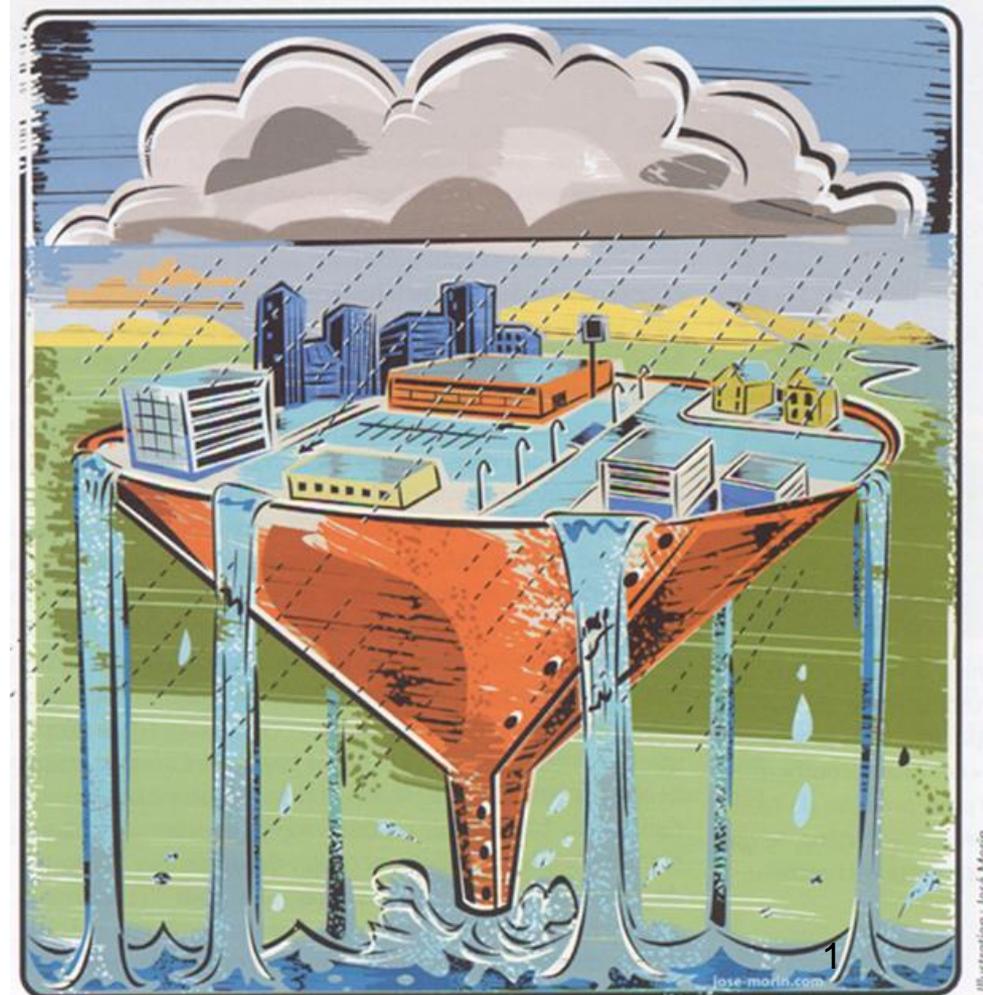


Gestion des eaux pluviales et changements climatiques : enjeux, impacts et adaptation des pratiques et systèmes actuels

Alain Mailhot
Professeur
INRS-ETE

Atelier de formation sur la
gestion durable des eaux
pluviales

Zoom, 2 juin 2021



AVERTISSEMENT

Cet exposé présente des conclusions perturbantes et des éléments visuels chocs qui pourraient ne pas convenir à certains auditoires.

Thèmes de l'atelier

- 1. Concepts de base de l'hydrologie urbaine et de la conception d'ouvrages**
- 2. Changements climatiques (CC) à venir et plus spécifiquement pour les précipitations extrêmes**
- 3. Impacts et risques associés en matière de gestion des eaux pluviales en milieu urbain**
- 4. Approches et solutions d'adaptation**

Contenu (1)

1. Introduction

- Pourquoi doit-on prendre en considération les CC dans la gestion des eaux pluviales ?
- Rôle fondamental des intervenants locaux
- Adaptation versus atténuation

2. Hydrologie des milieux urbains, précipitations extrêmes et conception d'ouvrages

- L'eau et la ville : une longue histoire ...
- Hydrologie des milieux urbains
- Conception et pluies extrêmes
- Probabilité d'occurrence et période de retour
- Deux interprétations erronées de la période de retour et de la probabilité au dépassement

Contenu (2)

3. CC et gestion des eaux pluviales

- Projections climatiques pour le sud du Québec
- Impacts des CC sur la gestion des eaux pluviales
- Pluies extrêmes au Québec en climat futur
- Que faire face aux CC ?
- Objectifs de l'adaptation aux CC
- Mesures d'adaptation pour la gestion des eaux pluviales
- Écueils et barrières à l'adaptation
- Débordements de réseau unitaire et CC

4. Synthèse et conclusion

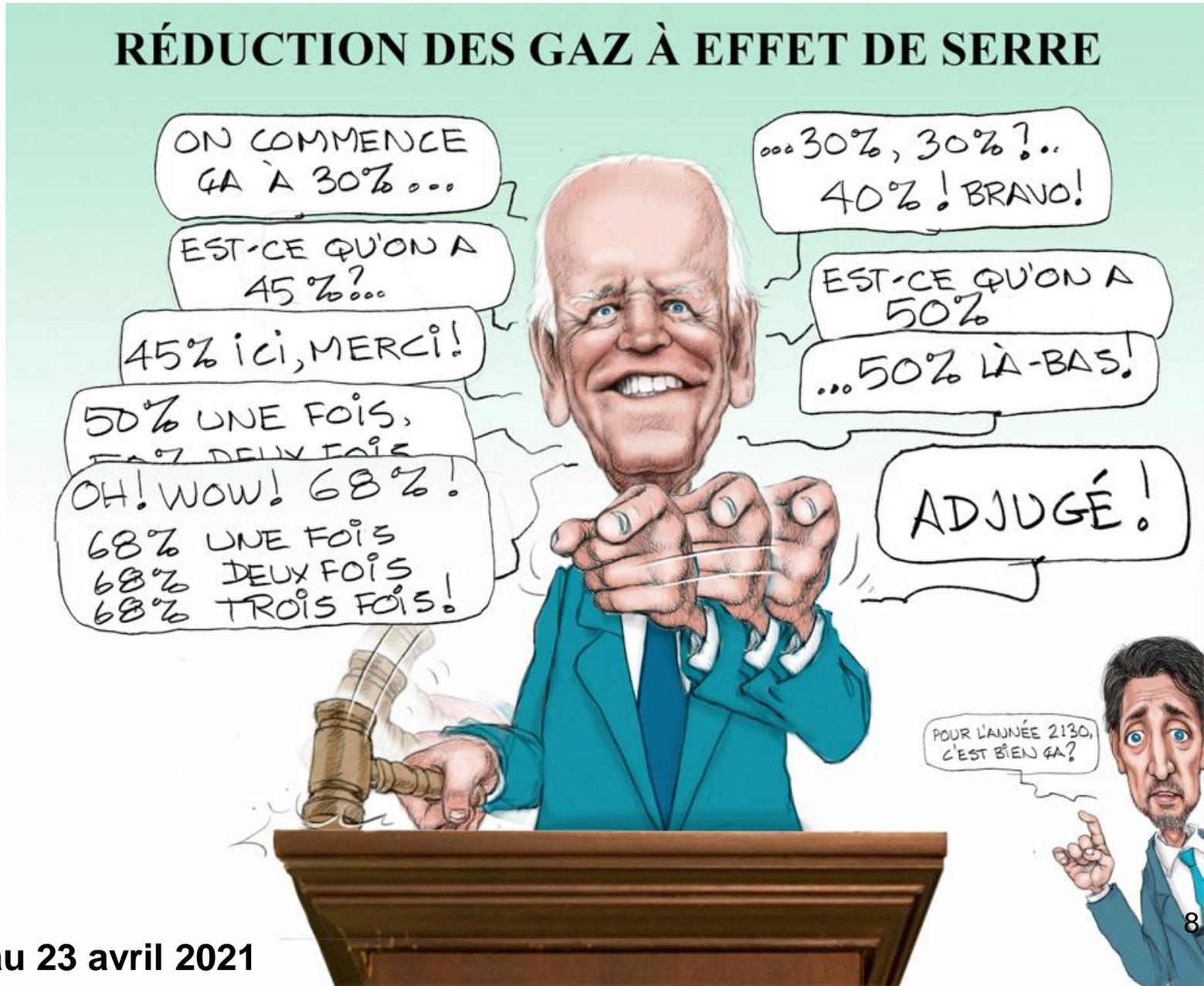
Pourquoi doit-on prendre en considération les CC dans la gestion des eaux pluviales ? (1)

- **Consensus scientifique sur l'existence des CC**
- **Impacts potentiels majeurs sur les milieux urbains (gestion des eaux pluviales, eau potable, environnement bâti, services d'urgence et santé publique)**
- **CC sont indéniables et l'adaptation est incontournable !**
- **Crucial de se préparer !**
- **'Non-adaptation' implique une dégradation des services, de la qualité de vie, une augmentation des risques associés à divers aléas hydroclimatiques**

Pourquoi doit-on prendre en considération les CC dans la gestion des eaux pluviales ? (2)

- **Premier temps : identifier impacts et risques potentiels**
- **Deuxième temps : identifier et mettre en place des mesures, dites d'adaptation, afin de faire face aux CC**
- **Intervenants locaux appelés à jouer un rôle fondamental dans l'adaptation aux CC**
- **Ils sont (vous êtes) aux avant-postes de l'adaptation**
- **Si les CC sont un enjeu global, l'adaptation est en grande partie un enjeu local**

Adaptation versus atténuation (*mitigation*)



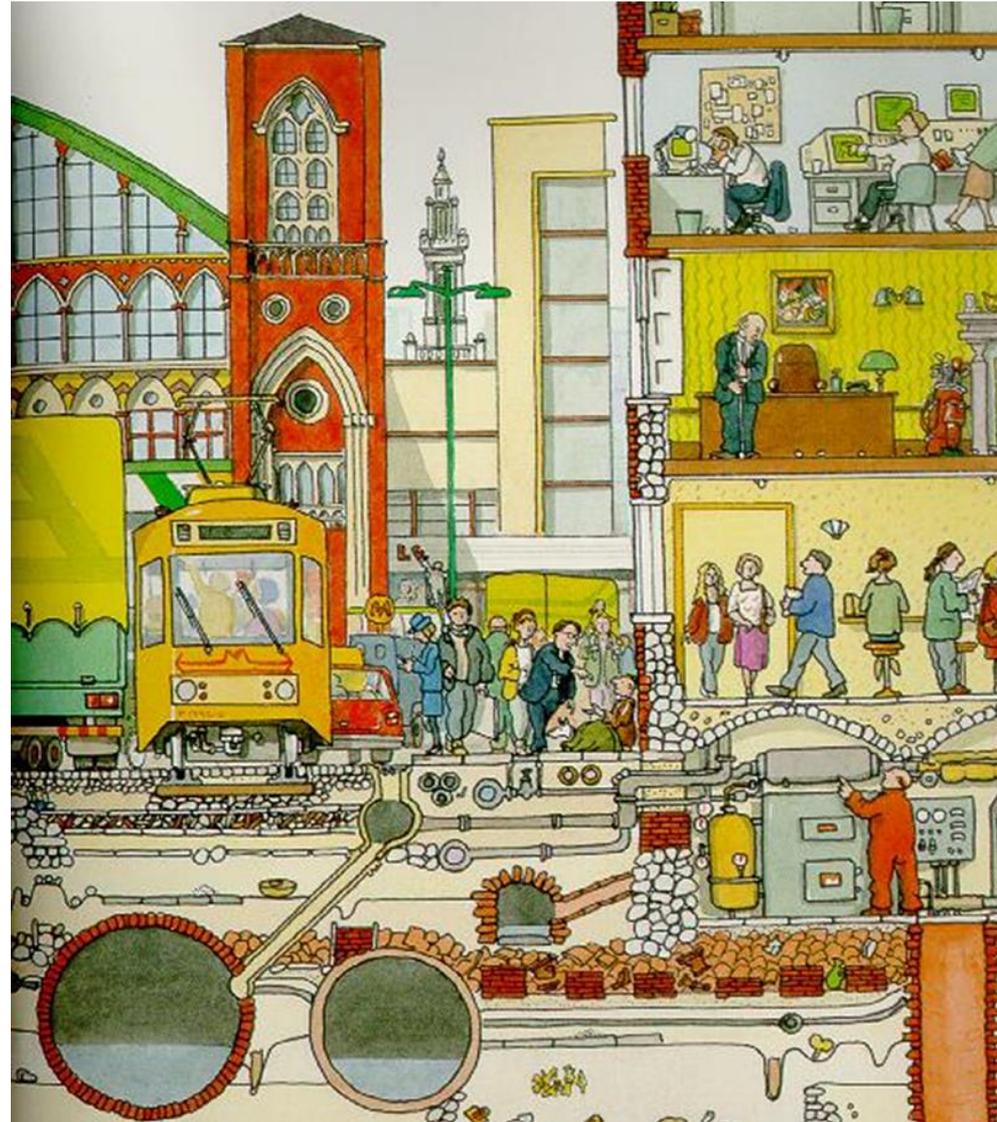
Hydrologie des milieux urbains, précipitations extrêmes et conception d'ouvrages



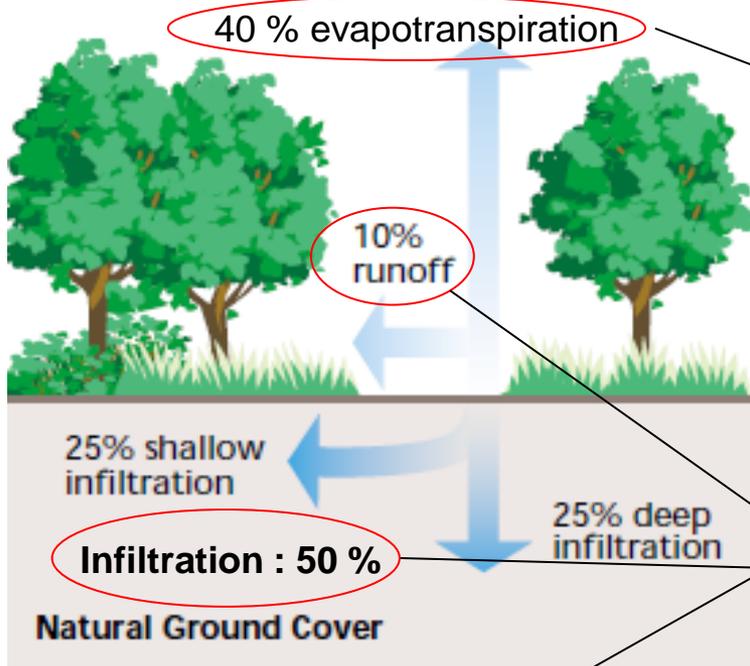
Montréal – 25 juin 2014

L'eau et la ville : une longue histoire ...

- Eaux usées évacuées par ruisseaux et fossés
- Croissance rapide des populations au XIXe siècle
- Épidémies fréquentes (problème de santé publique) et développement de la médecine et de la microbiologie
- Imperméabilisation des surfaces et enfouissement des ruisseaux et fossés
- Objectif : Évacuation rapide et efficace des eaux usées et de pluie (l'eau est une nuisance !)



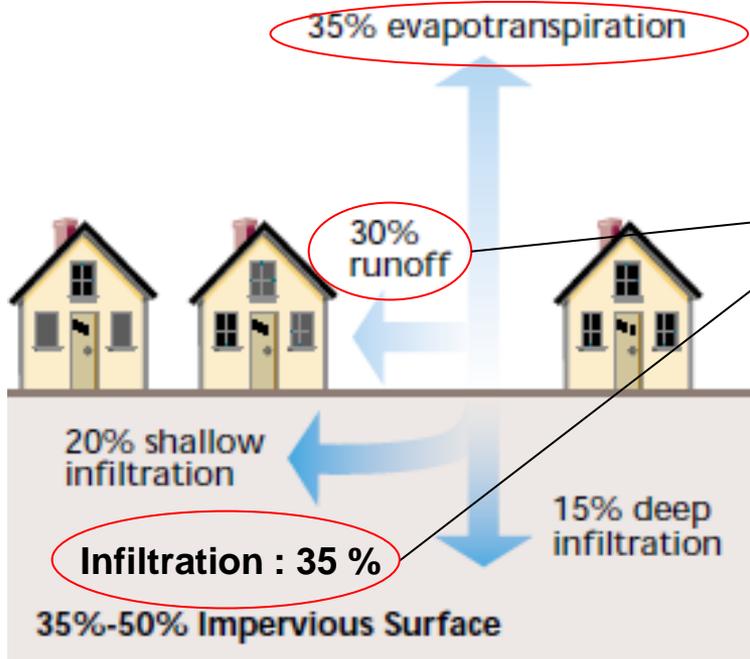
Hydrologie des milieux urbains



Milieu naturel

Diminution de l'évapotranspiration

Diminution de l'infiltration



Milieu urbain imperméabilisé à 35 % - 50 %

Augmentation du ruissellement (apport au réseau en milieu urbain)

Tiré de Federal Interagency Stream Restoration Working Group (2001).

Impact du développement urbain

- 1. Réponse hydrologique plus rapide (eaux acheminées plus rapidement au milieu récepteur à travers les réseaux d'égout)**
- 2. Débit maximum plus élevé**
- 3. Volume de ruissellement plus élevé (plus d'eau acheminée au milieu récepteur)**
- 4. Diminution des apports aux nappes souterraines**



Réseau d'égout



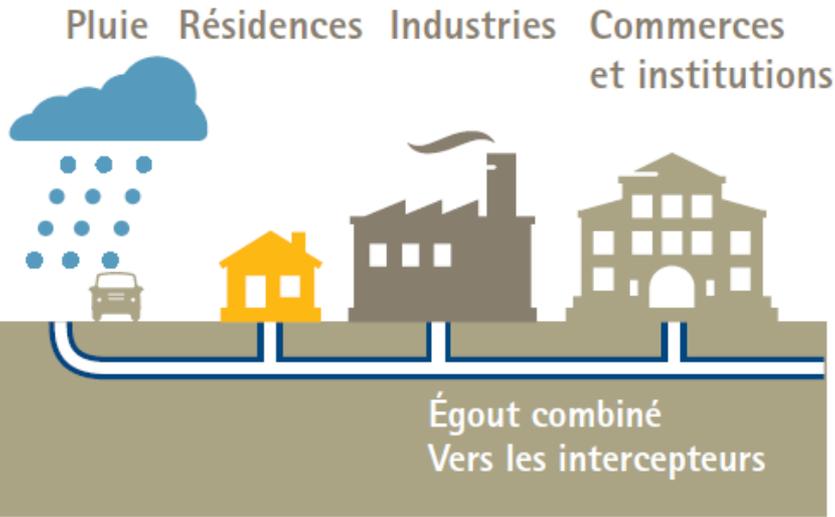
Infrastructures 'vertes'

Infrastructures et ouvrages de gestion des eaux pluviales



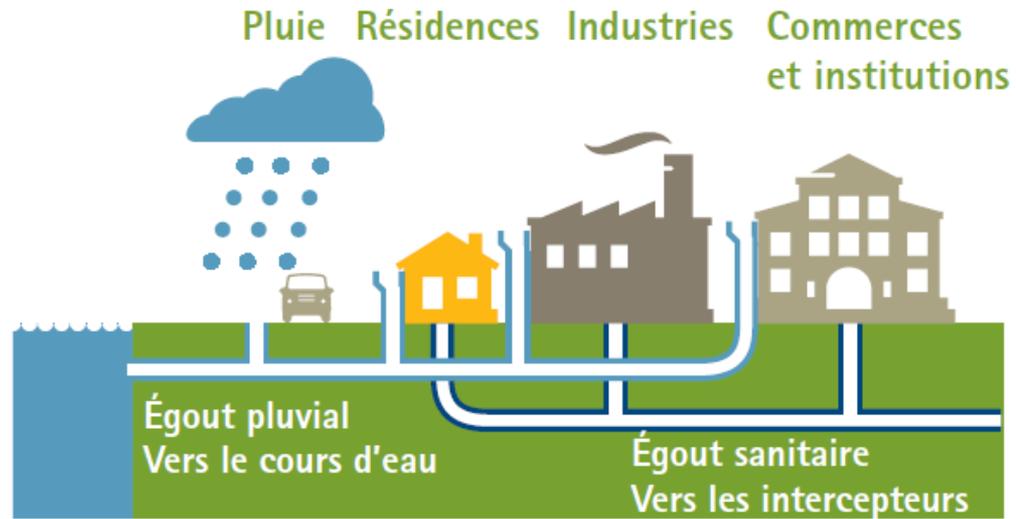
Bassin de rétention

Réseau unitaire et séparatif (pluvial et sanitaire)



Réseau unitaire

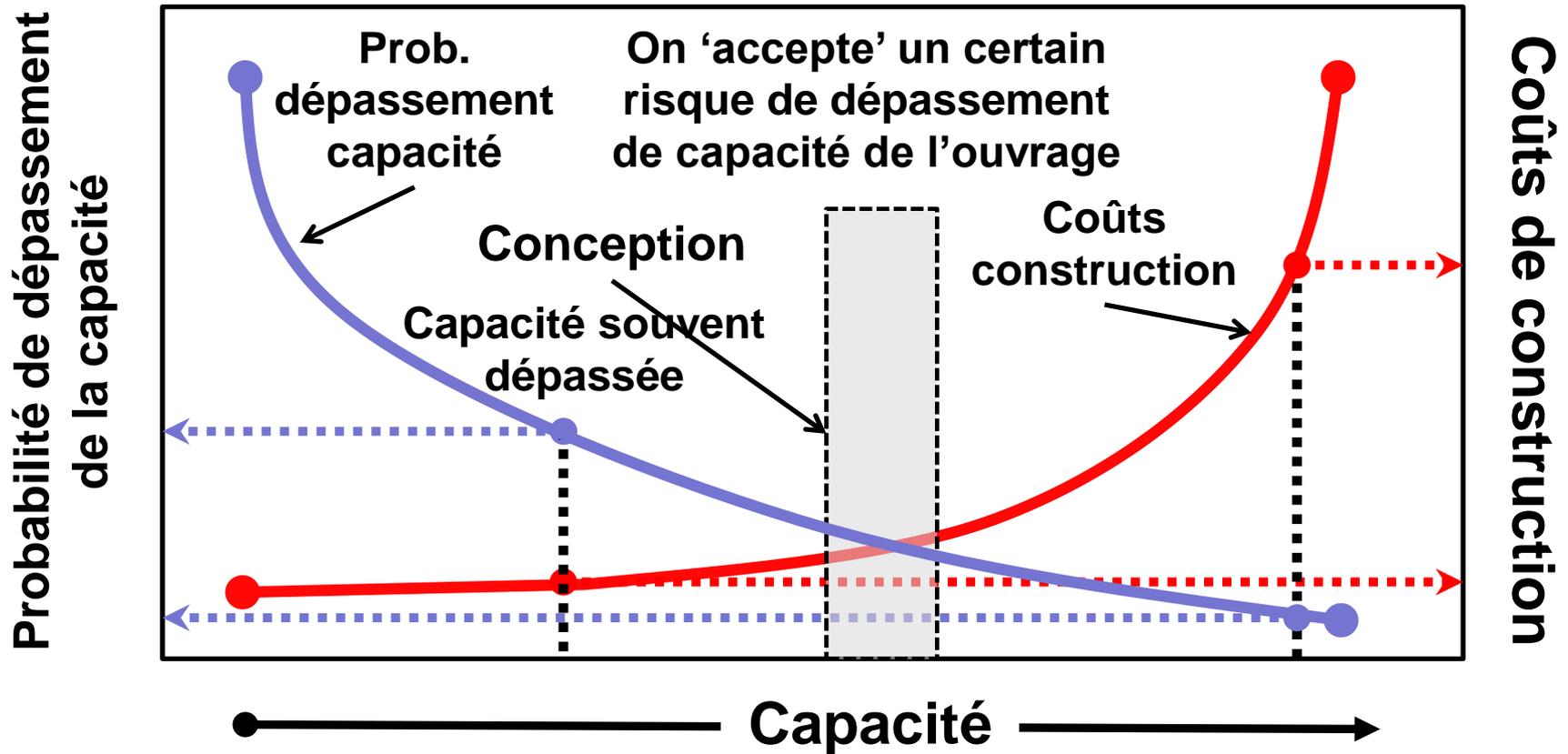
Secteurs plus anciens
(avant ≈ 1965)



Réseau séparatif

Secteurs plus récents
(depuis ≈ 1965)

Conception : un équilibre à rechercher...



On fixe la capacité de l'ouvrage en fonction de l'intensité de la pluie

Probabilité de 4% chaque année d'avoir une pluie de plus 42.6 mm



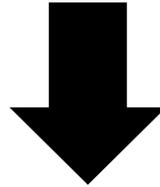
Probabilité de 4% chaque année de dépasser la capacité de l'ouvrage

Probabilité de 96% chaque année d'avoir une pluie de 42.6 mm ou moins en une heure

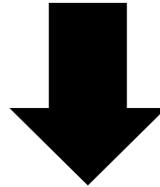
Capacité de l'ouvrage doit évacuer le ruissellement des pluies de 42.6 mm ou moins

La probabilité de dépassement de la capacité de l'ouvrage est donc ...

Si Pluie > 42.6 mm → dépassement de capacité → problème
Si Pluie < 42.6 mm → capacité suffisante → pas de problème

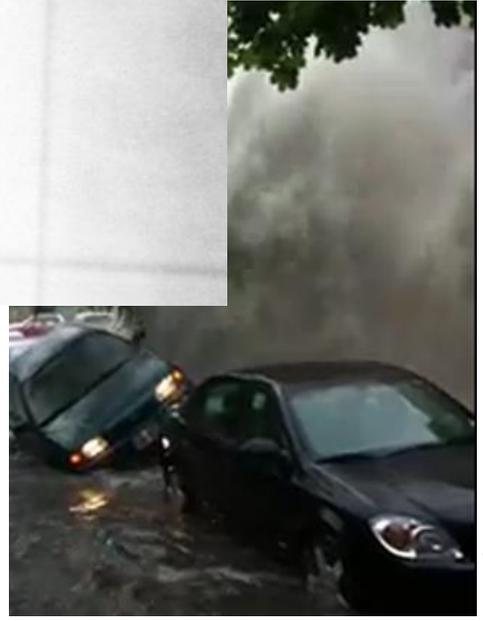
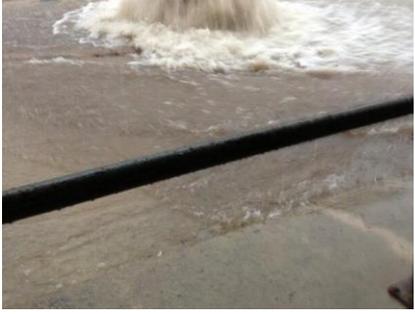


Probabilité de 4% par année d'avoir un dépassement de capacité
Probabilité de 96% par année de ne pas avoir de dépassement de capacité

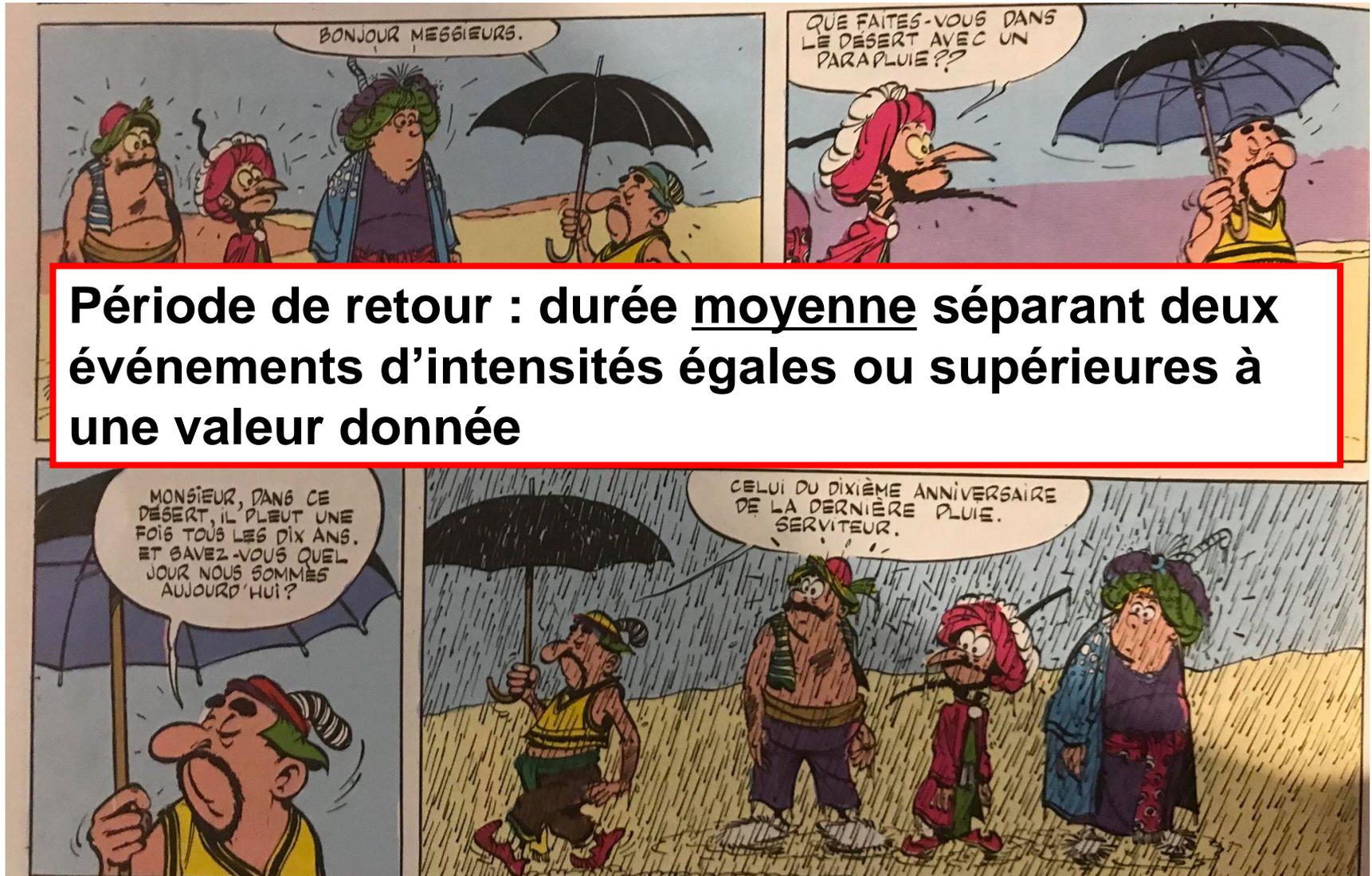


PROB pluie > 42.6 mm = PROB de dépassement de capacité

Et lorsque les capacités sont dépassées ...



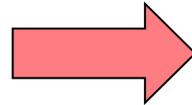
Iznogoud et le concept de période de retour



Période de retour : durée moyenne séparant deux événements d'intensités égales ou supérieures à une valeur donnée

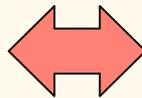
Probabilité au dépassement et période de retour

Période de retour
20 ans



Probabilité de dépasser
le seuil chaque année
 $1/20 = 0.05$ (5%)

Probabilité
d'occurrence d'un
événement 20 ans



Tirage aléatoire
avec un dé à
20 faces

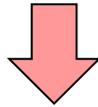


Dé à 20 faces
(Icosaèdre :
polyèdre régulier
à 20 faces)

'Loterie' des aléas
extrêmes

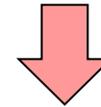
'Loterie' des aléas extrêmes

Si le dé tombe sur 20

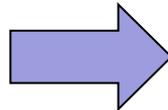


**Dépassement capacité
(inondation)**

**Si le dé tombe sur tout
autre nombre que 20**



**Pas de dépassement de
capacité (pas d'inondation)**



Année sans inondation

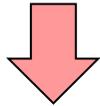


Année 1



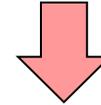
'Loterie' des aléas extrêmes

Si le dé tombe sur 20

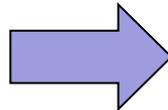


Dépassement capacité
(inondation)

Si le dé tombe sur tout
autre nombre que 20



Pas de dépassement de
capacité (pas d'inondation)



Année avec inondation



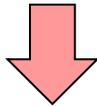
Année 1



Année 2

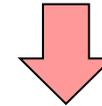
'Loterie' des aléas extrêmes

Si le dé tombe sur 20

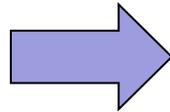


Dépassement capacité
(inondation)

Si le dé tombe sur tout
autre nombre que 20



Pas de dépassement de
capacité (pas d'inondation)



Année sans inondation



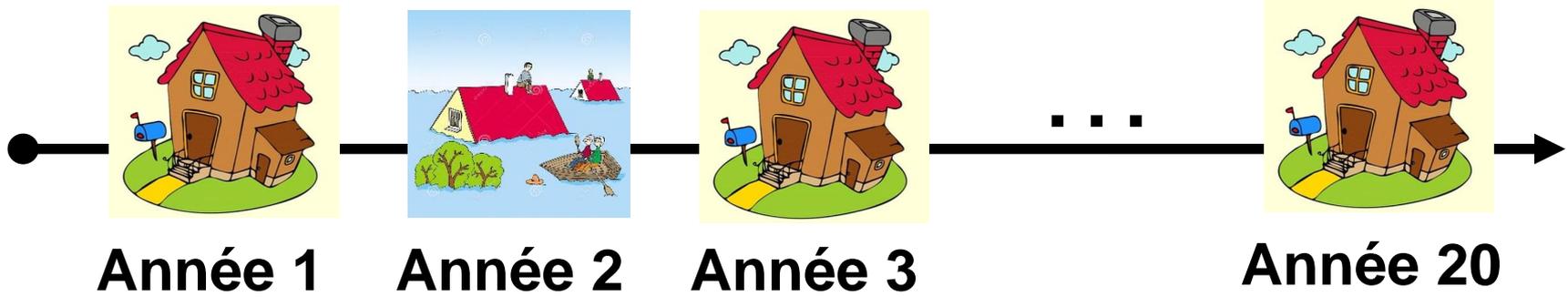
Année 1

Année 2

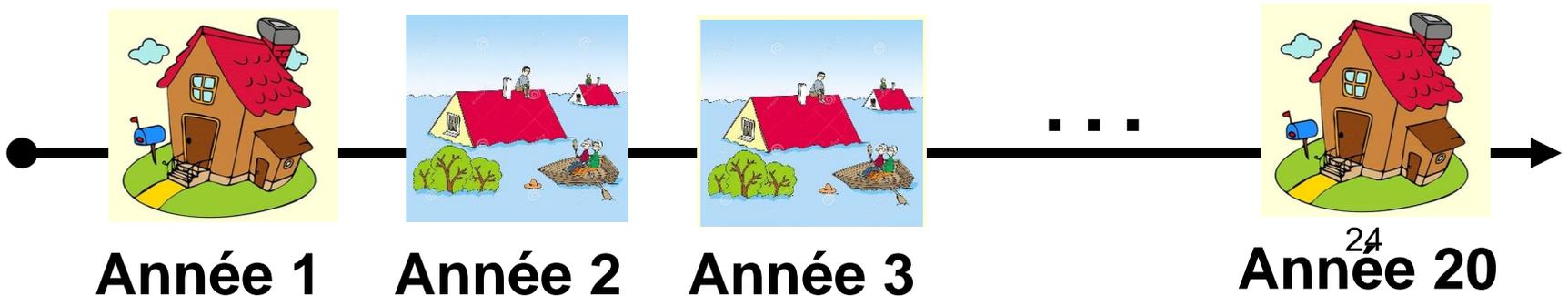
Année 3

'Loterie' des aléas extrêmes

En moyenne, on aura une
inondation par 20 ans



⋮



Deux interprétations erronées de la période de retour et de la probabilité au dépassement

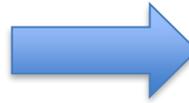
1. Puisque ma maison se trouve dans la zone inondable une fois dans 20 ans alors je serai inondé une fois à chaque 20 ans
2. Ma maison a été inondé l'an dernier alors je peux être tranquille puisque je ne serai pas inondé dans les années à venir

Ma maison se trouve dans une zone inondable 20 ans - quelle est la probabilité que je sois inondé 0, 1, 2,..., n fois pendant une période de 20 ans ?

20 lancers de mon dé à 20 faces



Zéro inondation en 20 ans



Aucun '20' dans les 20 lancers

Une inondation en 20 ans



Un '20' dans les 20 lancers

Deux inondations en 20 ans



Deux '20' dans les 20 lancers

⋮

⋮

Vingt inondations en 20 ans



Vingt '20' dans les 20 lancers

Ma maison se trouve dans une zone inondable 20 ans - quelle est la probabilité que je sois inondé 0, 1, 2,..., n fois pendant une période de 20 ans ?

Aucune fois



36 %



20 ans

Probabilité d'être inondé au moins une fois (64%) est plus grande que la probabilité de ne pas être inondé (36%) !



+



+



6 %

Plus de trois fois



1 %

Ma maison se trouve dans une zone inondable 20 ans et j'ai été inondé l'an dernier – il est donc moins probable que je sois inondé l'an prochain

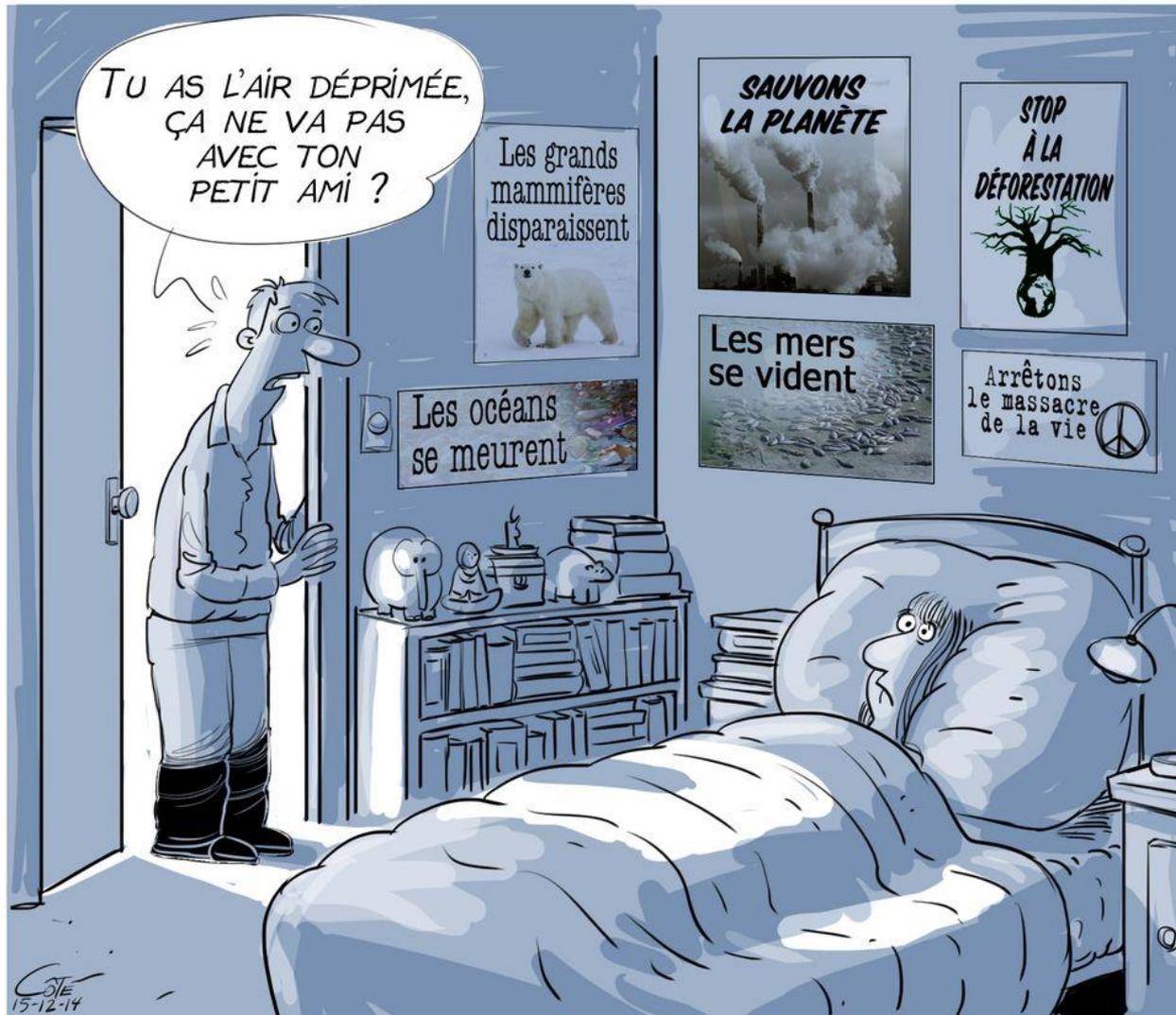


Quelle est la probabilité que je tire un '20' à mon prochain lancée ?

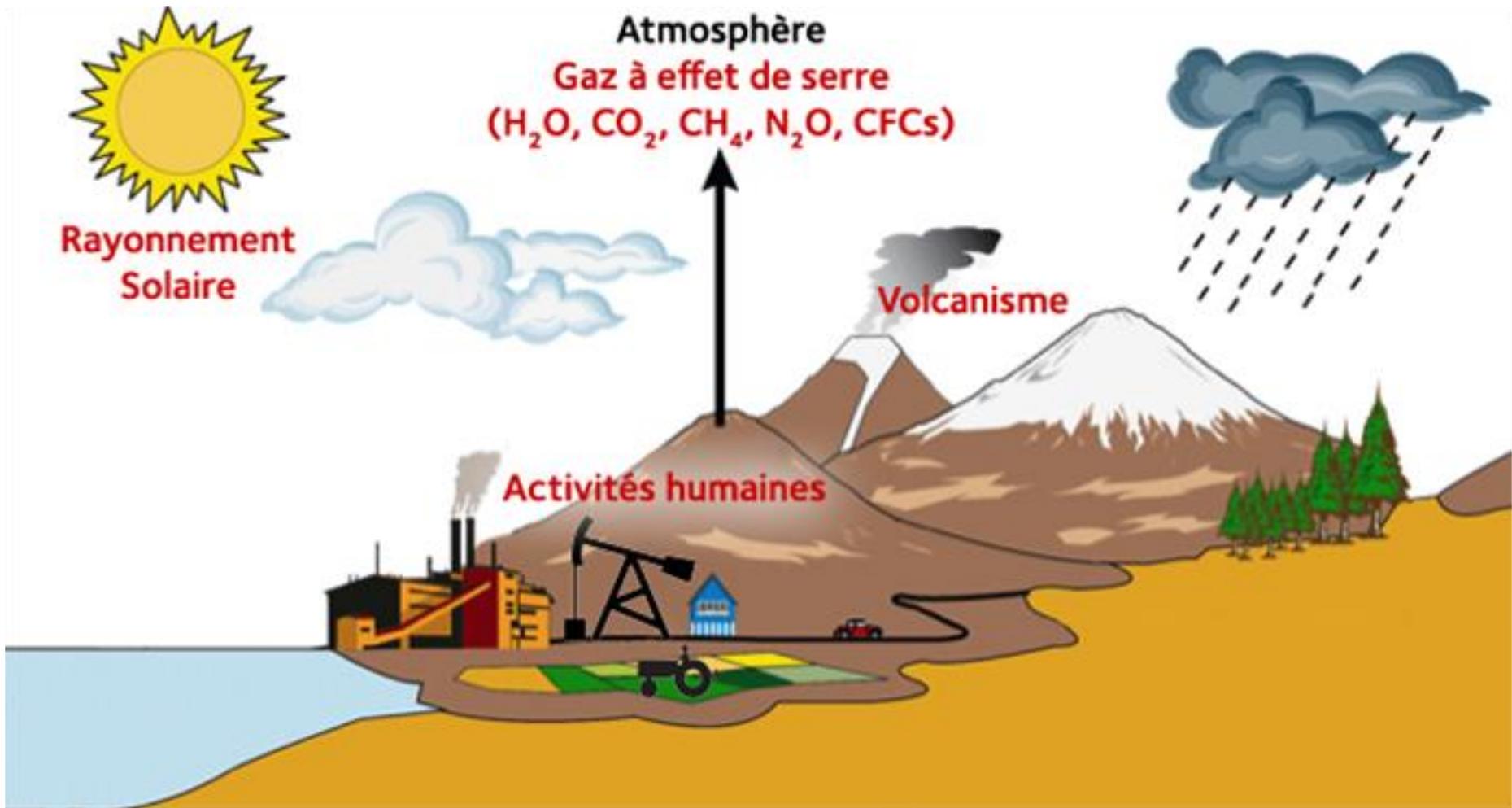
1 chance sur 20 ou 5%

Si je suis inondé deux fois en 20 ans, la probabilité que je sois inondé deux années d'affilée est la même que pour toutes les autres paires d'années

Changements climatiques et gestion des eaux pluviales



Changements climatiques anthropiques : l'homme a un impact sur le climat (eh oui !)



The Rodney & Otamatea Times

WAITEMATA & KAIPARA GAZETTE.

PRICE—10s per annum in advance.

WARKWORTH, WEDNESDAY, AUGUST 14, 1912.

3d per Copy.

Science Notes and News.

COAL CONSUMPTION AFFECTING CLIMATE.

The furnaces of the world are now burning about 2,000,000,000 tons of coal a year. When this is burned, uniting with oxygen, it adds about 7,000,000,000 tons of carbon dioxide to the atmosphere yearly. This tends to make the air a more effective blanket for the earth and to raise its temperature. The effect may be considerable in a few centuries.

Article paru le
14 août 1912 en
Nouvelle-Zélande

La consommation de
charbon modifie le climat

(...) ajoute environ

7,000,000,000 tonnes de

Cela fait de sorte que l'air
est une couverture plus

efficace pour la Terre et que
Cet effet pourra se faire
sentir dans quelques
siècles.

Projections climatiques pour le sud du Québec

- Hausse des températures
- **Pluies été/automne plus extrêmes**
- Épisodes de redoux plus fréquents en hiver
- Hausse des précipitations totales (liquide + solide) en hiver et au printemps
- Épisodes de pluies hivernales plus fréquents

Impacts des changements climatiques sur la gestion des eaux pluviales

- **Augmentation de la fréquence et de l'ampleur des refoulements/inondations**
- **Augmentation des volumes d'eau rejetée au milieu récepteur**
- **Augmentation des volumes d'eau à traiter**
- **Augmentation du nombre d'événements de pluies hivernales (pluie sur neige) et de périodes de fonte hivernale (problème de débâcle)**

Pluies extrêmes au Québec en climat futur

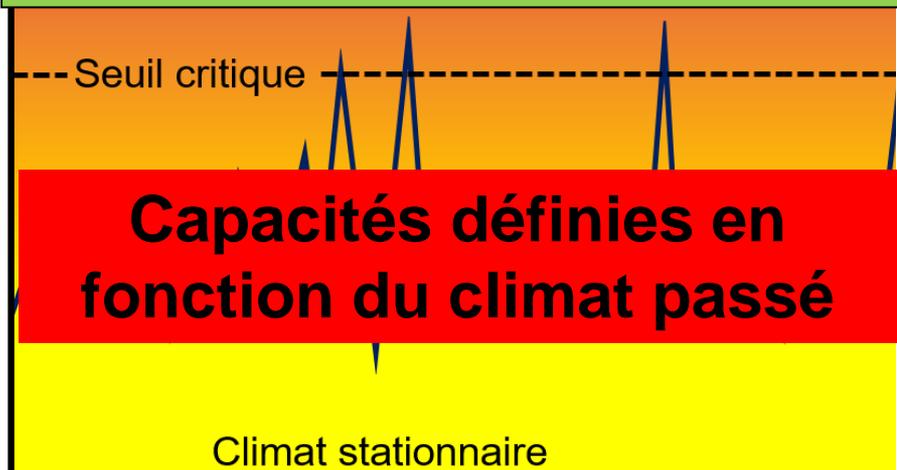
- **Intensification des pluies extrêmes**
- **Pluies de courtes durées et les plus intenses plus affectées**
- **Recommandation (2018) : $\approx +18\%$ (horizon 2050) toutes les durées et périodes de retour**
- **Mise à jour actuelle de cette recommandation**

Climat passé et conception d'ouvrage



FUTUR ≠ PASSÉ

Variable climatique



Critère de conception

Des événements plus extrêmes plus fréquents

Passé

Présent

Futur

Exemple précédent

Climat passé : pluie d'une heure et de période de retour 25 ans : **42.6 mm**

Climat futur (horizon 2050) : pluie d'une heure et de période de retour 25 ans : **50.3 mm** (42.6 mm + 18%)

50.3 mm en une heure correspond à une période de retour \approx 100 ans en climat passé

**25 ans en climat futur correspond à
~ 100 ans en climat passé**

Correspondance entre intensités et période de retour en climat passé et futur

CLIMAT PASSÉ

50.3 mm/h ou plus
survenait en moyenne
à tous les \approx 100 ans

42.6 mm/h ou plus
survenait en moyenne
à tous les 25 ans

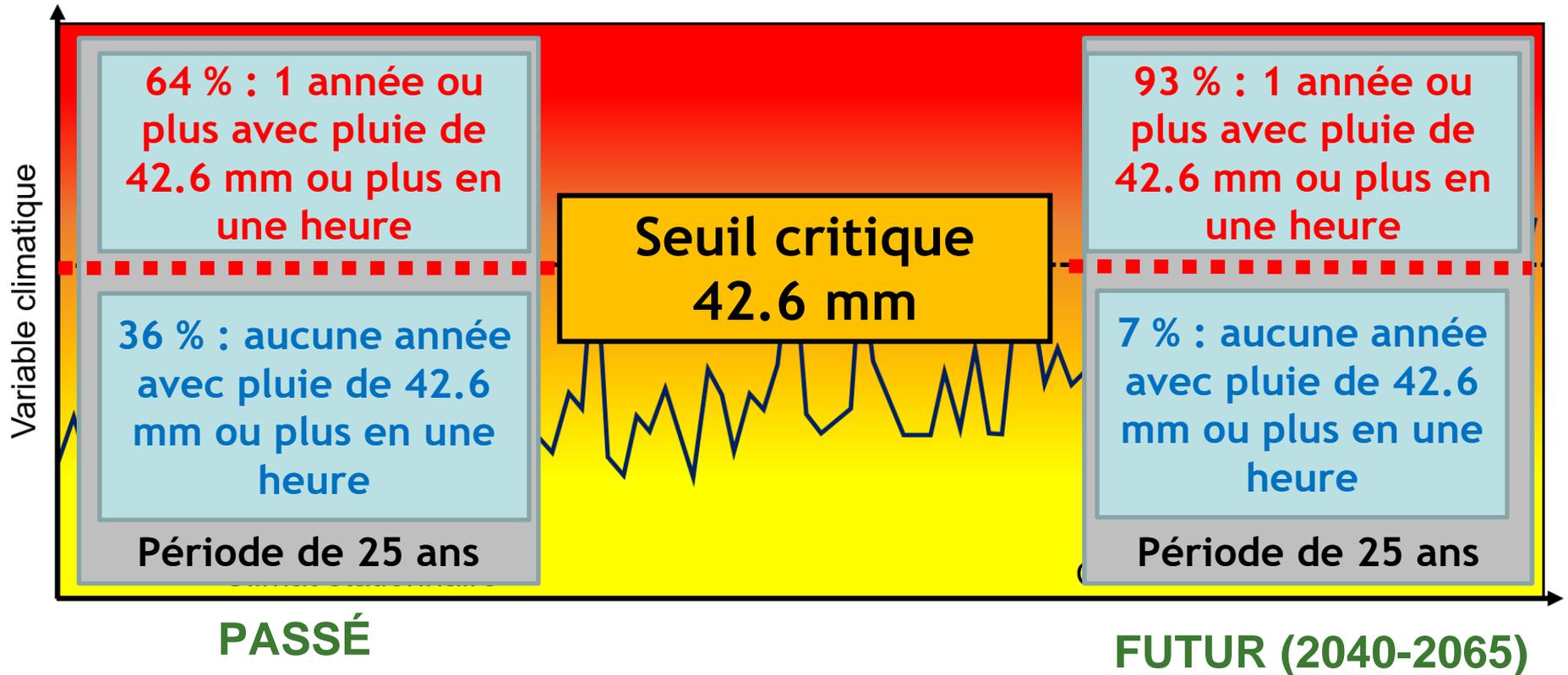
CLIMAT FUTUR

50.3 mm/h ou plus
surviendra en moyenne
à tous les 25 ans

42.6 mm/h ou plus
surviendra en moyenne
à tous les 10 ans

+18%

Probabilité d'avoir au moins une année avec une pluie de 42.6 mm ou plus en une heure sur une période de 25 ans en climat passé et futur (2040-2070)



Que faire alors face aux changements climatiques ?

- ***Statu quo* : dépassement plus fréquent et plus important des capacités des ouvrages et infrastructures en place**
- **Durée de vie utile des infrastructures en place rend l'adaptation incontournable**
- **'Adaptation' des infrastructures et des pratiques actuelles afin de maintenir un niveau de service 'adéquat' à long terme**
- **Revoir les critères de conception afin de tenir compte des CC (p. ex. Ministère des Transports, ville de Québec)**

Objectifs de l'adaptation aux CC

- **Réduction des risques posés par les CC à moyen et long terme afin de maintenir un niveau de risque acceptable d'un point de vue social et économique**
- **Occasion de corriger 'mésadaptation' ou déficit d'adaptation aux conditions climatiques historiques**
- **Perspective plus large de gestion des risques liés aux aléas extrêmes (pluies intenses) et à leurs conséquences**
- **Mesures d'adaptation ne sont pas nouvelles en soi – 'pratiques de gestion optimale' déjà documentées dans plusieurs guides**

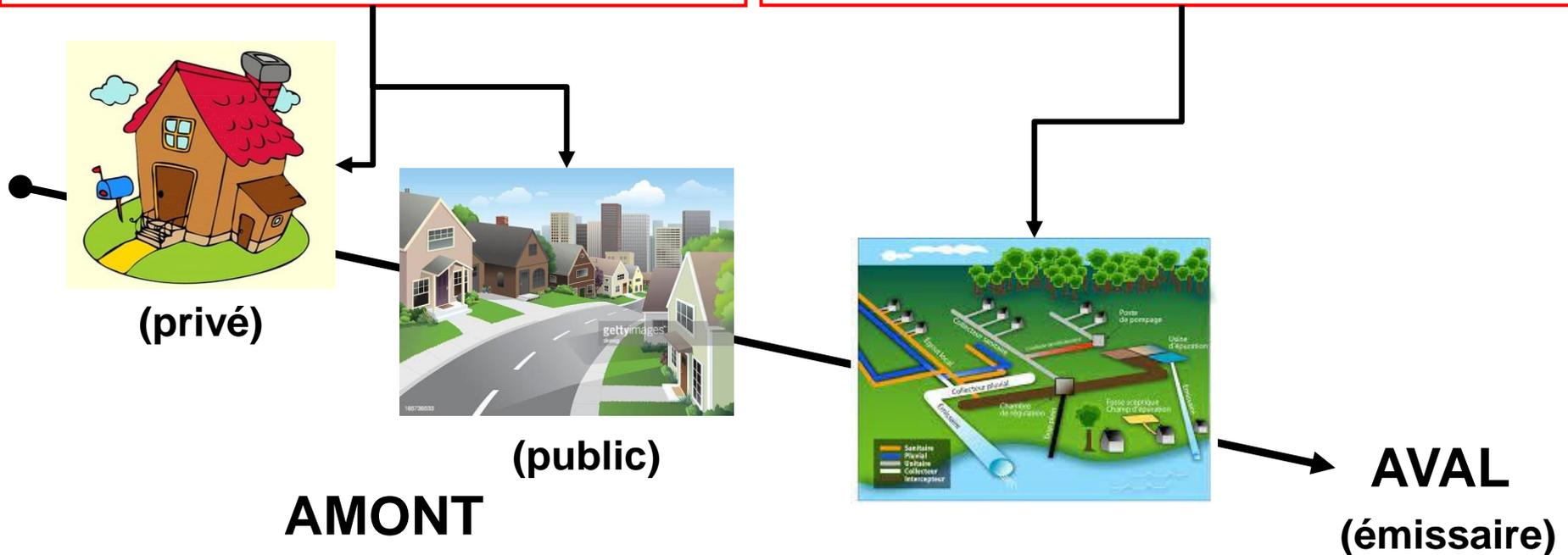
Ne jamais oublier (ou sous-estimer) l'importance de l'aménagement et de l'occupation du territoire



Mesures d'adaptation possibles pour la gestion des eaux pluviales

- Débranchement de gouttière
- Infrastructures vertes
- Pavage poreux
- Rétention
- Inspection clapet anti-refoulement
- Réglementaire

- Séparation du réseau
- Révision critères de conception
- Réhabilitation/remplacement conduites
- Contrôle et stockage en réseau



Mesures de contrôle à la source : réductions des apports au réseau



- Ralentissement des écoulements
- Réduction du débit de pointe
- Réduction du ruissellement
- Favorise l'infiltration, la recharge et l'évapotranspiration
- Amélioration de la qualité des eaux
- Réduction des charges sédimentaires



**Redirection des
eaux des gouttières**



**Jardins de
pluie**



**Tranchées
d'infiltration**



**Noues
végétalisées**

Comment prioriser les interventions d'adaptation ?

Secteurs plus exposés

- conduites avec problématique de mise en charge et de refoulement
- points avec dépression



Secteurs plus vulnérables

- présence de communautés vulnérables
- présence d'infrastructures critiques

Interventions afin de réduire le risque dans ces secteurs

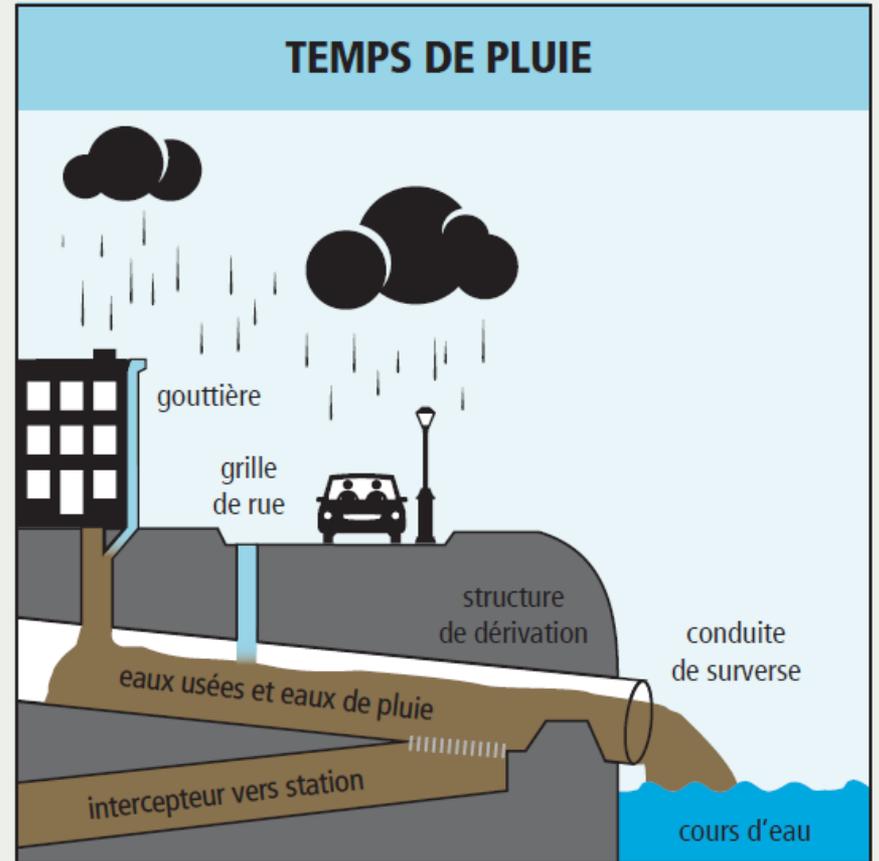
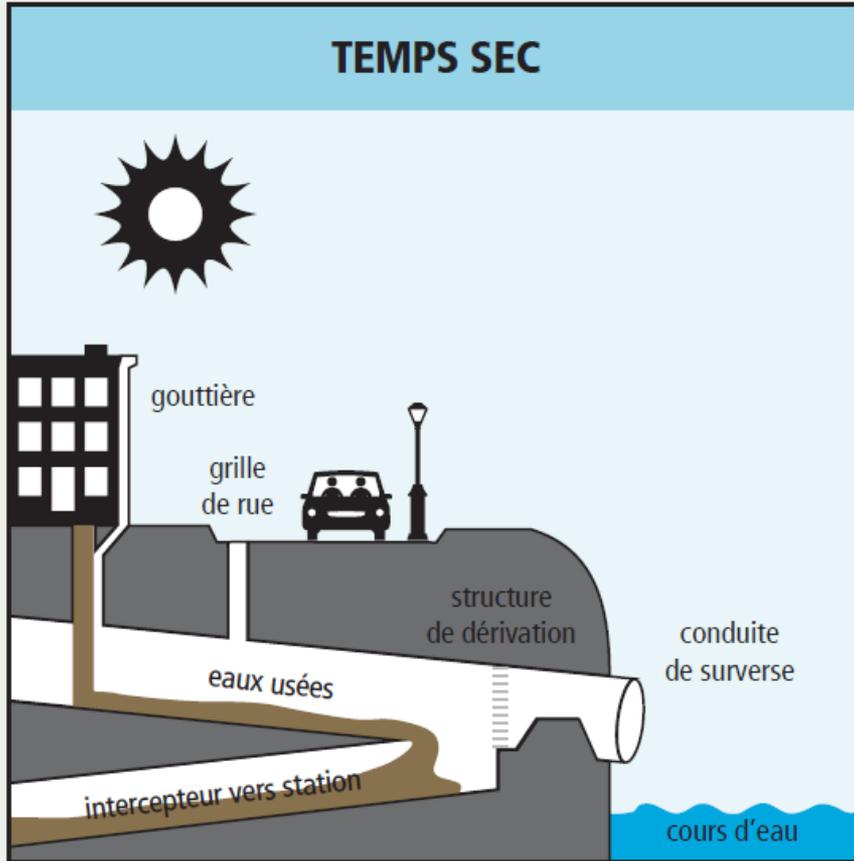
Exercice de 'scénarisation' d'un événement extrême

- **Que serait-il survenu si un événement majeur (p. ex. Irène, vague de chaleur) avait frappé ma ville/région ?**
- **Quels secteurs/quartiers/rues auraient été les plus exposés ? les plus vulnérables ?**
- **Quels auraient été l'ampleur des dommages aux propriétés ?**
- **Comment les différentes populations/communautés auraient été affectées par un tel événement ?**
- **A quel point certains services et infrastructures critiques auraient été exposés et vulnérables ?**
- **Est-ce que les mesures d'urgence en place auraient été suffisantes ? Comment pourrait-on les améliorer ?**

Écueils et barrières à l'adaptation

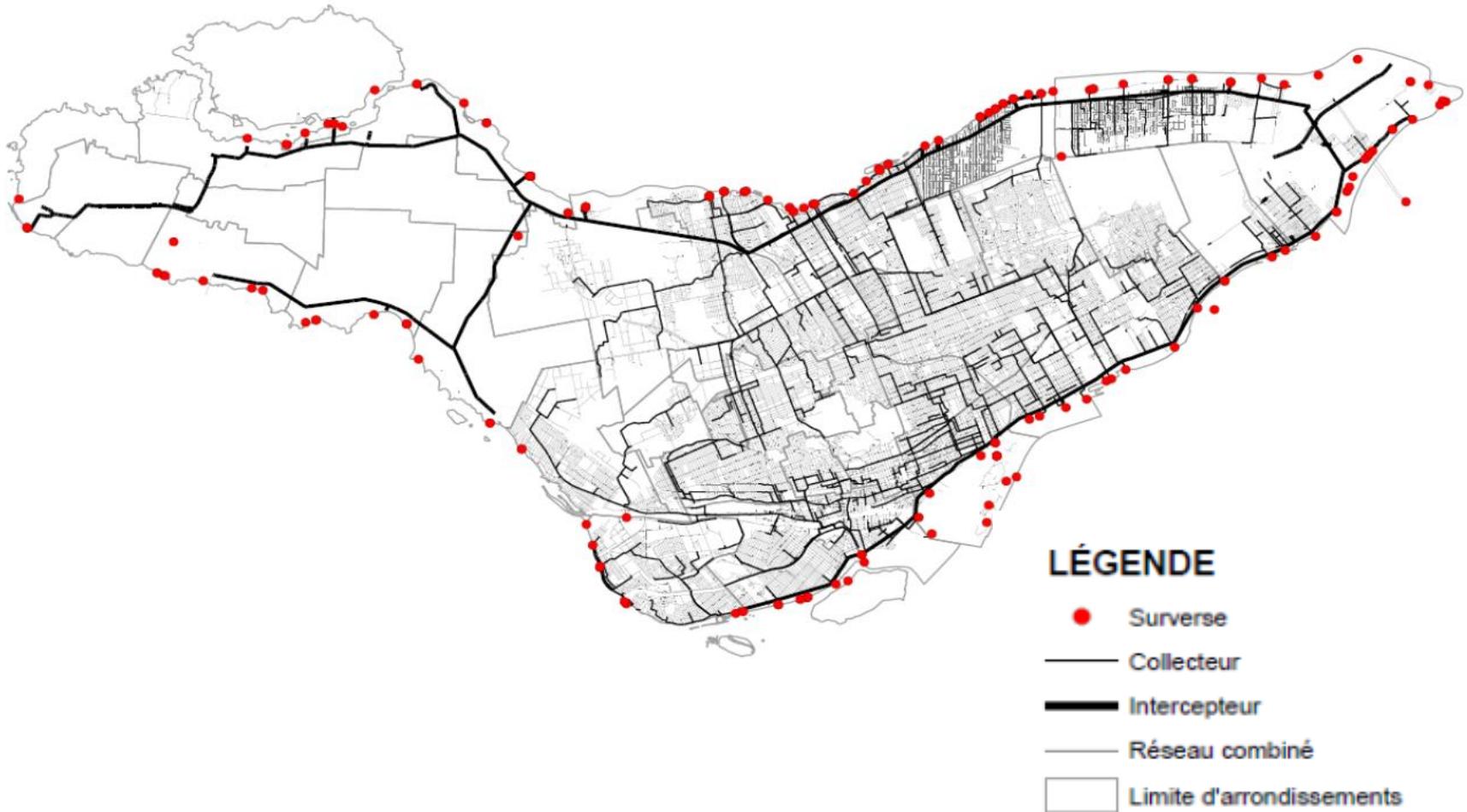
- **Certain scepticisme et 'peur paralysante' face aux CC ...**
- **Incertitudes sur les projections climatiques**
- **Remise en question de plusieurs 'acquis', approches et procédures**
- **Solution locale et décentralisée (p. ex. mesures de contrôle à la source, infrastructures vertes)**
- **Urgent besoin de projet-pilote, de 'champions' ... et d'innovation**

Débordements de réseaux unitaires (DRU)



Adapté de l'United States Environmental Protection Agency (EPA)

Ouvrages de surverses de Montréal



Tiré de Montréal 2015 – Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques du réseau de drainage unitaire de Montréal

EXCLUSIF Publié le 03 septembre 2014 à 06h00 | Mis à jour le 03 septembre 2014 à 12h28

45 500 rejets d'égouts au Québec



Toutes les villes au Québec ont l'obligation de déclarer les débordements d'égouts au ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire. Le MAVOT en a ainsi recensé 45 512 l'an dernier.

PHOTO THÉÂTRE LE SOLEIL



BAPTISTE RICARD-CHÂTELAIN
Le Soleil

Suivre

ma PRESSE

Ajouter

PARTAGE

Facebook 271

Twitter 22

Google+ 1

Envoyer

(Québec) Les égouts sont déversés partout au Québec au vu et au su des gouvernements municipaux et provincial. Seulement en 2013, les villes ont admis quelque 45 500 rejets d'eaux usées dans la nature, a constaté Le Soleil. Un nombre sous-évalué.

Mardi, nous révélons que la Ville de Québec recrache, sans traitement, les eaux usées de ses maisons, commerces, usines

Les égouts sont déversés partout au Québec au vu et au su des gouvernements municipaux et provincial.

« Le contrôle des débordements constitue une problématique complexe dont les solutions s'échelonneront, dans la majorité des cas, sur plusieurs années, voire sur des décennies, en raison des coûts et de l'ampleur des travaux requis. »

Situation actuelle au Québec en matière de débordements de réseau unitaire

- ~ 800 stations d'épuration des eaux usées
- ~ 4500 ouvrages de surverse (ODS)
- ~ 40 000 et 60 000 débordements/an pendant la période de 2002 à 2010 (moyenne de 48 700)[‡]
- Source de dégradation de la qualité des eaux
- Risque à la santé publique

‡ Tiré des rapports Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux (2002-2010) publiés par le Ministère des Affaires Municipales et de l'Occupation du Territoire

Impacts des débordements sur les milieux récepteurs

Biologiques et chimiques

1) Microorganismes pathogènes

- Santé humaine

2) Nutriments

- Stimule la croissance des algues
- Eutrophisation



Physiques

1) Érosion des cours d'eau

2) Transport de sédiments



Contexte réglementaire

- ***Stratégie pancanadienne sur la gestion des effluents d'eaux usées municipales (17 février 2009)***
- **Position sur l'application normes pancanadiennes**
« À partir du 1er avril 2014, aucun projet d'extension de réseau d'égout susceptible de faire augmenter la fréquence des débordements d'égouts unitaires, domestiques ou pseudo-domestiques ne sera autorisé sans que le requérant ait prévu des mesures compensatoires, selon les modalités prévues dans le présent document. »

Guide pour la gestion des débordements d'eaux usées (MELCC)

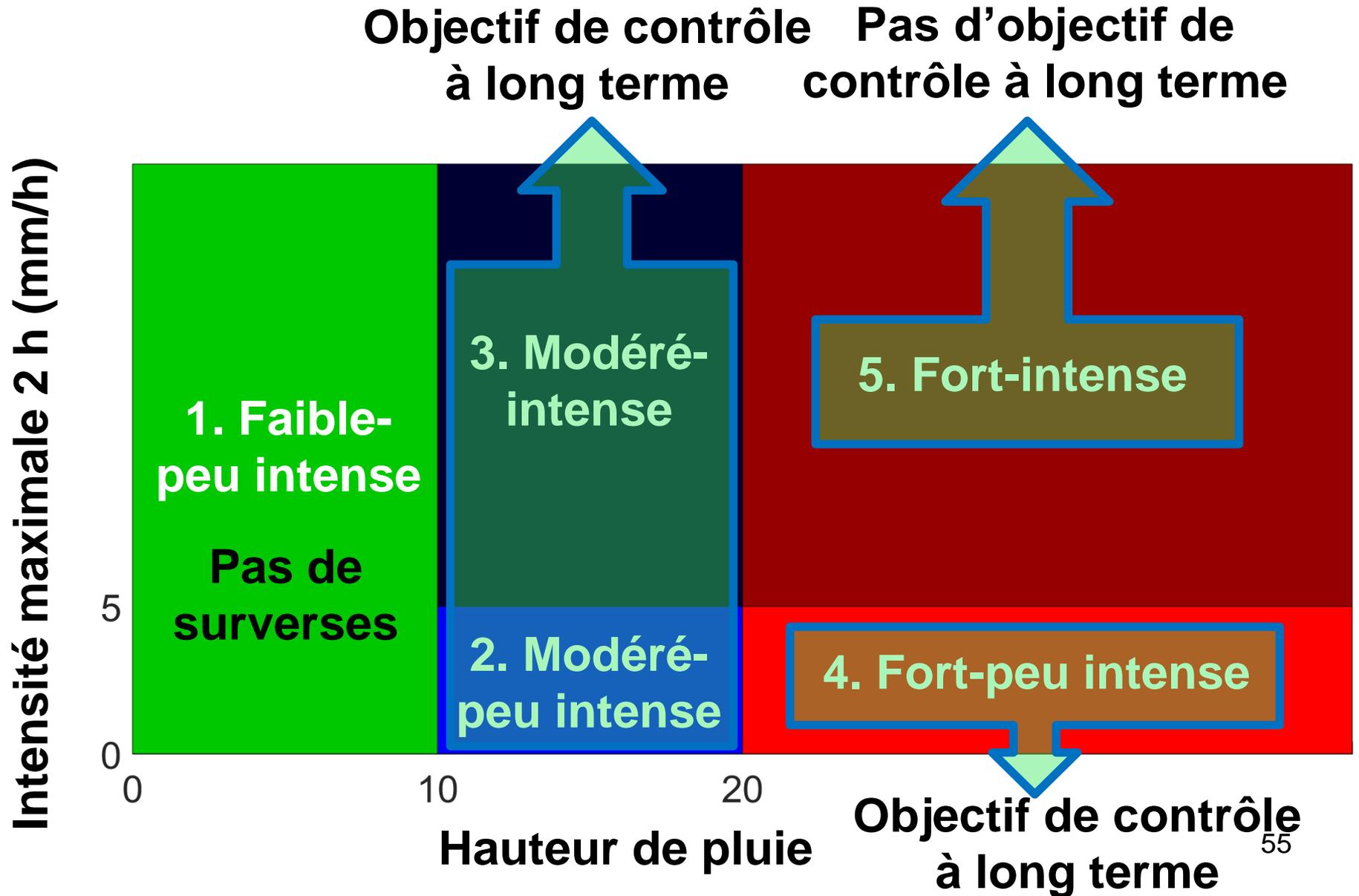
- **Revue des mesures compensatoires possibles permettant d'éviter toute augmentation de la fréquence des débordements**
- **Éléments réglementaires et techniques à considérer pour le développement des plans de gestion des débordements**
- **Publication fin 2021 – début 2022**

Événements pluvieux (EP) et DRU

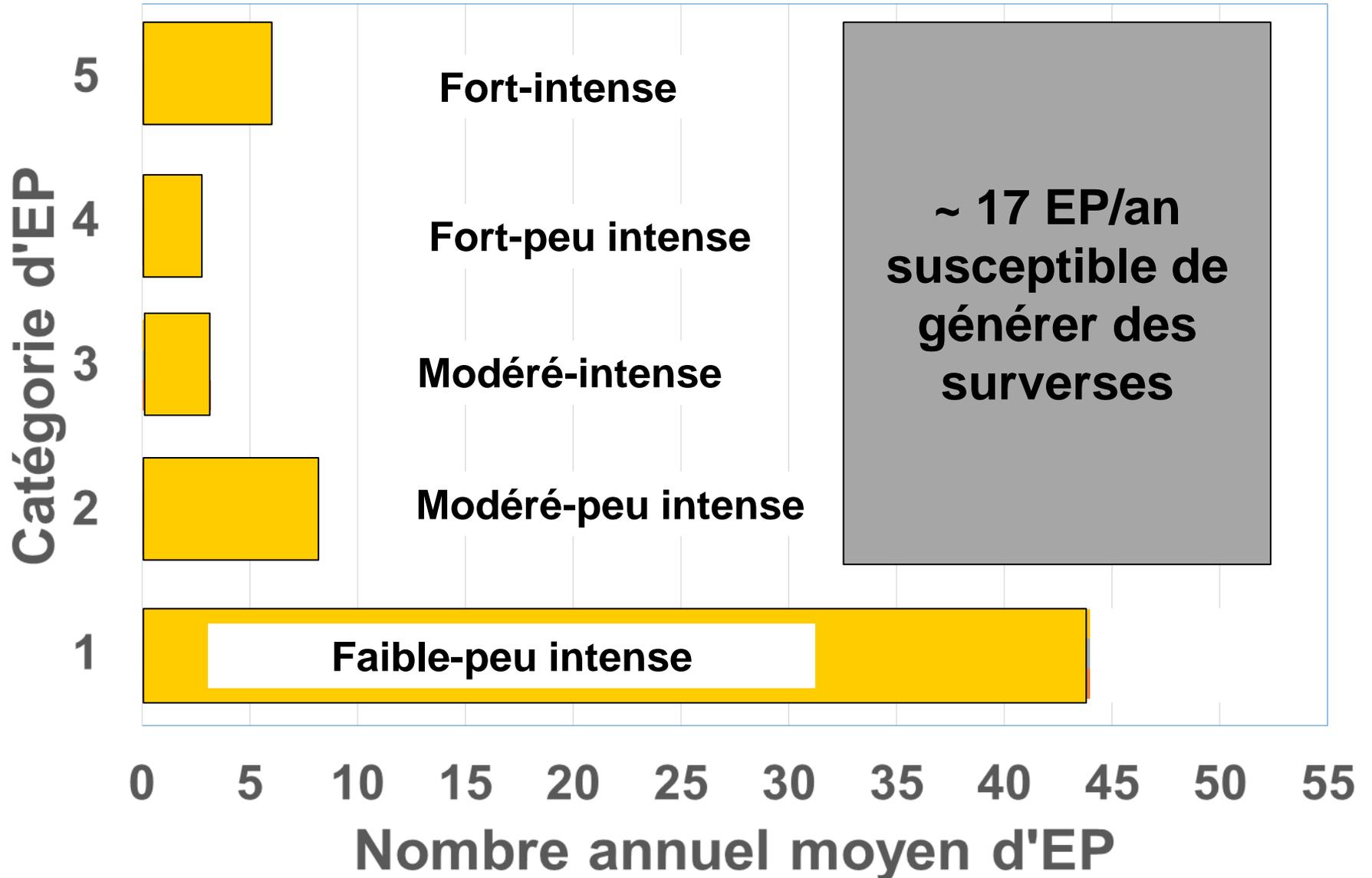
Comment les CC affecteront les fréquences des DRU et les volumes des DRU ?

**Quels 'types' d'EP génèrent des DRU ?
Quels EP seront susceptibles d'être l'objet d'un 'contrôle' ?**

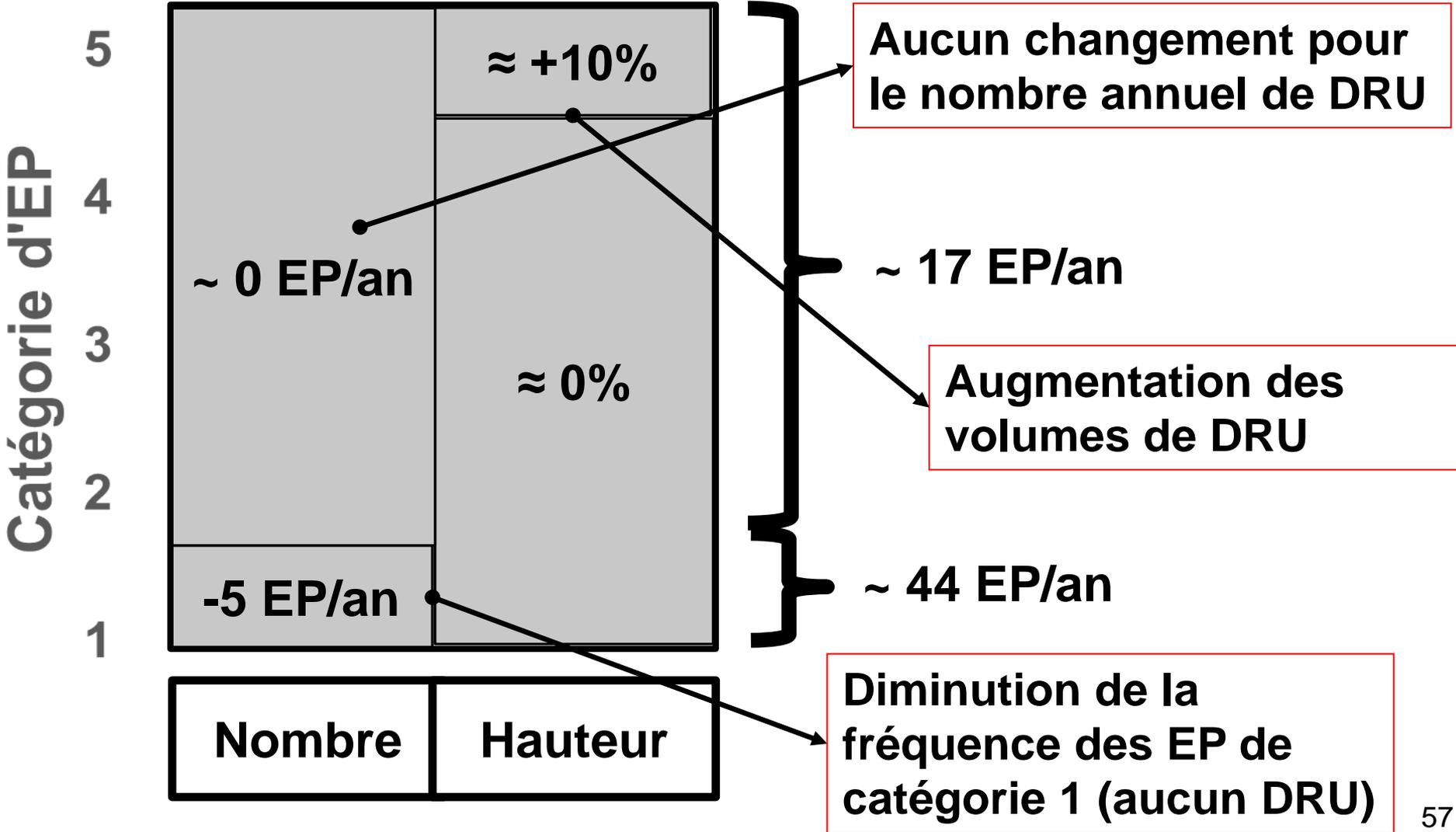
Cinq catégories d'événements pluvieux



Nombre annuel moyen d'EP de chaque catégorie



En résumé ... un faible impact des CC sur la fréquence de surverses



Synthèse et messages clefs (1)

- 1. CC observés résultent de l'activité humaine**
 - Nombreuses évidences scientifiques
- 2. Pluie extrême est la variable la plus impactée par les CC**
 - Augmentations des précipitations extrêmes de l'ordre de 18% (horizon 2050)
 - 25 ans en climat futur \approx 100 ans en climat actuel
 - Impact majeur sur le niveau de service des ouvrages à moyen et long termes
- 3. Faible impact sur les fréquences de surverses**
 - Possible impact sur les volumes de surverses

Synthèse et messages clefs (2)

3. Prise en compte des CC essentielle

- **Actions et décisions (aménagement, planification, conception) auront des impacts à long terme**
- **Toute réduction des risques passés est un gain face aux risques futurs**

4. Au sujet de l'adaptation ...

- **Vise à maintenir un niveau de performance à long terme**
- **Mesures d'adaptation ne sont pas 'nouvelles' en soi**
- **Occasion de mettre en place des mesures ou de revoir les façons de faire, de corriger les déficits d'adaptation ou les mésadaptations du passé**
- **Ne pas négliger les autres dimensions qui ont un impact (p. ex. occupation du territoire)**
- **Penser à intégrer la dimension climatique dans les projets**

Synthèse et messages clefs (3)

- 5. Certaines mesures d'adaptation pour la gestion des eaux pluviales (p. ex. infrastructures vertes) offrent plusieurs avantages 'collatéraux'**
 - Réduit les îlots de chaleur
 - Permet la recharge de la nappe
 - Améliore la qualité de l'air
 - Améliore la qualité de vie
 - Embellit l'environnement urbain
 - Peut entraîner une hausse de la valeur mobilière

- 6. Stratégie d'adaptation qui s'intéresse au spectre entier des pluies (des moins au plus intenses)**
 - Moins intense : DRU et volumes des DRU
 - Plus intense : refoulement et inondation

Synthèse et messages clefs (4)

7. On a besoin :

- D'expériences et de projets novateurs
- D'une certaine audace
- De 'champions' locaux

**Merci de votre
attention**

Côté 11 novembre 2018

