et processus naturels. Un autre cas d'adaptation aux crues est celui des *bluebelts* de la Ville de New York. Encore une fois, en situation de berge, en bordure de la baie de Raritan, il est question d'un aménagement principalement naturel là où le territoire a été hautement modifié et imperméabilisé pour accueillir une communauté. Tel que mentionné plus haut, ces éléments de paysage constituent des milieux naturels entiers, en connectivité les uns avec les autres, capables de drainer des quantités d'eau importantes. Finalement, la trame verte et bleue de la CMM représente un autre effort à grande échelle de création et restauration d'espaces naturels capables d'accueillir les fluctuations des niveaux d'eau de fleuves et de lacs. Les projets de la trame se trouvent à grande majorité en rive, redonnant au territoire ses caractéristiques d'absorption et de rétention d'eau.

La remise en état des berges est d'ailleurs un effort bien répandu au Québec. D'autres projets à travers la province font preuve de ce type d'initiative afin de mitiger les conséquences des crues importantes. La stabilisation des berges de la rivière Saint-Charles, à la Ville de Québec, est un exemple de qualité. La rivière en question draine un bassin versant des plus peuplés de la province. Son parc linéaire tant convoité par les résidents entraîne des conséquences liées à l'érosion des berges. Ainsi, l'organisme responsable, la Société de la rivière Saint-Charles, a modifié les sentiers aux abords de la rivière et végétalisé les berges afin de tenter une remise à niveau du paysage naturel. Cela constitue aujourd'hui une expérience récréative, mais aussi éducative de qualité, mettant en valeur l'endroit ainsi que les initiatives de stabilisation par végétalisation (Fondation Hydro-Québec pour l'environnement, 2011).

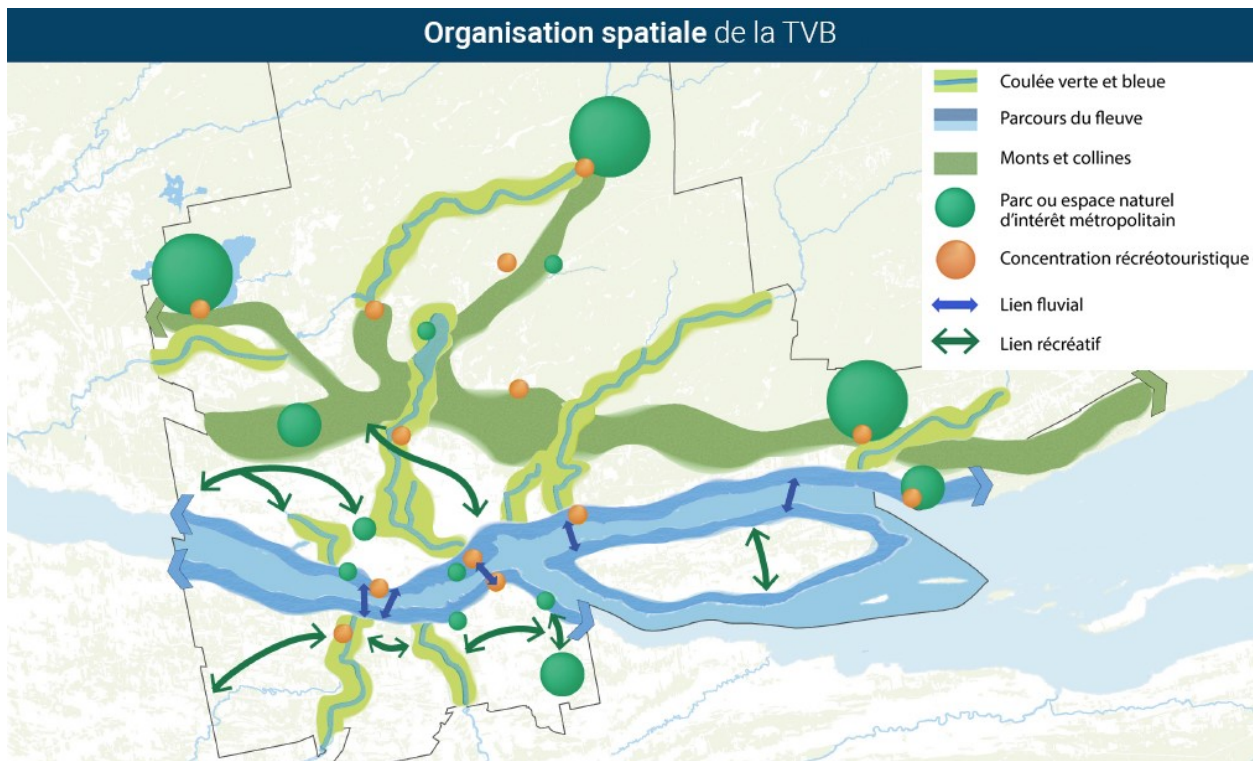


Figure 24 La CMQ a également sa propre trame verte et bleue. Source : CMQ (2021). Trame verte et bleue métropolitaine. Disponible en ligne sur : <https://cmquebec.qc.ca/trame-verte-et-bleue/>

L'atténuation des effets des crues, à travers les IVB, sur les communautés urbaines à proximité de cours d'eau, en berge ou côte, requiert un effort de taille. Qu'il s'agisse de créer ou remettre en état un milieu naturel, ou de concevoir un bassin de rétention et d'autres infrastructures naturelles semblables, laisser la place à l'eau est un concept relativement simple à capter, mais plus difficilement traduit sur le territoire. Ces initiatives nécessitent de la place afin d'être adéquatement aménagées, du temps pour prouver leur efficacité ainsi que d'autres facteurs dont une connectivité écologique efficace, une sensibilisation et une acceptabilité sociale et politique, des ressources financières considérables, etc. Cependant, tel que démontré à travers les études de cas et la littérature, ces IVB engendrent des SÉ de grande valeur, sont flexibles quant aux aléas et le CC et engendrent des coûts relativement bas sur le long terme, notamment en lien avec l'entretien.

Une distinction claire entre les types d'IVB possibles et leurs caractéristiques pourrait s'avérer utile dans un contexte, d'abord, de compréhension du concept par les acteurs de l'aménagement et, dans un deuxième temps, de prise de décision. En effet cet exercice peut permettre de mieux concevoir le projet dépendamment des besoins et opportunités spécifiques au contexte d'insertion. Par exemple, tel que démontré à travers l'analyse de projets, un bassin de rétention a des retombées très différentes

comparativement à une saillie de trottoir végétalisée ou un toit vert. Il est très difficile, encore aujourd'hui, de clairement distinguer et encadrer chaque type d'IVB et de les associer à des spécifications précises du type « capacité de rétention d'eau » ou « degré de développement de la biodiversité locale ».

Néanmoins, des efforts concrets sont déployés à travers le monde par les gouvernements et groupes d'experts afin de caractériser et catégoriser les diverses initiatives d'apport écologique, qu'elles soient en lien avec l'adaptation aux inondations ou d'autres domaines de la résilience. Un tel effort est celui du gouvernement ontarien, plus précisément du ministère des Mines, du Développement nordique et Ressources naturelles et de la foresterie (MMDR), d'évaluation des milieux humides. Le ministère partage avec le public un système d'évaluation des milieux humides, avec des manuels contenant toute l'information nécessaire afin de guider les élus des communautés à planifier un développement durable. Ces manuels, l'un pour le sud de la province et l'autre pour les environnements du nord, incluent des guides d'évaluation, avec un système de pointage basé sur la littérature, celle-ci décrit en détails pour la compréhension des utilisateurs. Le score des milieux humides est basé sur de nombreux attributs des unités de paysage analysées, dont la taille, la végétation, le milieu environnant, sa connectivité écologique et bien plus encore (MRNF, 2013) (MRNF, 2022).

Ces systèmes d'évaluation d'éléments naturels, basés sur les processus écosystémiques qui, lorsqu'appliqués dans un contexte urbain, deviennent des SÉ, existent depuis plusieurs années. Il s'agit du type d'outils dont devrait disposer toute communauté – un outil officiel et standardisé à travers une province ou un pays – afin de pouvoir sélectionner le type d'IVB le plus adéquat au contexte en question.

Tableau 1 Tentative de classification des IVB par typologie et les caractéristiques associées. Source : Santiago Varsi, 2022

Tableau typologie IVB	Action principale recherchée	Échelle d'intervention	SÉ
Pavé perméable	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Parcelle	
Jardins de pluie	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Parcelle	Embellissement
Toits et murs végétalisés	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Parcelle	Régulation de la température du bâtiment
Rigoles	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Rue	Embellissement
Parc fluvial/de rétention	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Quartier	Création d'espaces récréatifs
Étangs	Mitigation des crues	Quartier	Biodiversité, recharge des eaux souterraines
Marais	Mitigation des crues	Quartier	Biodiversité, recharge des eaux souterraines
Corridors verts et bleus	Mitigation des crues	Municipal	Biodiversité, création d'espaces récréatifs, recharge des eaux souterraines
Lacs/bassins de rétention	Mitigation des crues	Municipal, régional	Biodiversité, création d'espaces récréatifs
Milieux humides	Mitigation des crues	Municipal, régional	Biodiversité, création d'espaces récréatifs, recharge des eaux souterraines

Depuis la popularisation du concept de développement durable, à l'échelle de l'urbanisme, divers cadres d'évaluation de la performance écologique au sens large existent, les plus populaires étant des outils d'évaluation multicritères, munis d'indicateurs, divisés en différentes thématiques dont la santé humaine, l'économie, le rendement environnemental, etc. Parmi les pionniers dans le développement d'indicateurs de développement durable urbain se trouvent UN Habitat, une branche des Nations Unies ainsi que l'Union européenne sur l'énergie, l'environnement et le développement durable et la Banque mondiale. Le développement urbain durable est alors analysé, à travers ces indicateurs, en étudiant l'équilibre des interactions entre les activités anthropiques et les ressources naturelles du territoire. Afin d'évaluer cette caractéristique, il est essentiel de bien comprendre les caractéristiques physiques et naturels d'une communauté urbaine et les activités qui s'y rattachent (Pakzad & Osmond, 2016).

En appliquant ce concept aux IVB, à diverses échelles, il est possible de développer des indicateurs d'évaluation de la résilience des projets d'adaptation aux CC. En évaluant ces projets, une comparaison peut être effectuée et faciliter la prise de décision. Aujourd'hui, ces systèmes d'évaluation d'IVB, du moins à l'échelle du projet, existent et sont employés par les administrations municipales. Parmi les utilisateurs de ces outils innovants il y a la ville de Malmö, en Suède et son outil d'évaluation écosystémique à deux

volets : le facteur d'espace vert et le système de points verts. Malmö est l'une des premières administrations à utiliser ce type d'outil, de manière officielle, lors de développements urbains, à l'échelle du projet. Le but principal de l'outil est d'assurer un apport minimum en termes de résilience de chaque projet proposé. Ce système d'évaluation est d'ailleurs adapté d'outils utilisés en Allemagne ainsi qu'à Seattle, dans l'état de Washington, aux États-Unis.

En ce qui a trait au facteur d'espace vert, le concept est simple, soit le calcul d'un facteur attribué par type de surface, selon leur valeur écologique, multiplié par l'aire de cette même surface, additionné aux autres surfaces (si applicable), le total divisé par la surface générale du projet étudié.

FEV = (facteur écologique X aire de la surface + facteur écologique 2 X aire de la surface 2 + etc.)/surface totale

Afin de rendre l'outil aussi complet que possible, un pointage est ajouté à cette première donnée de surface végétalisée. Ce pointage est basé sur la présence d'éléments dans le projet qui alimentent cet apport écologique. Par exemple, des points additionnels sont attribués si le complexe contient des surfaces capables d'agriculture urbaine ou des dispositifs d'habitats fauniques, pour des chauves-souris, des oiseaux, etc. Cette initiative rend possible la concrétisation des SÉ des IVB, permettant de mieux comprendre l'étendue des infrastructures naturelles en milieu urbain (Kruuse, 2011).

Le gouvernement australien, plus précisément le Département de l'environnement, du territoire, de l'eau et de l'aménagement, a développé un exercice semblable, à l'échelle de la ville. Dans le guide *Planning a Blue-Green City*, publié en 2017, est expliquée l'importance d'associer des indicateurs de résilience des interventions d'IVB avec les enjeux et objectifs initialement développés et de les quantifier lorsque possible. Certains de ces indicateurs, ou retombées positives, peuvent être monétisés, ce qui peut souvent jouer en faveur dans l'argumentaire des IVB contre les IG. Les indicateurs d'évaluation décrits dans ce guide traitent principalement sur une gestion des eaux durables, dont la capacité à filtrer des polluants des eaux urbaines et les volumes d'eau de ruissellement évités. Ces exemples sont accompagnés d'études de cas ainsi que de méthodes d'évaluation (Department of Environment, Land, Water and Planning, 2017).

Parmi les indicateurs relatifs aux IVB présentés, on retrouve :

- Quantité de polluants retirés;
- Quantité d'eau de ruissellement retenue et filtrée;

- Quantité d'eau réutilisée;
- Quantité de surface de canopée;
- Quantité de surface perméable.

Selon la littérature et les projets recensés, le lien entre l'augmentation de la résilience et les IVB semble être généralement établi et accepté. Cependant, des méthodes d'évaluation capables de concrétiser ces bénéfices sont nécessaires afin de standardiser la pratique et espérer un jour atteindre une réelle adaptation aux CC en milieu urbain.

Un autre facteur influençant la performance des IVB, relatif au type de projet, semble être la complémentarité avec les IG présentes ou à venir du milieu. Cette complémentarité est d'autant plus importante dans le contexte de la gestion de l'eau, à grande échelle. La plupart des cas étudiés, dont le Kristalbad, le plan RISA et même l'emploi d'infrastructures naturelles pour la gestion des eaux à Montréal (semblable aux *Green Streets* de Portland), font preuve d'un besoin de collaboration entre IVB et IG sous la forme d'un soutien au système d'égouts. Les réseaux de gestion des eaux en ville sont essentiels au fonctionnement de la communauté et une des problématiques modernes est le vieillissement des infrastructures traditionnelles, tel qu'énoncé en introduction de ce mémoire. L'objectif du virage vers les IVB pour la mitigation des inondations n'est certainement pas d'effacer les merveilles d'ingénierie qui permettent à la société de fonctionner quotidiennement, mais bien d'en optimiser leur fonctionnement. Les IG doivent être maintenues et optimisées.

Dans une étude portant sur cette même complémentarité, pour une gestion des eaux fluviales optimisée, Kapetas et Frenner mettent l'accent sur le besoin d'IG, notamment pour un fonctionnement quotidien et dans l'évènement de crues et tempêtes d'une certaine envergure, ainsi que de l'implantation d'IVB en collaboration avec le réseau traditionnel, pour pallier le manque de flexibilité des IG et ralentir le ruissellement. Cela est d'autant plus important à considérer dans un contexte urbain bien établi, tel que celui de l'étude en question, soit un quartier de Londres, en Angleterre. Les chercheurs vont encore plus loin et proposent une planification adaptative, c'est-à-dire, qui prend en compte l'évolution des aléas et de la situation – les volumes des précipitations, l'état des IG en temps réel et plus encore – afin de mettre en œuvre des projets d'IVB dans une vision sur le long terme (Kapetas & Fenner, 2020).

Ce type de réflexion est illustré notamment par le projet du parc de Billancourt ou bien les *bluebelts* de New York. Dans la commune en périphérie de Paris, le parc – l'IVB – est en complémentarité avec les IG étant donnée sa capacité à recueillir les eaux fluviales à l'échelle du quartier et de les redistribuer pour

des usages domestiques, dont l'irrigation. Quant à la création et restauration de milieux humides à Staten Island, ces derniers ont été conçus afin de drainer des quartiers établis et en développement, à l'aide d'un nouveau système de puisards et d'égouts fluviaux. Composantes naturelles en surface et IG en souterrain.

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
<https://www.nigeldunnett.com/wp-content/uploads/2020/01/grey-to-green-image-marketing.jpg>

Figure 25 Les rues de Sheffield, au Royaume-Uni, font preuve de collaboration entre éléments bleus, verts et gris. Source : Sheffield University (2022). Grey to Green, Nigel Dunnett. Disponible en ligne sur : <https://www.nigeldunnett.com/grey-to-green-2/>

Si les IVB font peu à peu leurs preuves dans le domaine de l'adaptation aux CC, certains enjeux demeurent à surmonter pour une adaptation officielle sur le long terme, notamment la question du suivi de la performance et du maintien de ces projets. D'une part, les indicateurs d'évaluation de la résilience doivent être élaborés avec l'intention d'un suivi sur divers termes, le court, moyen et long terme. Les IVB, surtout en contexte de mitigation de crue, soit les projets d'envergure, requièrent souvent un certain temps avant d'être réellement efficaces. Cela est dû entre autres au développement de la végétation et de l'écosystème en général. Par ailleurs, il est nécessaire de former les acteurs et les personnes responsables des IVB en matière de maintien. Différentes activités peuvent faire partie de cette gestion, dont l'irrigation et le nettoyage en présence de débris, par exemple, pour les rigoles et saillies de trottoir végétalisées, ou bien les coupes et les plantations, lorsqu'il s'agit de jardins et d'étangs.

Ces principes de vision sur un moyen et long terme assurent une certaine pérennité des interventions basés sur les IVB. Des organismes et groupes d'experts offrent aujourd'hui ce type de service, directement ou à travers des formations spécialisées pour le public et les fonctionnaires. Green Communities Canada (GCC) est l'une de ces ressources. L'organisme, comptant plusieurs membres à travers le pays, se spécialise dans les initiatives de base (*grassroots initiatives*) dans le domaine des infrastructures naturelles, dont des IVB pour la gestion des inondations (jardins de pluie, toits et murs verts, rigoles, milieux humides et parcs). À travers ses programmes diversifiés et complets, dont *Rain Garden Master Class and Tour*, GCC s'assure de soutenir techniquement les projets d'aménagement résilient ainsi que de sensibiliser et former les porteurs de projets, citoyens et employés publics (Green Communities Canada, 2016).

Finalement, l'un des apprentissages les plus importants dans l'élaboration et la mise en œuvre d'IVB est la nécessité d'un encadrement légal, technique et financier, intégré dans le développement et la

gestion du territoire. Tel que démontré à travers cette section, les projets qui connaissent un certain succès sont ceux encadrés, qu'il s'agisse de lois ou règlements habilitants, de guides et manuels de conception et mise en œuvre ou de financement alloué aux projets d'IVB. À petite ou grande échelle, les IVB doivent être prises en compte tel que tout autre outil d'aménagement, dans le budget, la planification et la loi. Leur performance ne peut être optimisée que si elles sont conçues et implantées en connectivité avec les milieux naturels, mais aussi le monde bâti tel que les IG. Cette intégration doit se faire même au niveau social. Comme tout projet d'envergure, les IVB nécessitent un niveau de base d'acceptabilité. Ceci n'est réalisable que si un effort de sensibilisation est mis de l'avant.

En Ontario, la gestion des risques et la planification de l'adaptation aux CC se fait principalement au niveau des bassins versants, par les autorités de conservation (*Conservation Authorities*) du MMRN. Ces dernières sont porteuses de nombreux projets de résilience en matière d'eau et s'engagent à impliquer les communautés dans ces réalisations. Un tel processus pris place lors du réaménagement de la rue Forest Glen Road (segment au nord de la rue Queens), un projet d'implantation de techniques de captation des eaux de pluie et de ruissellement, ainsi que de solidarité amont-aval au sein de la municipalité de Newmarket. Des présentations sur les lieux, menées par la Lake Simcoe Region Conservation Authority (LSRCA), avaient pour but la participation active de la communauté à la conception et la mise en place d'infrastructures naturelles telles que des rigoles, un sol spécifiquement conçu pour le ruissellement et la biofiltration et de nombreuses plantations d'espèces adaptées à l'eau (LSRCA, 2016). Dans le cas de projets et initiatives émanant de la société civile, l'encadrement est tout aussi important afin de concrétiser et assurer la pérennité de ces efforts, tel le cas de Surfers' Point, en Californie, dans un effort de restauration écologique et de création d'espaces récréatifs résilients. Cet effort à l'échelle d'une destination balnéaire populaire émane d'un groupe local d'adeptes du surf (Surfrider Foundation, 2022). D'autres exemples d'intégration officielle sont compris dans la revue d'étude de cas (ABC Waters,

Singapour ; Green Streets, Portland, Oregon, États-Unis ; Delta Plan for Spatial Adaptation, Pays-Bas ; Plan RISA, Hambourg, Allemagne ; Bluebelts Programme, NYC, New York, États-Unis).



Figure 26 L'autorité de conservation LSRCA sur place, à Forest Glen Road, Ontario, pour un effort de consultation dans le cadre d'un projet de gestion des eaux fluviales. Source : LSRCA (2017). Forest Glen Road (extrait de vidéo). Disponible en ligne sur : <https://www.lsrca.on.ca/Pages/Case-Study-Residential.aspx>

Par ailleurs, le cas du programme national de la Chine en gestion d'eaux de pluie et de ruissellement, le Sponge City Programme (SCP), est un exemple intéressant d'intégration d'IVB à grande échelle. Le SCP est un effort d'échelle nationale d'adaptation aux CC, suivant des critères stricts de quantité et de qualité de l'eau, à travers des interventions de SBN dans 35 villes éponges sélectionnées. Le gouvernement fédéral, ayant la charge de la gestion des eaux pluviales à travers le pays, soutiennent financièrement les initiatives, tandis que les autorités locales s'occupent de la coordination des acteurs et de la conception et mise en œuvre des IVB. Ce fonctionnement est d'autant plus efficace lors de la gestion des inondations, un aléa qui traverse les frontières administratives (O'Donnell, Netusil, Chan, & Dolman, 2021).

Ce type d'échelle de planification est également une pratique de l'Irlande du Nord, avec son Living With Water Programme (LWWP). Le gouvernement réalise et comprend les enjeux du travail en silos des différents acteurs de l'eau et est conscient du besoin d'une adaptation aux inondations intégrée à travers le territoire, à l'échelle des bassins versants. Le LWWP est ce qu'on appelle un plan stratégique des infrastructures de drainage (Strategic Drainage Infrastructure Plan, SDIP). Développé en 2014, le LWWP, sous cette notion de drainage stratégique, compte sur l'utilisation d'IVB pour une gestion des inondations holistique, qui diminue les coûts d'opération et offre des opportunités récréotouristiques. Le programme prend en compte les IG, les IVB ainsi que les principes de l'hydrologie du territoire, travaillant avec le plus d'acteurs de l'eau possible, dont NI Water, DAERA, NI Environment Agency et le conseil de la Ville de Belfast, pour instaurer une résilience face aux inondations à travers le pays (Northern Ireland Department of Infrastructure, s. d.) (Northern Ireland Department of Infrastructure, s. d.).



Figure 27 Les étapes d'une gestion durable des eaux à l'échelle du bassin versant localisées, par ordre d'intervention. Source : Northern Ireland Department of Infrastructure. Licence (Open Government Licence) : <https://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/version/3/>. Disponible en ligne sur : <https://www.infrastructure-ni.gov.uk/articles/living-water-approach>

Malgré la réalisation de nombreux projets pilotes d'IVB, la standardisation des solutions à prédominance naturelle et leur sélection au lieu des IG traditionnelles pour la mitigation des inondations rencontrent encore certains défis, voire des barrières. Ces limitations, tel qu'énoncé en introduction du présent document, portent sur différents aspects, tous aussi importants et à considérer. Néanmoins, les apprentissages et constats présentés dans cette section, basés sur un survol de nombreuses études de cas, peuvent servir de point de départ pour de futurs projets d'IVB.

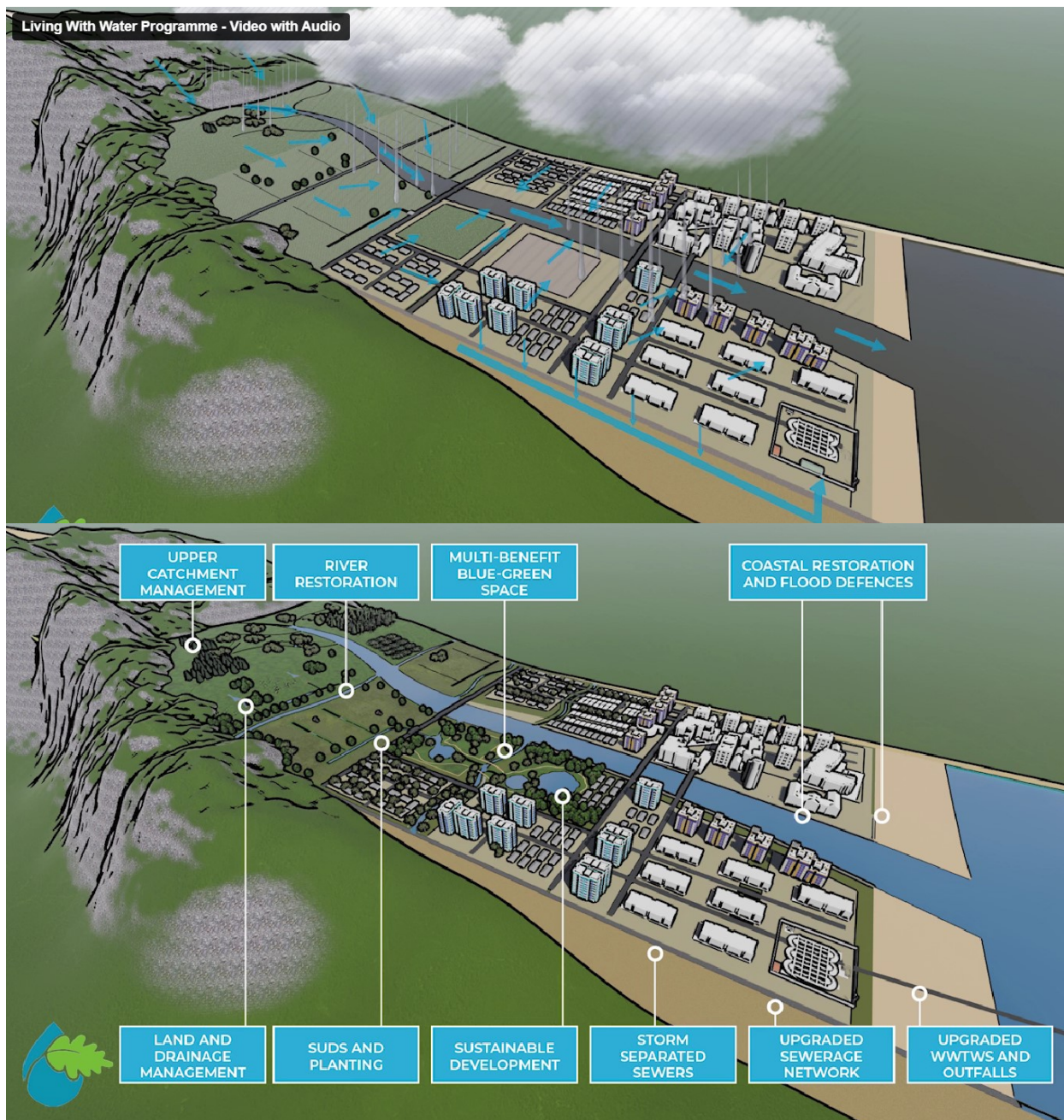


Figure 28 La problématique et les opportunités de la gestion des eaux intégrée. Source : Northern Ireland Department of Infrastructure. Source : Northern Ireland Department of Infrastructure. Licence (Open Government Licence) : <https://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/version/3/>. Disponible en ligne sur : <https://www.infrastructure-ni.gov.uk/articles/living-water-approach>

Si certains éléments en lien avec les IVB restent incertains, tels que la performance de certains types d'infrastructures et les bouleversements engendrés par les CC sur les décennies à venir, d'autres facteurs favorables font surface. D'une part les solutions traditionnelles purement basées sur l'ingénierie ne répondent plus à elles seules aux besoins des communautés à risque. D'une autre, des gouvernements à travers le globe ont entamé un réel virage dans l'univers de la planification et de l'aménagement. Les

projets centrés sur les IVB se font populaires année après année, se voient alloués une partie grandissante des budgets et font désormais partie intégrante de plans, stratégies et visions de territoires.

5.2. Scénarios adaptés au Québec

Le territoire d'étude sélectionné pour une adaptation du concept des IVB au contexte Québécois, dans le cadre de cette recherche, est la municipalité de Saint-André-d'Argenteuil, ainsi que le bassin versant de la rivière du Nord. Le contexte urbain, géographique et, brièvement, sociodémographique est présenté dans la deuxième section de ce rapport, où la problématique et les opportunités d'intervention ont été décrites, alimentées par le projet AMERZI, de l'équipe ARIACTION. AMERZI est une réalisation d'envergure, sur deux ans, qui a su soulever des enjeux précis, analyser la situation des inondations dans la municipalité de manière complète et créé des liens étroits avec l'administration municipale, ses citoyens et même d'autres acteurs de l'eau dont l'OBV Abrinord, le MELCC et le MSP. Le présent mémoire est donc en partie alimenté et inspiré par ce projet.

Dans cette section, deux propositions de projet d'IVB seront élaborées, de manière aussi détaillée que possible, dans le contexte d'un mémoire de maîtrise. Les propositions en question puisent dans la revue de littérature ainsi que l'analyse des 21 études de cas, mettant de l'avant les apprentissages et constats tirés. Elles construisent également sur les réalisations du projet AMERZI, notamment l'étude de mise en contexte du milieu et le processus de co-construction développé par ARIACTION. Tout élément appartenant au projet AMERZI sera clairement identifié dans les pages à suivre.

Ainsi, la proposition de scénarios basés sur les IVB à Saint-André-d'Argenteuil et, de concert, à travers le bassin versant de la rivière du Nord, semble être une étape presque naturelle. L'identification des opportunités et des besoins décrits précédemment (voir section « Territoire à l'étude »), ainsi que les liens construits à travers les nombreux ateliers et autres activités menées par l'équipe de recherche de l'Université de Montréal, ont mis la table pour un projet pilote centré sur la résilience.

Les conceptions proposées en fin de ce mémoire visent principalement à offrir un aperçu de ce que pourraient représenter des interventions visant la résilience aux inondations, à grande et petite échelle, en contexte Québécois. Des milieux prioritaires d'intervention seront identifiés, selon des analyses préalables de vulnérabilité et d'exposition à l'aléa, des IVB concrètes ainsi qu'un processus de prise de décision exhaustif seront suggérés, le tout s'insérant dans la réalité du développement et de l'aménagement du territoire au Québec. Le but de l'exercice est alors de mettre en pratique un concept

d'aménagement résilient et innovant, clairement identifié et avec un certain niveau de documentation, adapté à un territoire qui commence à s'ouvrir, officiellement, sur la résilience institutionnelle. Cet éveil, caractérisé par une préoccupation grandissante des inondations, un changement réglementaire important et une ouverture politique sur l'innovation en aménagement en zone inondable, est l'occasion idéale de mener, ne serait-ce que de manière théorique, ce type d'activité. Dans un premier temps, la réflexion porte sur Saint-André-d'Argenteuil, à l'échelle de la municipalité. Ensuite, l'exercice est conduit à une plus grande échelle, celle du bassin versant, afin de travailler à une échelle hydrographique adéquate.

Saint-André-d'Argenteuil

À titre de rappel, la municipalité à l'étude connaît divers enjeux qui affectent son fonctionnement et la vie de ses citoyens. Certains de ces enjeux sont internes, du point de vue de l'administration et de la gestion des ressources, d'autres sont en lien avec sa morphologie et sa localisation géographique. De plus, il est question d'une population relativement à risque, face aux inondations, étant donné certaines caractéristiques dont l'âge et les finances. La question de l'accessibilité, par exemple, touche une très grande partie de la population à Saint-André-d'Argenteuil et devient un réel problème lors des inondations, même celles les plus fréquentes. Ensuite, des dizaines de ménages sont situés dans des zones inondables, lors de crues décennales, notamment dans les secteurs de la Terrasse Robillard (A) et la Baie Carrillon (B) (Fig. 27). Finalement, la localisation de la municipalité à la rencontre de deux cours d'eau, la rivière du Nord et la rivière des Outaouais, accentue les conséquences des crues de taille, dont les centaines, permettant à l'eau de pénétrer là où, autrement, elle ne pourrait atteindre. L'équipe ARIACTION a produit des cartes documentant ces enjeux.

CARTE DES ENJEUX LIÉS AUX INONDATIONS À L'ÉCHELLE DE LA MUNICIPALITÉ

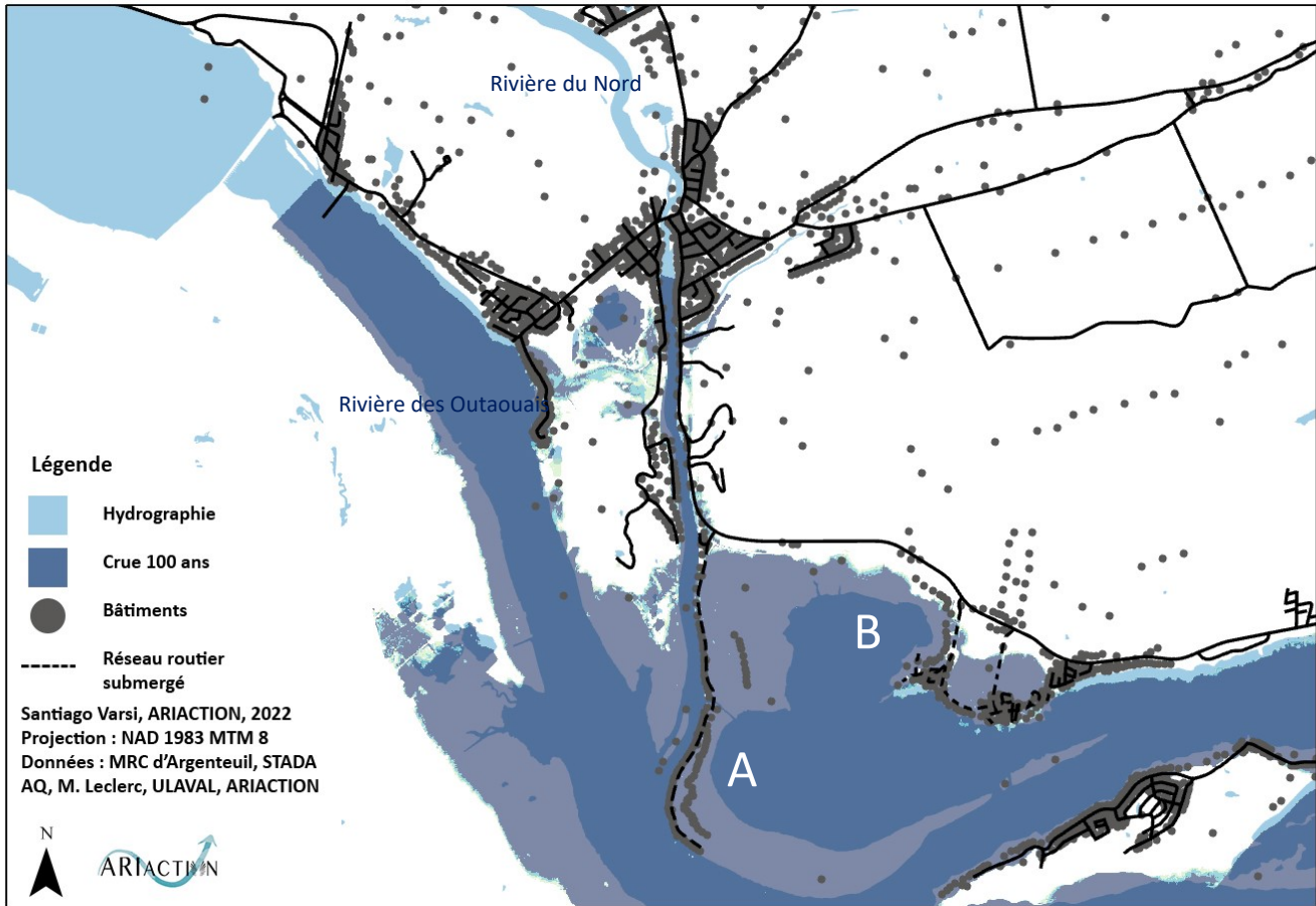


Figure 29 Mise en contexte des inondations récentes à Saint-André-d'Argenteuil. Source : ARIACTION, Santiago Varsi, 2022

Tel qu'énoncé plus tôt, l'équipe ARIACTION a également su identifier des opportunités, sur le territoire, qui peuvent servir de phares dans la conception d'aménagements résilients. Parmi celles-ci, on retrouve des espaces désignés pour une restauration écologique, principalement la Terrasse Robillard ainsi qu'une zone au milieu de la municipalité, près de la zone centrale d'activités. Cet espace de taille est une ancienne carrière, qui représente à la fois un espace de haute qualité pour la municipalité, d'un point de vue de sa centralité et sa proximité aux services. Par ailleurs, la Baie Carillon a fait l'objet de propositions d'aménagements résilients, encadrant les habitants du secteur tout en offrant un accès à l'eau sécuritaire et prioritaire pour les résidents de la municipalité, dans le projet AMERZI. Il s'agit d'un effort à la fois de remise au naturel, de sensibilisation au risque ainsi que de création d'espaces publics de qualité. Finalement, certains endroits à travers le territoire, dont au nord sur la berge de la rivière des Outaouais, désigné en bleu (Fig. 28), permettent un développement sécuritaire avec un accès privilégié à

l'eau. Ces lignes directrices développés tout au long du projet AMERZI ont guidé les propositions de ce mémoire à l'échelle de la municipalité.

CARTE DES OPPORTUNITÉS D'AMÉNAGEMENT À L'ÉCHELLE DE LA MUNICIPALITÉ

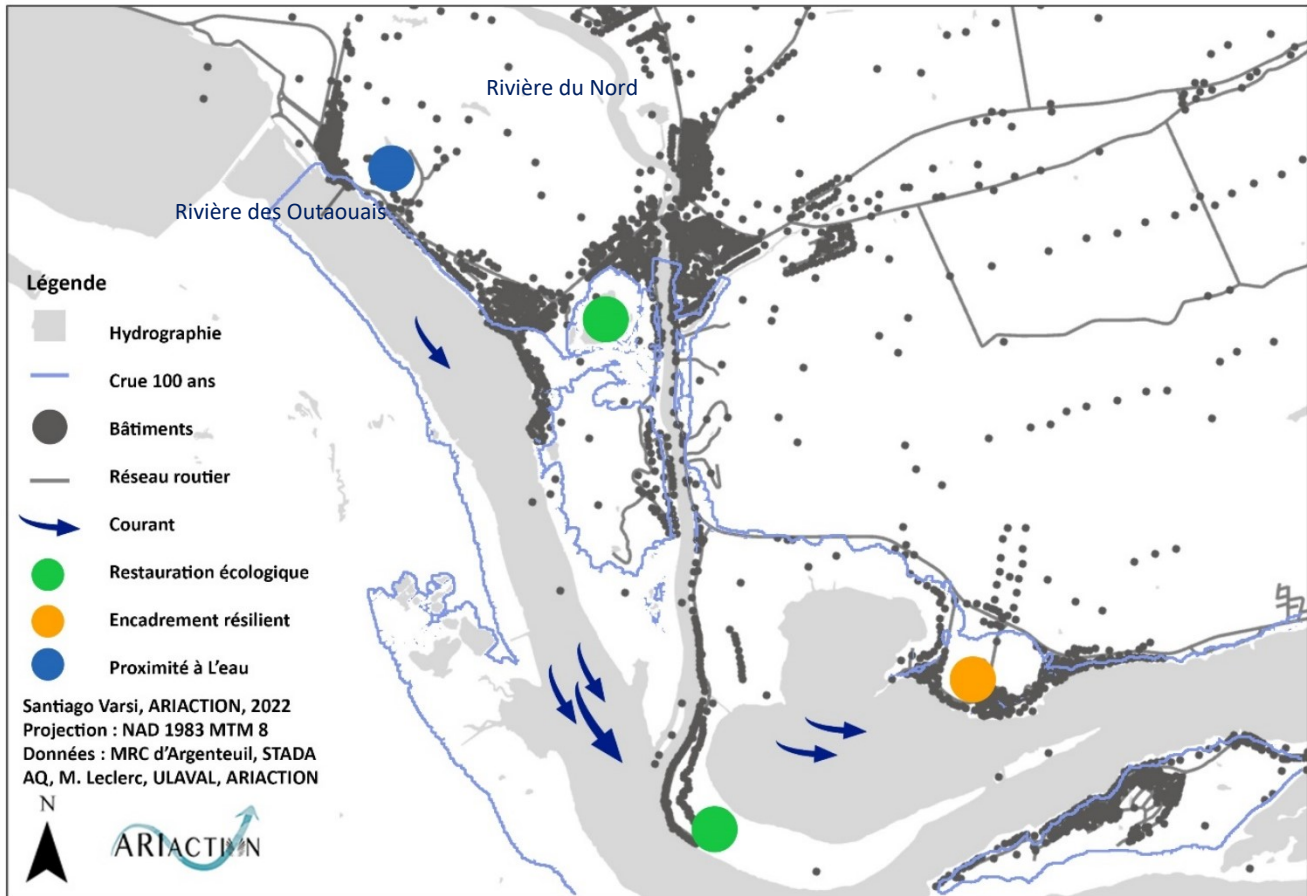


Figure 30 Opportunités d'aménagement résilient telles qu'identifiées par l'équipe ARIACTION. Source : ARIACTION, Santiago Varsi, 2022

Le scénario de la municipalité est caractérisé par des IVB de captation des eaux de pluie, de la fonte rapide des neiges au printemps, ainsi que le stockage d'excès d'eau lors de crues, là où l'espace est disponible. Dépendamment des épisodes, de l'intensité et la durée, elles pourraient tout simplement n'offrir qu'un ralentissement de la crue. À cette échelle, les capacités de biorétention et biofiltration sont restreintes. Les solutions qui pourraient avoir les plus grands impacts, par exemple, une mitigation considérable des crues venant de la rivière du Nord, seront explorées lors de scénario à l'échelle du bassin versant. Les types d'IVB sélectionnées sont directement inspirées, en grande majorité, des cas recensés durant cette recherche, pour répondre aux différents enjeux à travers la municipalité. Ainsi, il existe certaines différences entre les IVB proposées, selon l'état de la submersion lors d'une crue, la localisation au sein de la municipalité, son milieu d'insertion et d'autres facteurs importants. Néanmoins, elles ont été pensées en tant que système d'IVB pour une adaptation et une résilience aux inondations à l'échelle de

Saint-André-d'Argenteuil. Le scénario est décrit, divisé en interventions, selon le plan du réseau d'IVB ci-dessous (Fig. 29).

CARTE DU RÉSEAU D'IVB À L'ÉCHELLE DE LA MUNICIPALITÉ

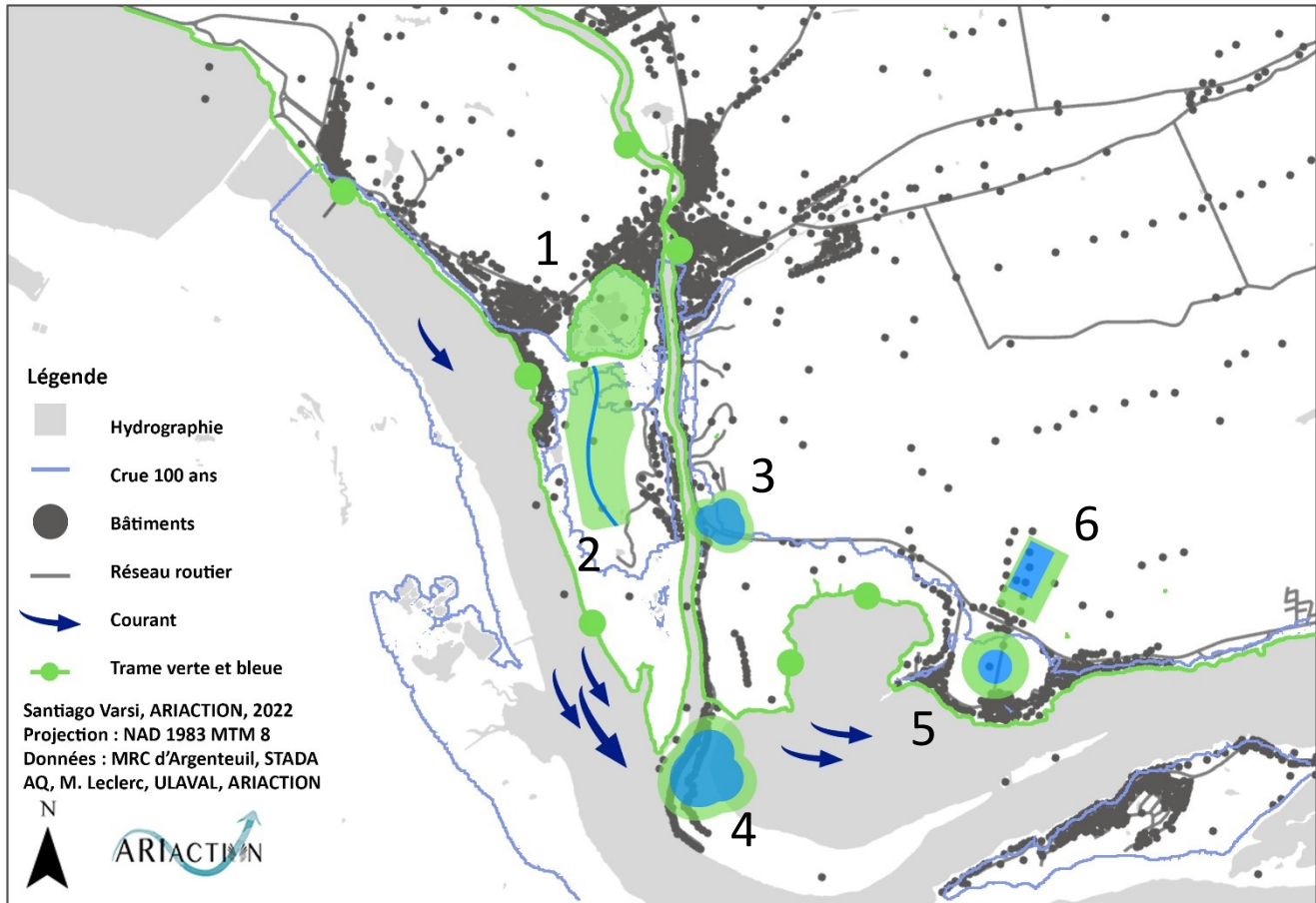


Figure 31 Illustration d'un réseau d'IVB fictif pour la municipalité de Saint-André-d'Argenteuil. Source : ARIACTION, Santiago Varsi, 2022

1- La carrière

La carrière, pour diverses raisons, dont son emplacement et sa taille, mériterait d'être prise en charge, sur le long terme et convertie en un espace récréatif pour les résidents et les visiteurs. Sa décontamination et un aménagement sécuritaire et invitant des lieux pourrait offrir des nouveaux espaces de haute qualité à la population. Par ailleurs, en appliquant des principes d'IVB, cet endroit de grande taille serait possiblement utile à la mitigation des crues en tant que bassin de rétention. Il s'agit d'une surface, aujourd'hui fortement sous-utilisée, d'environ 205m², soit plus de 20,5 hectares. Dans tous les cas, étant en zone inondable, le scénario proposé place la carrière, ou plutôt son périmètre, dans une trame verte et bleue, à l'image de celle de la CMM, afin d'être prise en compte dans la planification d'une adaptation systémique aux inondations.

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
<https://stada.ca/wp-content/uploads/carri%C3%A8re-Rivi%C3%A8re-Rouge-Sud-300x177.jpg>

Figure 32 La carrière au centre de la municipalité de Saint-André-d'Argenteuil, un territoire à prendre en charge. Source : STADA. (photo) Disponible en ligne sur : <https://stada.ca/municipalite/histoire-et-geographie/carriere-riviere-rouge-sud/>

2- Parc fluvial et ruisseau

La deuxième IVB proposée se trouve tout de suite au sud de la carrière, près de la côte ouest de la municipalité, entre la rivière des Outaouais et la rivière du Nord. Il s'agit d'un endroit particulièrement problématique lors d'épisodes d'inondations. À ce même emplacement, les eaux de la rivière des Outaouais traversent le territoire, et se déversent dans la rivière du Nord. Jumelé aux eaux de la carrière, cet évènement cause des inondations près du centre de la municipalité, autant en surface qu'en surchargeant les eaux souterraines. Un aménagement du secteur à l'aide d'IVB de grande taille pourrait venir en aide de manière à diriger, contenir ou ralentir cette traversée. Cette intervention pourrait ressembler celle du parc Parc Bishan-Ang Mo Kio à Singapour, étudiée précédemment.



Figure 33 Le parc Bishan-Ang Mo Kio, à Singapour, récolte les eaux de pluie et les redirige là où elles sont filtrées. Source : TAN, Jimmy (15 octobre 2013). Licence : Attribution (CC BY 2.0). Disponible en ligne sur : <https://www.flickr.com/photos/jimmytst/10285436453>

3- Création de marais filtrant

L'accessibilité, tel que discuté, représente un enjeu important en temps d'inondation à Saint-André-d'Argenteuil. Ainsi, la proposition #3 vise à capter une partie des eaux des rivières du Nord et des Outaouais, de manière à permettre, ne serait-ce que momentanément, l'accès à la Terrasse Robillard. Cette fourche, le croisement entre la Route 344 et la Route du Long-Sault représente le seul point d'accès au secteur à risque, où résident encore des dizaines de ménages. Il est alors primordial de protéger cet accès. Cependant, les niveaux d'eau à cet endroit, lors d'une crue centenaire, semblable à celles connues en 2017 et 2019, sont de proportions exceptionnelles. Le terrain se trouve déjà considérablement élevé en relation au niveau de la rivière des Outaouais et l'environnement entourant le réseau routier est végétalisé. Dans ce cas particulier, tant qu'il y ait des habitants sur la Terrasse Robillard, il faudra déployer des efforts d'envergure afin de mitiger les crues. Les types d'IVB suggérés à cet endroit sont des bassins de rétention et même la création de milieux humides entiers, dans la mesure du possible, tel que présenté dans l'exemple de Staten Island, le projet des *bluebelts*.



Figure 34 Les bluebelts de Staten Island. Source : GREEN, Matt (20 octobre 2014). Pas d'utilisation commerciale – Partage dans les mêmes conditions (CC BY-NC-SA 2.0). Disponible en ligne sur : <https://www.flickr.com/photos/imjustwalkin/15590617317>

4- Restauration de marais et réserve écologique

La Terrasse Robillard, tel que démontré à l'aide de données de submersion, d'arpentage ainsi que de cartes détaillées et précises par l'équipe ARIACTION dans le cadre d'AMERZI, est le secteur le plus à risque de la municipalité. Les résidents de cette pointe font face à des problèmes d'accessibilité et d'inondation sur le terrain et même au niveau du rez-de-chaussée. Lors des crues de 2017 et 2019, la puissance de la rivière des Outaouais était telle que le secteur fut complètement submergé à plus de 30cm, une mesure reliée à la dangerosité des déplacements en temps d'inondation.

Au-delà d'une adaptation du cadre bâti, qui est nécessaire sur un court terme, le secteur nécessite un changement de vocation complet. L'équipe ARIACTION a exploré, dans le cadre d'une étude multicritère de comparaison de scénarios, l'option d'un repli progressif et total de la zone. C'est-à-dire, une relocalisation des résidents. En matière d'IVB, la proposition la plus sécuritaire serait la création d'une réserve naturelle, aménagée à des fins récréatives, mais qui requièrent un minimum d'infrastructures. L'idée est alors de continuer à offrir un accès aux citoyens, notamment ceux qui résident la Terrasse Robillard aujourd'hui, mais de manière temporaire, dans un environnement éducatif qui permet une immersion en zone inondable naturelle. La transformation et l'optimisation de ce secteur en milieu humide, tel qu'il a été naturellement conçu, permettrait sans doute de diminuer les conséquences des crues sur le reste du territoire. Il s'agit d'un travail immense, autant d'un point de vue écologique que social et économique. Les modifications devraient se faire, dans le cas d'un grand projet de restauration, très progressivement, afin de sensibiliser les habitants de la terrasse à la nécessité de laisser la place à l'eau. Le concept des *bluebelts* de la Ville de New York, ainsi que l'effort de repli et de restauration de la plage Surfers' Point en Californie peuvent servir de pistes d'inspiration.

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
<https://thebeach.clarewormaldsteele.cikeys.com/wp-content/uploads/2018/09/E0D01054-FE7C-473A-BE40-28C8F9BE4FA2-300x225.jpeg>

Figure 35 Restauration écologique de la plage Surfers' Point, à Ventura, Californie. Source : Sanchez-ramirez (2018). Surfers' Point Managed Shoreline Retreat Project (photo). Disponible en ligne sur : <https://thebeach.clarewormaldsteele.cikeys.com/uncategorized/surfers-point-managed-shoreline-retreat-project/>

5-

6- Parcs fluviaux, marais et étangs et promenades en zone inondable

La Baie Carillon partage des caractéristiques avec la Terrasse Robillard en matière de conséquences des inondations. D'abord, le secteur est à grand risque d'inaccessibilité. À ce jour, il n'existe que trois voies d'accès entre la partie peuplée et la route 344 au nord du secteur. L'une de ces trois rues, la rue Latour, située en plein milieu de la baie, se retrouve complètement inondée lors d'une crue le moins puissante, soit une crue 10 ans ou plus importante. Ensuite, plusieurs domiciles reçoivent de l'eau en temps de crue, à divers degrés, ce qui explique les nombreuses démolitions rencontrées. Les inondations historiques récentes ont laissé de réelles cicatrices à travers ce secteur. Néanmoins, plusieurs ménages demeurent toujours sur la baie, nécessitant un encadrement résilient et robuste. Certaines parcelles laissées vides à la suite de démolitions ont fait l'objet de reboisements. Le milieu détient des opportunités d'aménagements résilients, à proximité de l'eau qui méritent être explorés. Les IVB proposées pour la Baie Carillon sont alors nombreuses et diverses. Il s'agit d'une stratégie-même à l'échelle d'un quartier.

Étant donné les quantités d'eau importantes reçues lors des inondations à travers les années, il est important de concevoir de nombreux espaces destinés à accueillir le plus d'eau possible. Ces interventions pourraient prendre la forme de parcs fluviaux, d'étangs ou de marais. Là où les surfaces sont plus restreintes, des rigoles, saillies et jardins de pluie peuvent être prévus afin d'offrir un peu de support additionnel. Le tout devrait être aménagé d'accès et d'infrastructures extérieures surélevées, permettant aux résidents de visiter et profiter des lieux. L'illustration ci-dessous (Fig. 34), à titre d'exemple, traduit ce type d'intervention sur les lieux en question. Il s'agit de passerelles surélevées, passant à travers un marais filtrant et un jardin de pluie. L'intention de cette proposition est d'offrir un accès sécuritaire, des espaces pour accueillir l'eau et une sensibilisation de la population de solutions innovantes.



Figure 36 Exemple d'aménagement centré sur les IVB à la Baie Carillon. En haut, « avant », en bas, « après ». Source : Google Street View (image de base), Santiago Varsi, 2022.

7- Parc fluvial au centre d'un nouveau développement

L'un des principes de base de l'urbanisme durable et résilient est de limiter l'étalement urbain. Cependant, dans le cadre du projet AMERZI, afin d'offrir une option viable aux personnes devant se relocaliser, dans le contexte théorique du projet, il fut question de proposer des emplacements potentiels hors du périmètre urbain de la municipalité, capables d'accueillir de nouveaux développements. Dans l'éventualité où ce type d'action pourrait voir le jour, en situation exceptionnelle telle qu'à Saint-André-d'Argenteuil, il serait efficace de prévoir, dans la conception même du projet, une ou des IVB d'une certaine envergure.

Dans cet ordre d'idées, la proposition #6 du plan du réseau bleu-vert à l'échelle de la municipalité consiste en un développement conçu autour d'une IVB ou de nombreuses infrastructures naturelles, visant la mitigation des crues et la captation des eaux de pluie à la source. Ceci ouvrirait la porte à des aménagement innovants et pleins de potentiel, tel que le quartier et le parc de Billancourt, à Boulogne-Billancourt. En appliquant ce concept à plus petite échelle, ce futur développement fictif pourrait offrir à ses résidents des environnements naturels, capables de fonctionner autant en mode « sec » que « mouillé ». Cela transformerait un développement banal en un écosystème évolutif à travers les saisons, toute en gardant et favorisant la culture du risque, bien connu dans le secteur.



Figure 37 Parc de Billancourt « mouillé », Boulogne-Billancourt. Source : Thomon, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons. Disponible en ligne sur : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/40/Parc de Billancourt_1.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/40/Parc_de_Billancourt_1.jpg)

8- Planification d'un réseau d'IVB

Enfin, les possibilités sont nombreuses et méritent une réflexion poussée et en constante collaboration avec les acteurs du milieu. La réalisation d'ARIACTION a su identifier les enjeux, les besoins ainsi que les piste d'intervention à suivre. Le travail persévérant de l'équipe de recherche et de ses partenaires laisse derrière une opportunité d'innover et, possiblement, inspirer le reste de la province.

La proposition ci-contre est une tentative de superposer les apprentissages, tirés à la fois d'un travail de recherche en profondeur et d'une implication dans le projet AMERZI, à un territoire durement impacté par les inondations récentes, mais qui renferme un grand potentiel d'innovation. Au-delà des IVB à travers le territoire, la réflexion doit également porter sur la planification de ces aménagements résilients. Ainsi, le scénario de la municipalité inclut le concept d'une trame verte et bleue, reliant les types de projets ponctuels abordés ainsi que d'autres points d'intérêt le long des berges de la municipalité. L'idée est ici d'inclure ces interventions, en tant que système, dans la planification de Saint-André-d'Argenteuil. Un encadrement officiel de la sorte est le meilleur moyen d'assurer la réalisation et l'optimisation des initiatives. Dans le futur, la municipalité devra adopter une vision du territoire, au sens large, qui intègre l'adaptation et la résilience aux inondations, ses principes d'aménagements et ses projets, conçus et à venir. Des outils de conception devront être développés, sous forme de guides, manuels et rapports, afin d'aider à la décision. De plus, la population locale doit être impliquée dès la conception d'un plan « bleu-vert ». L'administration se doit de s'assurer de la compréhension collective des interventions à concevoir et mettre en œuvre.

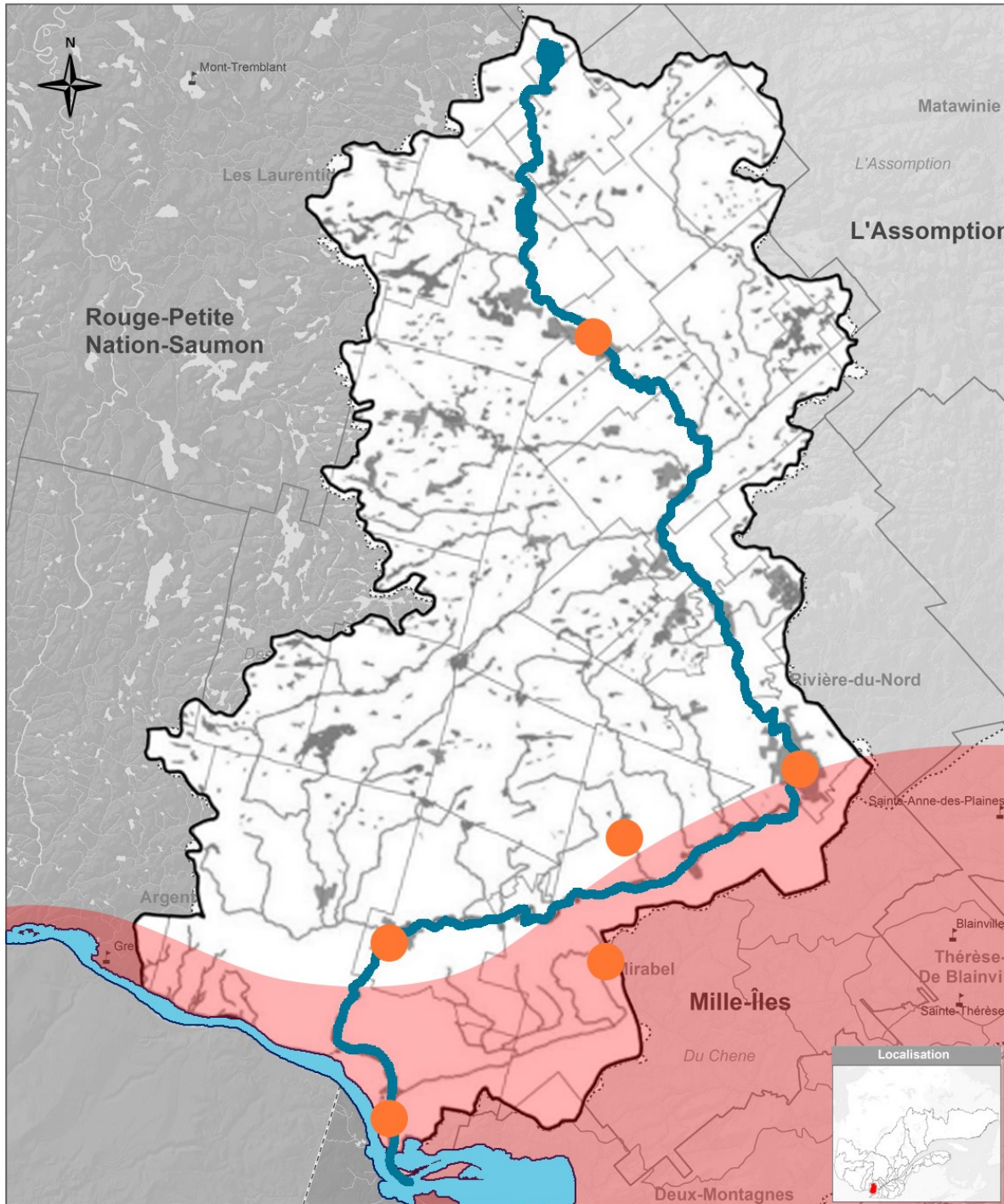
Bassin versant de la rivière du Nord

Afin de mieux encadrer et optimiser les scénarios d'aménagement résilients tels que celui de Saint-André-d'Argenteuil, il est nécessaire de conduire un exercice semblable à plus grande échelle, étant donné qu'il s'agit d'un contexte hydrographique. Les inondations peuvent causer des dommages bien ponctuels, notamment dans les communautés à l'aval, mais leur nature est plus complexe et leur compréhension demande une vue d'ensemble. Dans ce cas, il est utile d'analyser l'échelle du bassin versant. Une fois le contexte plus large mieux compris, spécifiquement les problématiques et les opportunités liées à l'eau, il est possible de proposer un scénario qui englobe tout le territoire. Ce pas de recul permet de mieux organiser une adaptation cohérente. Si les interventions en amont ne sont pas réalisées en collaboration avec les efforts en aval, cela peut entraîner des conséquences contreproductives. Par exemple, les activités qui limitent les espaces de liberté ou les zones d'expansion de crue des cours d'eau, dont






l'urbanisation des berges et l'installation d'IG de protection ou de contrôle de l'eau, peuvent grandement altérer le comportement de ces derniers, accentuant les conséquences des inondations plus loin à travers le bassin versant (Abrinord, Diagnostic de la zone de gestion intégrée de l'eau d'Abrinord, 2015).

L'OBV Abrinord a conduit, en 2019, une enquête auprès des acteurs de l'eau du territoire au sujet des problématiques liées à l'eau, son usage et sa gestion. Parmi les problématiques à prioriser, il y a la destruction et/ou dégradation des milieux humides et l'érosion des berges, deux facteurs très importants dans le contexte des inondations. Les diagnostics menés par l'OBV démontrent clairement l'influence des activités humaines sur ces éléments et, ultimement, sur les inondations. De plus, Saint-André-d'Argenteuil est loin d'être le seul territoire impacté par les inondations récentes dans le bassin versant. En ce qui a trait aux épisodes de 2017 et 2019, des conséquences majeures ont également été observées à Lachute, Mirabel, Saint-Colomban, Saint-Jérôme et Val-Morin, des municipalités situées en aval (Abrinord, Sécurité, 2021) (Fig. 37).

CARTE DES ENJEUX LIÉS AUX INONDATIONS À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT



Légende

- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | Limites Abrinord |  | Plaines des basses-terres du Saint-Laurent |
|  | Municipalités touchées par les inondations 2017 et 2019 |  | Hydrographie |
|  | Rivière du Nord | | |

0 4,5 9 Km
1 / 120 000

Ministère
du Développement durable,
de l'Environnement
et de la Lutte contre les
changements climatiques
Québec

Figure 38 Les enjeux principaux liés aux inondations à l'échelle du bassin versant de la rivière du Nord. Source : Abrinord, MELCC, Santiago Varsi, 2022

En matière de dégradation de milieux humides, il est difficile d’obtenir des données, à cette échelle, précises et réelles. De manière générale, cela se produit dans les centres urbains. Selon un diagnostic de l’OBV, il semblerait y avoir un grand écart entre ce qui est disponible aujourd’hui dans les bases de données générales et ce qu’est répertorié par les municipalités et les MRC. Cela est essentiel à une planification résiliente, afin d’identifier les milieux prioritaires et démontre l’importance du travail collaboratif. Tandis que l’OBV peut planifier de manière cohérente entre les différents milieux du BV, les gouvernements locaux sont des experts de leurs territoires respectifs. Cependant, des données alarmantes démontrent le manque de rives de cours d’eau à l’état naturel à travers le BV. Tandis que le seuil minimum établi par Environnement Canada, en matière de proportion des berges à l’état naturel (sans perturbations anthropiques), est de 75%, le territoire d’Abrinord compte entre 8,67 et 62,07 %, à travers ses principaux cours d’eau. (Abrinord, Diagnostic de la zone de gestion intégrée de l’eau d’Abrinord, 2015).

Cours d’eau	Longueur du cours d’eau (en km)*	Superficie des rives à l’état naturel sur 30 m (en %)
Rivière du Nord	146,6	34,89
Rivière de l’Ouest	44	54,35
Rivière Doncaster	39,66	45,33
Rivière Rouge (Saint-André)	25,66	8,67
Ruisseau Bonniebrook	21,48	48,28
Rivière à Simon	20,12	26,53
Ruisseau Williams	17,23	62,07
Rivière Bellefeuille	16,66	48,91
Rivière Noire	16,18	26,63
Rivière aux Mulets	12,64	44,78
Grand Ruisseau	10,54	24,33
Total	370,77	38,67

**La longueur du cours d’eau présentée dans le tableau correspond à la longueur sur laquelle l’analyse a été effectuée sur le cours d’eau principal à partir de son exutoire. Les ramifications et les affluents n’ont pas été analysés.*

Figure 39 Proportion des rives à l’état naturel des cours d’eau du bassin versant de la rivière du Nord. Source : Abrinord (2015)

Enfin, la partie sud du bassin versant est principalement caractérisée par un territoire plat et une intensification des activités agricoles et industrielles. Au niveau de Saint-Jérôme, la rivière du Nord bifurque vers les plaines des Basses Terres du Saint-Laurent. L’utilisation du territoire et l’urbanisation intense de cette partie du territoire influence la situation des inondations dans les municipalités en aval. Il s’agit d’activités anthropiques très intenses, qui changent drastiquement le paysage. En imperméabilisant et dégradant les sols, ces derniers perdent leur capacité à ralentir, retenir et absorber l’eau. Ceci crée des pressions supplémentaires dans les cours d’eau qui, jumelés à des pluies intenses et la fonte des neiges au printemps, constituent la recette parfaite pour des crues d’envergure. De plus, ces types d’usages sont à la source de la contamination de l’eau, qui à son tour dégrade d’avantage les milieux

naturels qui aident à absorber une partie des crues (Abrinord, Portrait de la zone de gestion intégrée de l'eau du Nord - Plan directeur de l'eau (Mise à jour de la 2e édition), 2022).

L'extrait visuel suivant, de la carte interactive en ligne du Gouvernement du Québec, démontre, en vert, l'emplacement de terres agricoles. En effet, dans cette portion du bassin versant, le territoire agricole occupe la majorité du territoire, notamment de part et d'autre de la rivière du Nord (Fig. 39).



Figure 40 Usage agricole du sud du bassin versant de la rivière du Nord. Source : CPTAQ, Santiago Varsi, 2022

À la lumière de ces enjeux, l'OBV Abrinord et ses nombreux partenaires ont déployé des efforts de taille à travers un éventail de projets visant la sensibilisation du public, la formation de professionnels et la restauration de milieux humides et hydriques à travers le territoire. Depuis 2017, l'adoption de la Loi concernant la conservation des milieux humides (LCMHH), les OBV doivent inclure dans le Plan directeur de l'eau (PDE) des objectifs de conservation des milieux humides et hydriques (OCMHH). Concrètement, il s'agit d'au minimum un objectif stratégique de conservation des milieux humides et un autre pour les milieux hydriques, ainsi qu'une mise à jour de toute la documentation possible sur les MHH, dont la création d'un portrait interactif en ligne éducatif (Abrinord, Objectifs de conservation des milieux humides

et hydriques (OCMHH), 2021). Durant les dernières années, Abrinord a mené des ateliers de travail et animé des conférences concernant des méthodes innovantes et durable de gérer les eaux urbaines ainsi que l'importance de préserver les infrastructures naturelles (Abrinord, Projets terminés, 2021).

Une initiative concrète d'IVB pour la mitigation des inondations a d'ailleurs lieu, à Lachute, au nord de Saint-André-d'Argenteuil. La Ville de Lachute s'engage, dans le cadre d'un projet à l'échelle du sous-bassin versant, le cours d'eau Urbain, en collaboration avec la MRC d'Argenteuil, d'implanter des IVB dans le but de gérer de manière durable les crues. Dans ce projet s'insère, menée par Abrinord, une initiative de sensibilisation aux citoyens à des mesures de gestion durable des eaux fluviales à l'échelle de la propriété privée. En juin 2022, un atelier sur les jardins de pluie fut organisé afin discuter de l'impact du ruissellement et l'importance de l'infiltration de l'eau dans le sol pour prévenir l'érosion et atténuer les crues (Abrinord, Cours d'eau Urbain, 2021).

Tel que dans le cas de la municipalité, le territoire du bassin versant et les acteurs de l'eau semblent être prêts à intervenir de manière concrète et cohérente afin de s'adapter et bâtir la résilience face aux inondations. Les enjeux sont de mieux en mieux connus et les initiatives voient progressivement le jour. Les interventions devront être un mélange de solutions structurantes et non-structurantes, des IVB et des travaux de restauration écologique ainsi que des exercices de planification, de sensibilisation et engagement et une communication améliorée entre acteurs, mais aussi à travers les différents secteurs. Les acteurs de l'eau, tel que l'OBV et le MAMH doivent être porteurs de ce changement, mais l'implication doit s'étendre jusqu'aux responsables de l'agriculture, de l'industrie, de la foresterie, etc.

À la suite d'une prise de connaissances rapide de la situation à l'échelle du bassin versant, la proposition d'IVB suit les principes de gestion des projets en système et de solidarité amont-aval (Fig. 40).

CARTE DES INTERVENTIONS D'IVB À L'ÉCHELLE DU BASSIN

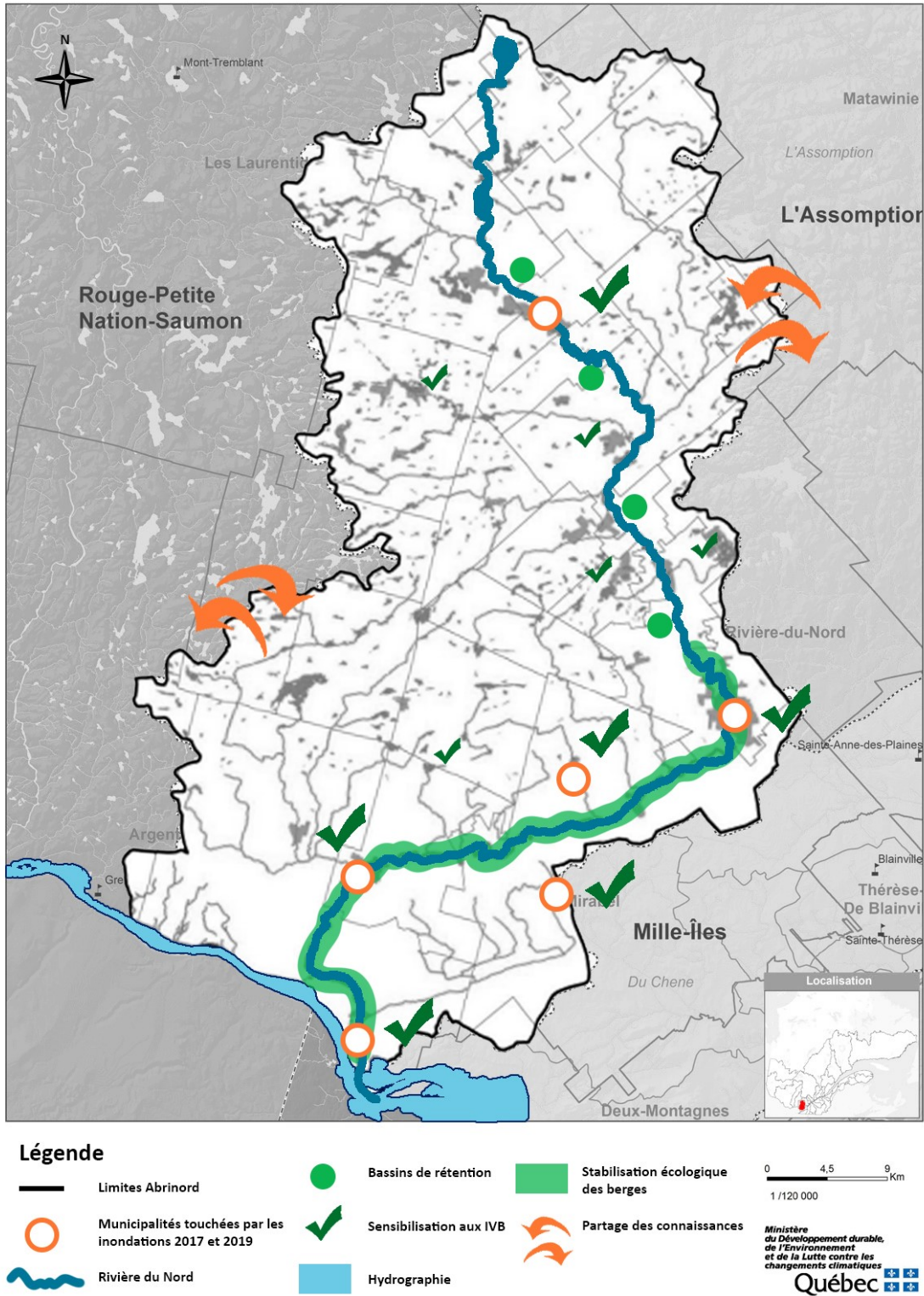


Figure 41 Réseau d'interventions structurelles et non-structurelles pour le bassin versant de la rivière du Nord. Source : Abrinord, MELCC, Santiago Varsi, 2022

Les interventions structurelles proposées consistent à créer des espaces de grande taille pour accueillir et ralentir de l'eau en amont du bassin versant, ou dans la portion nord et des efforts de restauration écologique au sud, là où les inondations font le plus de ravages. En amont, les IVB pourraient prendre la forme grands bassins de rétention et de parcs fluviaux. Le complexe du Kristalbad, au Pays-Bas, a une fonction de ce type. De plus, il contient un mécanisme de filtration des polluants de l'eau usée à base de processus naturels. Ces interventions requierent du temps et de l'argent, ainsi que la participation des localités pour le maintien. Elles arriveraient donc en dernier lieu. Semblablement, la partie en aval du bassin versant, dans ce scénario, engendrait des travaux d'envergure afin de stabiliser les berges et créer ou restaurer des milieux humides capables à la fois d'absorber et de filtrer l'eau qui passe par les terres agricoles et les zones industrielles. Cette fois-ci les *bluebelts* seraient, à nouveau, une source d'inspiration. La stabilisation des berges de la rivière Saint-Charles, à Québec, représentent également un bon exemple, qui s'avère utile pour contrer l'érosion.

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
<https://notesonlowtravel.com/wp-content/uploads/2014/11/view.jpg>

Figure 42 Le bassin de rétention et de filtration à trois étapes du Kristalbad, au Pays-Bas. Source : Karin Marijke Vis (2012). Water Management in the Netherlands – Het Kristalbad (photo). Disponible en ligne sur : <https://notesonlowtravel.com/water-management-netherlands/>

Dans une intention similaire, la Ville de Toronto construit présentement un projet d'envergure imposante, près du centre de la ville, sur la berge du lac Ontario, appelé Port Lands Flood Protection Project (PLFPP). Il s'agit principalement de la mise en place de 1km de rivière naturalisée et de plaines inondables, 13 hectares de milieux humides et 4 hectares d'espace terrestre au sec. Les Port Lands se situent à la sortie de la rivière Don dans le lac Ontario, aujourd'hui hautement canalisée et transformée. Ce projet d'envergure est ainsi une initiative de mitigation des inondations et de restauration d'habitat naturel, le tout à quelques pas du centre-ville le long du *Waterfront* de Toronto. Le contexte d'insertion est très différent de celui du bassin versant étudié ci-contre. Toutefois, l'échelle du projet est intéressante et la complémentarité des IVB avec les IG, ainsi que la diversité des composantes de ce projet, peuvent certainement inspirer des interventions au Québec (Toronto, 2022).

Image disponible en ligne à travers l'hyperlien ci-dessous :
<https://notesonlowtravel.com/wp-content/uploads/2014/11/view.jpg>

Figure 43 Un projet d'envergure en plein centre-ville de Toronto. Source : TRCA, 2022

La présence élevée de terres agricoles dans le sud du bassin versant peut représenter à la fois un atout ou un réel défi dans l'adaptation des inondations à travers les IVB. L'espace destiné à la production, souvent dépourvu de bâtiments, peut servir de zone tampon, ou d'expansion de crue contrôlée. Cela dit, il s'agit d'une pratique qui peut coûter cher. Une étude en Hongrie en 2014 démontre les complications en lien avec l'utilisation de terres agricoles comme réservoirs d'eau en cas de crue importante. Souvent, tous les coûts liés à une inondation volontaire sur une durée considérable de temps ne sont pas couverts par les compensations proposées. L'utilisation de ces terres est trop coûteuse et impacte durement les propriétaires et producteurs (Ungvári, Kis, & Lovas, 2016). Une étude semblable fut menée en 2014 par le département américain de l'agriculture (USDA), auprès de 36 résidents et fermiers de l'ouest du Massachusetts afin d'évaluer leurs perceptions en relation à différentes techniques pour mitiger les inondations. Les résultats démontrent que, malgré une bonne volonté, les solutions coûtent souvent trop cher pour les fermes, ou impactent trop leur production (USDA, *Farming the Floodplain : Tradeoffs and Opportunities*, 2014).

PRACTICE	OBJECTIVE	TRADE-OFFS
Bank Stabilization / Dredging	Protect land from erosion; protect infrastructure	Increases flood impacts downstream; degrades river ecosystems
Land use change / Riparian restoration	Slow flood waters; prevent erosion	Expensive for farmers and may reduce farm area
Flood Insurance	Protect livelihood from loss	Expensive for farmers
Levee / Block flood waters	Protect croplands from flood impacts	Increases flood impacts downstream
Drainage infrastructure	reduce flooding	Increases flood impacts downstream; degrades river ecosystem
Flood debris removal	Preserve or boost cropland productivity; protect farmer's health and safety	Expensive for farmers
Regrading fields	Restore cropland productivity after deposition	Expensive for farmers

Figure 44 Leçons d'une enquête auprès de fermiers en zone inondable au Massachusetts. Source : WARNER, B. P., SCHATTMAN, R. E., & HATCH, C. (2017). *Farming the floodplain: Ecological and agricultural tradeoffs and opportunities in river and stream governance in New England's changing climate* (extrait d'une page web). US Department of Agriculture. Disponible en ligne sur : <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northeast/topic/farming-floodplain-trade-offs-and-opportunities>

Néanmoins, le gouvernement américain possède un programme d'achat de terres agricoles impactées par les inondations. Sous le Département de l'agriculture, le *Natural Resources Conservation Service (NRCS)* offre la possibilité aux propriétaires, principalement de terres agricoles, de vendre leur terrain s'ils ont subi des inondations dernièrement (selon certains critères). Il s'agit du *Emergency Watershed Protection Program-Floodplain Easements (EWPP-FPE)*. Le NRCS entreprend par la suite des démarches de restauration dans le but d'optimiser les SÉ de ces terres inondables. La valeur d'achat est

équivalente soit à celle du marché, soit un prix ajusté selon l'état ou une concession volontaire du propriétaire pour une valeur moindre (USDA, EWP Program - Floodplain Easements, s. d.). Cela pourrait être une alternative dans le cas de certains territoires du bassin versant de la rivière du Nord.

Au-delà de projets d'IVB ponctuels, l'OBV et autres acteurs à grande échelle tels que le MELCC ou le MAMH doivent s'assurer, ou du moins offrir la possibilité, de la sensibilisation et la formation des professionnelles de l'aménagement local, ainsi que des citoyens lorsque possible. À l'image de l'initiative à Lachute, dans la MRC d'Argenteuil, où Abrinord conduit des ateliers d'apprentissage et la municipalité s'engage à gérer la mitigation des inondations à l'échelle d'un sous-bassin versant, un réseau facilitant la cohérence des mesures et des activités doit être mis en place à travers le territoire. L'effort peut d'abord être mis sur les concentrations urbaines qui ont été frappées par les inondations de 2017 et 2019. Ces acteurs peuvent ensuite devenir, en quelques sortes, des projets pilotes, semblable au scénario fictif proposé dans cette section pour Saint-André-d'Argenteuil. Dans la même idée, mais de manière plus globale, ce partage des connaissances pourrait se faire entre les OBV, partageant les expériences d'un bassin versant à l'autre. Les spécificités de chaque territoire permettraient aux participants d'un tel échange d'apprendre constamment sur des solutions innovantes.

6. Conclusion

Afin de pouvoir proposer des scénarios adéquats et cohérents, cette recherche nécessite encore une récolte de données substantielle, concernant des valeurs telles que des volumes et débits d'eau en lien avec les inondations, des superficies disponibles à travers le territoire d'étude (terrains publics et en vente), les ressources financières des municipalités ainsi que les fonds disponibles (tels que des subventions) pour des aménagements résilients, le degré d'acceptabilité sociale et politique auprès des administrations publiques et plus encore. Par ailleurs, une résilience urbaine aux inondations n'est réalisable, de manière relative, qu'à travers des interventions dans divers domaines, sous diverses formes. Les aménagements à base d'IVB pour une mitigation durable des inondations ne sont qu'une piste parmi plusieurs. Elles sont une forme de représentation, néanmoins, de la résilience urbaine face aux inondations.

Néanmoins, cette étude a permis d'explorer et de clarifier le concept des IVB et de proposer des pistes de réflexion d'adaptation durable aux inondations en contexte québécois. Le territoire sélectionné, par sa nature, représente un milieu propice afin d'explorer des solutions innovantes, dont celles basées sur les IVB. Saint-André-d'Argenteuil et ses habitants ont souffert et gardent un goût amer des récentes inondations. Cependant, l'expérience a permis de se questionner sur une problématique primordiale et d'ouvrir les horizons de ce qui est possible en tant que projet d'aménagement. La municipalité a ainsi la chance de devenir un projet pilote d'adaptation aux inondations à travers un aménagement du territoire résilient au Québec. Le projet réalisé par l'équipe de recherche ARIACTION intitulé « AMERZI » démontre le potentiel que représente Saint-André-d'Argenteuil et pose les balises nécessaires afin de rendre possible une réelle adaptation durable aux inondations.

La réalisation de ce projet de recherche durant la crise sanitaire causée par la COVID-19 représente également une barrière importante à l'obtention des résultats recherchés. Les règlements mis en place par le gouvernement afin de mitiger la propagation du virus ont engendré des difficultés en lien principalement avec les visites du terrain d'étude et les rencontres, ateliers et autres échanges avec les professionnels et les habitants du milieu. La recherche repose donc davantage sur un travail réalisable à distance, en respectant la distanciation sociale.

Enfin, la table est désormais mise, au Québec ainsi qu'ailleurs, pour permettre à des projets d'aménagement innovateurs et résilients face aux inondations de voir le jour. Le besoin de s'adapter en

est un que les communautés à risque connaissent bien et les inondations, telles que d'autres aléas, ne disparaîtront probablement jamais. Les solutions traditionnelles à elles seules ne peuvent plus assurer une protection adéquate et nécessitent des compléments qui se basent sur les processus écosystémiques propres à chaque territoire. Les IVB viennent ainsi offrir une possibilité de choix, offrant une versatilité et une polyvalence à l'adaptation aux inondations.

« *When the forest and the city are functionally indistinguishable, then we know we have reached sustainability.* »

Janine Benyus, Biomimicry Institute

Références

- Abrinord. (2015). *Diagnostic de la zone de gestion intégrée de l'eau d'Abrinord*. Saint-Jérôme: Abrinord.
- Abrinord. (2021). *À propos d'Abrinord*. Récupéré sur Abrinord: <https://www.abrinord.ca/abrinord/a-propos-d-abrinord/#territoire>
- Abrinord. (2021). *Cours d'eau Urbain*. Récupéré sur Abrinord: <https://www.abrinord.ca/projets/en-cours/cours-deau-urbain/>
- Abrinord. (2021). *Objectifs de conservation des milieux humides et hydriques (OCMHH)*. Récupéré sur Abrinord: <https://www.abrinord.ca/plan-directeur-de-leau/ocmhh/>
- Abrinord. (2021). *Projets terminés*. Récupéré sur Abrinord: <https://www.abrinord.ca/projets/termine/>
- Abrinord. (2021). *Sécurité*. Récupéré sur Abrinord: <https://www.abrinord.ca/enjeux-de-l-eau/securite/>
- Abrinord. (2022). *Portrait de la zone de gestion intégrée de l'eau du Nord - Plan directeur de l'eau (Mise à jour de la 2e édition)*. Saint-Jérôme: Abrinord.
- Alencar, J. C., & Ferreira do Amaral Porto, M. (2019). Proposal of Blue and Green Infrastructure for the Jaguaré Stream Watershed, São Paulo, Brazil. *International Journal of Urban and Civil Engineering*, 130-135.
- ARIACTION. (2022). *AMERZI - Dossier Final (6)*. Montréal: Université de Montréal.
- Authority for Environment, C. E. (s. d.). *Ohlendorff's Park*. Récupéré sur Ville de Hambourg: <https://www.hamburg.de/parkanlagen/3115528/ohlendorffs-park/>
- Beller, E. E., Spotswood, E. N., Robinson, A. H., Anderson, M. G., Higgs, E. S., Hobbs, R. J., . . . Grossinger, R. M. (2018). Building Ecological Resilience in Highly Modified Landscapes. *BioScience*, 80-92.
- Booth, D. B. (2005). Challenges and Prospects for Restoring Urban Streams: A Perspective From the Pacific Northwest of North America. *Journal of the North American Benthological Society*, 724-737. Récupéré sur <https://www.jstor.org/stable/10.1899/04-025.1>
- Boulogne-Billancourt. (2021, Février 3). *Le parc de Billancourt labellisé Écojardin !* Récupéré sur Boulogne-Billancourt: <https://www.boulognebillancourt.com/information-transversale/actualites/le-parc-de-billancourt-labellise-ecojardin-2275>
- Braun/Naja, J. (2010, Février 11). *Boulogne-Billancourt : Un parc urbain au service de la gestion de l'eau*. Récupéré sur EPL: <https://www.lesepl.fr/epl-en-action/boulogne-billancourt-un-parc-urbain-au-service-de-la-gestion-de-leau/>
- Canards Illimité Canada. (2013). *Les milieux humides - une composante essentielle de la gestion d'un bassin versant*. Récupéré sur Canards illimités Canada: <https://www.ducks.ca/assets/2013/01/Milieux-humides.pdf>
- Chen, W., Wang, W., Huang, G., Wang, Z., Lai, C., & Yang, Z. (2021). The capacity of grey infrastructure in urban flood management: A comprehensive analysis of grey infrastructure and the green-grey approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 11p.

- CMM. (2022). *Trame verte et bleue*. Récupéré sur Communauté métropolitaine de Montréal: <https://cmm.qc.ca/projets/trame-verte-et-bleue/>
- Collentine, D., & Futter, M. N. (2016). Realising the potential of natural water retention measures in catchment flood management: trade-offs and matching interests. *Journal of Flood Risk Management*, 76-84.
- Consulting, D. (2022). *Kleine Horst, Ohlsdorf 12*. Récupéré sur Dreiseitl Consulting: <https://www.dreiseitlconsulting.com/kleine-horst-ohlsdorf-12>
- CRED. (2020). *Natural Disasters 2019 - Now is the Time to Not Give Up*. Bruxelles: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED).
- Dagenais, D., Thomas, I., & Paquette, S. (2016). Siting green stormwater infrastructure in a neighbourhood to maximise secondary benefits: lessons learned from a pilot project. *Landscape Research*, 17.
- Denchak, M. (2019, Avril 10). *Flooding and Climate Change: Everything You Need to Know*. Récupéré sur NRDC: <https://www.nrdc.org/stories/flooding-and-climate-change-everything-you-need-know>
- Department of Environment, Land, Water and Planning. (2017). *Planning a Green-Blue City*. Victoria: Department of Environment, Land, Water and Planning.
- Desfontaines, M. (2010, Mars 5). *Boulogne-Billancourt. Le double usage du Parc du Trapèze*. Récupéré sur Le Monde: <https://www.lemoniteur.fr/article/boulogne-billancourt-le-double-usage-du-parc-du-trapeze.836059>
- Dreiseitl, H., & Wanschura, B. (2016). *Strengthening Blue-Green Infrastructure in our Cities*.
- Écojardin, L. (2022). *Parc de Billancourt*. Récupéré sur Label Écojardin: <https://www.label-ecojardin.fr/fr/sites-labellises/parc-de-billancourt>
- Environmental Services. (2022). *Portland Green Street Program*. Récupéré sur Ville de Portland: <https://www.portlandoregon.gov/bes/45386>
- Fondation David Suzuki. (2018). *Le rôle des infrastructures naturelles dans la prévention des inondations dans la communauté métropolitaine de Montréal*. Montréal: Fondation David Suzuki.
- Fondation Hydro-Québec pour l'environnement. (2011). *Stabilisation des berges de la rivière Saint-Charles*. Récupéré sur Hydro-Québec: <https://www.hydroquebec.com/fondation-environnement/projets-soutenus/stabilisation-des-berges-de-la-riviere-saint-charles>
- Gao, M., Wang, Z., & Haibo, Y. (2022). Review of Urban Flood Resilience: Insights from Scientometric and Systematic Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 1-19.
- Ghofrani, Z., Sposito, V., & Faggian, R. (2016). Designing Resilient Regions by Applying Blue-Green Infrastructure Concepts. *WIT Transactions on the Economy and the Environment*, 493-505.
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2012). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 235-245.

- Green Communities Canada. (2016). *RAIN GARDEN MASTER CLASS & TOUR*. Récupéré sur Green Communities Canada: <https://greencommunitiescanada.org/programs/rain-garden-master-class-tour/>
- Greenroofs. (2022). *KHOO TECK PUAT HOSPITAL (KTPH)*. Récupéré sur Greenroofs: <http://www.greenroofs.com/projects/khoo-teck-puat-hospital-ktph/>
- Kapetas, L., & Fenner, R. (2020). Integrating blue-green and grey infrastructure through an adaptation pathways approach to surface water flooding. *Phil. Trans. R. Soc. A*. Récupéré sur <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0204>
- Kozak, D., Henderson, H., de Castro Mazarro, A., Rotbart, D., & Aradas, R. (2020). Blue-Green Infrastructure (BGI) in Dense Urban Watersheds. The Case of the Medrano Stream Basin (MSB) in Buenos Aires. *Sustainability*, 30p.
- Kremer, P., Hamstead, Z. A., & McPhearson, T. (2016). The value of urban ecosystem services in New York City: A spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios. *Environmental Science & Policy*, 57-68. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.012>
- Kruuse, A. (2011). *The Green Space Factor and the Green Point System*. Londres: Town and Country Planning Association.
- Langridge, S. M., Hartge, E. H., Clark, R., Arkema, K., Verutes, G. M., Prahler, E. E., . . . Guerry, A. D. (2014). Key lessons for incorporating natural infrastructure into regional climate adaptation planning. *Ocean & Coastal Management*, 189-197.
- LSRCA. (2016). *Forest Glen Road*. Récupéré sur Lake Simcoe Region Conservation Authority (LSRCA): <https://www.lsrca.on.ca/Pages/Case-Study-Residential.aspx>
- MAMH. (2010). *Aménagement du territoire et urbanisme*. Récupéré sur Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation: <https://www.mamh.gouv.qc.ca/ministere/100e-anniversaire-du-ministere/le-saviez-vous/amenagement-du-territoire-et-urbanisme/>
- MAMH. (2020). *Plan de protection du territoire face aux inondations*. Québec: Gouvernement du Québec.
- Marquis, G. (2022, Mai 18). *Inondations au Québec : À quoi s'attendre et que faire?* Récupéré sur Nature Québec: <https://naturequebec.org/inondations-au-quebec-a-quoi-sattendre-et-que-faire/>
- Monaghan, P., Ott, E., & Fogarty, T. (2018). *Measuring Community Resilience Using Online Toolkits*. Gainesville: Université de la Floride.
- Moore, T. L., Gulliver, J. S., Stack, L., & Simpson, M. H. (2016). Stormwater management and climate change: vulnerability and capacity for adaptation in urban and suburban contexts. *Climatic Change*, 491-504.
- MRNF. (2013). *Ontario Wetland Evaluation System*. Queen's Printer for Ontario.
- MRNF. (2022, Août 2). *Wetland evaluation*. Récupéré sur Gouvernement de l'Ontario: <https://www.ontario.ca/page/wetlands-evaluation>

- National Parks. (2022, Août 12). *Bishan-Ang Mo Kio Park*. Récupéré sur National Parks: <https://www.nparks.gov.sg/gardens-parks-and-nature/parks-and-nature-reserves/bishan---ang-mo-kio-park>
- Northern Ireland Department of Infrastructure. (s. d.). *LWWP - Background*. Récupéré sur Northern Ireland Department of Infrastructure: <https://www.infrastructure-ni.gov.uk/articles/lwwp-background>
- Northern Ireland Department of Infrastructure. (s. d.). *The Living With Water Approach*. Récupéré sur Northern Ireland Department of Infrastructure: <https://www.infrastructure-ni.gov.uk/articles/living-water-approach>
- NYC Environmental Protection. (2021, Août 27). *Three New Bluebelts on Staten Island Manage Stormwater and Reduce Flooding While Protecting the Environment*. Récupéré sur NYC Environmental Protection: <https://www1.nyc.gov/site/dep/news/21-030/three-new-bluebelts-staten-island-manage-stormwater-reduce-flooding-while-protecting-the#/0>
- NYC Environmental Protection. (2022). *The Bluebelt Program*. Récupéré sur NYC Environmental Protection: <https://www1.nyc.gov/site/dep/water/the-bluebelt-program.page>
- O'Donnell, E. C., Thorne, C. R., Yeakley, J. A., & Chan, F. K. (2020). Sustainable Flood Risk and Stormwater Management in Blue-Green Cities; an Interdisciplinary Case Study in Portland, Oregon. *JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION*, 757-775.
- O'Donnell, E., Netusil, N., Chan, F., & Dolman, N. (2021). International Perceptions of Urban Blue-Green Infrastructure: A Comparison across Four Cities. *Water*, 25.
- Oxfam international. (2022). *Changement climatique : cinq catastrophes naturelles qui demandent une action d'urgence*. Récupéré sur Oxfam international: <https://www.oxfam.org/fr/changement-climatique-cinq-catastrophes-naturelles-qui-demandent-une-action-durgence>
- Pakzad, P., & Osmond, P. (2016). Developing a Sustainability Indicator Set for Measuring Green Infrastructure Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68-79.
- Portland, V. d. (2004). *SE Ankeny Green Street Project*. Portland: Environmental .
- Qi, Y., Chan, F. K., Thorne, C., O'Donnell, E., Quagliolo, C., Comino, E., . . . Feng, M. (2020). Addressing Challenges of Urban Water Management in Chinese Sponge Cities via Nature-Based Solutions. *Water*. Récupéré sur <https://doi.org/10.3390/w12102788>
- Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., . . . Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science and Policy*, 15-24.
- Ro, B., & Garfin, G. (2022). Building urban flood resilience through institutional adaptive capacity: A case study of Seoul, South Korea. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 1-47.
- Rousseau, M. (2016). La puissance des réseaux. *Urbanité*, 26-27.

- Sempier, T. T., Swann, D. L., Emmer, R., Sempier, S. H., Schneider, M., & Thompson, J. (2021). *Coastal Community Resilience Index: A Community Self-Assessment*. Hattiesburg: Université du Sud du Mississippi.
- Surfrider Foundation. (2022). *SURFERS' POINT MANAGED SHORELINE RETREAT*. Récupéré sur Surfrider Foundation Ventura County: <https://ventura.surfrider.org/surfers-point/>
- Teekens, H. J. (2017, Novembre). *The Kristalbad area: the multi-functional water machine between Hengelo and Enschede*. Récupéré sur The Climate Adaptation Knowledge Portal: <https://klimaadaptatienederland.nl/en/?ActLbl=kristalbad-area&ActItmIdt=199687>
- Tesema Bulti, D., Girma, B., & Lika Megento, T. (2019). Community flood resilience assessment frameworks: a review . *SN Applied Science*, 1-17.
- Thomas, I., & Da Cunha, A. (2017). *La ville résiliente : Comment la construire?* Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal.
- Thomas, I., & Gagnon, A. (2019). Coaticook : Analyse scientifique de la vulnérabilité intégrant l'implication des acteurs locaux et citoyens pour une ville et une communauté plus résiliente. *ISTE OpenScience*, 1-19.
- Toronto, W. (2022). *What Are We Building?* Récupéré sur The Port Lands: <https://portlandsto.ca/project-details/>
- Tu, Y., Shi, H., Chen, K., Liang, Y., Zhou, X., & Lev, B. (2022). Three-reference-point based group ELECTRE III method for urban flood resilience evaluation. *Expert Systems with Applications*, 1-16.
- Umweltbundesamt, T. (2016, Février 15). *RISA – Rain InfraStructureAdaptation*. Récupéré sur The Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/climate-energy/climate-change-adaptation/adaptation-tools/project-catalog/risa-rain-infrastructureadaptation>
- Ungvári, G., Kis, A., & Lovas, A. (2016, Juin 7). *Temporary flood water storage in agricultural areas in the Middle Tisza river basin - Hungary*. Récupéré sur Climate ADAPT: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/temporary-flood-water-storage-in-agricultural-areas-in-the-middle-tisza-river-basin-hungary/#source>
- USDA. (2014). *Farming the Floodplain : Tradeoffs and Opportunities*. Récupéré sur USDA: <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northeast/topic/farming-floodplain-trade-offs-and-opportunities>
- USDA. (s. d.). *EWP Program - Floodplain Easements*. Récupéré sur USDA - NRCS: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/programs/landscape/ewpp/?cid=nr cs143_008216
- Walsh, C. J., Fletcher, T. D., & Ladson, A. R. (2005). Stream Restoration in Urban Catchments Through Redesigning Stormwater Systems: Looking to the Catchment to Save the Stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 690-705. Récupéré sur <https://www.jstor.org/stable/10.1899/04-020.1>

Werritty, A. (2006). Sustainable Floog Management: Oxymoron or New Paradigm? *Area*, 16-23.
Récupéré sur <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2006.00658.x>

Wolfe, C. R. (2020). A Farewell to One-Size-Fits-All Urbanism. *Planetizen*. Récupéré sur
<https://www.planetizen.com/blogs/111612-farewell-one-size-fits-all-urbanism>

Xu, W., Cong, J., Proverbs, D., & Zhang, L. (2021). An Evaluation of Urban Resilience to Flooding. *Water*,
1-20.

Annexe

A) Liste complète des études de cas analysées (1/2)

PROJET	LOCALISATION	ENJEU PRINCIPAL	ACTION PRINCIPALE	INFRASTRUCTURE(S) VERTE(S) ET BLEUE(S)	ÉCHELLE	Services Écosystémiques
Mil Montréal	Montréal, Québec	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Gestion des eaux de pluie, création d'îlots de fraîcheur et encourager la biodiversité	Saillies de trottoir, terrains de sport en tant que bassins de rétention, fosses d'arbre et îlot de biodiversité (à venir)	Quartier	Réutilisation de l'eau de pluie, création d'espaces récréatifs, création d'un îlot de fraîcheur
Auberge Le Baluchon	Saint-Paulin, Québec	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Gestion des eaux usées	Marais filtrants (base de matières organiques, sable et composantes minérales)	Parcelle	Filtration de l'eau usée, développement de la biodiversité
Le mairais filtrant de la Tohu	Montréal, Québec	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Gestion des eaux de pluie et lutte contre les îlots de chaleur	Marais filtrant et bassins de rétention	Parcelle	Filtration de l'eau usée, développement de la biodiversité
Parc Balzac à Angers	Ville d'Angers, France	Atténuation des crues	Encourager la biodiversité et gérer les eaux de pluie et de crue	Bassins inondables, mairais, dunes et vagues vertes	Quartier	Création d'espaces récréatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité
Parc des rives de la Thur à Cernay	Ville de Cernay, France	Atténuation des crues	Gestion de crues riveraines et création d'équipement collectif	Réseau de bassins de rétention	Quartier	Création d'espaces récréatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité
Parc de Billancourt	Boulogne-Billancourt, France	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Gestion des eaux de pluie, contrôle de la qualité de l'eau et de la consommation d'eau potable et mise en valeur de la rive	Bassin de récupération des eaux pluviales (tourbière, marais, grève et noues sableuses)	Quartier	Réutilisation de l'eau de pluie, création d'espaces récréatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité
Bassin de la Cité Matra	Romorantin-Lanthenay, France	Atténuation des crues	Gestion des eaux de pluie et encourager la biodiversité	Bassin de rétention des eaux pluviales (végétation aquatique)	Quartier	Création d'espaces récréatifs et éducatifs
Réaménagement de l'avenue Papineau	Montréal, Québec	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Gestion des eaux de pluie (réduire la pression sur le système d'égout)	Bassins de biorétention, baissières herbeuses	Quartier	Embellissement de la rue, soutien aux IG de drainage
Bassins de rétention du Parcours Gouin	Montréal, Québec	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Gestion des eaux de pluie (réduire la pression sur le système d'égout) et biofiltration	Rseau de bassins de biorétention et de sédimentation	Quartier	Création d'espaces récréatifs, développement de la biodiversité
Gentilly Resilient District (voir rapports AMERZI et ppt's)	Nouvelle Orléans, Louisiane, É.-U.	Atténuation des crues	Réduire les risques d'inondation, ralentir l'affaissement des terres, améliorer l'efficacité énergétique et encourager la revitalisation du quartier	Jardin d'eau (rétention), corridors verts et bleus, restauration d'aires boisées et plus encore	Quartier	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, développement de la biodiversité, embellissement du quartier
Stabilisation des berges de la rivière Saint-Charles	Québec, Québec	Atténuation des crues	Stabilisation des berges, qualité de l'eau et sensibilisation du public	Plantation d'espèces végétales indigènes et aménagement d'un parc linéaire	Municipalité	Développement de la biodiversité, création d'espaces éducatifs
Portes du Vercors	Communes de Fontaine et Sassenage, France	Atténuation des crues	Aménagement d'un éco-territoire en zone inondable endiguée	Élargissement du lit de rivière, création d'une noue entre deux rivières et d'une trame verte et bleue	Municipalité	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, développement de la biodiversité, embellissement du quartier
Hôpital Khoo Teck Puat et l'étang Yishu	Singapour	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Aménagements verts et création d'un étang	Étangs et surfaces perméables	Municipalité (entre 2 quartiers)	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité, embellissement du quartier
Parc Bishan-Ang Mo Kio	Singapour	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Aménagement d'un ruisseau et un parc fluvial	Ruisseau et végétation	Parcelle/projet	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité, embellissement du quartier
La trame verte et bleue	CMM, Québec	Atténuation des crues	Prise en charge des projets en berge à travers la CMM	divers types : plages, parcs riverains, restauration de milieux humides, etc.	Régionale	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité, embellissement du quartier
Plan RISA	Hambourg, Allemagne	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Planification d'une gestion durable des eaux fluviales à l'échelle de la ville	Étangs, rigoles, fossés et surfaces perméables	Municipalité	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, création d'îlots de fraîcheur, embellissement du quartier

Green Streets	Portland, Oregon, É-U	Captation des eaux de pluie et du ruissellement	Installation de saillies de trottoir végétalisées	Saillies végétalisées	Rue	Embellissement du quartier, soutien aux IG de drainage
Bluebelts	NYC, New York, ÉU	Atténuation des crues	Gestion des eaux fluviales et de crue durable à l'échelle de la ville	Création et restauration de milieux humides	Municipalité	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité, embellissement du quartier, soutien aux IG de drainage
Le Kristalbad	Hengelo/Enschede, Pays-Bas	Atténuation des crues	Aménagement d'une zone de rétention et des marais de filtration des eaux usées	Espace de rétention, trois grands bassins	Régionale	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité, embellissement du quartier, soutien aux IG de drainage, filtration des eaux usées
Surfer's Point Managed Shoreline Retreat Project	Ventura, Californie, États-Unis	Atténuation des crues	Retrait des infrastructures et équipements et réaménagement naturel de la plage	Remise en état « naturel » de la plage - Recouvrement en pierre et sable, dunes de sable, végétation indigène et des rigoles	Quartier	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité, soutien aux IG de drainage
The Port Lands Flood Protection Project (PLFPP)	Toronto, Ontario, Canada	Atténuation des crues	Création d'une zone naturalisée de gestino de crue à l'embouchure d'une rivière dans un lac	Construction d'une sortie de rivière, de plaines inondables, de milieux humides et d'espaces naturels terrestres	Quartier	Création d'espaces récréatifs et éducatifs, création d'îlots de fraîcheur, développement de la biodiversité, soutien aux IG de protection, embellissement du quartier