

Conception hydraulique des ponceaux et adaptation aux changements climatiques

Webinaire AGRCQ

5 décembre 2024

Josée Emond, ing., M. Sc.
Direction de l'hydraulique
Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Votre 
gouvernement

Québec 

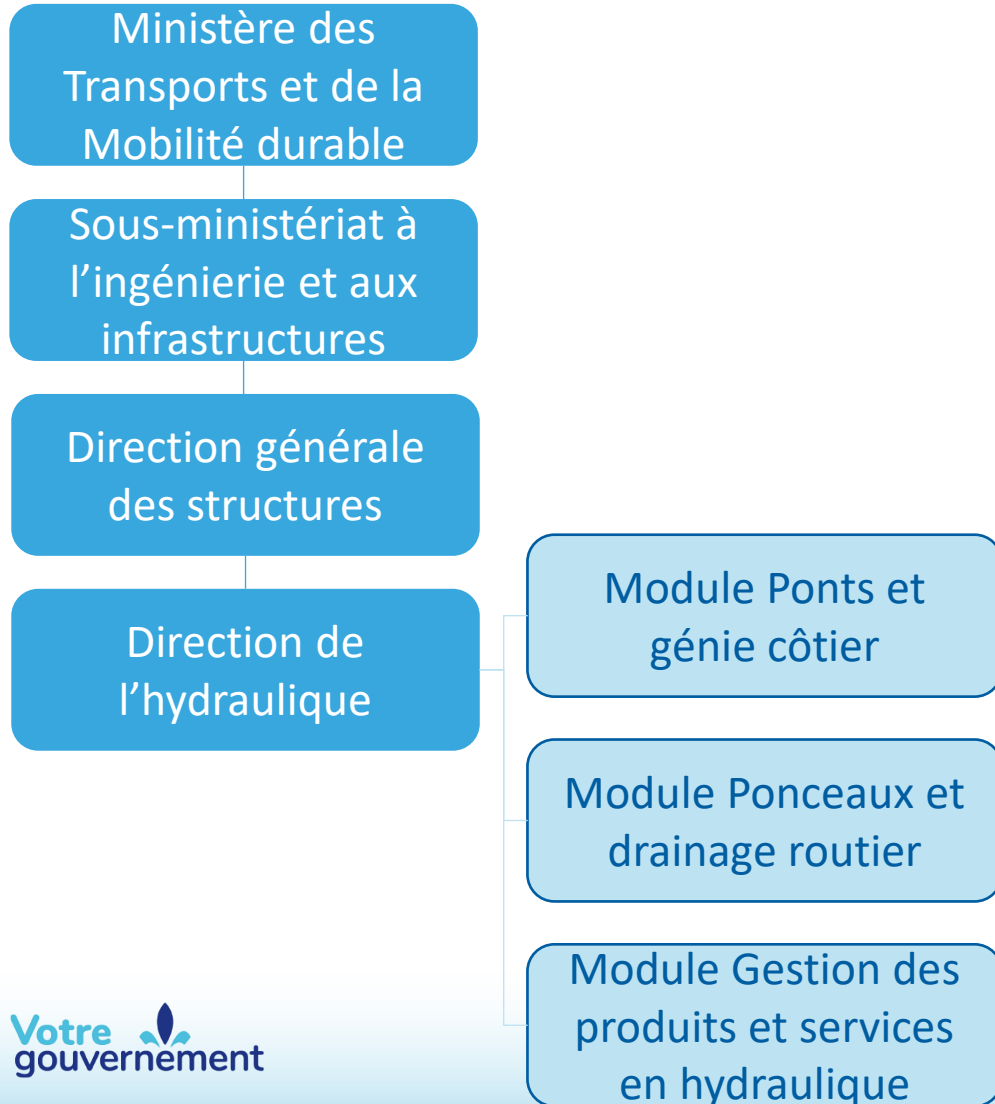
Plan de la présentation

- Direction de l'hydraulique du MTMD
- Conception hydraulique des ponceaux
 - Hydrologie
 - Hydraulique des ponceaux
 - Hydraulique du cours d'eau naturel
 - Enquête sur le terrain
 - Autres considérations
 - Périodes de retour / Notions liées au risque
- Adaptation aux changements climatiques
 - Impacts pour les petits bassins versants
 - Scénarios d'émissions de gaz à effet de serre
 - Bref historique des adaptations au MTMD
 - Adaptations à venir
 - Enjeux



Direction de l'hydraulique

ORGANIGRAMME ET MISSION



- Offrir des services-conseils en hydraulique aux directions territoriales en fournissant une **expertise hydraulique** et en réalisant des **études hydrauliques** et des avis techniques (ponts, ponceaux, drainage, protection contre l'érosion, etc.)
- Élaborer et collaborer à la rédaction de documents (manuels, guides, documents contractuels) et normes :
 - **Manuel de conception des ponceaux**
 - Manuel de conception hydraulique des ponts
 - Manuel de conception des réseaux d'égout pluvial et sanitaire (BNQ 3660-004)
 - Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CSA S6)
 - Guide to Bridge Hydraulics (ATC)
 - **Collection Normes - Ouvrages routiers**
- Contribuer à plusieurs projets de recherche et de veille technologique (MTMD, MSP, etc.), dont ceux concernant les **changements climatiques**.

Conception hydraulique des ponceaux - Hydrologie

MÉTHODE DE DÉTERMINATION DES DÉBITS

4

- Pour les bassins versants d'une superficie $< 60 \text{ km}^2$: **méthode rationnelle**
 - [Manuel de conception des ponceaux - Les Publications du Québec \(gouv.qc.ca\)](#)
 - [Hydrologie et hydraulique – Transports et Mobilité durable \(gouv.qc.ca\)](#)
 - Formation de conception des ponceaux disponible en formation continue (Université Laval et Polytechnique Montréal) – 3 jours
- Pour les bassins versants d'une superficie $\geq 60 \text{ km}^2$: **méthode statistique**
 - [Lignes directrices pour l'estimation des débits de crue sur le territoire québécois \(gouv.qc.ca\)](#)

- Déterminer les **caractéristiques du bassin versant** pour déterminer les débits pour différentes périodes de retour
- L'équation de la méthode rationnelle est :

$$Q = \frac{C_p I A_b}{360}$$

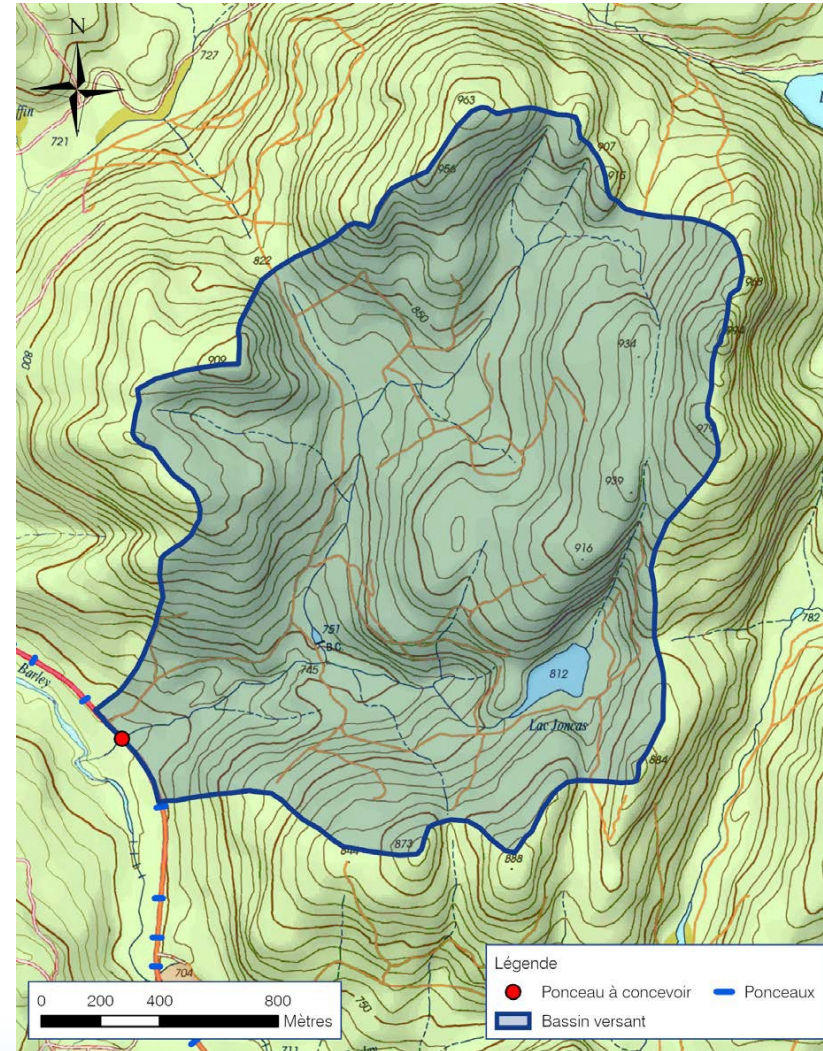
où

- Q : débit de pointe (m³/s)
- C_p : coefficient de ruissellement
- I : intensité de la précipitation (mm/h)
- A_b : superficie du bassin versant (hectare ou ha)

Hydrologie

A_b – SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT

- Superficie drainée par un cours d'eau
- Documents utilisés :
 - Carte topographique
 - Relevé LiDAR
 - Photos aériennes
 - Visite des lieux
- Éléments dont il faut tenir compte :
 - Route, chemin de fer
 - Développement futur
 - Lacs, marécages
 - Drainage agricole
 - Système de drainage en conduite fermée
 - Etc.



$$Q = \frac{C_p I A_b}{360}$$

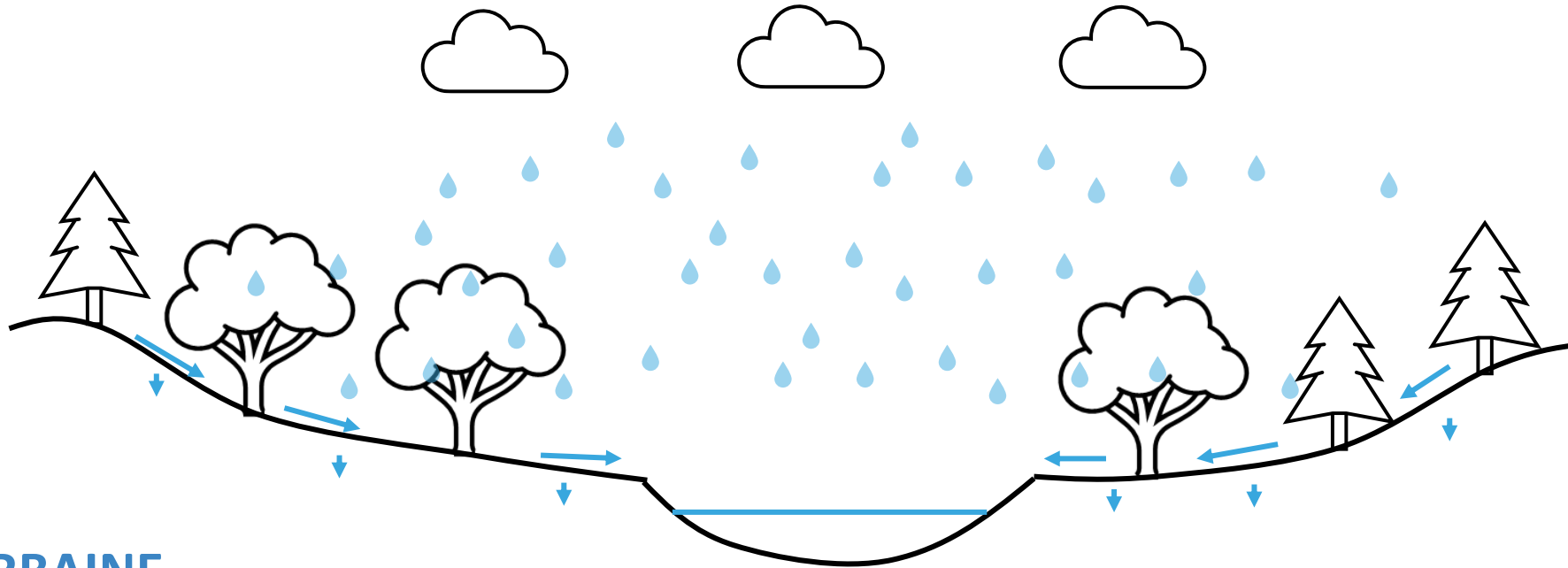
Hydrologie

C – COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

7

- Rapport entre la quantité d'eau qui ruisselle pour causer le débit de pointe et la quantité d'eau tombée.

$$Q = \frac{C_p I A_b}{360}$$



ZONE URBAINE

- Coefficients déterminés selon le type d'utilisation via des tableaux du Manuel de conception des ponceaux.

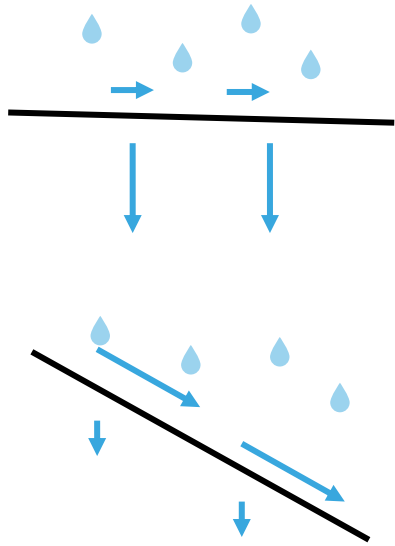
Hydrologie

C – COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT – ZONE RURALE OU BOISÉE

8

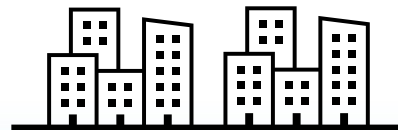
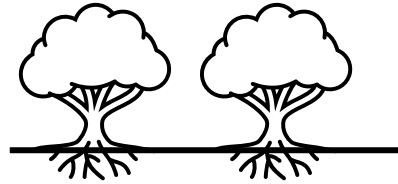
- Pente du bassin versant

- Cartes topographiques
- Relevé LiDAR



- Utilisation des sols

- Imagerie aérienne
- Cartes topographiques



- Type de sol et classification hydrologique

- Cartes pédologiques
- Cartes de dépôts de surface



Argile



Sable



Gravier

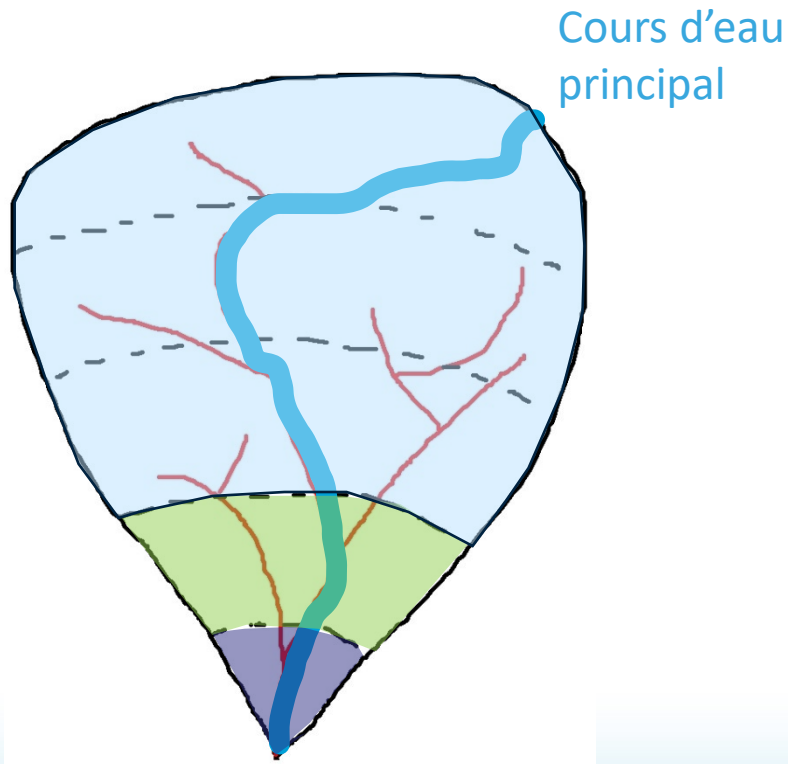
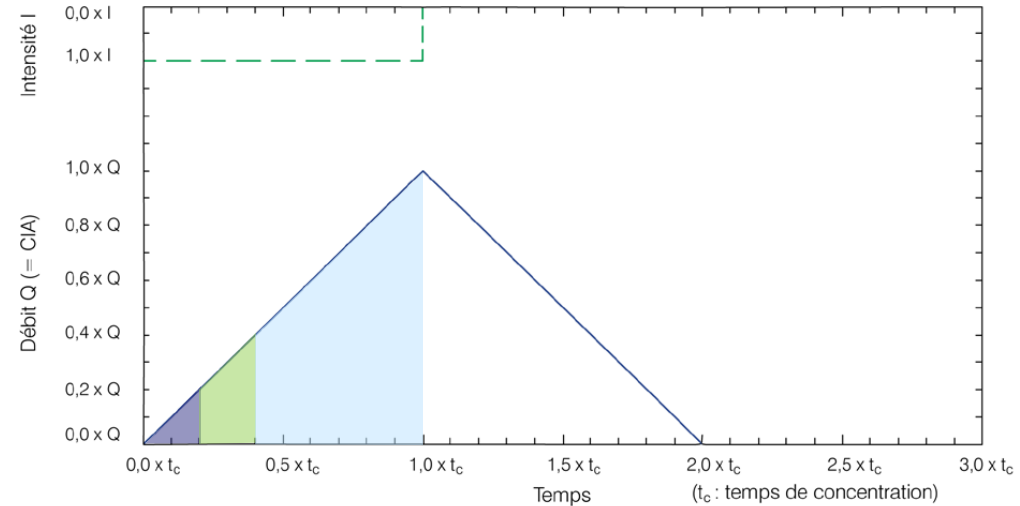


Roc

Hydrologie

DURÉE DE L'ÉVÉNEMENT DE PLUIE ET TEMPS DE CONCENTRATION

Hydrogramme-type (débit en fonction du temps) résultant de l'application stricte de la méthode rationnelle.



$$Q = \frac{C_p I A_b}{360}$$

- Temps de concentration = temps que la goutte la plus loin prend pour se rendre à l'exutoire (pour parcourir le cours d'eau principal).
- Contribution du bassin versant au débit en fonction du temps.
- Débit maximal atteint lorsque **l'événement de précipitation a la même durée que le temps de concentration.**

Hydrologie

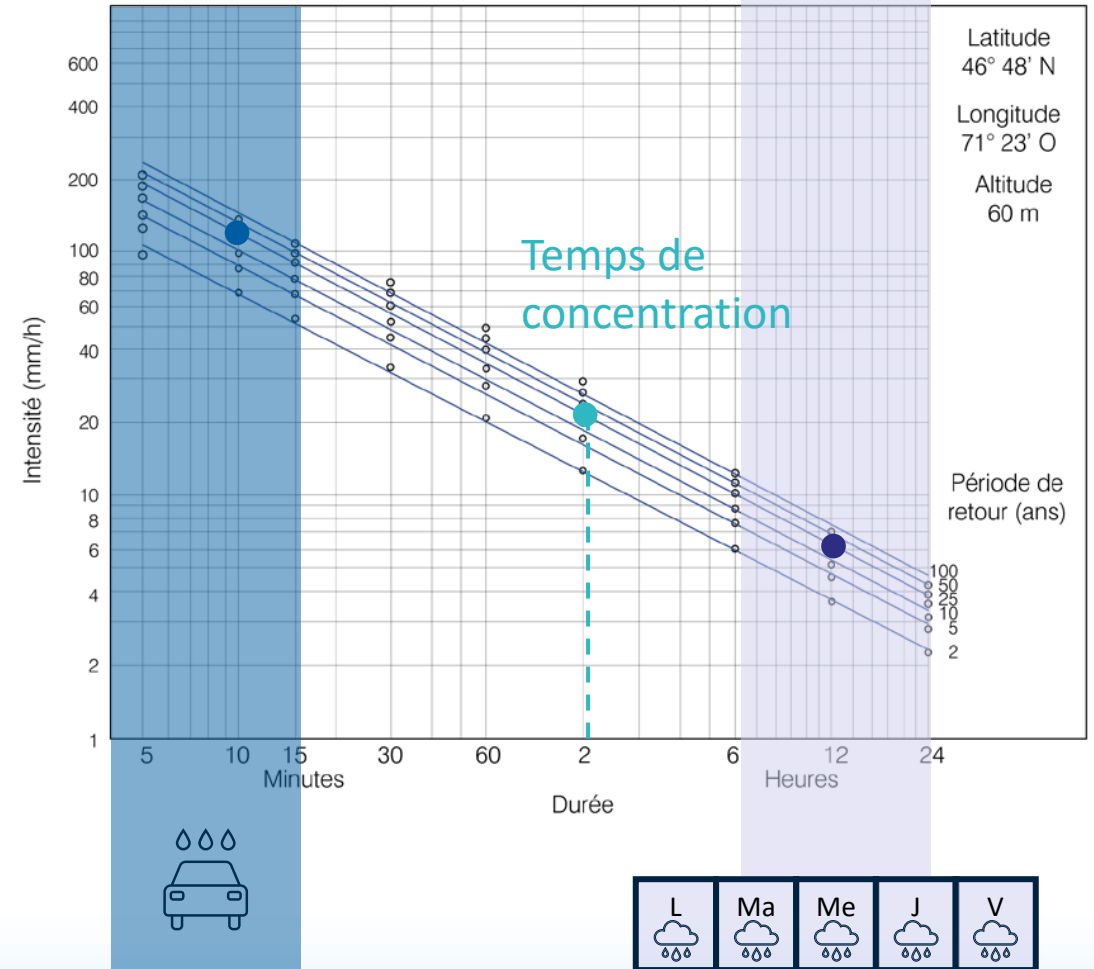
I – INTENSITÉ DE PRÉCIPITATION SELON LE TEMPS DE CONCENTRATION

10

- L'intensité de la précipitation varie en fonction de la durée, de la fréquence des orages et de la position géographique du bassin versant.
- Il est recommandé d'utiliser les courbes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) établies aux stations météorologiques voisines du site à l'étude ([Ensembles de données climatiques en génie - Climat - Environnement et Changement climatique Canada \(meteo.gc.ca\)](#)).
- L'intensité de la précipitation peut également être obtenue à l'aide d'une figure du Manuel de conception des ponceaux.

Données sur l'intensité, la durée et la fréquence des chutes de pluie de courte durée à l'aéroport international Jean-Lesage de Québec, QC

Basées sur les données du pluviographe pour la période de 1961 à 2021 (61 ans)



$$Q = \frac{C_p I A_b}{360}$$

INFLUENCE DES LACS ET MARÉCAGES – LAMINAGE DES DÉBITS

$$Q_L = F_L Q$$

où

Q_L : débit laminé

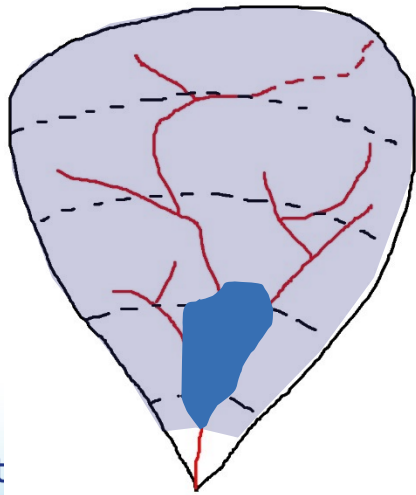
F_L : coefficient de réduction pour laminage

Q : débit calculé à partir des étapes précédentes

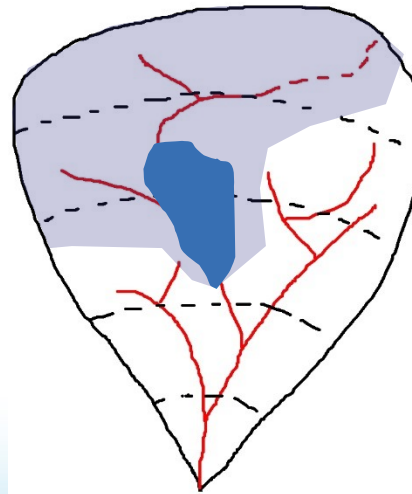
C=0,5

C=1,0

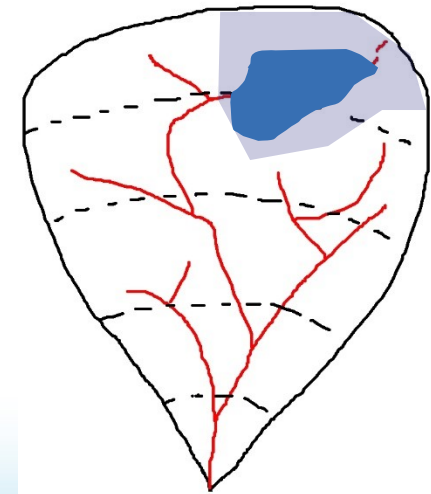
Courbe « A » : zones de rétention localisées au voisinage du site à l'étude



Courbe « B » : zones de rétention uniformément réparties sur l'ensemble du bassin versant



Courbe « C » : zones de rétention localisées en tête du bassin versant



Hydraulique des ponceaux

DÉTERMINER LE NIVEAU D'EAU À L'AMONT

- Le niveau d'eau à l'amont d'un ponceau se calcule en considérant deux hypothèses :

| Contrôle à l'entrée | Contrôle à la sortie |
|---|---|
| <p>Le niveau d'eau à l'amont ne dépend que de la géométrie de l'entrée du ponceau.</p> | <p>Le niveau d'eau à l'amont dépend de celui à l'aval, des caractéristiques du ponceau et de la dissipation d'énergie qui se fait à l'entrée, à l'intérieur et à la sortie.</p> |
| <ul style="list-style-type: none">DimensionsFormeAménagement de l'extrémité | <ul style="list-style-type: none">Profondeur d'eau en avalPenteRugosité, dimensions de la section et longueur |
| <p>Exemples : un ponceau trop petit ou en pente très forte</p> | <p>Exemple : un ponceau causant peu de restriction sur un cours d'eau en pente faible</p> |

Le niveau obtenu doit faire en sorte que le ponceau respecte les normes, que les impacts sur les voisins soient limités, voire nuls, et que les conditions hydrauliques s'approchent des conditions naturelles du cours d'eau.

Hydraulique des ponceaux

DÉTERMINER LE NIVEAU D'EAU À L'AMONT

Contrôle à l'entrée



Contrôle à la sortie



Hydraulique des ponceaux

DÉTERMINER LE NIVEAU D'EAU À L'AMONT

14

Contrôle ?



On calcule les deux types de contrôles et on retient le niveau d'eau le plus élevé.

Hydraulique du cours d'eau naturel

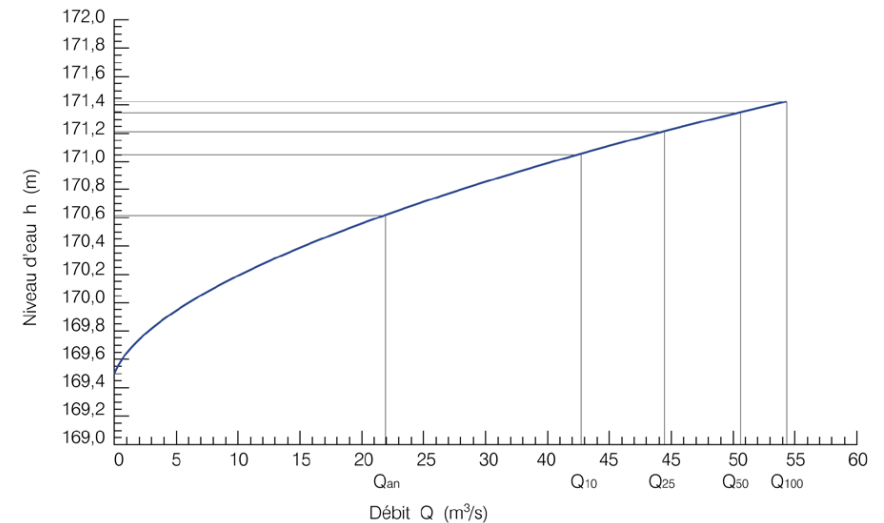
DÉTERMINER PROFONDEUR ET VITESSE POUR DIFFÉRENTS DÉBITS

- Équation de Manning :
 - Cette équation d'écoulement met en relation le débit et le niveau d'eau, via les caractéristiques de la section : **forme/profondeur, pente et coefficient de rugosité** (en considérant un écoulement uniforme).
 - Elle n'est pas applicable pour déterminer le niveau d'eau à l'amont d'un ponceau.

$$Q = \frac{A R_h^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Où

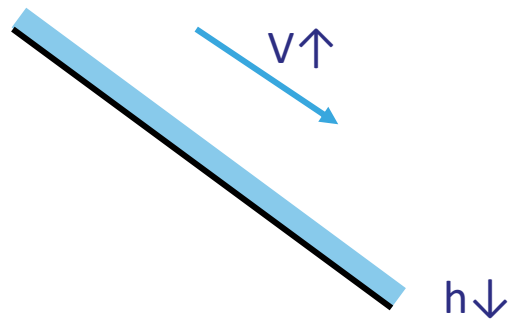
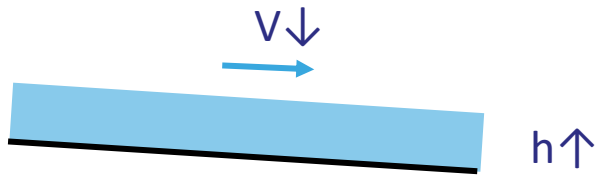
| | | |
|-------|---|--|
| Q | : | débit (m ³ /s) |
| n | : | coefficient de rugosité |
| R_h | : | rayon hydraulique = A/P_m (m) |
| A | : | surface d'écoulement (m ²) |
| P_m | : | périmètre mouillé de la section (m) |
| S | : | pente locale du cours d'eau (m/m) |



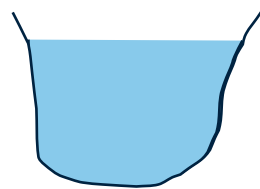
Hydraulique du cours d'eau naturel

DÉTERMINER PROFONDEUR ET VITESSE POUR DIFFÉRENTS DÉBITS

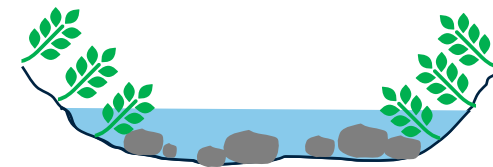
- Pente



- Forme



- Rugosité



Hydraulique des ponceaux

CONDITIONS PARTICULIÈRES DONT IL FAUT TENIR COMPTE

17

- Refoulement d'un autre cours d'eau
- Marées
- Refoulement d'un barrage
- Refoulement d'un autre ouvrage en aval



Hydraulique des ponceaux

DÉTERMINER LE NIVEAU D'EAU À L'AMONT

- Les calculs peuvent se faire de façon simplifiée avec les abaques (figures) et équations du Manuel de conception des ponceaux.
- Des logiciels peuvent être utilisés, dont HY-8 ou HEC-RAS.

Crossing Data - Crossing 1

Crossing Properties

Name: Crossing 1

| Parameter | Value | Units |
|--------------------------|----------------------------|-------|
| DISCHARGE DATA | | |
| Discharge Method | Recurrence | |
| Discharge List | Define... | |
| TAILWATER DATA | | |
| Channel Type | Trapezoidal Channel | |
| Bottom Width | 1.000 | m |
| Side Slope (H:V) | 1.500 | :1 |
| Channel Slope | 0.0050 | m/m |
| Manning's n (channel) | 0.030 | |
| Channel Invert Elevation | 100.000 | m |
| Rating Curve | View... | |
| ROADWAY DATA | | |
| Roadway Profile Shape | Constant Roadway Elevation | |
| First Roadway Station | 0.000 | m |
| Crest Length | 25.000 | m |
| Crest Elevation | 105.000 | m |
| Roadway Surface | Paved | |
| Top Width | 10.000 | m |

Culvert Properties

Culvert 1

| Parameter | Value | Units |
|------------------------|------------------------------------|-------|
| CULVERT DATA | | |
| Name | Culvert 1 | |
| Shape | Circular | |
| Material | Concrete | |
| Diameter | 1800.000 | mm |
| Embedment Depth | 0.000 | mm |
| Manning's n | 0.012 | |
| Culvert Type | Straight | |
| Inlet Configuration | Square Edge with Headwall (Ke=0.5) | |
| Inlet Depression? | No | |
| SITE DATA | | |
| Site Data Input Option | Culvert Invert Data | |
| Inlet Station | 0.000 | m |
| Inlet Elevation | 100.100 | m |
| Outlet Station | 20.000 | m |
| Outlet Elevation | 100.000 | m |
| Number of Barrels | 1 | |
| Computed Culvert Slope | 0.005000 | m/m |

Culvert Summary Table - Culvert 1

| Discharge Names | Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 2 year | 1.10 | 1.10 | 100.79 | 0.69 | 0.45 | 1-S2n | 0.43 | 0.50 | 0.44 | 0.54 | 2.28 | 1.13 |
| 5 year | 1.40 | 1.40 | 100.88 | 0.78 | 0.53 | 1-S2n | 0.48 | 0.57 | 0.50 | 0.61 | 2.42 | 1.20 |
| 10 year | 1.70 | 1.70 | 100.97 | 0.87 | 0.61 | 1-S2n | 0.54 | 0.63 | 0.56 | 0.67 | 2.55 | 1.27 |
| 25 year | 2.00 | 2.00 | 101.06 | 0.96 | 0.68 | 1-S2n | 0.58 | 0.69 | 0.61 | 0.73 | 2.66 | 1.32 |
| 50 year | 2.20 | 2.20 | 101.12 | 1.02 | 0.72 | 1-S2n | 0.61 | 0.72 | 0.64 | 0.76 | 2.72 | 1.35 |
| 100 year | 2.40 | 2.40 | 101.18 | 1.08 | 0.77 | 1-S2n | 0.64 | 0.76 | 0.67 | 0.79 | 2.79 | 1.38 |

Display

Crossing Summary Table

Culvert Summary Table Culvert 1

Water Surface Profiles

Tapered Inlet Table

Customized Table Options...

Geometry

Inlet Elevation: 100.10 m

Outlet Elevation: 100.00 m

Culvert Length: 20.00 m

Culvert Slope: 0.0050

Culvert Rise: 1.80 m

Culvert Span: 1.80 m

Outlet Control: Full Flow

Plot

Crossing Rating Curve

Culvert Performance Curve

Selected Water Profile

Water Surface Profile Data

Enquête sur le terrain

OBJECTIFS

- Données pour les différents calculs
 - Forme du chenal, rugosité, caractéristiques du ponceau
- Évaluation des débits de crues et rendement des structures existantes
 - Laises de crue, marques dans les structures
- Problèmes
 - Fosse d'affouillement, sédimentation, glaces, castors, débris, refoulement, etc.
- Caractéristiques spéciales du bassin versant
- Dommages aux propriétés
- Comportement géomorphologique du cours d'eau
- Vérifier les niveaux d'eau calculés par la modélisation hydraulique
- Recueillir les témoignages des voisins

ÉTAPE ESSENTIELLE!!!

Enquête sur le terrain

EXEMPLES D'INFORMATIONS RECUEILLIES



Et les témoignages des voisins...



Enquête sur le terrain

GÉOMORPHOLOGIE

- Style fluvial, formes
- Signes d'incision ou d'aggradation
- Stabilité
- **Largeur débit plein bord (LDPB)**
 - débit dominant ou débit effectif responsable du développement et du maintien des dimensions de la section du cours d'eau, en plus d'être associé à la capacité de transport de la charge sédimentaire.



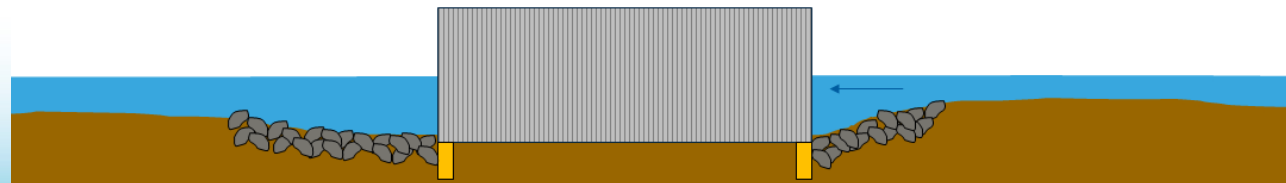
Autres considérations - Libre passage du poisson

PONCEAU À REFOULEMENT

- Le ponceau est installé plus bas que le fond naturel du cours d'eau (enfoui) afin d'assurer une profondeur adéquate pour le libre passage du poisson.
- Les niveaux d'eau à l'amont demeurent les mêmes qu'en l'absence d'enfouissement : la couronne ou le soffite doit atteindre l'élévation suffisante pour avoir le dégagement souhaité.
 - Le ponceau doit être plus haut.
 - Le ponceau a une ouverture minimale recommandée par le MPO basée sur la LDPB.

| PONCEAU À REFOULEMENT | | EN RÉSUMÉ | | | | |
|--------------------------------|---|--|-----|-------|--------|-------|
| ✓ PENTE PONCEAU | = | Pente du cours d'eau naturel | | | | |
| ✓ LARGEUR PONCEAU | ≥ | 750 mm | | | | |
| | ≈ | 80 % de LDPB pour un ponceau rectangulaire | | | | |
| | ≈ | LDPB pour un ponceau circulaire | | | | |
| ✓ ENFOUISSEMENT DU RADIER AVAL | ≥ | 20 % de largeur du ponceau, entre 250 mm et 400 mm (mesuré au 1 ^{er} seuil naturel à plus de 3 × la largeur du ponceau) | | | | |
| ✓ LONGUEUR MAX. PONCEAU | | | | | | |
| PENTE MAX. | | 1.5 % | 1 % | 0.5 % | 0.25 % | 0.1 % |
| Ponceau rugueux | | 12 | 18 | 24 | 39 | 50 |
| Ponceau lisse | | 9 | 12 | 21 | 30 | 50 |

Source: Pêches et Océans Canada. 2016. Lignes directrices pour les traversées de cours d'eau au Québec. 73 pages + annexes



Autres considérations - Libre passage du poisson

23

SIMULATION DE COURS D'EAU

- Un lit doit être recréé dans le ponceau, tout en conservant la capacité hydraulique souhaitée.
 - Le radier du ponceau doit être abaissé tout en maintenant le soffite à la même élévation: le ponceau a donc une hauteur plus grande.
 - Le ponceau a une ouverture minimale recommandée par le MPO basée sur la LDPB.
- Non recommandé dans les ponceaux en tôle



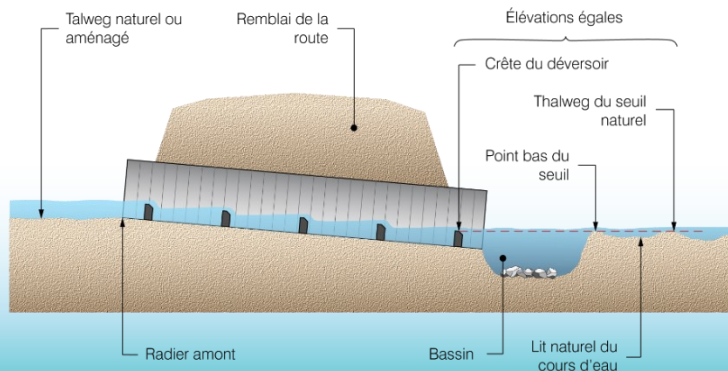
| PONCEAU À SIMULATION DE COURS D'EAU | | EN RÉSUMÉ |
|---|--|-----------|
| ✓ PENTE COURS D'EAU | ≈ 3 % | |
| ✓ PENTE PONCEAU | = Pente du cours d'eau | |
| ✓ POSITIONNEMENT PONCEAU | ✓ Suivre le profil et le tracé du cours d'eau | |
| | ✓ Minimiser la longueur du ponceau (Viser $L_{\text{ponceau}}/LDPB < 10$) | |
| ✓ MATRICE DES SUBSTRATS | ✓ Pour la stabilité ($L_{\text{ponceau}}/LDPB < 10$): <ul style="list-style-type: none">• Min. 16-20 % de sédiments stables, crue 100 ans• $D_{100} = 2.5 D_{64} \approx 6.25 D_{50}$• Max. 25 % de particules < 2 mm | |
| | ✓ Pour l'étanchéité (test d'étanchéité requis): <ul style="list-style-type: none">• Granulométrie continue et étalée• Équation de Fuller-Thompson (1907)• Min. 5-10 % de particules $\leq 80 \mu\text{m}$ | |
| | ✓ Chenal d'étiage représentatif du cours d'eau naturel | |
| | ✓ Épaisseur du lit simulé: <ul style="list-style-type: none">• $\approx 20\%$ ou 30% de la largeur des ponceaux rectangulaire et circulaire respectivement• $\approx 1.5 \times D_{100}$ | |
| ✓ BLOCS DE RIVES | ≈ D_{100} et enfouis de 30 % de leur diamètre | |
| ✓ BLOCS COURS D'EAU NATUREL | ≈ $D_{\text{blocs naturels}}$ et enfouis de 30 % de leur diamètre | |
| ✓ LARGEUR LIT SIMULÉ | ≈ $LDPB + (2 \times D_{\text{rives}})$ | |
| ✓ AJUSTEMENT SI EXCÈS D'ÉNERGIE (ex. : $L_{\text{ponceau}}/LDPB < 10$, perte de sinuosité) | ✓ Par l'augmentation de la rugosité : ajout de blocs dans le lit, ↓ longueur du ponceau, ↑ taille des sédiments | |
| | ✓ Par la modification de la géométrie de la section d'écoulement : construire les formes fluviales, ↑ largeur du ponceau de 30 % | |

Source: Pêches et Océans Canada. 2016. Lignes directrices pour les traversées de cours d'eau au Québec. 73 pages + annexes

Autres considérations - Libre passage du poisson

PONCEAU À DÉVERSOIRS

- Des déversoirs avec encoches permettent le passage des poissons dans une succession de seuils et de bassins
- La capacité hydraulique souhaitée doit être conservée malgré l'ajout des seuils.
 - La hauteur du ponceau doit être augmentée pour maintenir un dégagement adéquat au-dessus des seuils.
 - Le ponceau a une ouverture minimale recommandée par le MPO basée sur la LDPB.



PONCEAU À DÉVERSOIRS

EN RÉSUMÉ

| | | |
|--|--------|---|
| ☑ DIMENSIONS PONCEAU | ≥ | 1500 mm et réduction LDPB ≤ 20% |
| ☑ RATIO DE PENTES (RP) | ≥ | 1.25 |
| ☑ ÉLÉVATION CRÊTE 1 ^{er} DÉVERSOIR (aval) | = | Élévation du thalweg du 1 ^{er} seuil qui restera naturel |
| ☑ ÉLÉVATION RADIER AMONT | = | Élévation du thalweg du cours d'eau naturel |
| ☑ DÉNIVELÉ (Δh) MAX. | 150 mm | Ex. : Omble de fontaine, doré |
| | 100 mm | Ex. : Brochet, éperlan, achigan |
| ☑ ENNOIEMENT MIN. | 50 mm | Ex. : Omble de fontaine |
| | 100 mm | Ex. : Brochet, éperlan, achigan, doré |
| ☑ EMBLEMES DÉVERSOIRS | ≤ | 1.25 m des extrémités |
| | ≤ | 1.8 m entre deux déversoirs |
| | ≥ | (Δh / pente) entre deux déversoirs |
| ☑ HAUTEUR DÉVERSOIRS | ≥ | 500 mm |
| ☑ DIMENSIONS ENCOCHES | ☑ | Tableau 3.3 |
| | ☑ | Largeur ≥ 150 mm |
| | ☑ | Hauteur ≥ Dénivelé + Ennoiement |
| | ☑ | Assurer profondeur d'eau entre déversoirs ≥ 200 mm |
| | ☑ | Assurer profondeur d'eau entre déversoirs ≥ 2 X Δh |
| ☑ BASSIN DISSIPATION ÉNERGIE | ☑ | Largeur bassin ≥ 2 x largeur du ponceau |
| | ☑ | Longueur bassin ≥ 3 x largeur du ponceau |
| | ☑ | Profondeur bassin ≥ 1000 mm |
| | ☑ | Au moins trois blocs (0.75 m - 1 m) |
| | ☑ | Chenal d'étiage : dimensions comparables à celles des encoches des déversoirs |
| ☑ SEUIL | ☑ | Stable et étanche |
| | ☑ | Chenal d'étiage : dimensions comparables à celles des encoches des déversoirs |

Autres considérations - Loi sur les eaux navigables canadiennes

25

- Modification à la Loi sur la protection de la navigation en 2019
 - Nouveau nom = Loi sur les eaux navigables canadiennes (LENC)
 - Application de la LENC maintenue pour les cours d'eau principaux mentionnés en Annexe de la Loi
 - **Application de la LENC étendue aux cours d'eau secondaires considérés navigables**
- Se référer aux liens suivants:
 - [Loi sur les eaux navigables canadiennes \(justice.gc.ca\)](http://justice.gc.ca)
 - [Programme de protection de la navigation \(canada.ca\)](http://canada.ca)



Source: Transports Canada

- Être de bonne foi
- Enquête locale (marina, quais, embarcations)
- Suffisamment d'eau en crue 2 ans pour qu'un kayak/pédalo navigue = navigable (même si une seule journée)
- Fossé de drainage = non navigable

Autres considérations - Structure

26

CARACTÉRISTIQUES

Catégories et formes de ponceaux



Circulaire



Arqué



Elliptique
*vertical ou
horizontal



Voûté
*avec semelles ou
sur radier de béton



Portique
*avec semelles ou
sur radier de béton



Rectangulaire

Matériaux

- Béton
- TTO
- PEHD
- et autres

PONCEAUX PRÉDIMENSIONNÉS ET HOMOLOGUÉS – CRITÈRES DE SÉLECTION

- [Tome III – Ouvrages d'art - Les Publications du Québec \(gouv.qc.ca\)](http://gouv.qc.ca), chapitre 4
- [Documents contractuels - Transports et Mobilité durable Québec \(gouv.qc.ca\)](http://gouv.qc.ca)

- **Remblai minimum** au-dessus du ponceau pour une bonne répartition des charges
 - **Impact sur la forme retenue**, sur le rehaussement du profil de la route
- Remblai essentiel pour la **capacité structurale des structures flexibles**
 - **Dimensionnement suffisant** pour évacuer l'eau via la conduite
- Capacité de support des sols de fondation
 - Impact sur le choix de la conduite (matériau)
- **Surdimensionner les ponceaux sous forts remblais** pour permettre la réhabilitation
- Ponceau sur **semelles** : sur le roc ou tenir compte de l'affouillement – Code canadien sur le calcul des ponts routiers CAN/CSA-S6

Période de retour pour la conception

CARACTÉRISTIQUES

- Risque vs période de retour
 - Type de projet
 - Importance de la structure
 - Type de route
- Le chapitre 2 du *Tome III – Ouvrages d'art* des normes du Ministère spécifie la période de récurrence à retenir en fonction de la classe de la route au site à l'étude.
- Possible de prévoir des périodes de retour plus longues (selon les risques) ou plus faibles.

Tableau 2.1–3
Période de retour

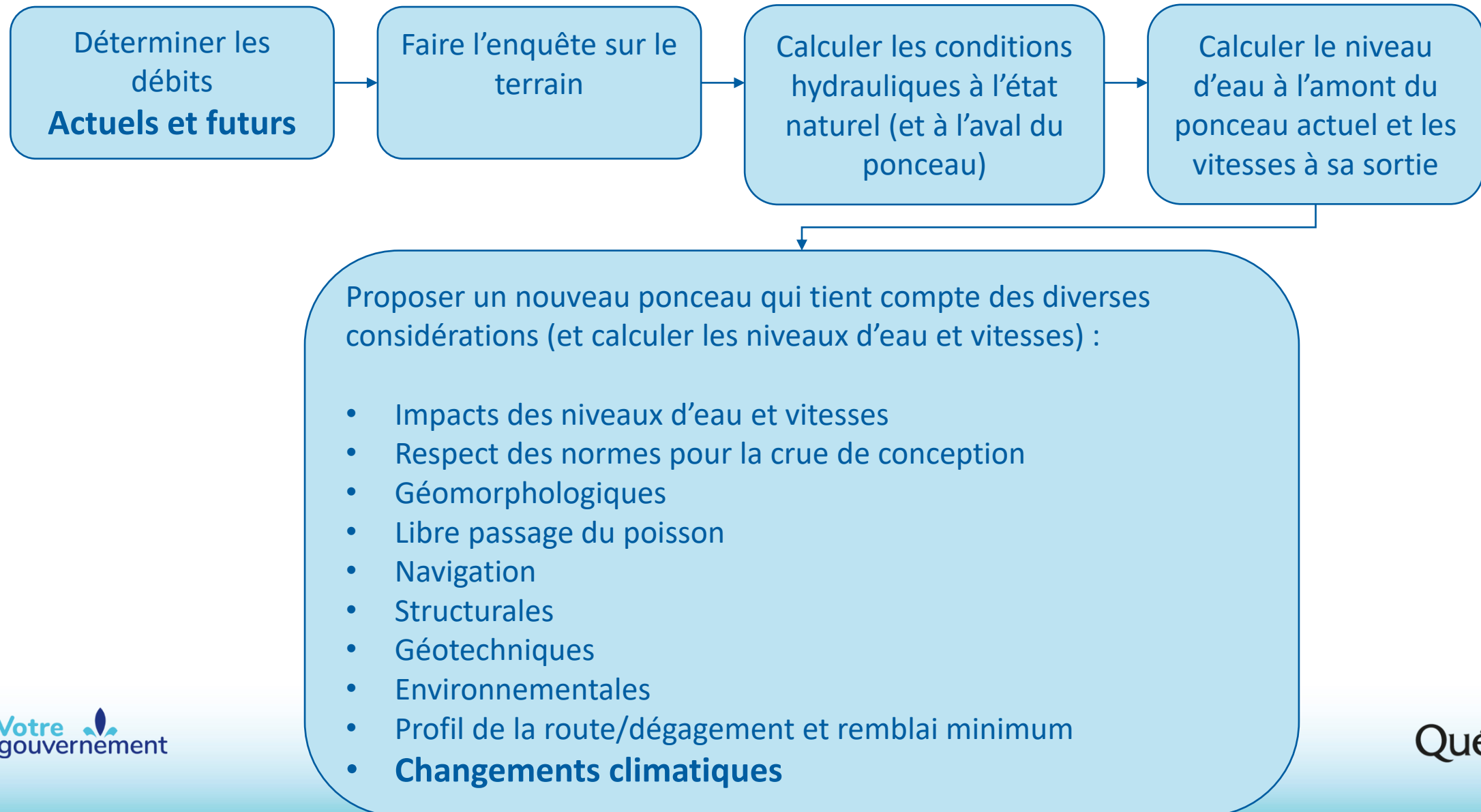
| Classification fonctionnelle de la route | Période de retour (T) de la crue normale de conception (ans) | |
|--|--|--|
| | Pont | Ponceau ⁽¹⁾ (écoulement sans charge) ⁽²⁾ |
| Autoroute | 100 | 50 |
| Nationale | 50 | 25 |
| Régionale | 50 | 25 |
| Collectrice, locale | 50 | 10 |
| Chemin d'accès aux ressources | 50 | 10 |
| Chemin de déviation | 2 à 5 | 2 à 5 |

1. Pour les ouvrages dont l'ouverture est de 4,5 m et plus, la conception hydraulique doit être réalisée comme celle d'un pont.
2. « Écoulement sans charge » signifie que l'élévation du niveau d'eau à l'amont et à l'aval du ponceau doit être inférieure à l'élévation de la couronne du ponceau.

Gestion du risque hydraulique pour les ouvrages du MTMD

- Comportement jusqu'à la crue de conception
 - Un ouvrage doit fonctionner normalement jusqu'à la crue de conception.
 - Ne devrait pas entraîner de fermeture de l'ouvrage durant la crue.
 - Ne devrait pas avoir d'enjeux hydrauliques.
- Comportement si la crue de conception est dépassée
 - On atteint le niveau de service pour lequel il devient possible de devoir fermer l'ouvrage.
 - Fermeture durant l'événement, parfois quelques jours.
 - Inspection, travaux mineurs.
 - À la crue de conception, les conséquences demeurent faibles.

Conception hydraulique des ponceaux - récapitulatif³⁰



Impacts des changements climatiques

31

POUR LES PETITS BASSINS VERSANTS

- Effets :
 - Augmentation de l'**intensité des précipitations** de courte durée
 - Risques géomorphologiques fluviaux et inondations
- Conséquences possibles :
 - **Endommagement** prématuré des infrastructures
 - Diminution de la **durée de vie utile** des ouvrages
 - Intensification des **interventions d'entretien**
 - Augmentation des **coûts** d'exploitation, de réhabilitation et de construction des ouvrages
 - Augmentation des **risques** pour assurer la desserte et la mobilité des communautés isolées
 - Perturbation et rupture de la **chaîne logistique**



Impacts des changements climatiques

POUR LES PETITS BASSINS VERSANTS

32

- Ouvrages sous la gestion du MTMD :
 - Environ 9 000 structures au-dessus d'un cours d'eau
 - **Environ 62 000 ponceaux transversaux** à la route dont l'ouverture est inférieure à 3 m
- Stratégies du MTMD :
 - Préconiser des **paramètres de conception** qui tiennent compte de la sévérité et de la fréquence des événements extrêmes futurs anticipés en considérant les changements climatiques
 - Collaborer à plusieurs **projets de recherche**
 - Participer à des programmes de **collectes de données**

Adaptation aux changements climatiques

33

BREF APERÇU DES SCÉNARIOS D'ÉMISSION DE GAZ À EFFET DE SERRE (GES)

- **RCP : Representative Concentration Pathways**

- Générations plus anciennes et présentées dans le rapport du GIEC de 2014
([AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 — IPCC](#))
- Scénario strict d'atténuation (RCP2.6), scénarios intermédiaires (RCP4.5 et RCP6.0) et scénario d'émissions très élevées de GES (RCP8.5)
- Les normes actuelles et à venir du MTMD sont basées sur les scénarios RCP4.5, RCP6.0 et RCP8.5

- **SSP : Shared Socioeconomics Pathways**

- Générations plus récentes, raffinées et présentées dans le rapport du GIEC de 2023
([AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023 \(ipcc.ch\)](#))
- Choix sociétaux associés à chaque scénario bien défini
- Scénarios d'émissions de GES faibles (SSP1-2.6), intermédiaires (SSP2-4.5), élevées (SSP3-7.0) et très élevées (SSP5-8.5)

Adaptation aux changements climatiques

34

BREF HISTORIQUE DES ADAPTATIONS AU MINISTÈRE

- **2004** : Recommandation **d'augmenter les débits de 10 %** pour les bassins versants inférieurs à 25 km² dans le Manuel de conception des ponceaux du MTMD
(en se basant sur une publication d'Ouranos - S'adapter aux changements climatiques, Ouranos, 2004)
- **2007** : Confirmation de l'augmentation des débits de 5 % à 15 %. **Recommandation à 10 % conservée** pour les bassins versants inférieurs à 25 km² dans le Manuel de conception des ponceaux du MTMD
(Étude de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), [Impacts et adaptations liés aux changements climatiques \(CC\) en matière de drainage urbain au Québec. – EspaceINRS](#), horizon 2041-2070, SRES A2 (proche du RCP8.5))
- **2015** : Mise à jour des normes (Tome III – Ouvrages d'art)
Majoration des débits de 18 % à 20 % pour les bassins versants inférieurs à 25 km²
(Étude de l'INRS, <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1197328.pdf>, horizon 2041-2070, scénario SRES A2 (proche du RCP8.5))
- **2021** : Mise à jour des normes (Tome III – Ouvrages d'art)
Les coefficients régionaux (**18 % à 20 %**) peuvent s'appliquer pour les bassins versants jusqu'à 60 km²
(Applicabilité de la méthode rationnelle à des BV > 25 km² selon étude de l'INRS, <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1220191.pdf>, et même référence qu'en 2015 pour le choix des facteurs)

Adaptation aux changements climatiques

ADAPTATIONS EN VIGUEUR

- **2024-2025** : Mise à jour des normes (Tome III – Ouvrages d’art) à venir en janvier 2025, mais application dès maintenant par un [Info-Structures](#):
 - Nouveau tableau de majoration pour les BV < 100 km²
 - Choix d’un horizon et d’une durée de précipitation pour déterminer le facteur de majoration

Études de l’INRS (<http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1260388.pdf> et [Estimation des débits de crues de petits bassins versants dans le cadre du projet Info-crue. – EspaceINRS](#), horizon variable, scénario équivalent à RCP6.0)

Pourcentage de majoration

| Horizon futur | | Durée (h) | | | | | | | |
|---------------|---------------|-----------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1h | 2h | 3h | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h |
| Jusqu’à | 2040[| 15 | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | [2040 - 2050[| 20 | 20 | 20 | 20 | 15 | 15 | 10 | 10 |
| | [2050 - 2060[| 30 | 25 | 25 | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 |
| | [2060 - 2070[| 35 | 30 | 30 | 25 | 25 | 20 | 20 | 15 |
| | [2070 - 2080[| 40 | 40 | 35 | 30 | 25 | 25 | 20 | 20 |
| | [2080 - 2090[| 45 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 25 | 20 |
| | [2090 et plus | 50 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 25 |

Choix de l’horizon (après la mise en service)

| Type d’ouvrage | Nombre d’années |
|--|-----------------|
| Ouvrages de drainage | 40 |
| Ponceau < 3 m | 40 * |
| Ouvrages d’art (ponts et murs, ponceaux ≥ 3 m) | 50 |
| Pont acier-bois sur caissons en bois | 40 |
| Ouvrage de protection contre l’érosion | 30 |

*À l’exception de ponceaux sous une autoroute ou situés sur un lien unique où une valeur de 50 ans doit être utilisée.

Adaptation aux changements climatiques

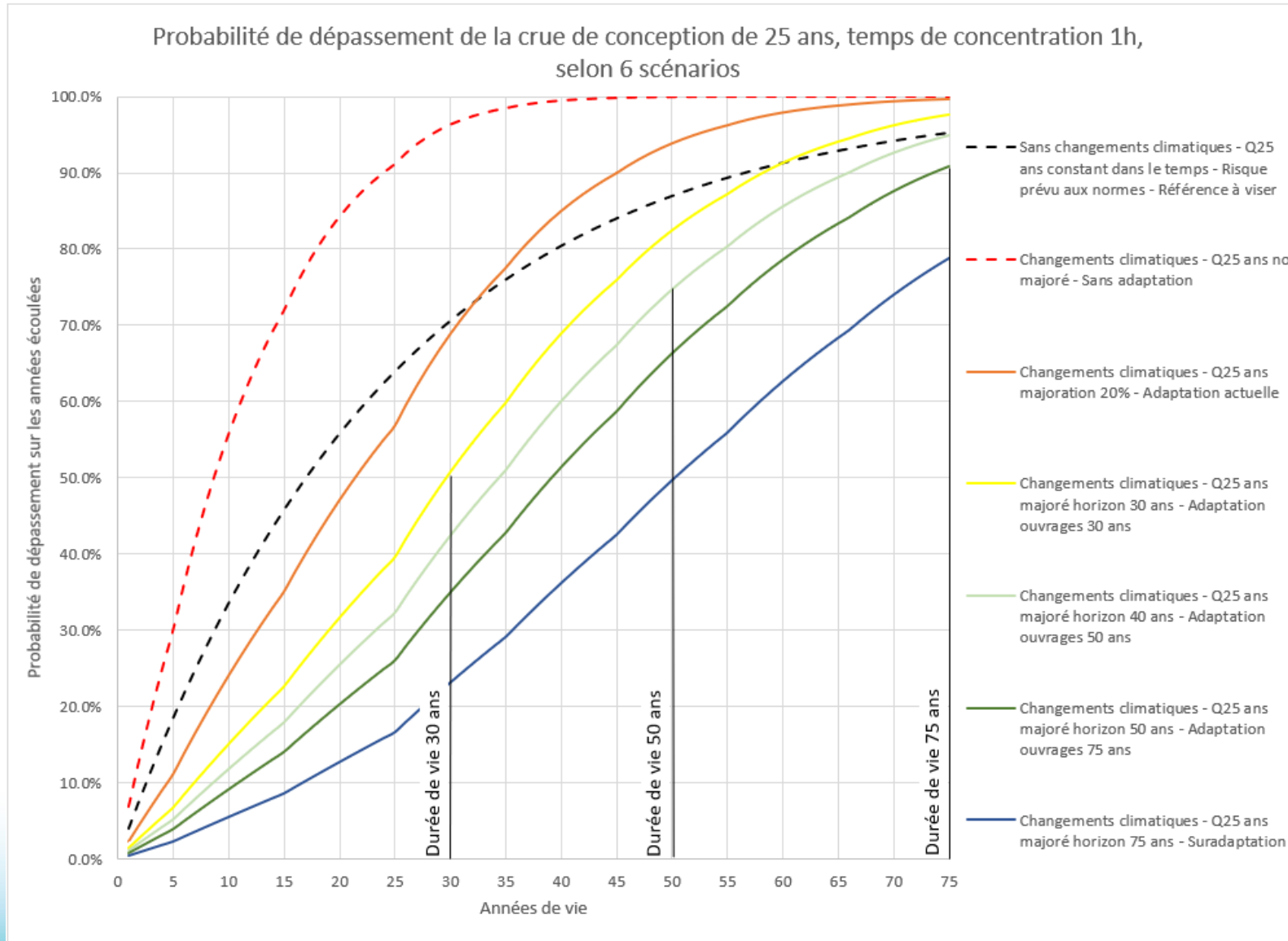
36

CHOIX D'UN HORIZON DE CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR LA CONCEPTION

- Le choix de l'horizon à appliquer pour les changements climatiques a été réalisé en analysant les **risques de dépassement** de la crue de conception sur la vie utile de l'ouvrage.
- L'objectif est de choisir un horizon qui respectera le **risque acceptable prévu aux normes** du MTMD tout en **évitant la sur-adaptation** aux changements climatiques qui n'est pas souhaitable.
- Le **choix de l'horizon** se fait en ajoutant un nombre d'années défini à la date de mise en service.
 - Durée de vie utile de 75 ans – Horizon de changement climatique visé de Mise en service + 50 ans
 - Durée de vie utile de 50 ans – Horizon de changement climatique visé de Mise en service + 40 ans
 - Durée de vie utile de 30 ans – Horizon de changement climatique visé de Mise en service + 30 ans

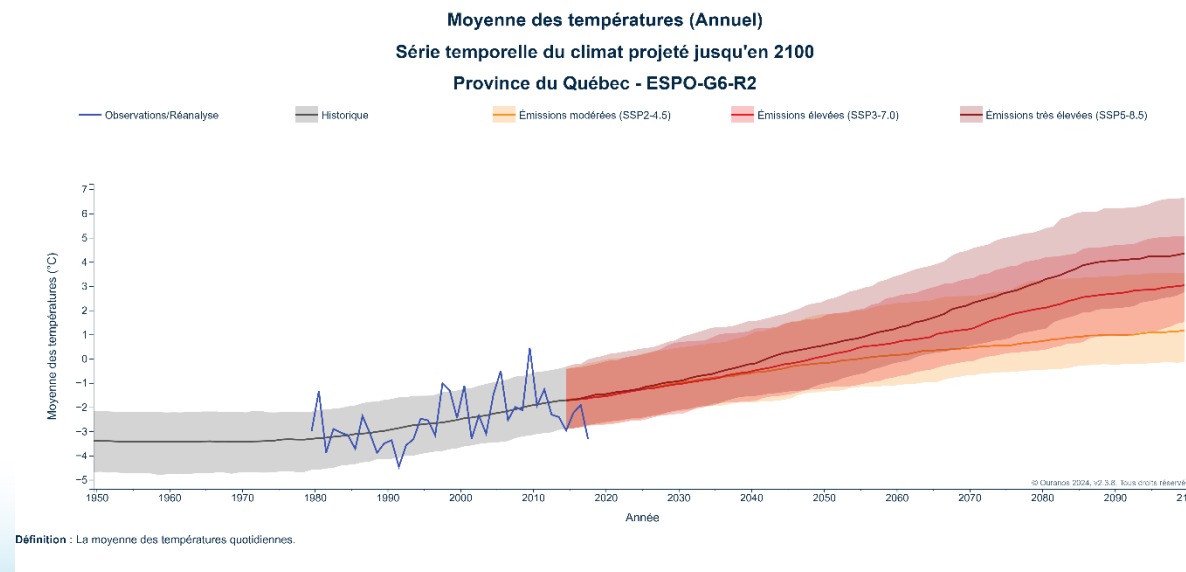
Adaptation aux changements climatiques

PROBABILITÉ DE DÉPASSEMENT SUR LA DURÉE DE VIE D'UN OUVRAGE



Enjeux liés aux changements climatiques

- Évolution rapide et constante de la science.
- Variabilité naturelle du climat (El Niño, activité volcanique), incertitude des modèles (niveaux de simplification, taille de la grille, façon de représenter les phénomènes physiques), incertitudes des scénarios d'émissions (politiques, choix de société).
- Responsabilité partagée – uniformisation entre les diverses instances gouvernementales.
- Impacts potentiellement considérables : revoir la gestion des actifs avec une vision de gestion des risques.





Questions