

# 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

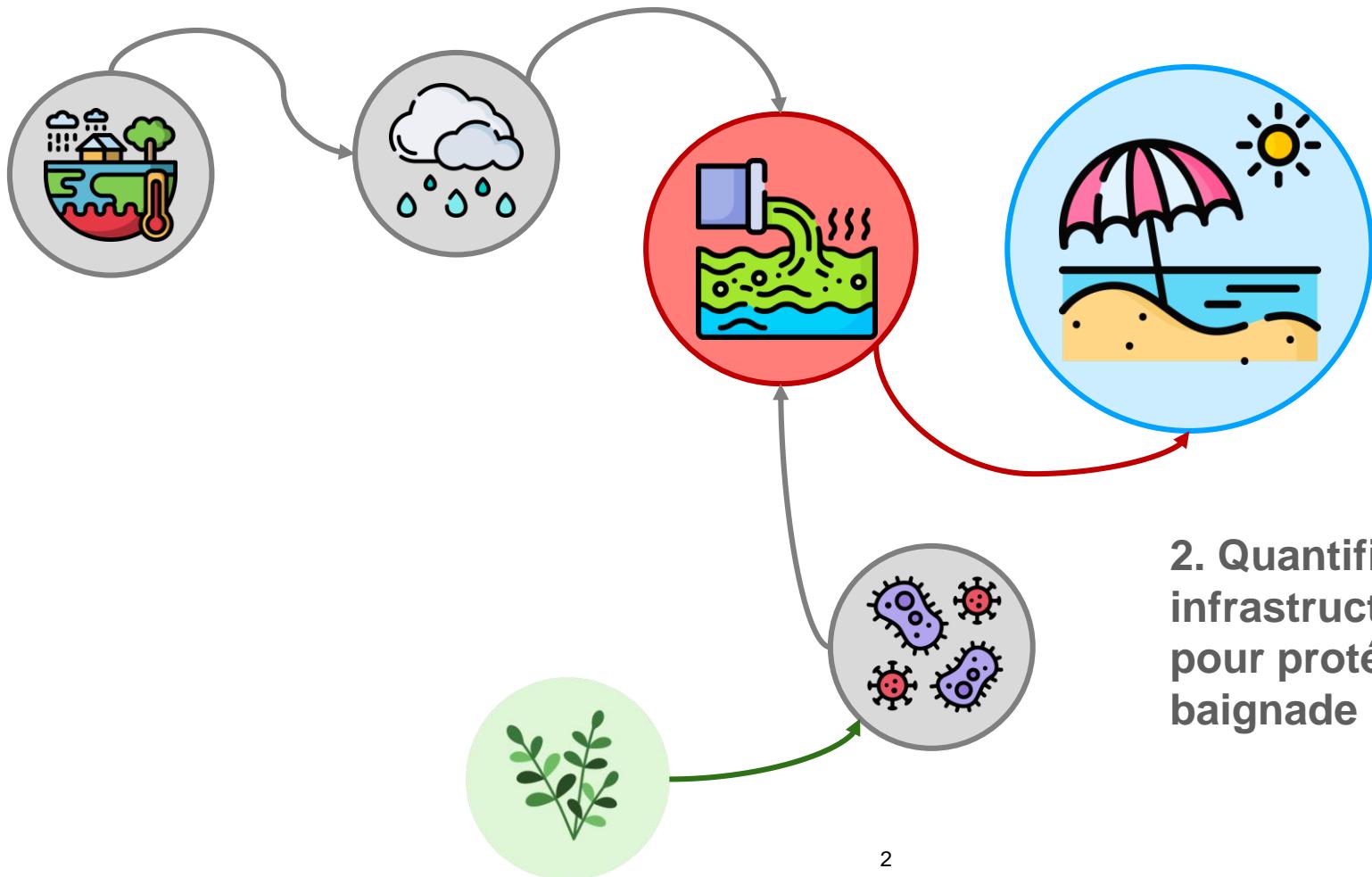
Centre de congrès de Saint-Hyacinthe | 25 novembre 2025

Justine Petrucci  
Polytechnique Montréal

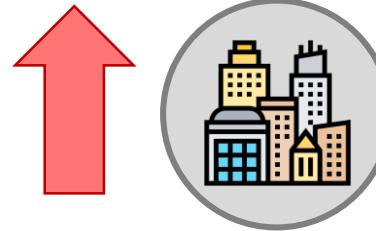
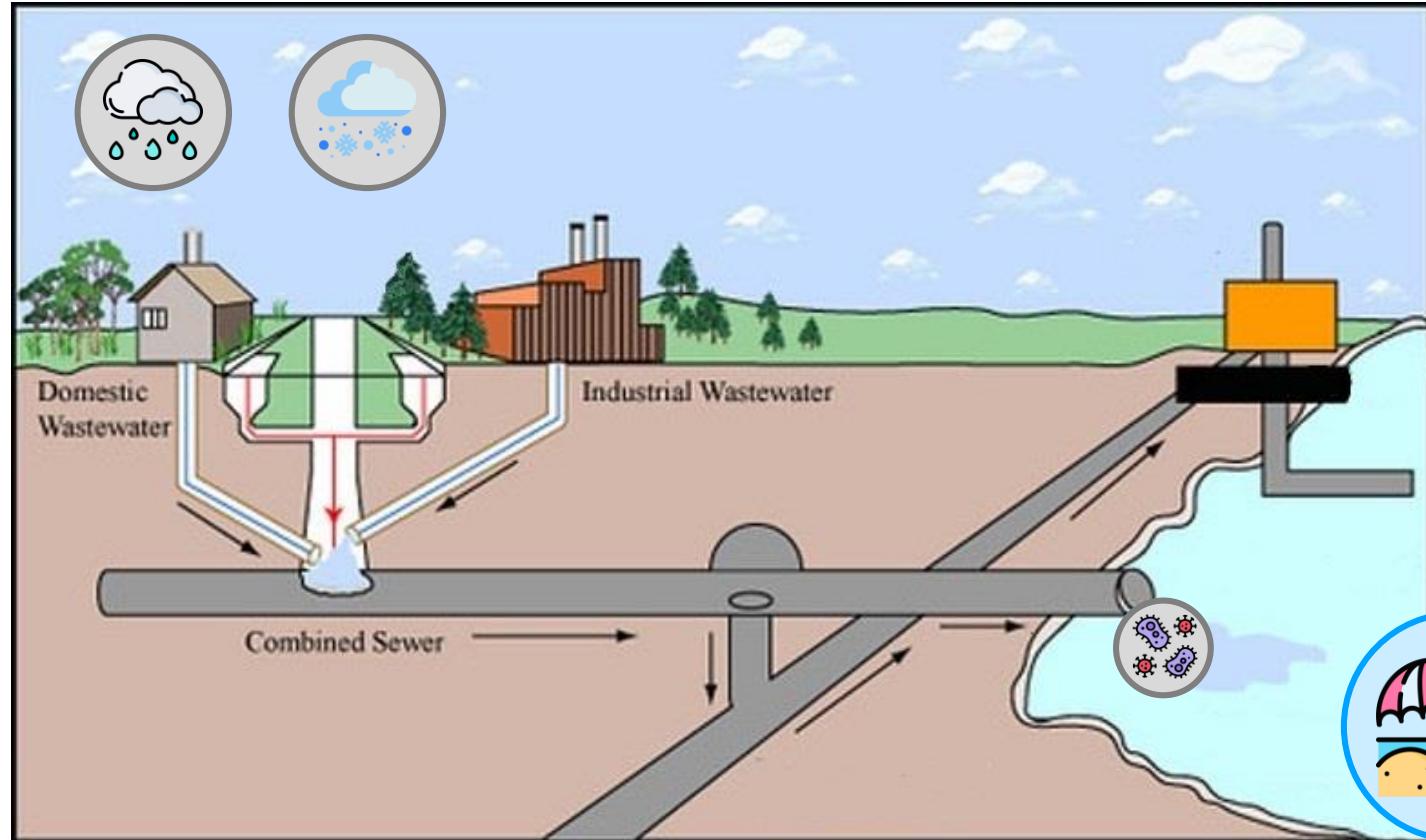
# Vue d'ensemble de la présentation

---

## 1. Comprendre le phénomène



# Que sont les débordements d'égout unitaire?



- Hausse des précipitations intenses due aux changements climatiques.
- Augmentation des débordements d'égout unitaire.

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

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

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

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

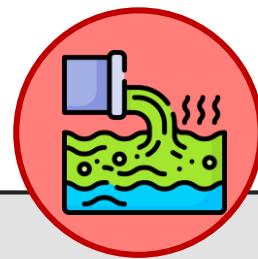
---

	Eaux de ruissellement	Hydrocarbures Nutriments Sels de déglaçage Métaux Pesticides Microorganismes pathogènes Microplastiques Produits chimiques liés aux microplastiques
	Eaux sanitaires	Antibiotiques Produits ménagers Matières fécales Microorganismes 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

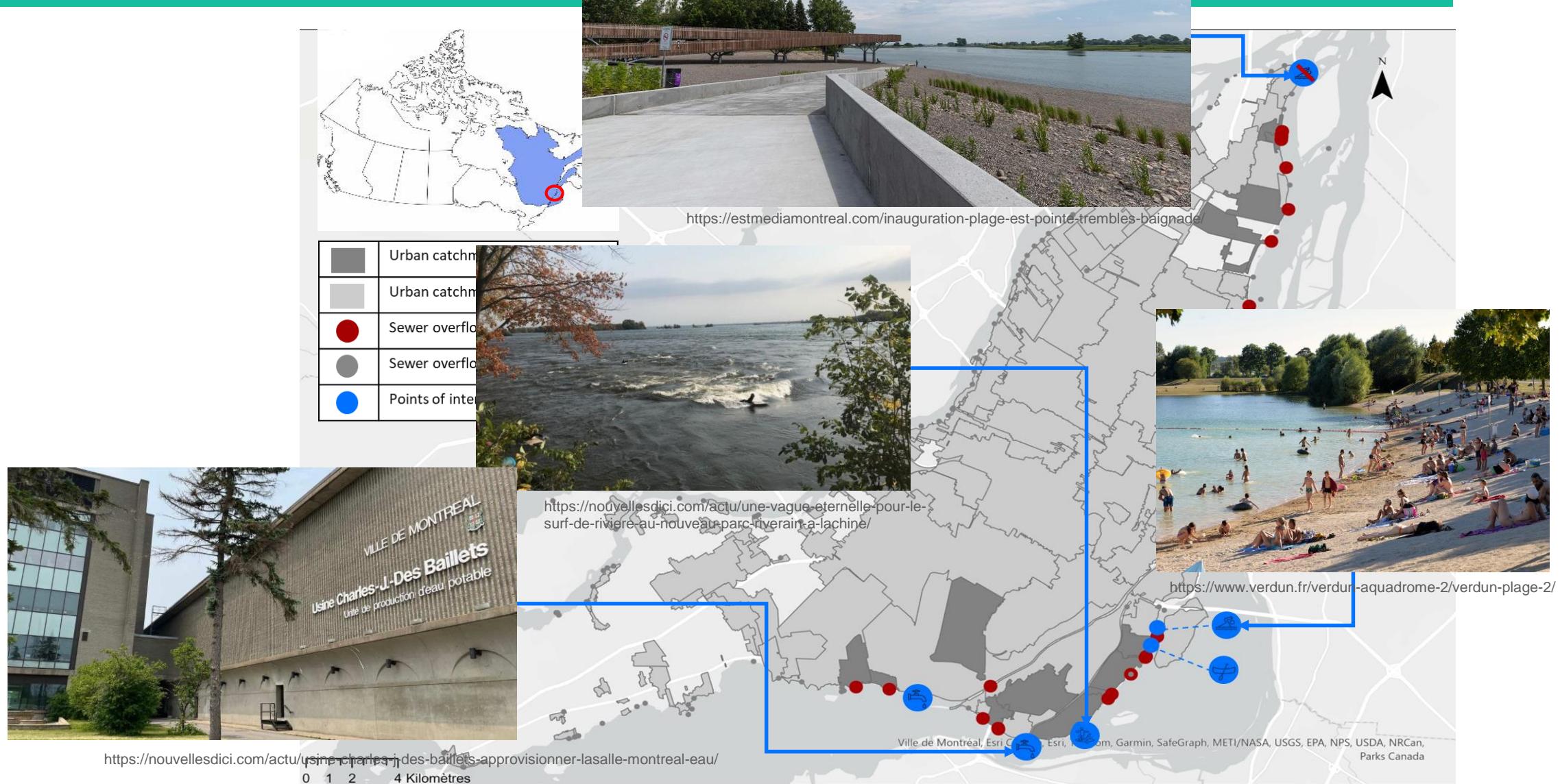
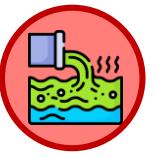


Figure 2. Territoire à l'étude dans l'évaluation des impacts des changements climatiques sur les DEU<sup>6</sup>

# 1. Comprendre le phénomène - Méthode



## Modèle de prédition

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 [ $m^2$ ]  
Population par bassin de drainage urbain [hab]  
Évènements de surverses observés [nb]  
Nombre maximal de surverses (2017 à 2021)

## Risque microbien sous les changements climatiques

Évènements de surverses simulés [nb]

Risque microbien en climat futur

+

?

## Surverses sous les changements climatiques

Précipitations simulées générées par CRCM5

Évènements de surverse simulés [nb]

+

?

## Critères de comparaison

1. Coefficient de corrélation varie entre  $\pm 0.50$  et  $\pm 1$

ET

2. Nombre d'évènement de surverses entre mai et octobre > nombre de surverses entre novembre et avril



# 1. Comprendre le phénomène - Méthode

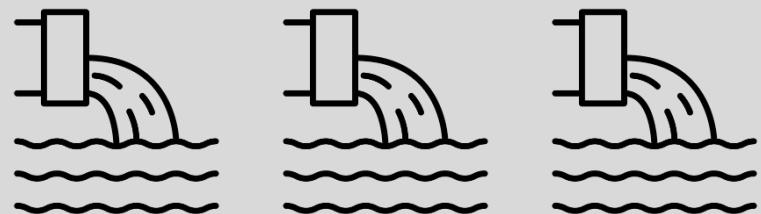
## Analyse statistique

Modèle de prédition

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

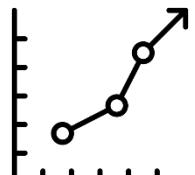
Évènements de surverses [nb] pour 2020 (ensemble de test)

### 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

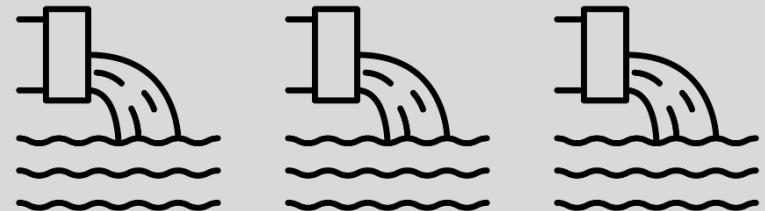
## Analyse statistique

Modèle de prédition

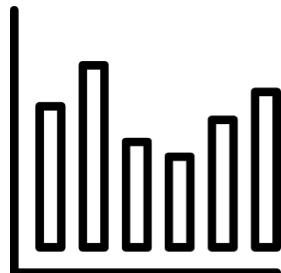
Évènements de surverses [nb] de 2013 à 2019 (ensemble d'entraînement)

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 prédition

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

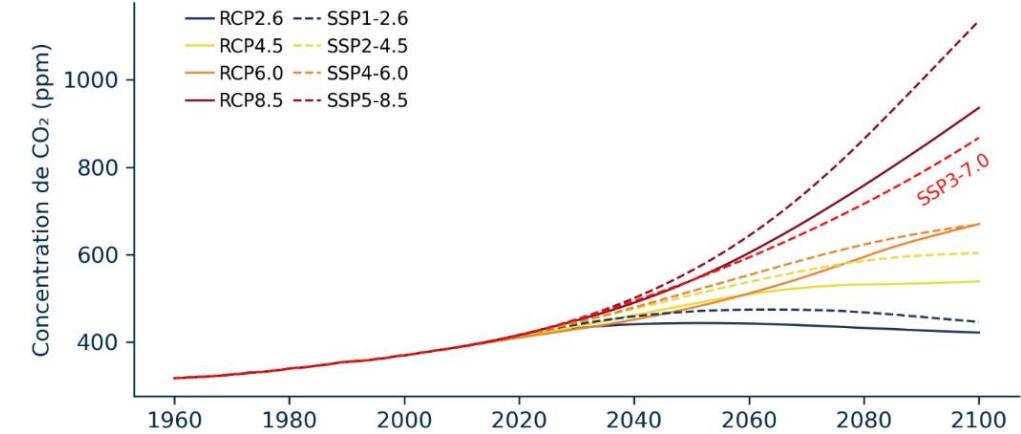
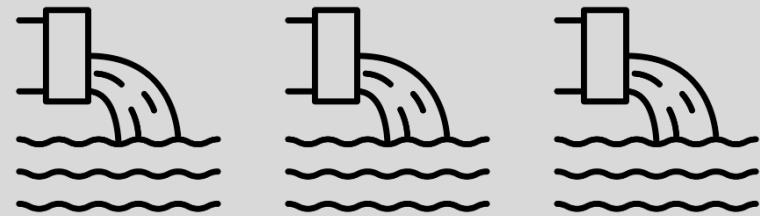


Figure 3. Projections climatiques tirée de (Ouranos, s.d.)

### 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)

Évènements de surveres [nb] pour 2020

Diamètre de la conduite [ $m^2$ ]  
Population par bassin de drainage urbain [hab]  
Évènements de surveres observés [nb]  
Nombre maximal de surveres (2017 à 2021)



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).



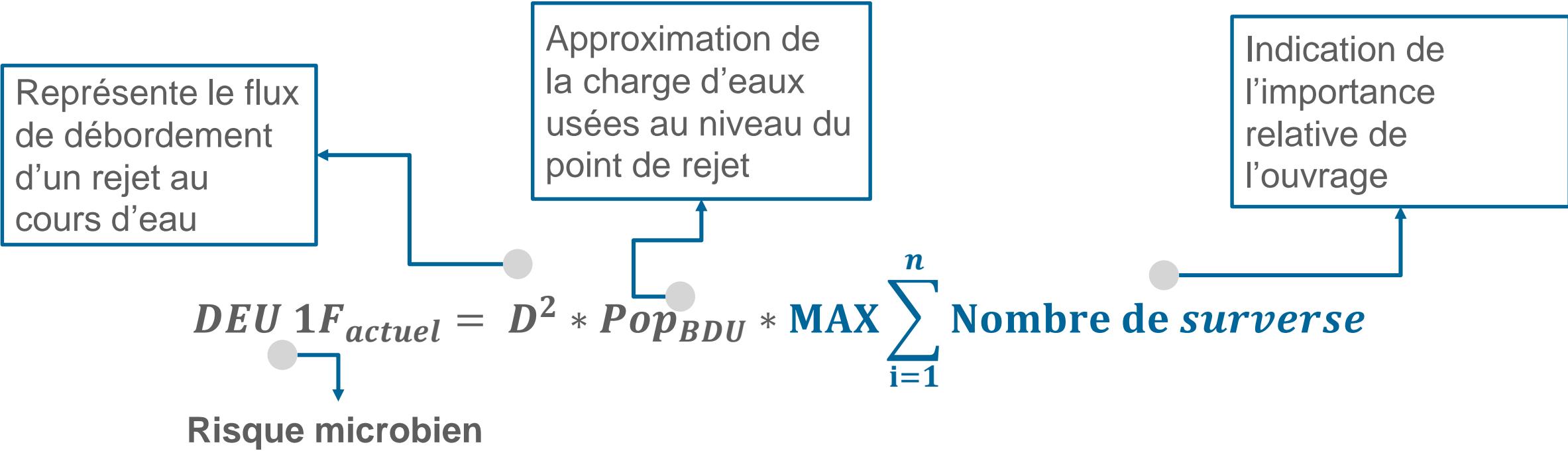
L'indice permet d'évaluer la charge microbienne associée aux débordements d'égouts unitaires dans un bassin de drainage urbain.

**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)

Événements de surverses [nb] pour 2020
Diamètre de la conduite [ $m^2$ ]
Population par bassin de drainage urbain [hab]
Événements de surverses observés [nb]
Nombre maximal de surverses (2017 à 2021)



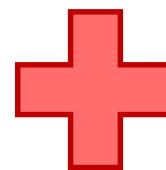
# 1. Comprendre le phénomène - Méthode

## 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 [ $m^2$ ]  
Population par bassin de drainage urbain [hab]  
Évènements de surverses observés [nb]  
Nombre maximal de surverses (2017 à 2021)

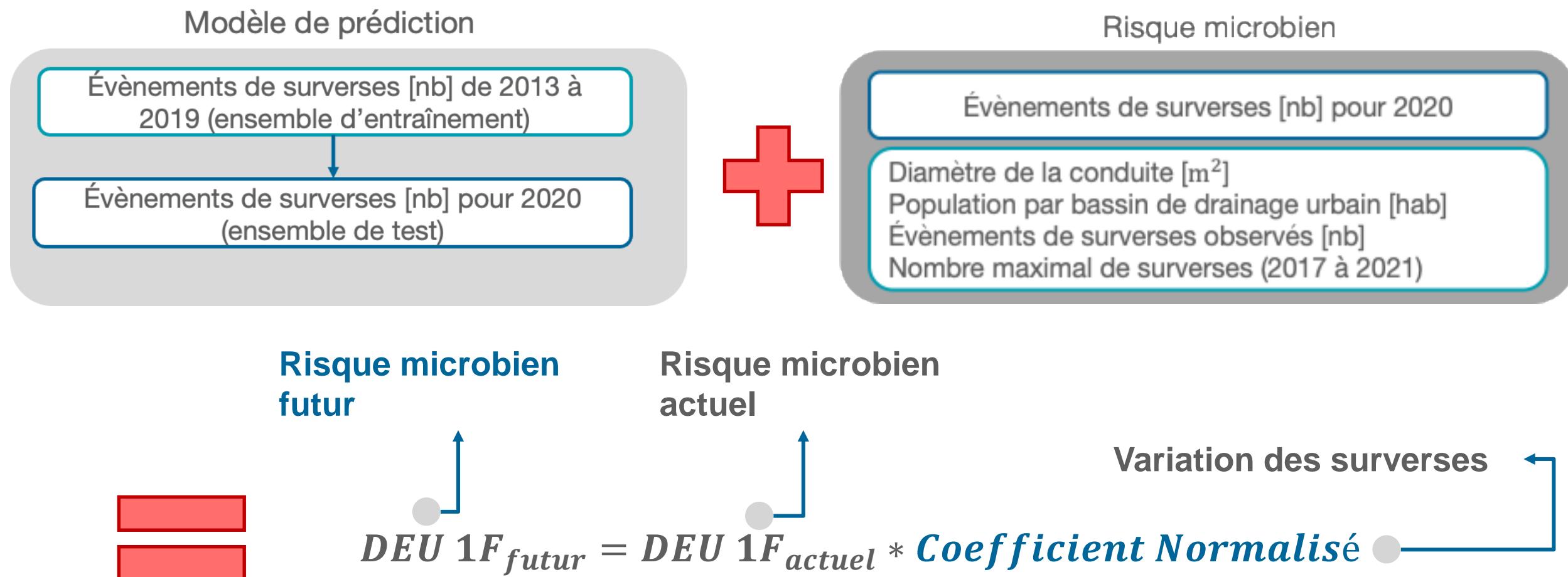
Variation dans  
la fréquence  
des surverses

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

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)



# 1. Comprendre le phénomène - Résultats

## Validation du modèle de prédiction

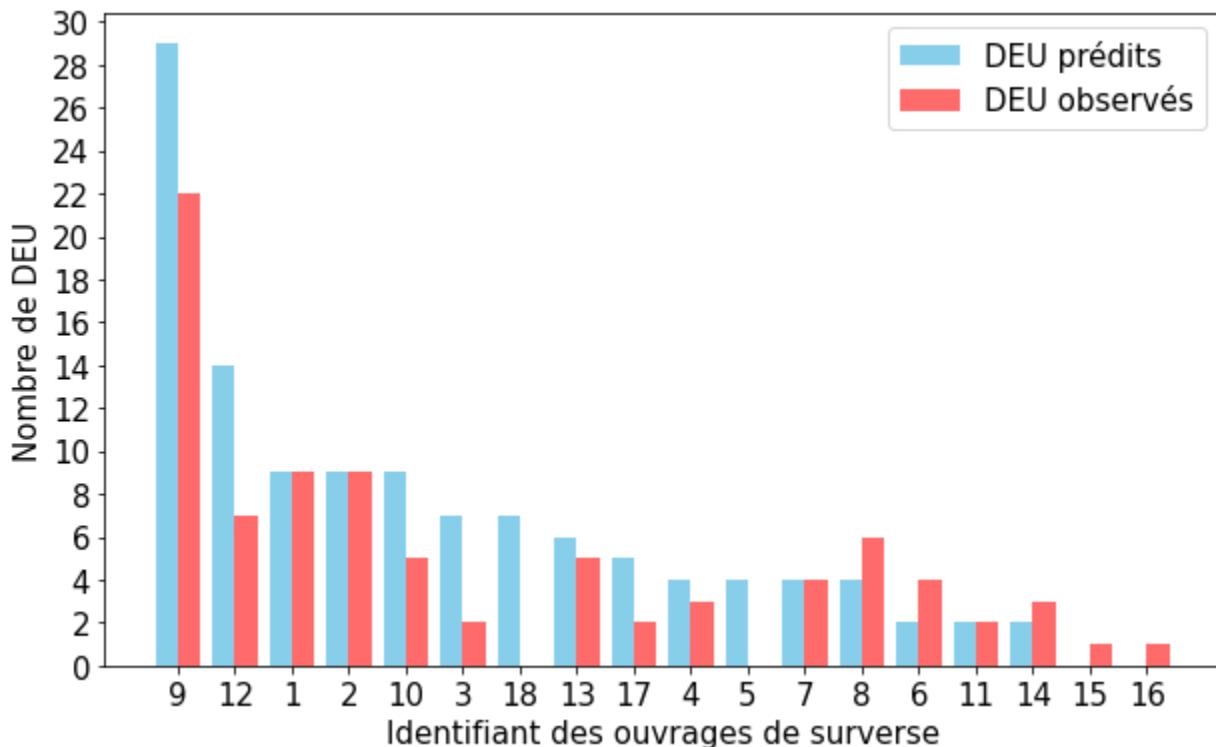


Figure 4. Nombre de débordements observés et prédicts en climat actuel

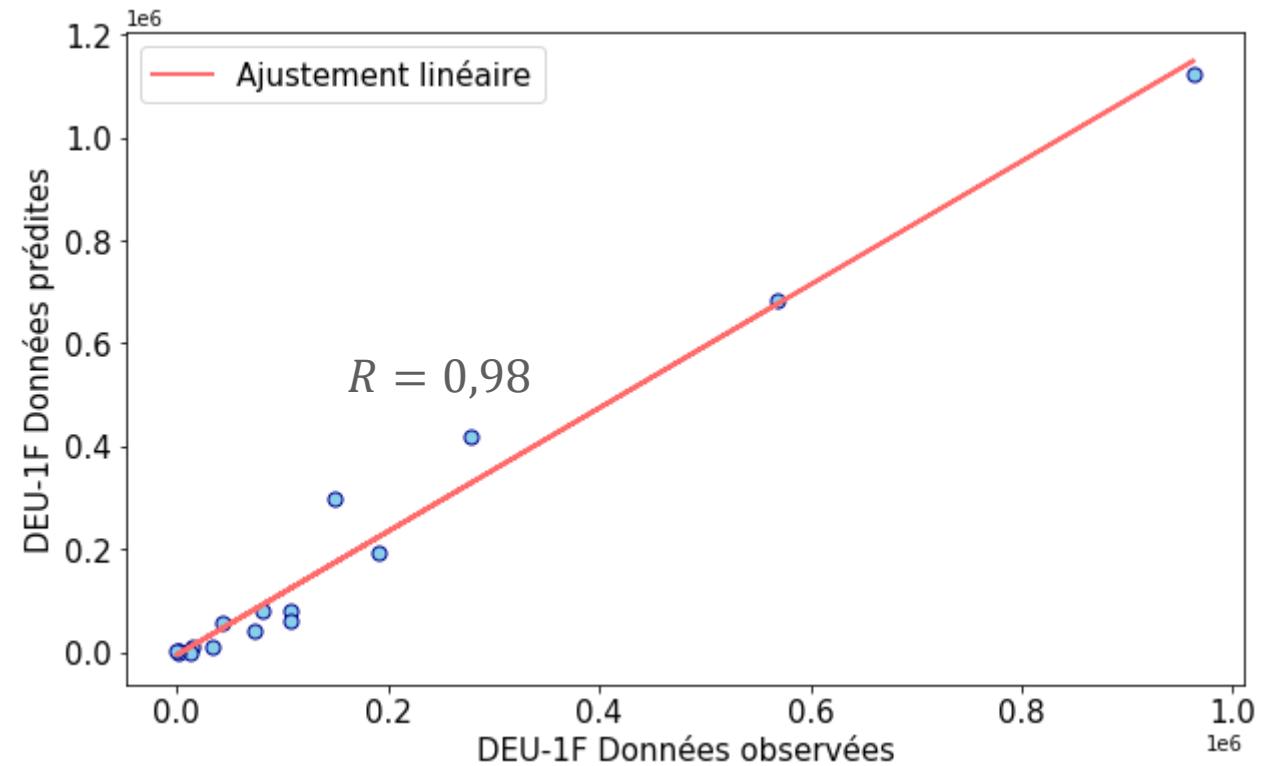


Figure 5. Risque microbien calculé à partir des données observées et prédictes en climat actuel

# 1. Comprendre le phénomène - Résultats



## Indice du risque microbien sous les changements climatiques

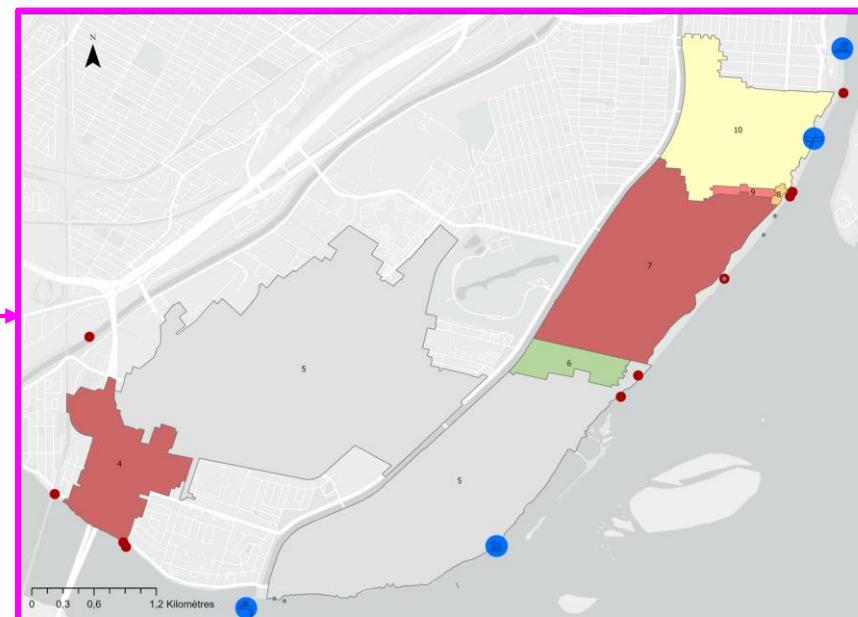
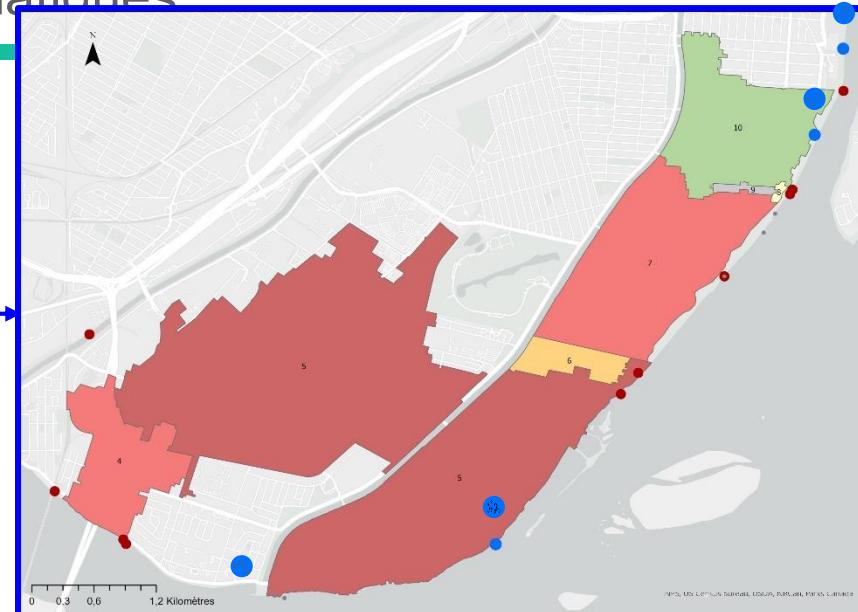
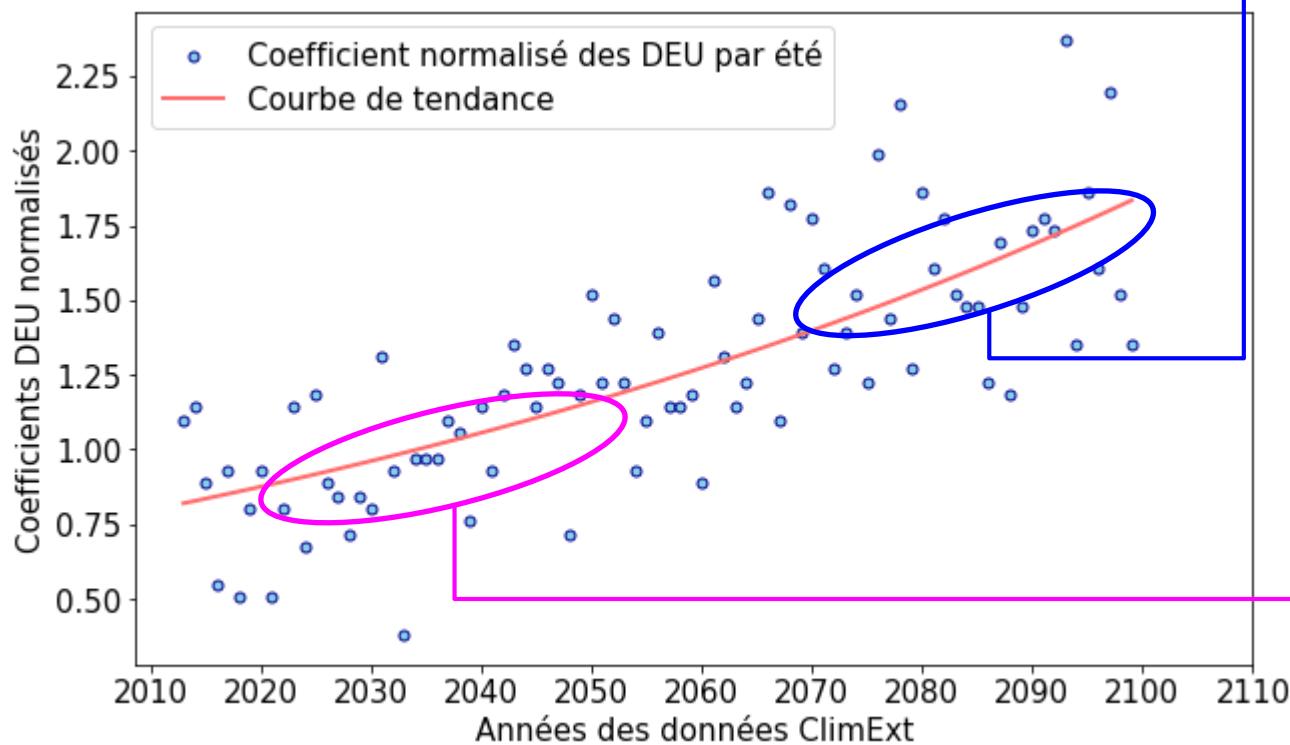


Figure 6. Coefficient DEU normalisé sous l'effet du changement climatique

# 1. Comprendre le phénomène - Conclusion



- 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.

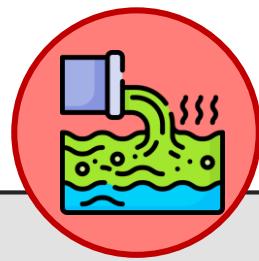
Les infrastructures vertes et bleues peuvent-elles protéger nos cours d'eau récepteurs?

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.



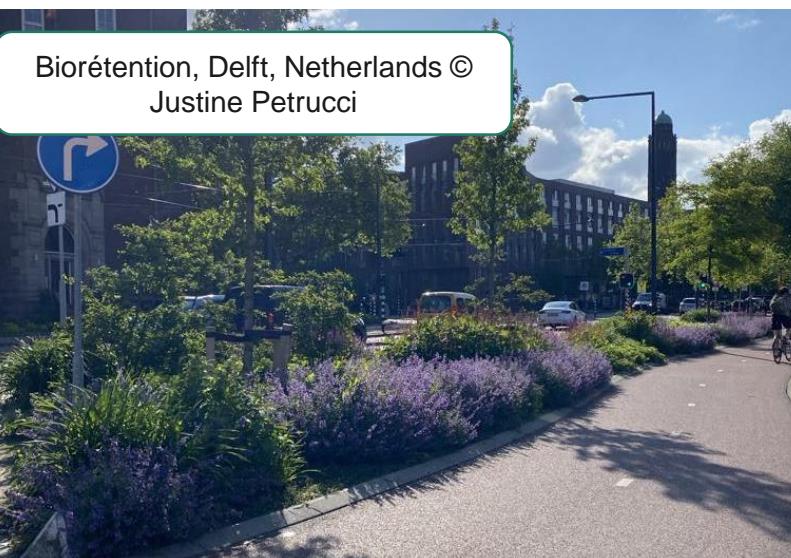
1. Développer un indice de priorisation des bassins de drainage urbains en climat actuel et futur



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)

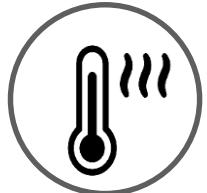
Protection contre les inondations



Amélioration de la qualité de l'air



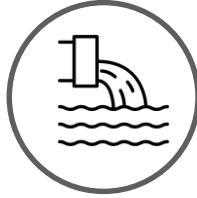
Réduction des îlots de chaleur urbains



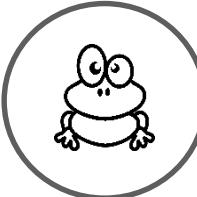
Collecte des eaux de pluies



Mitigation des débordements d'égout unitaire



Préservation de la biodiversité



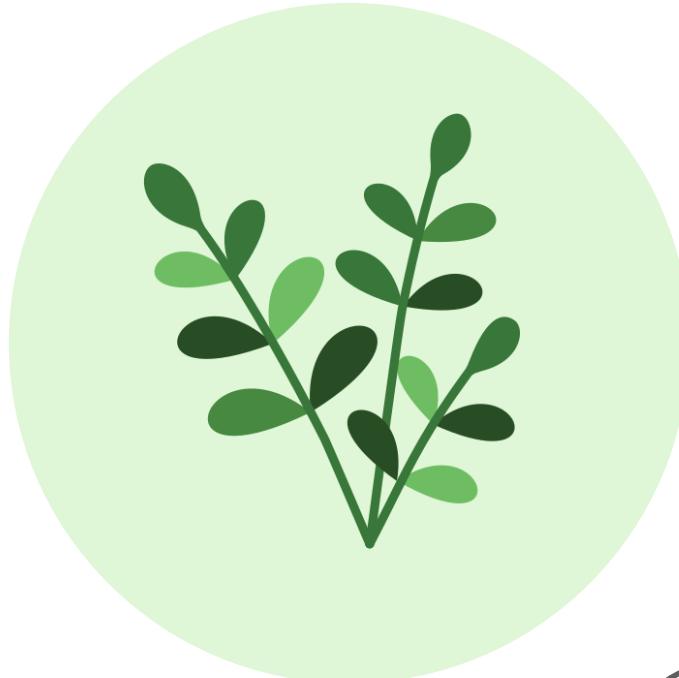
Valorisation de la mobilité active



Amélioration de l'esthétique et de la cohésion



Soutien de la santé mentale





SWMM et Modèle hydrologique

### Identification des dangers *C<sub>river</sub>* for *Giardia* and *Cryptosporidium*



S1: Stockage additionnel de 28000 m<sup>3</sup>



S2: Ajout de biorétention de 5% à 50%  
(surface imperméable convertie)

### Évaluation de l'exposition

V ingéré lors de la baignade

$$D = C_{river} * V$$

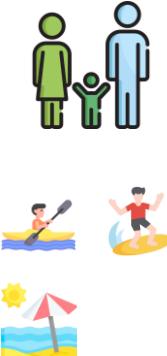
### Modèle dose-réponse

Distribution statistique issue de la littérature

$$P_{inf} = f(D)$$

En fonction du pathogène

V dépend de



### Caractérisation du risque

Comparer les résultats aux objectifs de santé  
(seuils, limites)

Selon 3 horizons de planification:

Période de référence, C20: 1971-2000

Futur court terme, NTF, 2021-2050

Futur long terme, LTF: 2071-2100

## 2. Quantifier l'efficacité des IVB - Résultats

### Effets sur les débordements d'égout unitaire

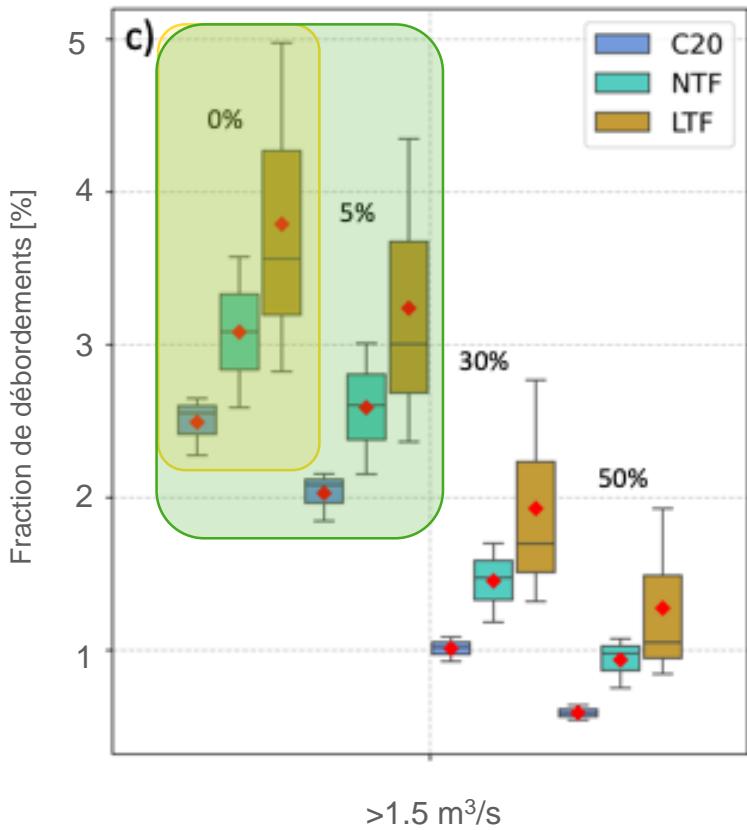


Figure 7. Fraction des pas de temps de simulation de 5 minutes avec débordement d'égout unitaire) [%] pour les périodes C20, NTF et LTF (axe des y), selon différents niveaux d'implantation des biorétentions (0 %, 5 %, 30 %, 50 %).

#### 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 biorétentions 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

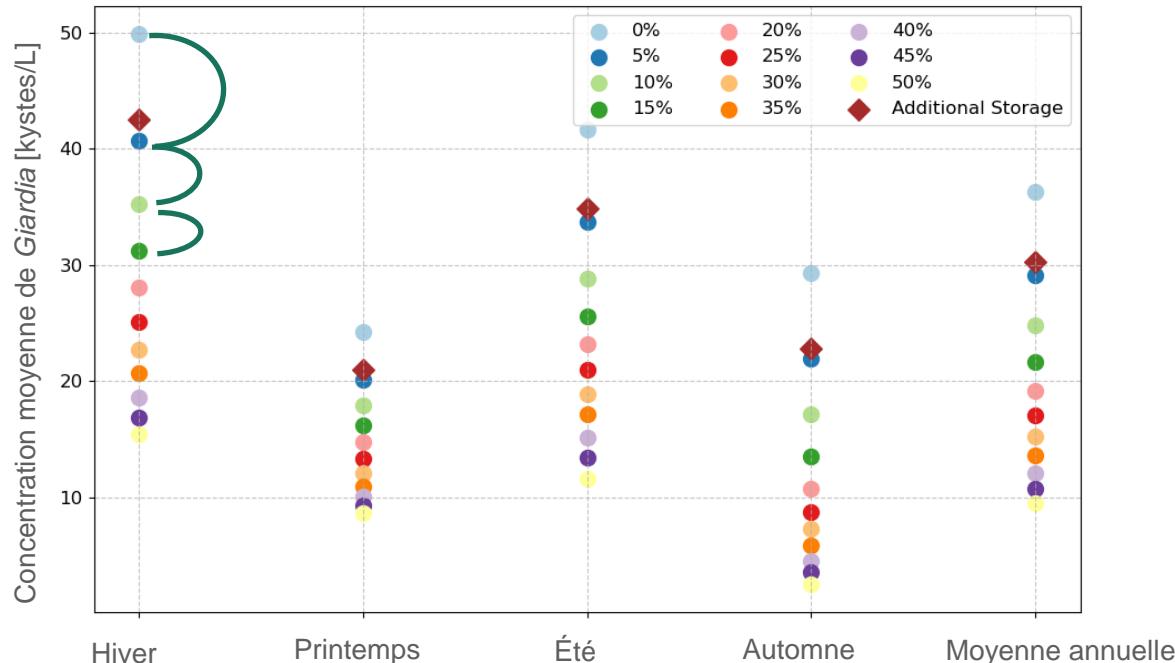


Figure 8. Concentration moyenne de Giardia [kystes/L] pour le scénario climatique C73 selon les saisons. La concentration moyenne dans l'eau du fleuve est calculée sur 30 ans de simulation pour l'horizon de planification à court terme (NTF).

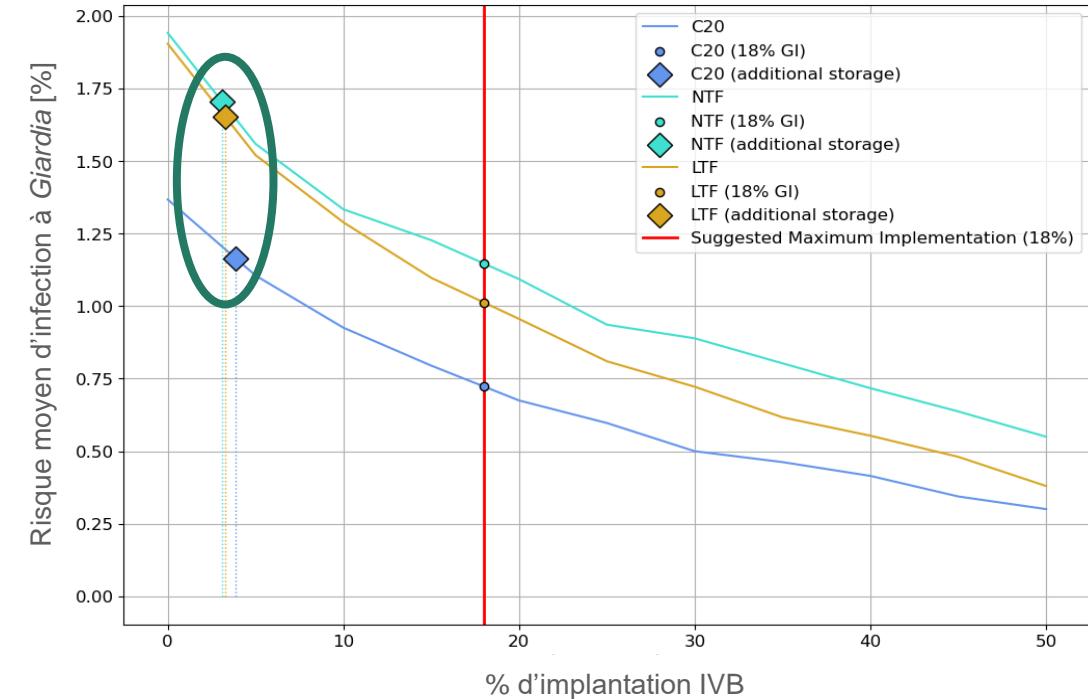


Figure 9. Risque moyen d'infection à Giardia [%] par personne et par événement d'exposition lors de l'utilisation récréative de l'eau du fleuve, calculé sur 30 ans de simulation pour l'horizon de planification à court terme, en fonction du niveau de mise en œuvre des biorétentions.

## 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

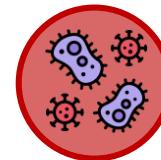
## Défis identifiés



Augmentation des précipitations



Urbanisation et imperméabilisation



Dégénération 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