

Intégration des impacts des infrastructures vertes et bleues sur la santé publique dans la prise de décision pour la planification urbaine et la gestion des eaux pluviales

Congrès CERIU 2025: Réinventer la gestion municipale pour une approche intégrée et collaborative

Centre de congrès de Saint-Hyacinthe | 25 novembre 2025

Justine Petrucci
Polytechnique Montréal



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIERIE



Centre québécois de recherche sur la gestion de l'eau
Quebec Water Management Research Centre



Avec la participation financière de



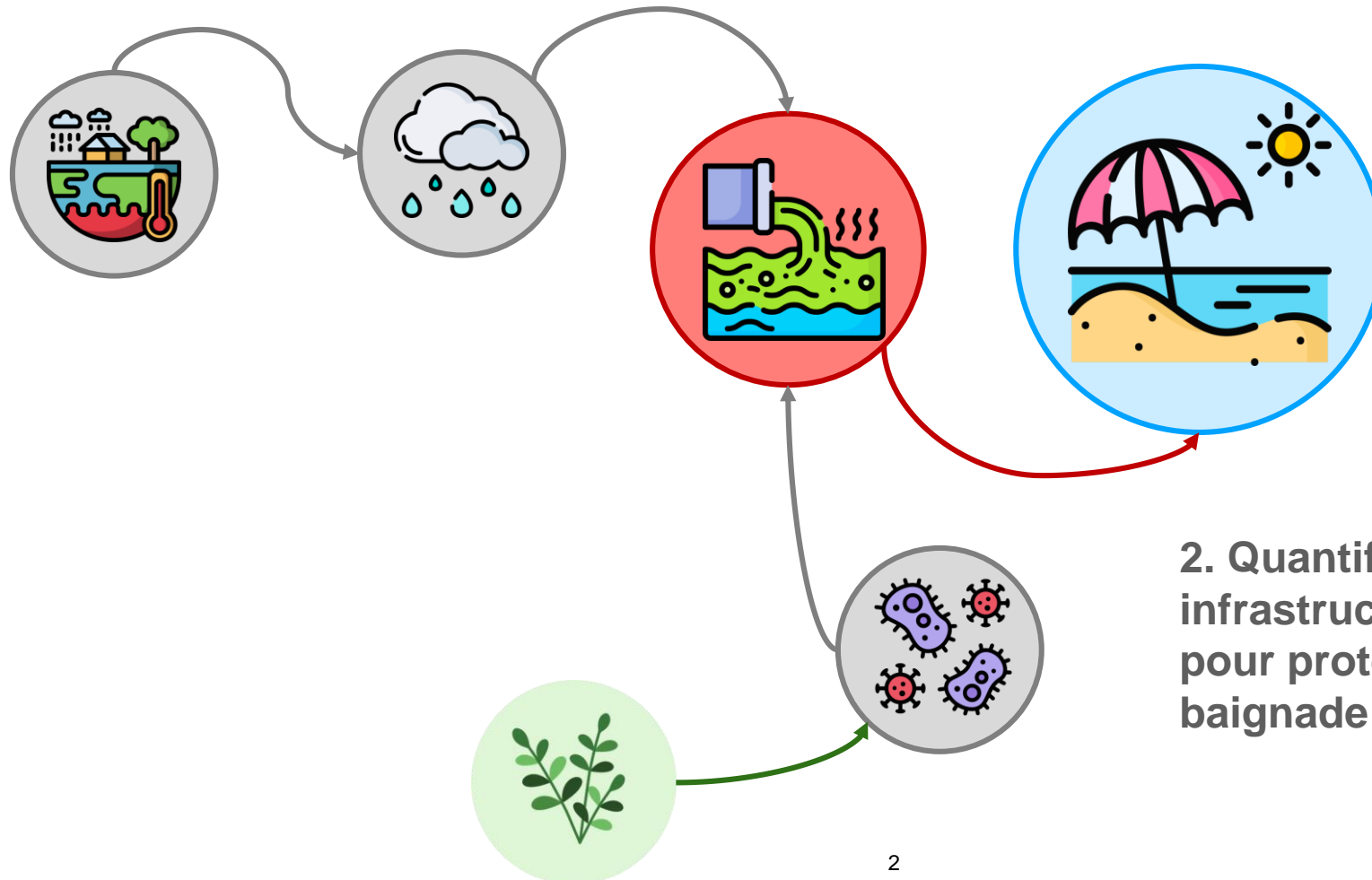
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



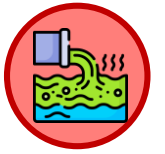
MEDICAL UNIVERSITY
OF VIENNA

Vue d'ensemble de la présentation

1. Comprendre le phénomène



2. Quantifier l'efficacité des infrastructures vertes et bleues pour protéger les zones de baignade



Que sont les débordements d'égout unitaire?

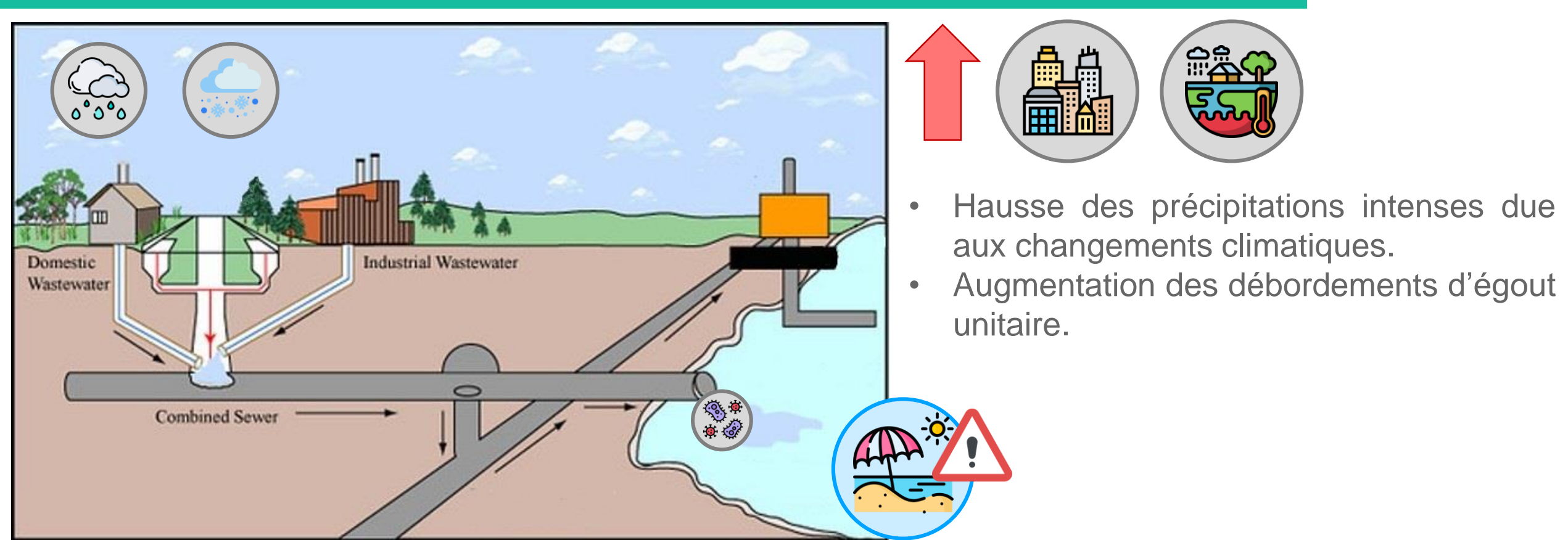




Figure 1. Représentation schématique d'un réseau d'égout unitaire

([This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA-NC](#))

Les débordements d'égout unitaire peuvent **affecter la qualité de l'eau.**

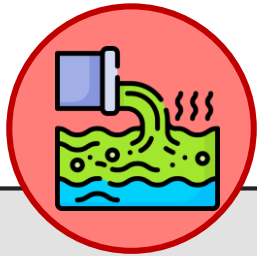
Impacts des débordements d'égout unitaire sur la qualité de l'eau

	Eaux de ruissellement	<ul style="list-style-type: none">HydrocarburesNutrimentsSels de déglacageMétauxPesticidesMicroorganismes pathogènesMicroplastiquesProduits chimiques liés aux microplastiques
	Eaux sanitaires	<ul style="list-style-type: none">AntibiotiquesProduits ménagersMatières fécalesMicroorganismes pathogènes

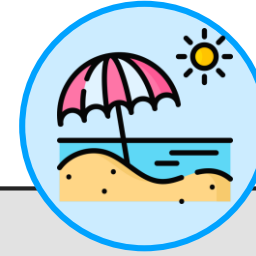
Objectifs

Objectif principal

Évaluer les impacts des IVB sur la santé publique dans la prise de décision pour la planification urbaine et la gestion des eaux pluviales.



1. Développer un indice de priorisation des bassins de drainage urbains en climat actuel et futur



2. Évaluer les IVB pour la réduction du risque d'infection lors de la baignade en milieu urbain



1. Comprendre le phénomène



<https://estmediamontreal.com/inauguration-plage-est-pointe-trembles-baignade/>



Urban catchment	Urban catchment
Urban catchment	Urban catchment
Sewer overflow	Sewer overflow
Sewer overflow	Sewer overflow
Points of interest	Points of interest



<https://nouvellesdici.com/actu/une-vague-eternelle-pour-le-surf-de-riviere-au-nouveau-parc-riverain-a-lachine/>



<https://www.verdun.fr/verdun-aquadrome-2/verdun-plage-2/>



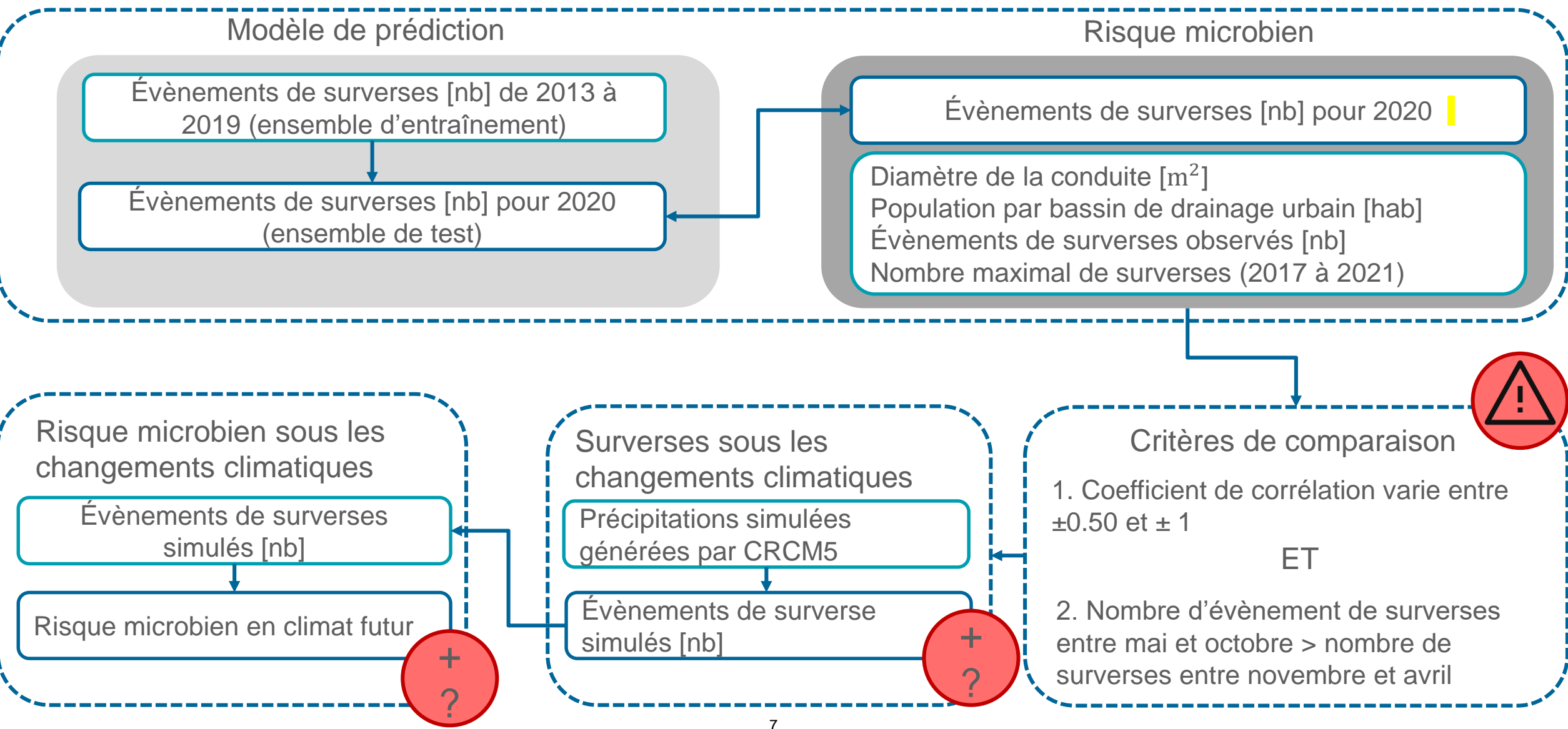
<https://nouvellesdici.com/actu/usine-charles-j-des-bailleurs-approvisionner-lasalle-montreal-eau/>

0 1 2 4 Kilomètres



Figure 2. Territoire à l'étude dans l'évaluation des impacts des changements climatiques sur les DEU

1. Comprendre le phénomène - Méthode



1. Comprendre le phénomène - Méthode

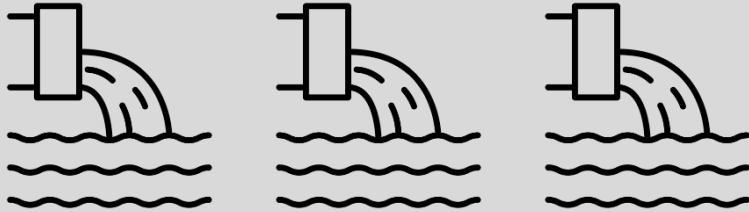
Analyse statistique

Modèle de prédiction

Évènements de surverses [nb] de 2013 à 2019 (ensemble d'entraînement)

Évènements de surverses [nb] pour 2020 (ensemble de test)

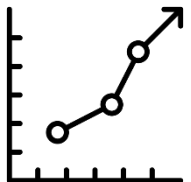
Pour chaque ouvrage de surverse



Les **durées d'accumulation** choisies ainsi que le **seuil de débordement** peuvent **varier d'un ouvrage à l'autre**, ce qui est cohérent avec le fait que les bassins versants liés à ces ouvrages peuvent présenter des **caractéristiques différentes**.

Modèle de régression logistique

Variables indépendantes = accumulation de précipitations sur différentes durées
Variable dépendante = occurrence (1) ou la non-occurrence (0) d'un débordement



1. Comprendre le phénomène - Méthode

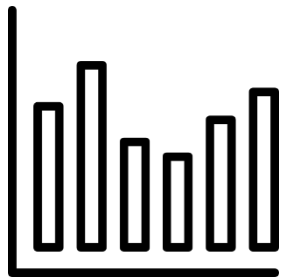
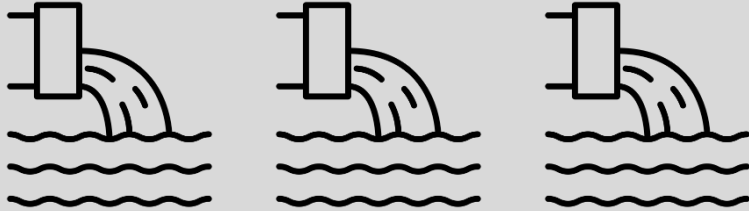
Analyse statistique

Modèle de prédiction

Évènements de surverses [nb] de 2013 à 2019 (ensemble d'entraînement)

Évènements de surverses [nb] pour 2020 (ensemble de test)

Pour chaque ouvrage de surverse



Tester le pouvoir prédictif du model

Le modèle a été **entraîné** sur les données de 2013 à 2019

Le modèle a été **testé** sur les données de 2020

1. Comprendre le phénomène - Méthode

Analyse statistique

Modèle de prédiction

Évènements de surverses [nb] de 2013 à 2019 (ensemble d'entraînement)

Évènements de surverses [nb] pour 2020 (ensemble de test)

Pour chaque ouvrage de surverse

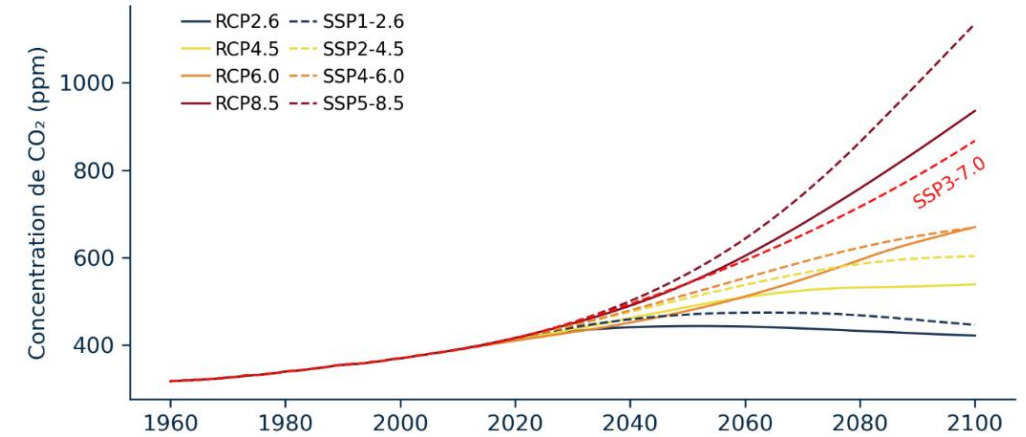
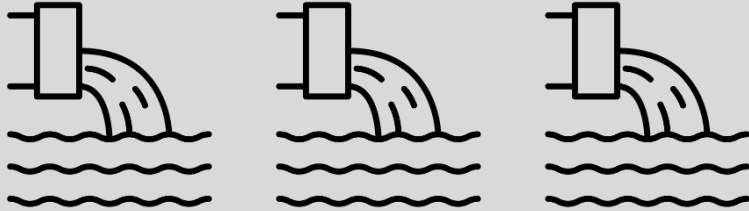


Figure 3. Projections climatiques tirée de (Ouranos, s.d.)



Résultat de sortie

Précipitation en climat futur

Les précipitations simulées considérées sont dérivées de l'ensemble de simulations climatiques ClimEx CRCM5LE (RCP8.5)

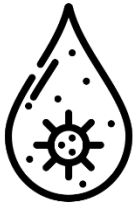
Occurrence des surverses en climat futur

1. Comprendre le phénomène - Méthode

Risque microbien (McQuaid et al., 2019)



La méthode est basée sur la fiche technique développée dans le cadre des analyses de vulnérabilité des prises d'eau potable (McQuaid et al., 2019).

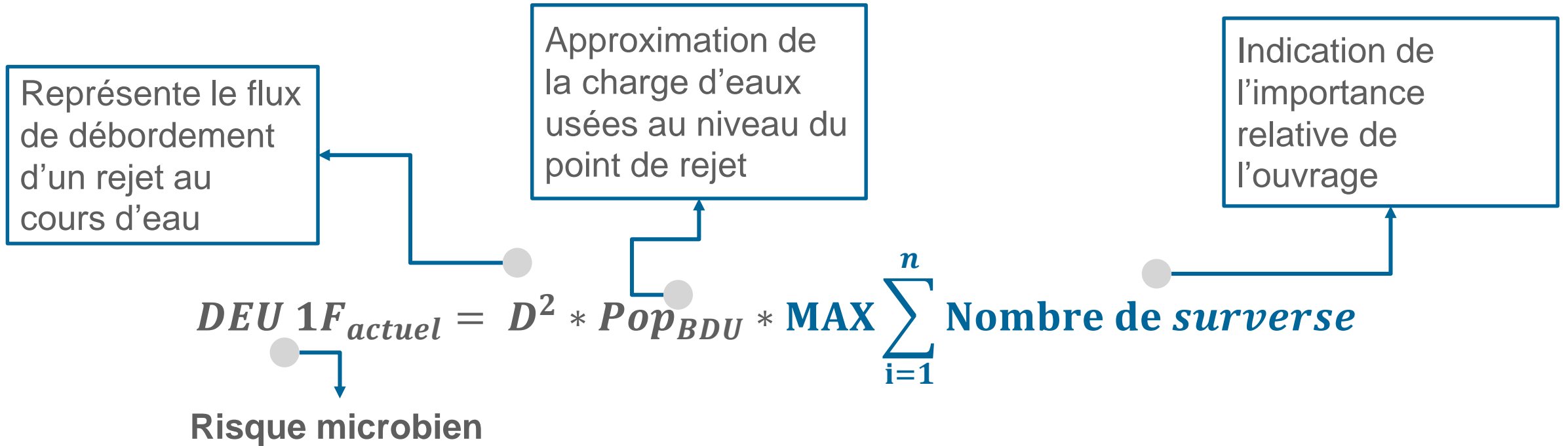


L'indice permet d'évaluer la charge microbienne associée aux débordements d'égouts unitaires dans un bassin de drainage urbain.

Hypothèses: Densification de la population et changement de l'utilisation du sol sont constants. Cela permet d'isoler l'effet des changements climatiques

1. Comprendre le phénomène - Méthode

Risque microbien (McQuaid et al., 2019)



1. Comprendre le phénomène - Méthode

Risque microbien en climat futur

Modèle de prédiction

Évènements de surverses [nb] de 2013 à 2019 (ensemble d'entraînement)



Évènements de surverses [nb] pour 2020 (ensemble de test)



Risque microbien

Évènements de surverses [nb] pour 2020

Diamètre de la conduite [m²]
Population par bassin de drainage urbain [hab]
Évènements de surverses observés [nb]
Nombre maximal de surverses (2017 à 2021)

Variation dans
la fréquence
des surverses

← ● *Coefficient Normalisé* = $\frac{\bar{N}_{DEU,climex\ 50,y}}{\bar{N}_{DEU,actuel}}$

Futur à Court Terme (2021 à 2050)

Futur à Long Terme (2071 à 2100)

1. Comprendre le phénomène - Méthode

Risque microbien (McQuaid et al., 2019)

Modèle de prédiction

Évènements de surverses [nb] de 2013 à 2019 (ensemble d'entraînement)

Évènements de surverses [nb] pour 2020 (ensemble de test)

Risque microbien

Évènements de surverses [nb] pour 2020

Diamètre de la conduite [m²]
Population par bassin de drainage urbain [hab]
Évènements de surverses observés [nb]
Nombre maximal de surverses (2017 à 2021)



Risque microbien futur

Risque microbien actuel

Variation des surverses

$$DEU\ 1F_{futur} = DEU\ 1F_{actuel} * Coefficient\ Normalisé$$

1. Comprendre le phénomène - Résultats

Validation du modèle de prédiction

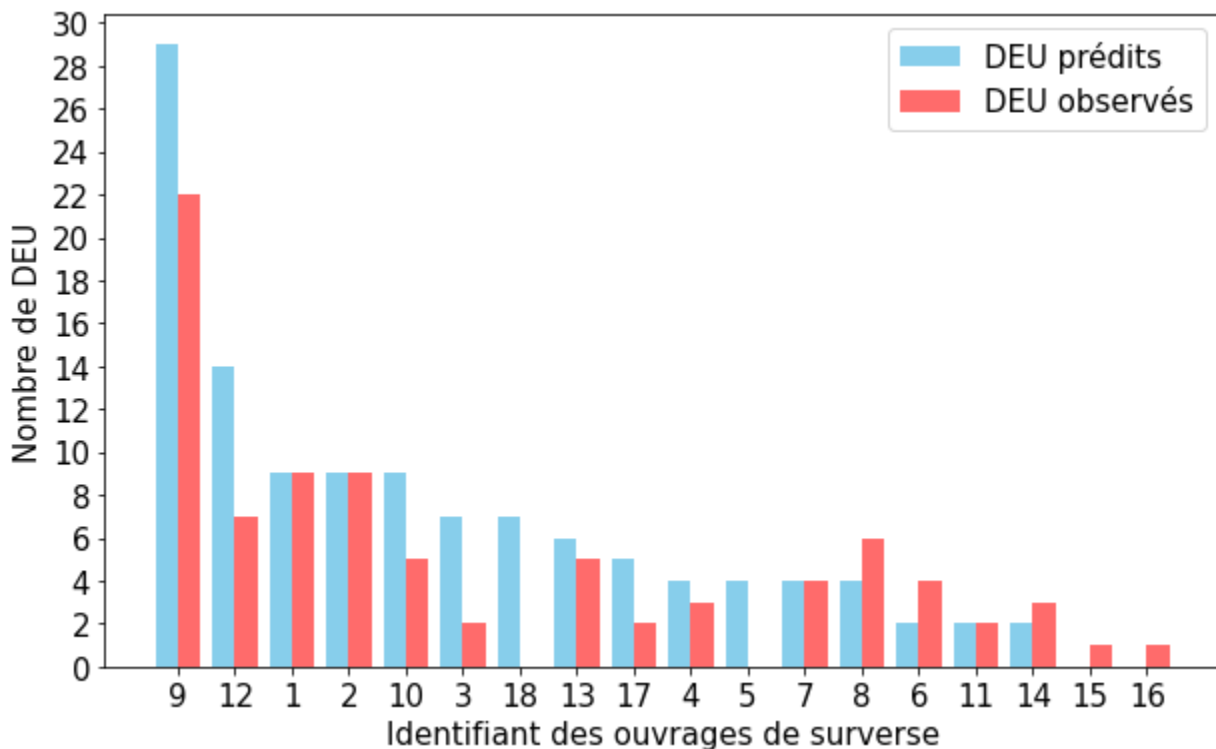
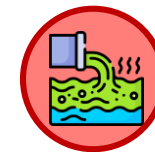


Figure 4. Nombre de débordements observés et prédits en climat actuel

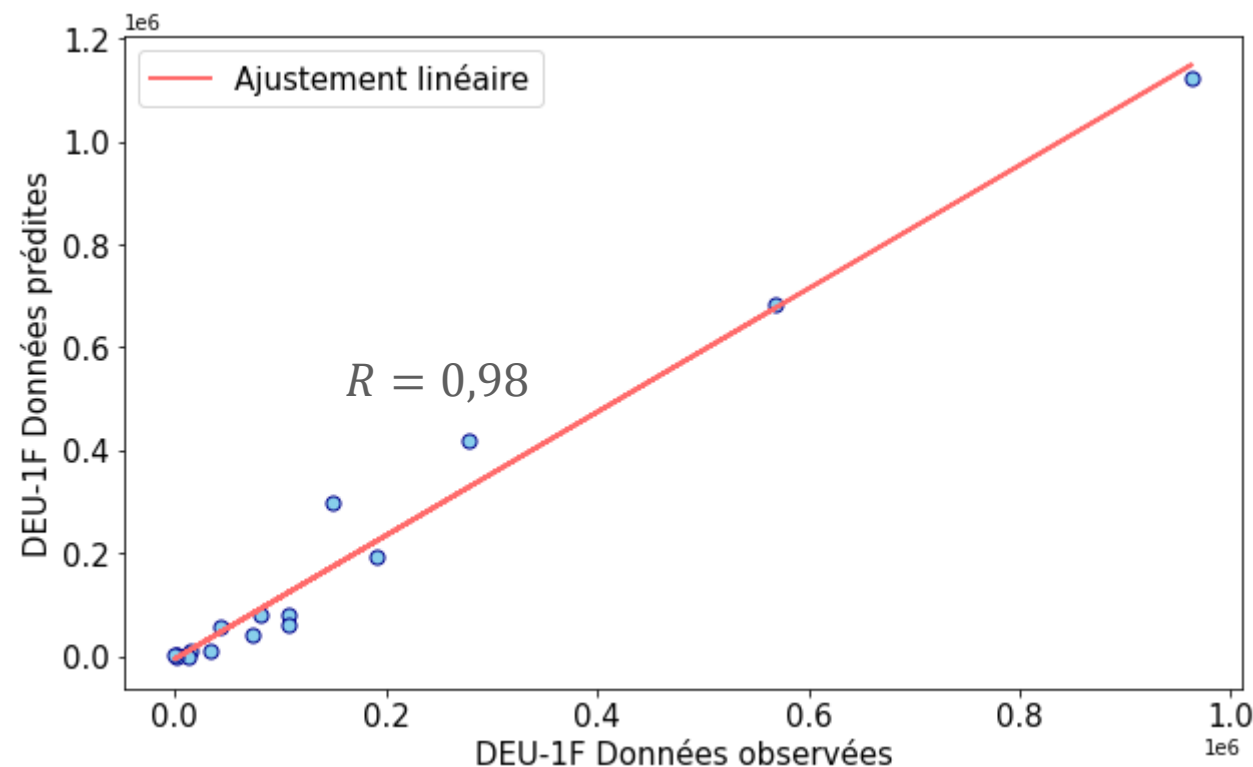
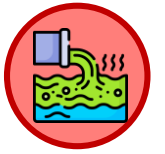


Figure 5. Risque microbien calculé à partir des données observées et prédites en climat actuel



1. Comprendre le phénomène - Résultats

Indice du risque microbien sous les changements climatiques

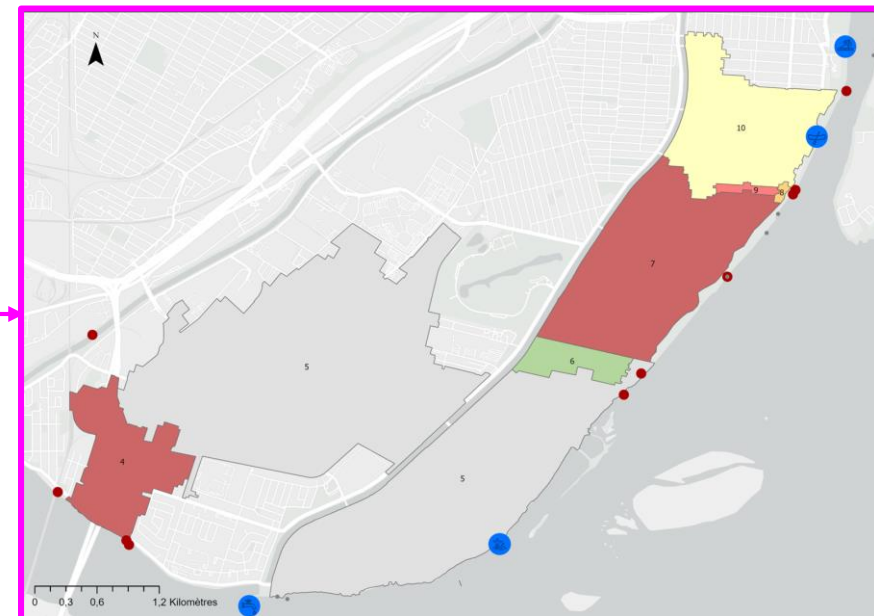
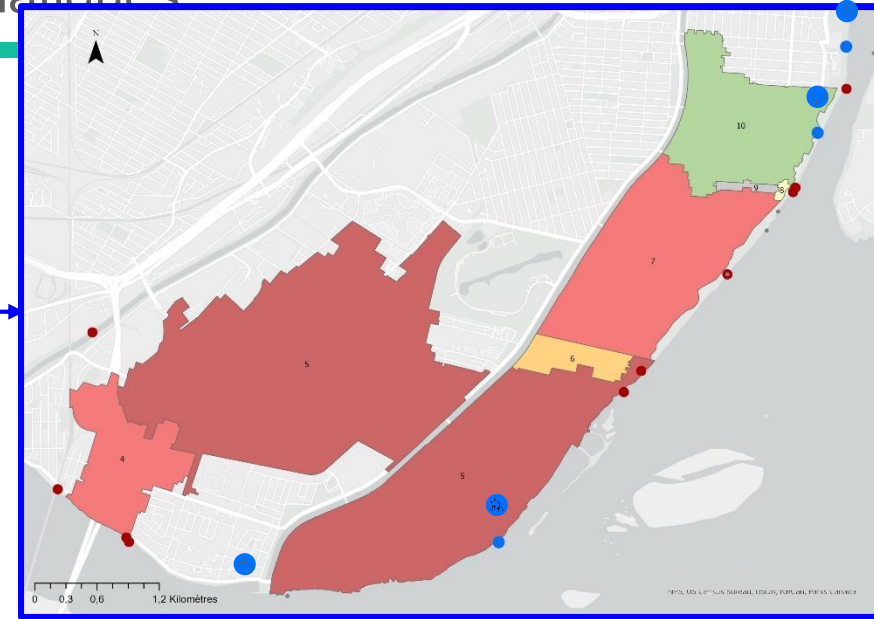
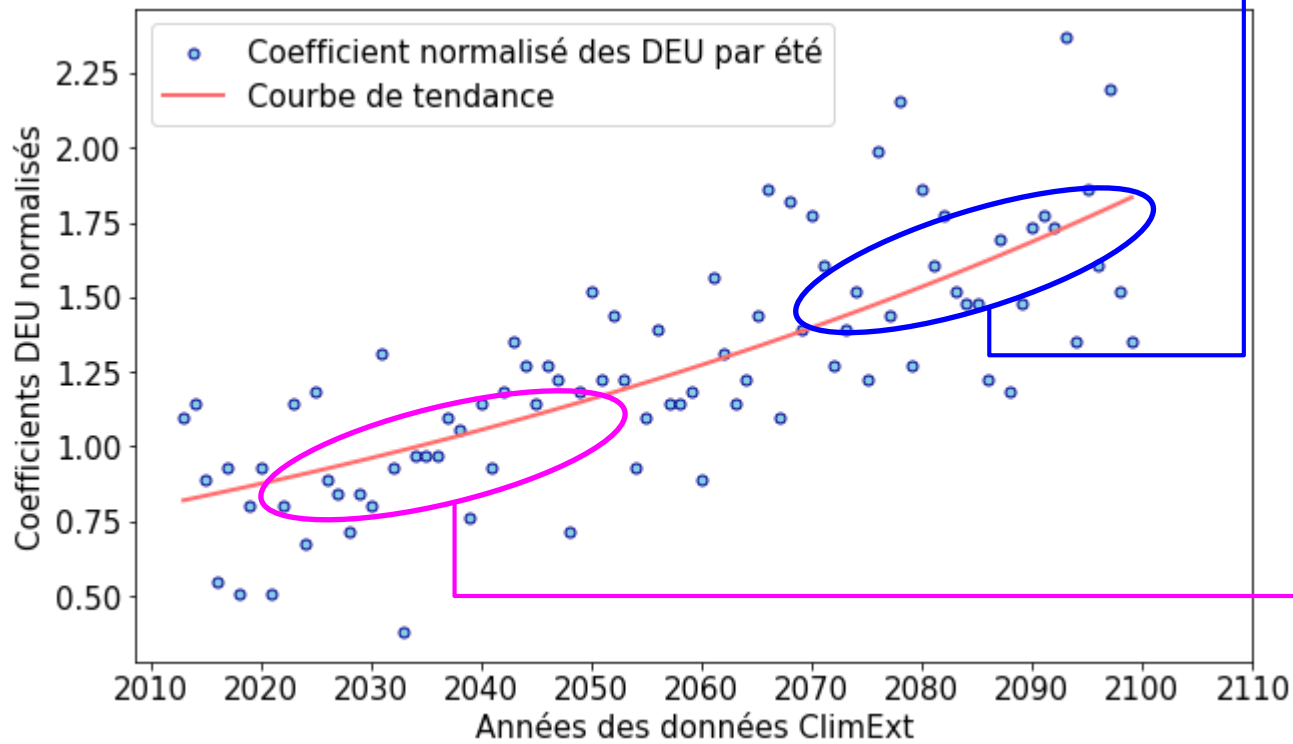
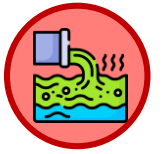


Figure 6. Coefficient DEU normalisé sous l'effet du changement climatique



- Les résultats soulignent l'**importance d'une localisation stratégique** des mesures d'atténuation pour réduire les surverses.
- Les résultats montrent l'importance à accorder au **changement climatique** dans la planification des interventions pour mitiger les surverses.
- Proposer des mesures de mitigation telles que les infrastructures vertes et bleues.

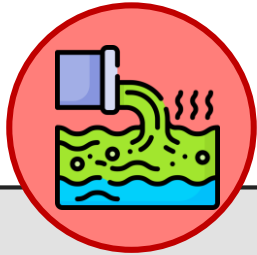
Les infrastructures vertes et bleues peuvent-elles protéger nos cours d'eau récepteurs?

Petrucci, J., Jalbert, J., Dorner, S., McQuaid, N., & Bichai, F. (2025). Strategic prioritization of sewersheds to mitigate combined sewer overflows under climate change. *Environmental Challenges*, 18, 101088. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101088>

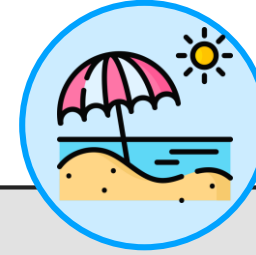
Objectifs

Objectif principal

Évaluer les impacts des IVB sur la santé publique dans la prise de décision pour la planification urbaine et la gestion des eaux pluviales.



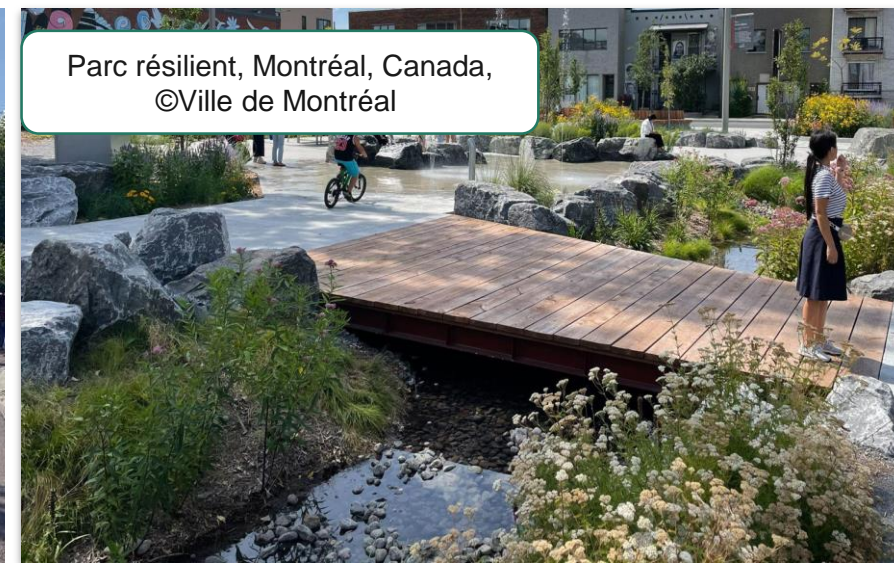
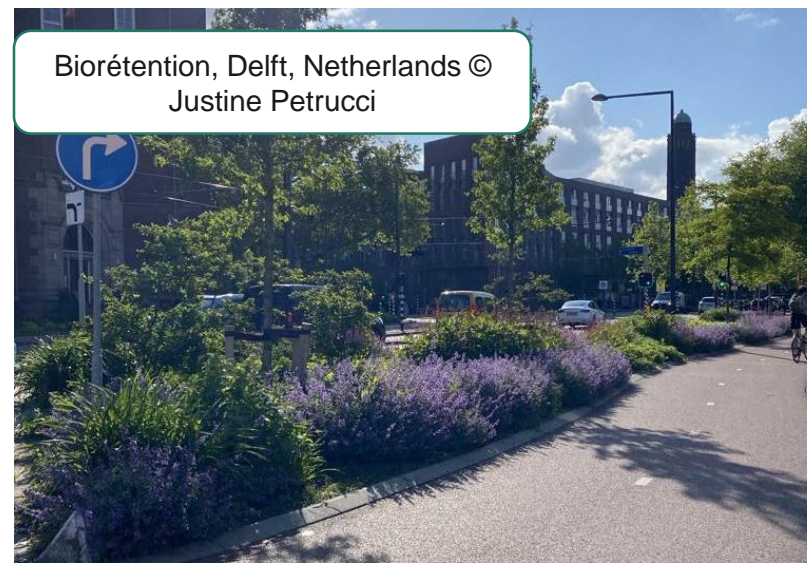
1. Développer un indice de priorisation des bassins de drainage urbains en climat actuel et futur



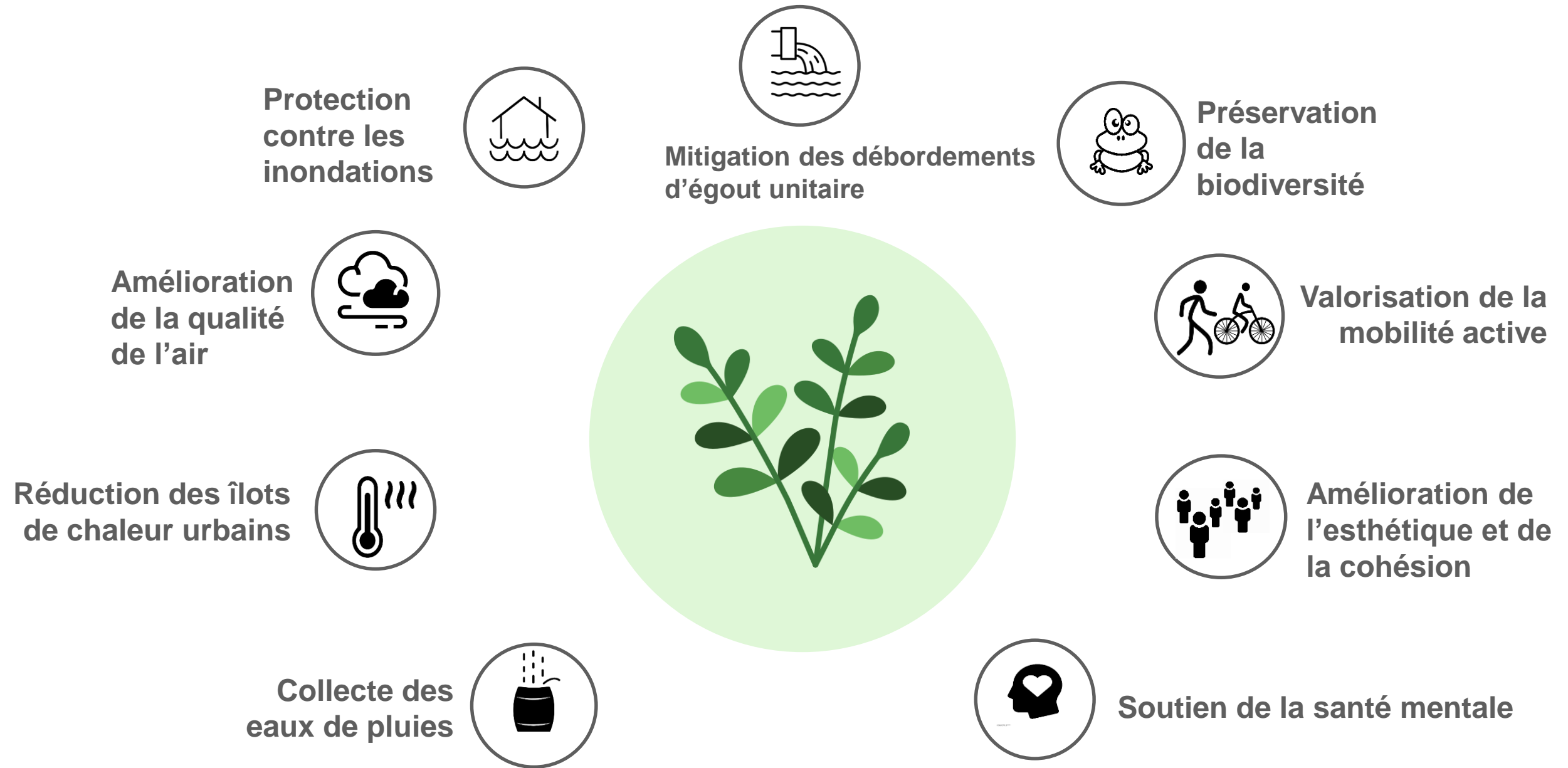
2. Évaluer les IVB pour la réduction du risque d'infection lors de la baignade en milieu urbain



Que sont les Infrastructures Vertes et Bleues (IVB)

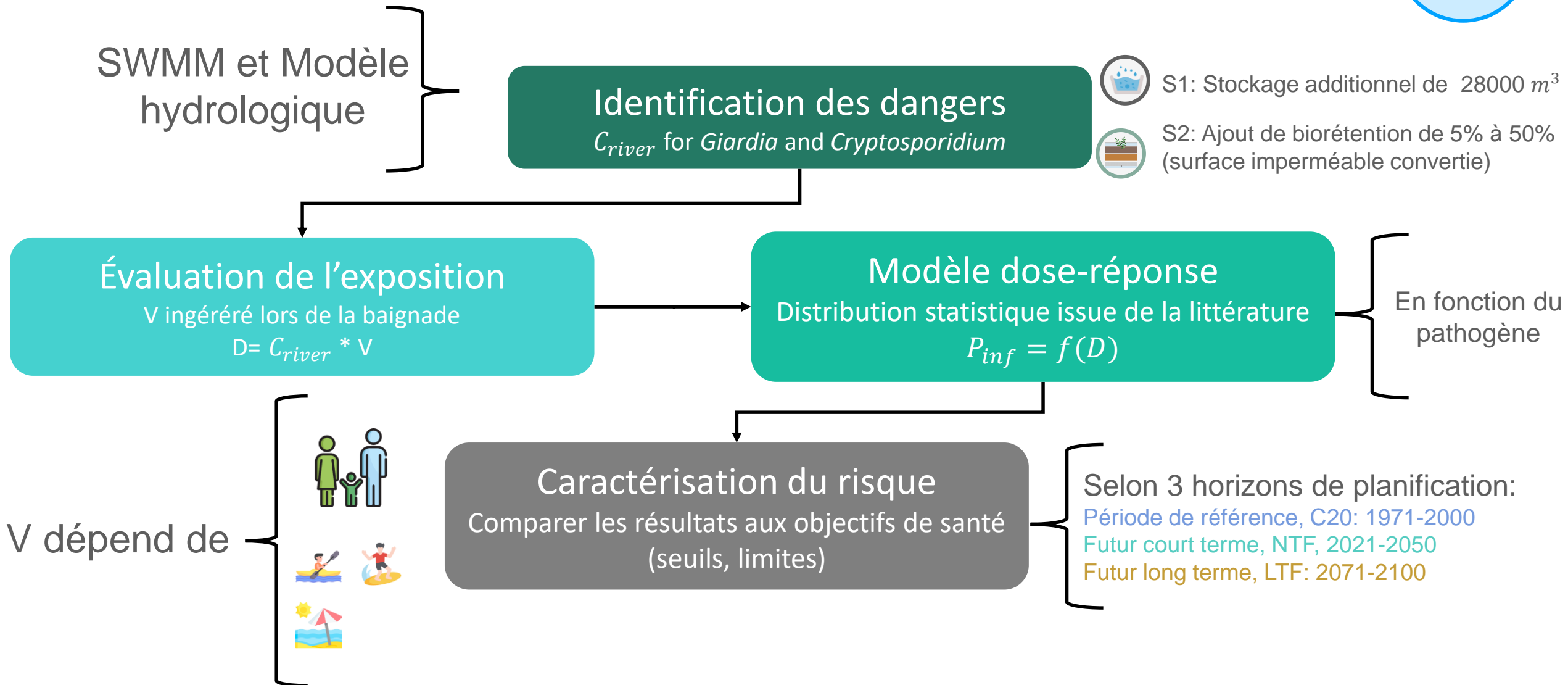


Que sont les Infrastructures Vertes et Bleues (IVB)



ÉQRM, c'est quoi?

Évaluation Quantitative du Risque Microbien



2. Quantifier l'efficacité des IVB - Résultats

Effets sur les débordements d'égout unitaire

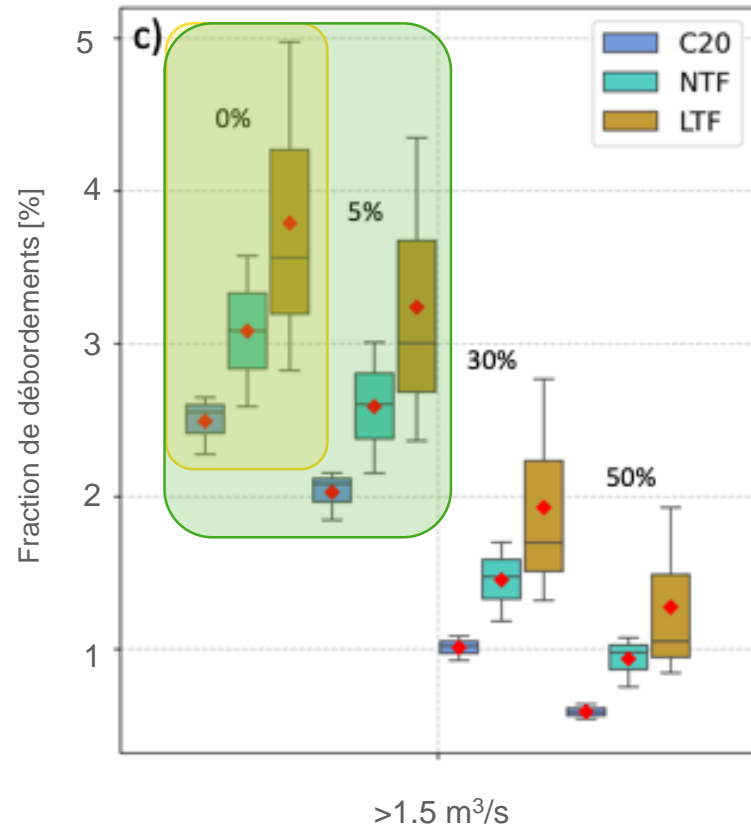


Figure 7. Fraction des pas de temps de simulation de 5 minutes avec débordement d'égout unitaire) [%] pour les périodes C20, NTF et LTF (axe des y), selon différents niveaux d'implantation des bioretentions (0 %, 5 %, 30 %, 50 %).

Effets des changements climatiques:

- Davantage de débordements à l'avenir, notamment lors de fortes pluies
- Les volumes de débordement augmenteront considérablement, dans certains cas jusqu'à doubler.

Effets des biorétentions:

- Les bioretentions réduisent efficacement les débordements, en particulier les plus importants.
- Jusqu'à 76 % de réduction sur la période de référence, légèrement moins (71 %) à long terme.

2. Quantifier l'efficacité des IVB - Résultats

Qualité de l'eau

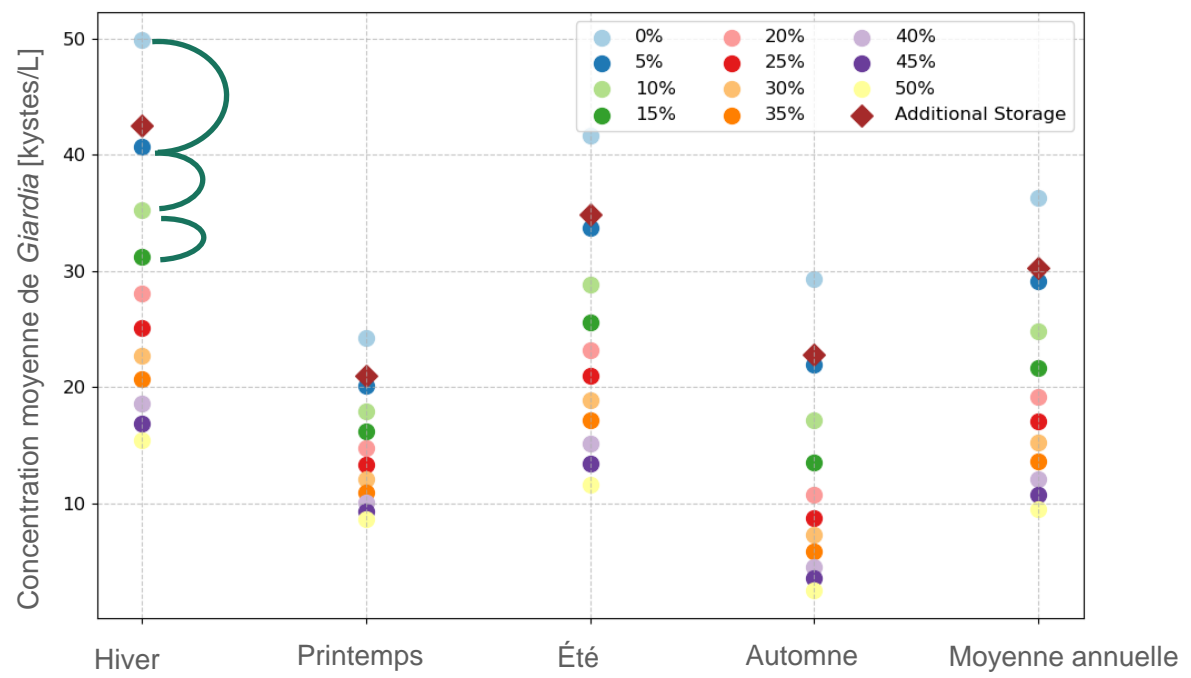


Figure 8. **Concentration moyenne** de *Giardia* [kystes/L] pour le scénario climatique C73 selon les saisons. La concentration moyenne dans l'eau du fleuve est calculée sur 30 ans de simulation pour l'horizon de planification à court terme (NTF).

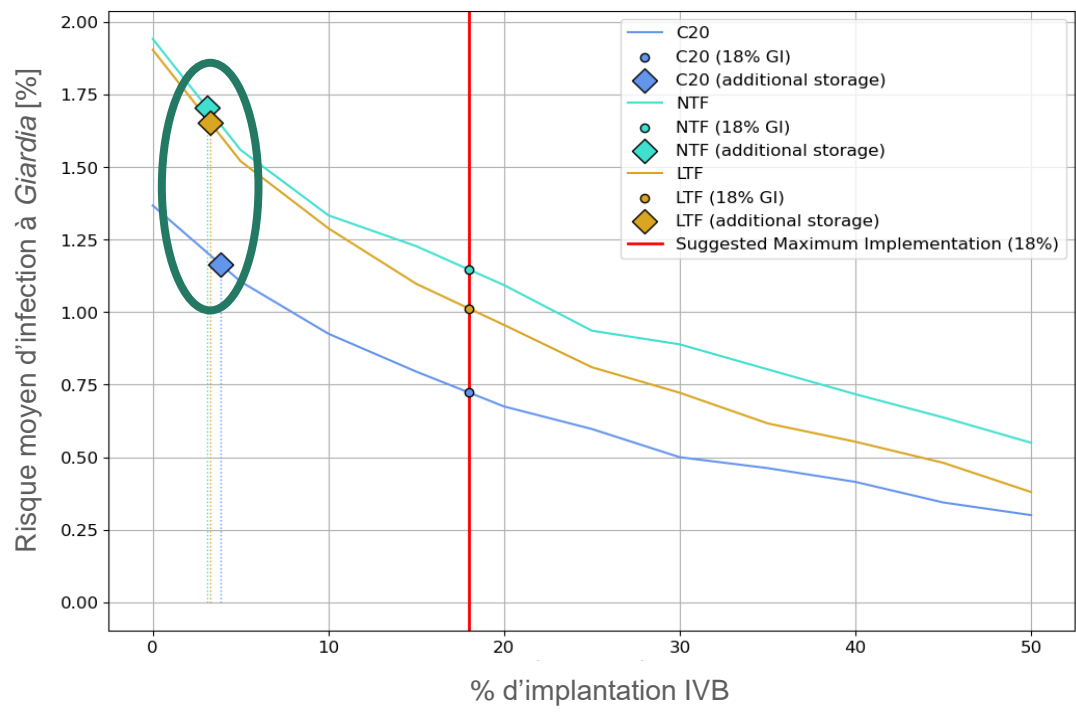


Figure 9. **Risque moyen d'infection** à *Giardia* [%] par personne et par événement d'exposition lors de l'utilisation récréative de l'eau du fleuve, calculé sur 30 ans de simulation pour l'horizon de planification à court terme, en fonction du niveau de mise en œuvre des biorétentions.

2. Quantifier l'efficacité des IVB - Conclusions



- Le volume est considérablement réduit, selon le scénario climatique et l'ampleur de la mise en œuvre des infrastructures vertes et bleues.
- La mise en place d'infrastructures vertes et bleues contribue à atteindre les objectifs de santé publique pour les eaux récréatives, même dans de futures conditions climatiques.
- Les infrastructures vertes et bleues peuvent être plus bénéfiques que les seules infrastructures grises, en particulier si l'on tient compte de l'ensemble des co-bénéfices.

Petrucci, J., Derx, J., Sommer, R., Muller-Thomy, H., Dorner, S., Jalbert, J., & Bichai, F. (2025). Can blue-green infrastructure mitigate waterborne infection risks through recreational activities in densely urbanized waterways? [soumis].

Conclusions

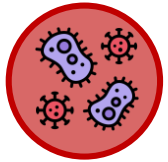
Défis identifiés



Augmentation des précipitations



Urbanisation et imperméabilisation



Dégradation de la qualité de l'eau



Inégalités territoriales

Biorétentions



Pourquoi efficaces?



Facilité d'intégration en milieu urbain dense



Réduction du risque d'infection



Adaptées aux spécificités locales

Recommandations

Intégrer les scénarios climatiques futurs

Prendre en compte le contexte local

Inclure des objectifs liés à la santé publique et à l'équité territoriale