



MINISTÈRE DES TRANSPORTS ET DE LA MOBILITÉ DURABLE

# Notions hydrauliques utiles pour la préparation de projets routiers

Novembre 2024

La reproduction par quelque procédé que ce soit et la traduction, même partielles, sont interdites sans l'autorisation du ministère des Transports et de la Mobilité durable.

# Table des matières



<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>HYDROLOGIE</b> .....	<b>1</b>
<b>1 FACTEURS QUI INFLUENT SUR LE DÉBIT</b> .....	<b>1</b>
1.1 Caractéristiques physiographiques.....	1
1.1.1 Superficie du bassin versant.....	1
1.1.2 Forme du bassin versant.....	1
1.1.3 Pente .....	2
1.1.4 Utilisation du terrain.....	2
1.1.5 Sol et géologie .....	2
1.1.6 Emmagasinage.....	2
1.1.7 Orientation du bassin.....	2
1.1.8 Configuration du canal et géométrie de la plaine inondable.....	3
1.1.9 Densité de cours d'eau .....	3
1.2 Caractéristiques particulières du site .....	3
1.2.1 exhaussement et dégradation du lit.....	3
1.2.2 Glaces et débris .....	3
1.2.3 Changement saisonnier de la végétation.....	3
1.2.4 Modifications du cours d'eau .....	3
1.3 Conditions météorologiques .....	4
1.3.1 Pluie.....	4
1.3.2 Neige .....	4
1.3.3 Autres caractéristiques.....	4
<b>2 MÉTHODES D'ESTIMATION DES DÉBITS</b> .....	<b>4</b>
2.1 Méthode rationnelle.....	5
2.2 Analyse statistique à une station de jaugeage .....	5
2.2.1 Établissement de la courbe « période de retour-débit ».....	5
2.2.2 Extrapolation de la courbe « période de retour-débit » .....	6
2.2.3 Transfert des données.....	6
2.2.4 Facteur de pointe.....	6

2.3	Analyse régionale.....	6
2.4	Changements climatiques.....	6
<b>3</b>	<b>GESTION DES EAUX PLUVIALES.....</b>	<b>7</b>
3.1	Pratiques de gestion optimales.....	7
3.2	Station de pompage.....	8
3.2.1	Superficie de drainage.....	8
3.2.2	Bonnes pratiques de conception à privilégier.....	8
3.2.3	Emplacement de la station de pompage.....	9
3.2.4	Accès au site.....	9
3.2.5	Impact environnemental.....	9
3.3	Points de décharge.....	10
	<b>DRAINAGE.....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>DRAINAGE URBAIN.....</b>	<b>11</b>
1.1	Objectifs.....	11
1.2	Hydrologie.....	11
1.2.1	Coefficient de ruissellement.....	11
1.2.2	Temps de concentration.....	11
1.2.3	Intensité de pluie.....	15
1.3	Hydraulique.....	15
1.3.1	Méthode graphique.....	16
1.3.2	Méthode itérative.....	17
1.3.3	Exemple.....	17
1.4	Dimensionnement des conduites.....	19
1.4.1	Critères de conception.....	19
1.4.2	Accessoires.....	19
1.4.3	Procédure de dimensionnement.....	20
1.5	Emplacement des grilles de puisard.....	21
1.5.1	Écoulement le long des bordures.....	21
1.5.2	Largeur de filet d'eau admissible.....	22

---

1.5.3	Rendement hydraulique du caniveau .....	22
1.5.4	Efficacité des grilles.....	23
1.5.5	Intervalle de pose des grilles .....	25
1.5.6	Exemple.....	26
1.6	Bassins de rétention.....	28
1.6.1	Emplacement et ampleur du bassin.....	28
1.6.2	Détermination du volume de rétention .....	28
1.7	Modèles de simulation du drainage urbain .....	29
<b>2</b>	<b>DRAINAGE ET PROTECTION DES ABORDS DE ROUTE.....</b>	<b>30</b>
2.1	Fossés et entrées privées .....	30
2.2	Protection contre l'érosion .....	30
2.2.1	Fossés .....	31
2.2.2	Talus de remblais ou de déblais.....	32

# INTRODUCTION

Pour faciliter la gestion des modifications, l'annexe HYD - Hydraulique a été retirée du *Guide de préparation des projets routiers*. Le présent document remplace cette annexe.

## HYDROLOGIE

L'hydrologie est la science qui traite des eaux, de leur circulation, de leur distribution, de leurs propriétés physiques et chimiques et de leur relation avec l'environnement, dont les êtres vivants. Dans le domaine routier, les paramètres hydrologiques les plus importants sont les facteurs qui influencent le débit des eaux, les méthodes d'estimation du débit et la gestion des eaux pluviales.

### 1 FACTEURS QUI INFLUENT SUR LE DÉBIT

Dans l'évaluation du débit des eaux de ruissellement, on doit en général considérer les facteurs suivants :

- caractéristiques physiographiques;
- caractéristiques particulières du site;
- conditions météorologiques.

#### 1.1 Caractéristiques physiographiques

##### 1.1.1 Superficie du bassin versant

Un bassin versant est normalement délimité par une ligne de partage des eaux visible topographiquement. Il s'agit de la ligne qui divise, entre deux bassins adjacents, la précipitation, et ainsi les eaux qui alimentent deux systèmes de cours d'eau. La superficie d'un bassin comprend tout le territoire qui contribue au ruissellement des eaux de surface. La délimitation d'un bassin s'effectue généralement à l'aide de cartes topographiques, de LiDARS et de photographies aériennes, mais la vérification par une visite des lieux est souvent nécessaire.

##### 1.1.2 Forme du bassin versant

La forme du bassin exerce une influence considérable sur le ruissellement des eaux, de la ligne de partage des eaux jusqu'au site à l'étude. Par exemple, des bassins génèrent des débits différents selon qu'ils sont de forme circulaire ou allongée.

### 1.1.3 Pente

La pente du bassin influence directement le ruissellement, l'infiltration, l'humidité du sol et l'écoulement des eaux souterraines vers le cours d'eau. C'est un facteur majeur, qui contrôle le temps de l'écoulement de surface et la concentration des eaux vers un cours d'eau. La pente a un rapport direct avec l'ampleur de la crue. Il est possible de déterminer la pente d'un bassin en utilisant les courbes de niveau des cartes topographiques ou le LiDAR, ou encore en prenant des mesures sur le terrain. Plus la pente est forte, plus le temps de ruissellement est court et plus le débit est important.

### 1.1.4 Utilisation du terrain

L'utilisation du terrain est un facteur important à considérer dans l'évaluation des débits des eaux. Les secteurs boisés, en pâturage, en culture et urbanisés généreront des débits différents. Les secteurs urbanisés peuvent avoir un effet considérable sur l'hydrologie des bassins versants.

### 1.1.5 Sol et géologie

Le type de sol a un effet important sur le ruissellement, selon sa capacité d'infiltration. Par exemple, les graviers, les sables, les silts et les argiles ont des capacités d'infiltration différentes. Le type de sol peut être déterminé à partir des cartes pédologiques et des cartes de dépôts de surface. L'effet du type de sol varie avec l'ampleur, l'intensité et la durée de la pluie. Un sol gelé ou saturé peut également influencer sur le ruissellement et l'infiltration.

### 1.1.6 Emmagasinement

Il existe plusieurs formes d'emmagasinement des eaux pluviales :

- interceptions par la végétation;
- rétention de surface;
- emmagasinement transitaire de l'écoulement de surface ou dans un cours d'eau;
- accumulation dans les mares, les lacs, les marécages et les réservoirs.

L'impact des ouvrages de contrôle des crues sur les conditions en aval doit être pris en considération dans l'évaluation des débits et des niveaux d'eau.

### 1.1.7 Orientation du bassin

L'orientation du bassin peut influencer sur la transpiration, l'évaporation et la fonte de la neige. Si la pente générale du bassin est vers le sud, la neige tombée peut facilement fondre et s'infiltrer dans le sol ou ruisseler. Au contraire, si la pente générale est vers le nord, cette neige peut s'accumuler durant tout l'hiver et subsister jusqu'aux crues printanières, produisant alors des débits plus importants.

### **1.1.8 Configuration du canal et géométrie de la plaine inondable**

Les caractéristiques naturelles ou artificielles des cours d'eau ou des plaines inondables peuvent influencer le volume d'emmagasinage et le débit du cours d'eau. Par exemple, la présence de plaines inondables favorise l'étalement du cours d'eau et, par conséquent, réduit les débits et les niveaux d'eau.

### **1.1.9 Densité de cours d'eau**

La densité du cours d'eau représente la longueur de cours d'eau par unité de superficie du bassin versant. Ainsi, une forte densité de cours d'eau accélère l'écoulement des eaux et produit des débits plus importants.

## **1.2 Caractéristiques particulières du site**

### **1.2.1 Exhaussement et dégradation du lit**

L'exhaussement, c'est-à-dire la sédimentation des matériaux du lit, peut réduire la capacité hydraulique du cours d'eau, augmenter le niveau des eaux et engendrer un débit de débordement plus grand. La dégradation, soit, à l'inverse, l'érosion du matériau du lit, peut quant à elle augmenter la capacité hydraulique du cours d'eau, réduire l'effet d'atténuation des plaines inondables et engendrer un débit plus important en aval. Il est difficile de déterminer quantitativement les effets de l'exhaussement et de la dégradation, mais il faut tâcher de les prévenir lorsqu'il y a une route au voisinage du cours d'eau.

### **1.2.2 Glaces et débris**

La quantité et la dimension des glaces et des débris transportés par le cours d'eau doivent être prises en compte dans la conception des structures de drainage. Il est très important d'évaluer le risque d'embâcles de glace et de débris, qui ont une incidence considérable sur le niveau d'eau et le débit.

### **1.2.3 Changement saisonnier de la végétation**

La végétation saisonnière peut influencer sur le ruissellement en modifiant le coefficient de rugosité des plaines inondables. En été, la végétation augmente temporairement l'infiltration et l'emmagasinage, ce qui tend à modifier le ruissellement et le débit des eaux.

### **1.2.4 Modifications du cours d'eau**

Les modifications du cours d'eau peuvent consister en petits changements (dragage local, redressement mineur), en grandes améliorations (changement d'alignement, enlèvement d'obstructions) ou dans une installation majeure (digues de protection contre l'inondation, barrage).

## 1.3 Conditions météorologiques

### 1.3.1 Pluie

Les précipitations de pluie, qui peuvent varier considérablement d'une région à l'autre, influent directement sur l'importance du ruissellement de surface. La portion de pluie ayant ruisselé dépend de l'intensité, de la durée, de la fréquence, de la distribution de la pluie sur le bassin, de la direction du déplacement de l'orage, de la précipitation précédente et de l'humidité du sol.

### 1.3.2 Neige

Les crues majeures des grandes rivières sont souvent causées par la fonte des neiges. L'ampleur des crues provoquées par la fonte de la neige est directement proportionnelle à la superficie du bassin et à la quantité de neige accumulée.

Dans certains cas, un bassin versant composé de secteurs montagneux peut générer des débits de pointe primaire et secondaire au moment des crues printanières. À la fonte des neiges, les secteurs situés en basse altitude contribuent en premier au ruissellement et causent le débit de pointe primaire. La contribution des secteurs situés à plus haute altitude survient plus tard et cause le débit de pointe secondaire.

### 1.3.3 Autres caractéristiques

Plusieurs facteurs météorologiques, comme le vent, l'évaporation et la transpiration, sont en corrélation avec la température. Celle-ci influe directement sur la fonte de la neige et, par conséquent, la quantité d'eaux de ruissellement.

Le vent est un agent important du cycle hydrologique, car il contribue au transport de l'humidité. Les taux de précipitation, la fonte de la neige, l'évaporation du réservoir et plusieurs autres phénomènes hydrologiques sont directement influencés par celui-ci.

## 2 MÉTHODES D'ESTIMATION DES DÉBITS

Le choix de la méthode d'estimation des débits est souvent fonction de l'importance du bassin versant. Les bassins sont classés en trois catégories :

- superficie inférieure à 25 km<sup>2</sup>;
- superficie qui varie de 25 à 60 km<sup>2</sup>;
- superficie supérieure à 60 km<sup>2</sup>.

Les sections suivantes présentent les différentes méthodes utilisées par le Ministère pour déterminer les débits de crues. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive de toutes les méthodes existantes. De plus, il existe des méthodes spécifiques pour le calcul des débits en milieu urbain, mais elles ne sont pas abordées dans le présent document. D'autres ouvrages donnent plus d'information sur ces méthodes, dont le *Guide de gestion des eaux pluviales* (2011) du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

Il est très important de toujours calibrer les débits calculés en comparant les résultats de la modélisation aux observations faites lors d'une enquête sur le terrain.

**Il est également important de majorer adéquatement les débits pour tenir compte des changements climatiques.**

## 2.1 Méthode rationnelle

La méthode rationnelle est une relation empirique entre le débit de pointe, la superficie du bassin, le coefficient de ruissellement et l'intensité de la pluie. Elle est décrite dans le *Manuel de conception des ponceaux* du ministère des Transports et de la Mobilité durable. Cette méthode est très utilisée pour l'analyse des bassins versants dont la superficie est inférieure à 60 km<sup>2</sup> situés en milieu rural ou urbain.

## 2.2 Analyse statistique à une station de jaugeage

Cette méthode consiste dans l'analyse statistique des débits maximaux enregistrés à une station hydrométrique (station de jaugeage). Cette méthode, qui nécessite une importante collecte de données hydrologiques, peut être utilisée pour l'étude de bassins de 25 km<sup>2</sup> et plus. Elle n'est toutefois pas applicable aux emplacements où le cours d'eau est influencé, notamment par la présence de barrages qui contrôlent l'écoulement ou par des installations qui prélèvent d'importantes quantités d'eau.

Au Québec, il existe un réseau de stations de jaugeage qui couvre les principales rivières de la province. Les données hydrologiques enregistrées à chaque station, dont les débits maximaux et les hauteurs d'eau, peuvent être obtenues auprès du MELCCFP, d'Environnement Canada ou d'autres organisations publiques ou d'entreprises privées. Ces données peuvent être utilisées pour déterminer la relation « période de retour-débit » à chaque station.

### 2.2.1 Établissement de la courbe « période de retour-débit »

À partir des données enregistrées, on peut établir la courbe « période de retour-débit » en utilisant des méthodes statistiques (Log-Pearson type III, Log Normale, Gumbel, etc.).

### 2.2.2 Extrapolation de la courbe « période de retour-débit »

La courbe « période de retour-débit » doit souvent être extrapolée à l'extérieur des données enregistrées pour estimer les débits de conception des structures routières, à cause de la courte période d'enregistrement. La précision de l'extrapolation dépend de la durée de la période d'enregistrement.

### 2.2.3 Transfert des données

La méthode de transfert des données (transfert de bassin versant) est présentée dans les Lignes directrices pour l'estimation des débits de crue sur le territoire québécois, qui peuvent être consultées sur le site Web du MELCCFP.

### 2.2.4 Facteur de pointe

Les débits moyens journaliers sont principalement utilisés pour évaluer les débits maximaux annuels servant à l'analyse statistique. Pour obtenir les débits de pointe (débits instantanés), il faut majorer ces débits maximums par un facteur de pointe. Le facteur de pointe est obtenu en divisant le débit maximal instantané de la journée où le débit maximal moyen annuel a été atteint par ce dernier. Une moyenne doit être calculée à partir du facteur de pointe obtenu pour chacune des années disponibles. Des facteurs de pointe à différentes stations hydrométriques sur le territoire québécois sont disponibles sur le site Web du MELCCFP. Lorsque des données de pointe sont disponibles en assez grand nombre, les débits de pointe maximaux annuels peuvent être utilisés directement dans l'analyse statistique.

## 2.3 Analyse régionale

La méthode d'analyse régionale est présentée dans les *Lignes directrices pour l'estimation des débits de crue sur le territoire québécois*, qui peuvent être consultées sur le site Web du MELCCFP. Elle peut être utilisée pour les bassins de 60 km<sup>2</sup> et plus.

## 2.4 Changements climatiques

Les débits calculés doivent être majorés pour tenir compte des changements climatiques. Les valeurs de majoration à utiliser varient selon la dimension du bassin versant et sont présentées dans le *Tome III – Ouvrages d'art de la collection Normes – Ouvrages routiers* du Ministère, disponible sur le site Web des Publications du Québec.

### 3 GESTION DES EAUX PLUVIALES

L'objectif fondamental de la gestion des eaux pluviales est d'atténuer les changements dans la qualité et la quantité des eaux de ruissellement attribuables à un changement d'utilisation du terrain.

La présence d'une route réduit l'infiltration naturelle et augmente le taux de ruissellement. La surface asphaltée, combinée avec un système de drainage efficace, cause une augmentation du volume et de la vitesse des eaux de ruissellement et augmente la quantité de polluant déversé dans le milieu récepteur. L'implantation de pratiques de gestion optimale (PGO) des eaux peut réduire ou éliminer complètement l'effet de l'augmentation du ruissellement et améliorer la qualité de l'eau ruisselée.

Selon le type de projet, des exigences particulières peuvent s'appliquer à la gestion des eaux pluviales. Le concepteur a la responsabilité de s'assurer que la conception proposée respecte toutes les exigences relatives à la gestion des eaux pluviales (MELCCFP, MRC et municipalités). Par exemple, un contrôle quantitatif et qualitatif des eaux peut être exigé pour des projets étant assujettis à une demande d'autorisation ou une déclaration de conformité selon le Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE). Le volet quantitatif exigera notamment que la quantité des débits après le développement soit la même que celle avant le développement, et ce, pour diverses périodes de retour. Le volet qualitatif impliquera quant à lui l'enlèvement de divers polluants comme les matières en suspension.

Le *Guide de gestion des eaux pluviales*, qui se trouve sur le site Web du MELCCFP, présente différentes approches et techniques permettant de réduire les conséquences hydrologiques de l'urbanisation.

#### 3.1 Pratiques de gestion optimales

La mise en place de pratiques de gestion optimales des eaux pluviales (PGO) permet d'atteindre les objectifs fixés par le MELCCFP. À ce sujet, le *Guide de gestion des eaux pluviales* présente les différentes techniques possibles. Un manuel présentant les exigences particulières du Ministère en la matière est en cours d'élaboration. Une fois publié, il aura préséance sur les lignes directrices du présent document.

Un système de gestion des eaux pluviales peut comprendre un ou plusieurs types de PGO. L'emplacement et les dimensions des ouvrages peuvent varier selon les conditions hydrologiques dans le bassin versant.

La mise en place des PGO peut être réalisée à l'intérieur des emprises et des échangeurs, et peut exiger l'expropriation de parcelles de terrain supplémentaires. Des aménagements particuliers peuvent être réalisés à même les ouvrages afin d'atténuer les impacts sur le milieu environnant.

## 3.2 Station de pompage

La station de pompage est un ouvrage coûteux. Elle est utilisée pour le drainage des eaux pluviales, lorsque le niveau du dessus de la route est inférieur au niveau des fossés ou des conduites fermées. La construction d'une station de pompage ne devrait être considérée qu'en dernier recours étant donné les coûts d'entretien s'y rattachant et les risques possibles en cas de bris.

### 3.2.1 Superficie de drainage

La superficie de drainage est le principal élément à prendre en considération dans la conception d'une station de pompage, puisque la capacité et le coût de la station de pompage y sont proportionnels. Afin de réduire la superficie de drainage, il est possible :

- de maximiser le niveau du dessus de la route et de réduire la longueur à drainer;
- d'utiliser des conduites aussi profondes que possible, pour favoriser un écoulement gravitaire vers les points de décharge;
- d'utiliser des murs de soutènement, si possible, afin de réduire la largeur de déblai;
- d'empêcher l'écoulement des eaux de ruissellement de la zone extérieure vers la station de pompage au moyen de digues ou de fossés d'interception.

### 3.2.2 Bonnes pratiques de conception à privilégier

Les bonnes pratiques suivantes devraient minimalement être privilégiées dans la conception de stations de pompage :

- si la configuration du secteur le permet, prévoir un ouvrage de trop-plein gravitaire en cas de mauvais fonctionnement de la station;
- si la configuration du secteur ne permet pas la mise en place d'un trop-plein gravitaire, un volume de rétention devrait être construit en amont de la station de pompage. Ce volume d'emmagasinement doit être conçu de manière à donner un temps de réaction acceptable pour la mise en place de mesures d'urgence en cas de panne totale de la station de pompage;
- si la configuration du secteur ne permet pas la mise en place d'un trop-plein gravitaire, un plan de mesures d'urgence doit être mis en place. La conception générale de la station de pompage doit tenir compte des exigences du plan de mesures d'urgence;
- une redondance des pompes et des équipements de la station doit être prévue dans la conception;
- la présence de sédiments dans l'eau pompée doit être prise en compte dans l'aspect durabilité des éléments mécaniques de la station de pompage;
- la conception proposée doit faciliter l'entretien de la station de pompage et permettre son opération durant les travaux d'entretien;
- la mise en place de télémétrie pour l'activation de pompes d'urgence en cas de niveaux très hauts est recommandée.

### 3.2.3 Emplacement de la station de pompage

En général, il n'est ni pratique ni utile d'installer la station de pompage à proximité du point bas de la route pour les raisons suivantes :

- la station peut être inondée en cas de mauvais fonctionnement;
- la sécurité du personnel d'entretien ne peut être assurée;
- la station peut constituer un obstacle à la circulation routière;
- l'accès à la station est difficile.

En général, l'emplacement de la station doit respecter au moins les caractéristiques suivantes :

- être au niveau du terrain naturel au sommet du déblai;
- être sur la berge du fossé de sortie;
- se trouver à proximité de l'intersection des routes.

### 3.2.4 Accès au site

La station de pompage doit être inspectée et entretenue fréquemment. Il est donc nécessaire de prévoir les aménagements suivants :

- stationnement;
- espace pour la circulation des véhicules lourds;
- route d'accès.

### 3.2.5 Impact environnemental

Dans la conception d'une station de pompage, on doit tenir compte des aspects environnementaux suivants :

#### Impact visuel

Pour atténuer l'impact visuel, on peut :

- réduire la pente du talus;
- augmenter la superficie de végétation, naturelle ou artificielle;
- cacher les réservoirs d'emmagasinement;
- utiliser des pompes submersibles pour augmenter la partie souterraine de la station;
- enfouir les installations de services publics (électricité, téléphone, etc.);
- utiliser des matériaux de construction qui s'intègrent bien à l'architecture environnante.

## Qualité de l'eau

Les eaux pompées doivent être évacuées par un système d'égout pluvial et elles doivent être conformes aux exigences environnementales relatives aux eaux pluviales. Dans le cas contraire, un traitement spécial pour atténuer la pollution du cours d'eau d'accueil peut être nécessaire.

### 3.3 Points de décharge

Tout système d'égout pluvial doit avoir un point de décharge. Il peut s'agir d'une rivière ou d'un plan d'eau naturel, d'un système d'égout pluvial ou encore d'un canal.

La conception doit se faire en tenant compte des points suivants :

- le niveau des eaux à la sortie de l'égout pluvial doit être égal ou supérieur au niveau des eaux en aval. Dans le cas contraire, il faut pomper les eaux pluviales jusqu'à l'élévation du cours d'eau en aval ou en abaisser le lit afin d'assurer l'écoulement par gravité;
- le potentiel de refoulement des eaux du cours d'eau en aval dans le système d'égout doit être pris en considération;
- le lit du cours d'eau et les berges doivent être protégés contre l'érosion aux extrémités de l'égout pluvial.

Si possible, la conduite à la sortie du système doit être orientée dans le même sens que le cours d'eau en aval. Cela permettra de réduire la perturbation de l'écoulement et l'érosion excessive.

# DRAINAGE

## 1 DRAINAGE URBAIN

### 1.1 Objectifs

L'objectif du drainage routier est d'assurer le passage sécuritaire des véhicules durant une précipitation. Le réseau de drainage est conçu de façon à collecter les eaux de ruissellement provenant de la chaussée et des surfaces adjacentes, à les transporter sous la chaussée ou à côté, et, enfin, à les rejeter à un point de décharge sans impact indésirable à ce point ou en aval de ce dernier.

Le réseau de drainage doit être conçu de façon à contrôler adéquatement l'eau de ruissellement. L'élimination rapide des précipitations de la surface de roulement réduit les risques d'aquaplanage. Le ruissellement de surface est fonction des pentes transversale et longitudinale de la chaussée, de la rugosité du revêtement, ainsi que de l'espacement et de la capacité des grilles de puisards.

Le but des systèmes de transport et de contrôle des eaux de ruissellement (conduites fermées, canaux ouverts, pompes, réservoirs, etc.) est de fournir un moyen efficace de transporter les eaux de leur point d'entrée jusqu'aux points de décharge, sans surcharger les puisards ni causer de surcharges, que ce soit en surface ou dans les conduites.

### 1.2 Hydrologie

L'une des méthodes les plus utilisées pour évaluer le débit de pointe provenant du ruissellement des petits bassins versants est la méthode rationnelle. Cette méthode est présentée dans le *Manuel de conception des ponceaux* du Ministère. Quelques particularités du drainage urbain y sont également décrites.

#### 1.2.1 Coefficient de ruissellement

Les valeurs les plus couramment utilisées en milieu urbain sont indiquées dans le *Manuel de conception des ponceaux* du Ministère. Le coefficient de ruissellement peut être pondéré pour tenir compte des proportions de diverses surfaces.

#### 1.2.2 Temps de concentration

L'utilisation de la méthode rationnelle implique de déterminer le temps de concentration, qui permet d'obtenir l'intensité de pluie et, par conséquent, le débit de pointe. Tout d'abord, il faut distinguer deux types d'écoulement :

- écoulement de surface (temps de concentration, soit  $t_c$ );
- écoulement dans un cours d'eau ou dans un système d'égout pluvial (temps d'écoulement, soit  $t_e$ ).

Le calcul de la dimension de la conduite s'effectue alors avec la somme de ces deux temps (temps de concentration cumulatif, soit  $t_{cc}$ ) :

$$t_{cc} = t_c + t_e \quad (\text{équation 1})$$

## Écoulement de surface

Pour effectuer une évaluation préliminaire du temps de concentration d'un petit bassin versant urbain, le tableau suivant peut être utilisé.

Temps de concentration ( $t_c$ ) pour petits bassins versants urbains

Type de drainage	Temps de concentration ( $t_c$ )
Zone de drainage dense avec des surfaces imperméables à proximité des puisards	5 min
Zone urbaine bien développée avec des pentes relativement faibles	10-15 min
Secteur résidentiel avec des pentes faibles et des puisards espacés	20-30 min

Pour arriver à une évaluation plus précise, plusieurs formules permettent de calculer le temps de concentration. La plupart nécessitent de connaître la longueur de l'écoulement ( $L$ ) et la pente d'écoulement ( $S$ ). Les équations les plus utilisées sont les suivantes :

### Équation Bransby-Williams

Cette équation, qui exige la connaissance de la superficie du bassin versant, est utilisée lorsque le coefficient de ruissellement ( $C$ ) est supérieur ou égal à 0,4.

$$t_c = \frac{0,057L}{S_c^{0,2} A^{0,1}} \quad (\text{équation 2})$$

### Équation « Airport »

Cette équation est facile à utiliser, mais elle exige également la connaissance du coefficient de ruissellement. Elle peut être utilisée lorsque le coefficient de ruissellement est inférieur à 0,4.

$$t_c = \frac{3,26(1,1-C)L^{0,5}}{S_c^{0,33}} \quad (\text{équation 3})$$

### Équation « Kerby »

Cette équation peut être utilisée pour des bassins ayant une superficie inférieure à 4 ha, une pente de l'ordre de 1 % et une longueur d'écoulement maximale de 365 m.

$$t_c = \left( \frac{2,187rL}{S_o^{0,5}} \right)^{0,467} \quad (\text{équation 4})$$

Les coefficients de retardement ( $r$ ), qui dépendent de la surface, sont présentés dans le tableau suivant.

Coefficient de retardement ( $r$ ) dans l'équation de Kerby

Surface d'écoulement	Coefficient de retardement ( $r$ )
Surface imperméable lisse	0,02
Sol nu relativement lisse	0,10
Gazon clairsemé	0,20
Pâturage, gazon commun	0,40
Gazon dense et long	0,80
Forêt de feuillus avec sous-bois clairsemé	0,60
Forêt de feuillus avec sous-bois dense	0,80
Forêt de conifères	0,80

Bien qu'elles soient similaires, les valeurs présentées dans le présent tableau ne doivent pas être confondues avec les valeurs du coefficient de rugosité de Manning pour l'écoulement en nappe.

(Source : adapté de Kerby, 1959)

Éléments des formules précédentes :

$t_c$  : temps de concentration (min)

$L$  : longueur de l'écoulement (m)

$S_c$  : pente d'écoulement « 85-10 », selon le *Manuel de conception des ponceaux* du Ministère

$S_o$  : pente du bassin versant (m/m)

$C$  : coefficient de ruissellement

$A$  : superficie du bassin versant (ha)

$r$  : coefficient de retardement

## Écoulement dans un cours d'eau ou dans un système d'égout pluvial

L'écoulement des eaux dans un cours d'eau ou dans un système d'égout pluvial doit être évalué différemment de l'écoulement de surface, parce que la vitesse d'écoulement y est plus élevée. On peut utiliser l'équation de Manning, ci-dessous, pour calculer la vitesse d'écoulement, et ensuite en déduire le temps d'écoulement :

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{équation 5})$$

$$t_e = \frac{L}{60V} \quad (\text{équation 6})$$

Le temps de concentration cumulatif est ensuite obtenu au moyen de l'équation 1, en faisant la somme des temps de concentration et d'écoulement :

$$t_{cc} = t_c + t_e \quad (\text{équation 1})$$

En tout temps, le temps de concentration cumulatif doit être égal ou supérieur à 5 minutes.

Éléments des formules précédentes :

V : vitesse d'écoulement (m/s)

n : coefficient de rugosité de Manning, évalué selon le tableau D.5-1 du *Manuel de conception des ponceaux* du Ministère

$R_h$  : rayon hydraulique (m),  $R_h = \frac{A}{P_m}$

A : surface d'écoulement (m<sup>2</sup>)

$P_m$  : périmètre mouillé (m)

S : pente longitudinale de l'ouvrage (m/m)

$t_e$  : temps d'écoulement (min)

### 1.2.3 Intensité de pluie

La méthode rationnelle suppose que l'intensité de la pluie est constante durant le temps de concentration sur l'ensemble du bassin.

La façon la plus pratique d'obtenir l'intensité est d'utiliser les courbes IDF (intensité-durée-fréquence) établies aux stations météorologiques voisines du site à l'étude. L'intensité est prise graphiquement vis-à-vis du temps de concentration cumulatif correspondant sur la courbe de fréquence, choisie en fonction de la période de retour, ou encore, elle peut être calculée selon les formules correspondant aux courbes. Les périodes de retour à prendre en considération pour les ponts et les ponceaux sont indiquées au tableau 2.1–3 du chapitre 2 du *Tome III – Ouvrages d'art*, et celles pour les conduites fermées, au tableau 3.3–1 du chapitre 3 du *Tome II – Construction routière*.

Si les courbes IDF ne sont pas disponibles, la figure 3.5-2 du *Manuel de conception des ponceaux* peut être utilisée pour trouver les isohyètes de l'intensité de la précipitation (mm/h) d'une durée d'une heure et d'une période de retour de 25 ans ( $I_{25,60}$ ) pour l'ensemble du territoire québécois.

## 1.3 Hydraulique

La capacité hydraulique d'une conduite est déterminée par ses dimensions, sa forme, son coefficient de rugosité et sa pente longitudinale.

La formule courante pour établir une relation entre le débit et les paramètres de la conduite en écoulement permanent à surface libre est tirée de l'équation de Manning :

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{équation 7})$$

Cette équation est valable pour l'écoulement de l'eau dans les cours d'eau, les fossés, les caniveaux et les conduites.

Pour une conduite circulaire coulant pleine, l'équation de Manning transformée en fonction du diamètre devient :

$$Q = \frac{0,312}{n} D^{8/3} S^{1/2} \quad (\text{équation 8})$$

En conception, la recherche du diamètre de la conduite amène à transformer l'équation comme suit :

$$D = 1,548 \left( \frac{nQ}{\sqrt{S}} \right)^{3/8} \quad (\text{équation 8a})$$

Éléments des formules précédentes :

Q : débit ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

n : coefficient de rugosité de Manning, évalué selon le tableau D.5-1 du *Manuel de conception des ponceaux* du Ministère

A : surface d'écoulement ( $\text{m}^2$ )

$R_h$  : rayon hydraulique (m),  $R_h = \frac{A}{P_m}$

$P_m$  : périmètre mouillé (m)

S : pente longitudinale de l'ouvrage (m/m)

D : diamètre (m)

Le diamètre calculé pour une conduite circulaire doit être arrondi au diamètre commercial supérieur le plus proche. La capacité hydraulique de la conduite choisie sera donc supérieure au débit de conception (Q).

En conséquence, la conduite choisie ne coulera pratiquement jamais à pleine capacité au débit de conception. La vitesse réelle d'écoulement (V), ou vitesse de conception, sera alors différente de la vitesse d'écoulement à pleine capacité ( $V_o$ ).

Il existe deux méthodes pour obtenir la vitesse réelle d'écoulement correspondant au débit de conception, soit :

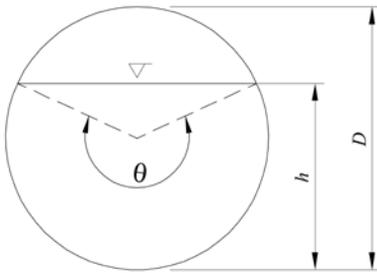
- la méthode graphique;
- la méthode itérative.

### 1.3.1 Méthode graphique

Cette méthode consiste à utiliser l'abaque à la figure D.1-1 du *Manuel de conception des ponceaux* du Ministère. Le graphique est utilisé en introduisant en abscisse le rapport du débit de conception au débit de pleine capacité ( $Q/Q_o$ ) et en établissant le rapport de la vitesse de conception à la vitesse pleine capacité ( $V/V_o$ ).

### 1.3.2 Méthode itérative

Pour cette méthode, il faut utiliser les paramètres de base d'une conduite circulaire partiellement pleine et l'équation 7, soit :



$$\theta = 2 \arccos \left( 1 - 2 \frac{h}{D} \right) \text{ où } \theta \text{ est exprimé en radians}$$

$$A = (\theta - \sin \theta) \frac{D^2}{8}$$

$$P_m = \frac{\theta D}{2}$$

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

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

Il s'agit d'essayer successivement différentes valeurs de  $h$  jusqu'à l'obtention dans la conduite de la hauteur d'eau correspondant au débit de conception. La vitesse réelle d'écoulement est égale au rapport du débit sur la section d'écoulement correspondant ( $V = Q/A$ ).

### 1.3.3 Exemple

#### Données de départ

- Débit :  $Q = 0,066 \text{ m}^3/\text{s}$
- Pente longitudinale de la conduite :  $S = 1 \%$
- Coefficient de rugosité de Manning :  $n = 0,013$  (béton)

#### Valeurs à trouver

- Diamètre commercial
- Vitesse d'écoulement dans la conduite correspondant au débit de conception (vitesse réelle d'écoulement)

#### Solution : diamètre commercial

À partir de l'équation 8a, on obtient :

$$D = 1,548 \left( \frac{nQ}{\sqrt{S}} \right)^{3/8} = 1,548 \left( \frac{0,013 \times 0,066}{\sqrt{0,01}} \right)^{3/8}$$

$$D = 0,26 \text{ m} = 260 \text{ mm}$$

Le diamètre commercial supérieur le plus proche est 300 mm.

**Solution : vitesse réelle d'écoulement (ou de conception)****Méthode graphique**

À partir de l'équation 8, on obtient :

$$Q_o = \frac{0,312}{n} D^{8/3} S^{1/2} = \frac{0,312}{0,013} (0,3)^{8/3} \sqrt{0,01} = 0,0968 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{Q}{Q_o} = \frac{0,066 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0968 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,68$$

L'abaque D.1-1 du *Manuel de conception des ponceaux* permet d'obtenir graphiquement le rapport  $V/V_o = 1,075$  :

$$V_o = \frac{Q_o}{A_o} = \frac{0,0968}{\left[ \frac{\pi(0,3)^2}{4} \right]} = 1,37 \text{ m/s}$$

$$V = 1,075 V_o = 1,075(1,37) \text{ m/s}$$

$$V = 1,47 \text{ m/s}$$

**Méthode itérative**

On doit utiliser l'équation 7 :

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

Dans cette équation, A et  $R_h$  sont inconnus. Il faut donc essayer différentes hauteurs d'eau (h) jusqu'à ce qu'on obtienne un débit calculé égal à  $Q = 0,066 \text{ m}^3/\text{s}$ . L'expression du débit calculé en introduisant les valeurs connues devient :

$$Q = 7,6923 A R_h^{2/3}$$

Le tableau des essais est le suivant :

Essai	H (m)	$\theta$ (rad)	A (m <sup>2</sup> )	P <sub>m</sub> (m)	R <sub>n</sub> (m)	Q calculé (m)	Vérification
1	0,200	3,821	0,0501	0,573	0,0872	0,075	0,075 > 0,066
2	0,180	3,544	0,0443	0,532	0,0833	0,065	0,065 < 0,066
3	0,185	3,613	0,0457	0,542	0,0843	0,067	0,067 > 0,066
4	0,182	3,572	0,0449	0,535	0,0838	0,066	0,066 = 0,066

Donc,  $h = 0,182$  m

$$A = 0,04487 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,066}{0,04487} = 1,47 \text{ m/s}$$

## 1.4 Dimensionnement des conduites

### 1.4.1 Critères de conception

Les critères techniques de conception, comme la vitesse d'écoulement minimale, la vitesse maximale, la profondeur et le choix des matériaux, sont présentés dans la collection Normes - Ouvrages routiers du Ministère.

Il est à noter que, pour un débit de conception, l'écoulement dans les conduites est toujours à surface libre, et jamais en charge.

### 1.4.2 Accessoires

Les accessoires du réseau sont les puisards, les regards, les drains, les conduites de raccordement, les capteurs de fossés, etc. Les caractéristiques de ces accessoires sont définies dans la collection Normes – Ouvrages routiers du Ministère.

Les regards doivent être situés aux endroits suivants :

- à la rencontre de deux conduites pluviales ou plus;
- à un changement de diamètre;
- à un changement de pente longitudinale;
- à un changement d'alignement horizontal.

L'espacement des regards est fixé en fonction des contraintes d'entretien. Le tableau suivant donne les distances maximales recommandées.

#### Distance maximale entre les regards

Diamètre (mm)	Distance maximale (m)
< 900	120
900 et +	250

### 1.4.3 Procédure de dimensionnement

La conception d'un réseau pluvial peut se faire selon les étapes suivantes :

#### Étape 1

Préparer un croquis montrant les plans et profils préliminaires du système pluvial et contenant l'information suivante :

- emplacement de toutes les installations de services publics existantes;
- emplacement des futures conduites;
- emplacement des futurs regards et des autres structures;
- numérotation ou codification des regards et des autres structures.

#### Étape 2

Déterminer les surfaces qui se draineront à chaque entrée du réseau ainsi que les paramètres hydrologiques de chacune des surfaces, soit la superficie, la pente, le coefficient de ruissellement, le temps de concentration, etc.

#### Étape 3

Effectuer les calculs pour le dimensionnement du réseau pluvial.

## 1.5 Emplacement des grilles de puisard

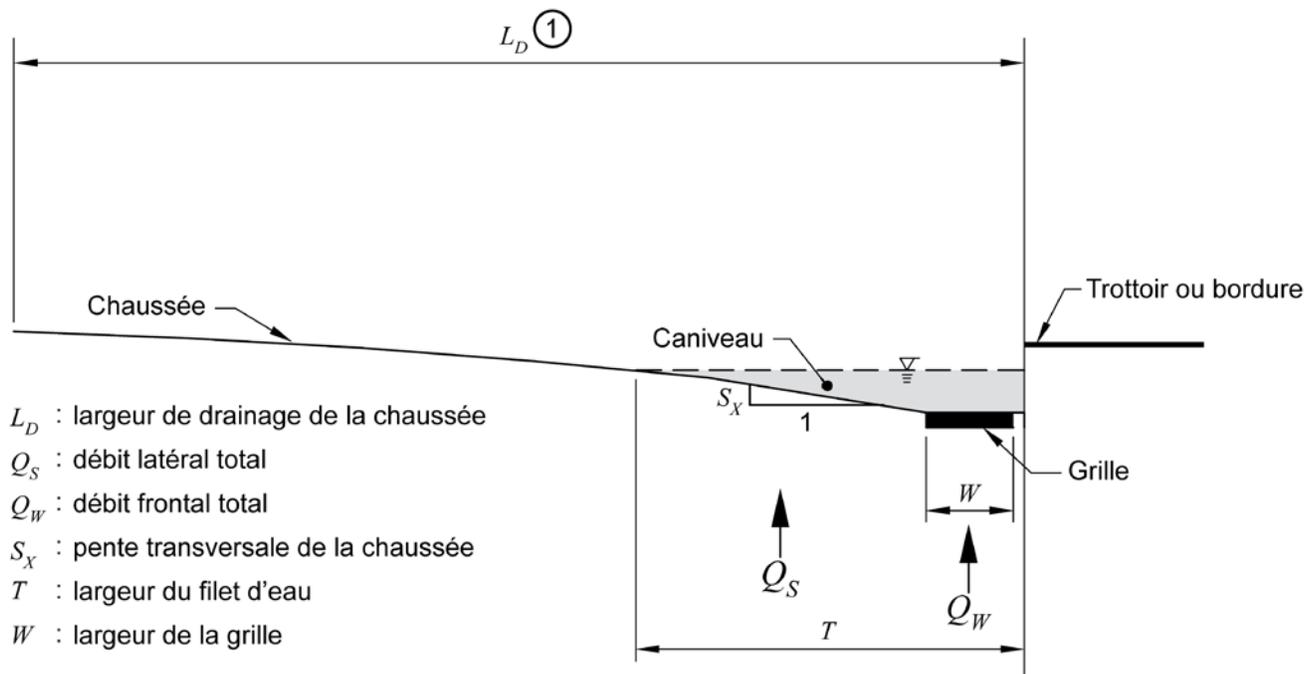
La présente section permet de déterminer la distance requise entre les puisards. Leur localisation doit notamment permettre :

- d’intercepter l’écoulement avant les intersections, idéalement au début du rayon de courbure;
- d’intercepter l’eau pour éviter qu’elle ne traverse la route, par exemple lorsqu’il y a un changement de dévers;
- de recueillir l’eau s’écoulant dans les points bas (s’assurer d’avoir deux puisards aux points bas).

### 1.5.1 Écoulement le long des bordures

L’écoulement le long des bordures s’effectue généralement selon une forme triangulaire, délimitée par la pente transversale de la route et la bordure ou le trottoir (caniveau). Les détails sont présentés à la figure suivante.

Détails d’un écoulement triangulaire



- ① La largeur de drainage de la chaussée ( $L_D$ ) peut également inclure des surfaces imperméables adjacentes (trottoir, stationnement, etc.)

(Source : *Guide de préparation des projets routiers*, annexe HYD – Hydraulique, figure 3, 2018.)

### 1.5.2 Largeur de filet d'eau admissible

La largeur de filet d'eau admissible est la largeur du revêtement, à partir de la bordure, sur laquelle on permet l'accumulation ou l'écoulement d'eau. Cette largeur a une grande importance, notamment en ce qui concerne le niveau de service de la route, la sécurité et les coûts. La largeur de filet d'eau correspondant à la période de retour choisie doit être égale ou inférieure à la largeur admissible indiquée au tableau suivant.

Largeur de filet d'eau admissible pour différentes classes de route

Classification fonctionnelle	Période de retour <sup>(1)</sup>	Largeur de filet admissible (T) <sup>(2)</sup>	
Autoroute	50 ans	Accotement	+ 1,5 m
Nationale et régionale	25 ans	Accotement ou stationnement	+ 1,5 m
Collectrice et locale	10 ans	Accotement ou stationnement	+ 1,5 m

(1) Selon le tableau 3.3-1 « Période de retour du débit de conception pour les conduites fermées » du chapitre 3 « Drainage » du *Tome II – Construction routière* de la collection Normes – Ouvrages routiers du Ministère.

(2) La largeur des accotements peut être trouvée dans les dessins normalisés 001 à 006 du chapitre 5 « Profils en travers » du *Tome I – Conception routière* de la collection Normes – Ouvrages routiers du Ministère.

### 1.5.3 Rendement hydraulique du caniveau

Le rendement hydraulique du caniveau peut être évalué à partir de l'équation de Manning appliquée à un canal de forme triangulaire (voir la figure précédente) :

$$Q = \frac{0,3784}{n} S_x^{1,67} S_o^{0,5} T^{2,67} \quad (\text{équation 9})$$

- où
- Q : débit (m<sup>3</sup>/s)
  - n : coefficient de rugosité de Manning, évalué selon le tableau ci-après
  - S<sub>x</sub> : pente transversale de la chaussée (m/m)
  - S<sub>o</sub> : pente longitudinale de la chaussée (m/m)
  - T : largeur du filet d'eau (m)

### Coefficient de rugosité de Manning pour les chaussées et les caniveaux

Surface	Coefficient de rugosité de Manning (n)
Chaussée en enrobé	
Surface lisse	0,013
Surface rugueuse	0,016
Chaussée en enrobé, caniveau en béton de ciment	
Surface lisse	0,013
Surface rugueuse	0,015
Chaussée en béton de ciment	
Fini à la truelle mécanique	0,014
Texture antidérapante	0,016
Caniveau en béton de ciment	
Fini à la truelle	0,012

#### 1.5.4 Efficacité des grilles

L'efficacité des grilles peut être exprimée par l'équation suivante :

$$E = \frac{Q_i}{Q} = \frac{Q_{iw} + Q_{is}}{Q} = \frac{Q_{iw}}{Q_w} \frac{Q_w}{Q} + \frac{Q_{is}}{Q_s} \frac{Q_s}{Q} = \frac{Q_{iw}}{Q_w} \frac{Q_w}{Q} + \frac{Q_{is}}{Q_s} \left(1 - \frac{Q_w}{Q}\right) \quad (\text{équation 10})$$

- où
- E : efficacité de la grille
  - Q : débit total dans le caniveau (m<sup>3</sup>/s), Q = Q<sub>w</sub> + Q<sub>s</sub>
  - Q<sub>i</sub> : débit total intercepté (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>i</sub> = Q<sub>iw</sub> + Q<sub>is</sub>
  - Q<sub>iw</sub> : débit frontal intercepté (m<sup>3</sup>/s)
  - Q<sub>w</sub> : débit frontal total (m<sup>3</sup>/s)
  - Q<sub>is</sub> : débit latéral intercepté (m<sup>3</sup>/s)
  - Q<sub>s</sub> : débit latéral total (m<sup>3</sup>/s)

L'équation peut également s'écrire de la façon suivante :

$$E = R_f E_o + R_s (1 - E_o) \quad (\text{équation 10a})$$

où  $R_f$  : efficacité de l'écoulement frontal,  $R_f = Q_{iw}/Q_w$

$E_o$  :  $Q_w/Q$

$R_s$  : efficacité de l'écoulement latéral,  $R_s = Q_{is}/Q_s$

De plus,

$$E_o = \frac{Q_w}{Q} = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2,67} \quad (\text{équation 11})$$

$$R_f = 1 - 0,295(V - V_o) \leq 1 \quad (\text{équation 12})$$

$$R_s = \frac{1}{1 + \frac{0,0828V^{1,8}}{S_x L^{2,3}}} \quad (\text{équation 13})$$

où  $T$  : largeur du filet d'eau (m)

$W$  : largeur de la grille (m)

$V$  : vitesse de l'écoulement dans le caniveau (m/s)

$V_o$  : vitesse d'éclaboussement selon le type de grille, qui correspond à la vitesse à partir de laquelle une partie de l'eau ne pénètre pas dans la grille (m/s)

$S_x$  : pente transversale de la chaussée (m/m)

$L$  : longueur de la grille (m)

La vitesse d'éclaboussement et la largeur de grille pour les types de grilles utilisées au Québec sont les suivantes :

- rectangulaire 350 mm × 600 mm (14 po. × 24 po.) :  $V_o = 0,3$  m/s;  $W = 0,35$  m;
- rectangulaire 450 mm × 900 mm (18 po. × 36 po.) :  $V_o = 0,4$  m/s;  $W = 0,45$  m;
- circulaire 750 mm (30 po.) :  $V_o = 0,3$  m/s;  $W = 0,56$  m (la capacité de la grille circulaire est considérée comme équivalente à celle d'une grille rectangulaire de 560 mm × 600 mm).

La valeur de  $R_s$ , qui est le rendement de l'écoulement latéral, est souvent faible, sauf pour les écoulements de faible vitesse (pente longitudinale  $S_o < 0,1 \%$ ). Le produit  $R_s(1 - E_o)$  est donc souvent négligeable. L'efficacité des grilles peut alors être exprimée par l'équation suivante :

$$E = R_f E_o \quad (\text{équation 14})$$

### 1.5.5 Intervalle de pose des grilles

Le concepteur doit choisir la période de retour de conception, la largeur de filet admissible ( $T$ ) et le type de grille. Ensuite, il doit :

- Trouver l'intensité de pluie en utilisant une courbe IDF au site à l'étude (le temps de concentration doit être d'au moins 5 minutes).
- Évaluer le débit des eaux ( $Q$ ) à une certaine largeur ( $T$ ) de filet :

$$Q = \frac{0,3784}{n} S_x^{1,67} S_o^{0,5} T^{2,67} \quad (\text{équation 15})$$

- Évaluer la distance du sommet de la chaussée jusqu'à la première grille :

$$L_o = 3,6 \times 10^6 \frac{Q}{CiL_D} \leq 150 \text{ m} \quad (\text{équation 16})$$

La distance du sommet de la chaussée jusqu'à la première grille ne devrait jamais être supérieure à 150 m, pour éviter qu'une quantité excessive de sable et de débris se retrouve dans la première grille.

- Évaluer la distance entre les grilles :

$$L_o = 3,6 \times 10^6 \frac{Q}{CiL_D} E \quad (\text{équation 17})$$

Il est important de noter que, pour un même aménagement, la distance entre les grilles peut changer en fonction de la variation des différents paramètres. Lorsque plusieurs paramètres sont modifiés, on peut remplacer l'équation 17 par la suivante :

$$L_n = 3,6 \times 10^6 \frac{Q_n - Q_r}{C_i L_D} \quad (\text{équation 18})$$

où  $L_n$  : nouvel intervalle de pose pour la première grille dans les nouvelles conditions (m)

$Q_n$  : nouveau débit du caniveau plein admissible, selon les nouveaux paramètres (équation 15) ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Q_r$  : débit résiduel de la dernière grille ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$$Q_r = (1 - E) \frac{0,3784}{n} S_x^{1,67} S_o^{0,5} T^{2,67} \quad (\text{équation 19})$$

### 1.5.6 Exemple

#### Données de départ

- $n = 0,016$
- $S_x = 0,02$  (2 %)
- $S_o = 0,01$  (1 %)
- $T = 1,8$  m
- Période de retour de conception de 10 ans
- $L_D = 3,5$  m
- $C = 0,9$

#### Valeurs à trouver

- Distance depuis le sommet de la chaussée jusqu'à la première grille ( $L_o$ )
- Distance entre les grilles ( $L_c$ )

## Solution

### Distance $L_o$

$$Q = \frac{0,3784}{n} S_x^{1,67} S_o^{0,5} T^{2,67} = \frac{0,3784}{0,016} (0,02)^{1,67} (0,01)^{0,5} (1,8)^{2,67} = 0,017 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour un temps de concentration de 5 minutes, à Québec, pour une période de retour de 10 ans,  $i = 170 \text{ mm/h}$ .

La distance depuis le sommet de la chaussée jusqu'à la première grille ( $L_o$ ) est donc :

$$L_o = 3,6 \times 10^6 \frac{Q}{CiL_D} = 3,6 \times 10^6 \frac{0,017}{0,9 \times 170 \times 3,5}$$

$$L_o = 114 \text{ m} \leq 150 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$$

### Distance $L_c$

On choisit un type de grille de  $350 \times 600 \text{ mm}$  de dimension, avec  $V_o = 0,3 \text{ m/s}$ . La vitesse de l'écoulement est :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,017}{\left[ \frac{0,02 \times 1,8 \times 1,8}{2} \right]} = 0,53 \text{ m/s}$$

Donc,

$$R_f = 1 - 0,295 (V - V_o) = 1 - 0,295 (0,53 - 0,3) = 0,93$$

$$E = R_f E_o = 0,93 E_o$$

$$E_o = \frac{Q_w}{Q} = 1 - \left( 1 - \frac{W}{T} \right)^{2,67} = 1 - \left( 1 - \frac{0,35}{1,8} \right)^{2,67} = 0,439$$

$$E = 0,93 E_o = 0,93 (0,439) = 0,408$$

La distance entre les grilles ( $L_c$ ) est :

$$L_c = E L_o = 0,408 (114)$$

$$L_c = 47 \text{ m}$$

## 1.6 Bassins de rétention

Le bassin de rétention a pour but d'emmagasiner temporairement des eaux pluviales afin d'en réduire l'impact sur le milieu récepteur. Il sert d'abord à réduire le débit de pointe résultant d'un projet routier à un débit acceptable en fonction des conditions en aval et à préserver ou reproduire les conditions hydrologiques qui existaient avant le projet. Les bassins secs avec retenue prolongée ou les bassins avec retenue permanente peuvent également réduire la quantité de polluants déversée dans le milieu récepteur. Ces bassins doivent répondre aux exigences en vigueur.

### 1.6.1 Emplacement et ampleur du bassin

L'ampleur d'un bassin de rétention est directement liée aux objectifs de la gestion des eaux pour un bassin versant. Afin d'atténuer l'augmentation du débit de pointe due à l'urbanisation, le bassin de rétention doit avoir un volume minimal d'emmagasinage des eaux.

L'emmagasinage des eaux pluviales peut être réalisé à l'intérieur des emprises et des carrefours dénivelés (échangeurs) sur les routes et les autoroutes. Par contre, pour les routes urbaines, l'aménagement du bassin peut exiger l'expropriation de parcelles de terrain supplémentaires.

On doit évaluer et prévoir, dès la conception des bassins de rétention, les conséquences de l'emmagasinage sur le système de drainage pour l'ensemble de la région. Il faut ainsi s'assurer de ne pas aggraver les conditions d'écoulement en aval, surtout lorsque le réseau comporte des tributaires. Il est conseillé de collaborer avec les organismes régionaux pour effectuer une gestion efficace des eaux pluviales.

En plus des paramètres hydrauliques, les aspects géotechniques, sociologiques, esthétiques, biologiques et fonctionnels doivent être considérés afin de favoriser une intégration optimale des ouvrages de rétention dans le milieu urbain et d'en atténuer les effets négatifs.

En particulier dans les zones urbaines, la conception des bassins de rétention doit être réalisée de façon à en atténuer les effets négatifs. Par exemple, il est possible d'embellir le secteur grâce à des aménagements paysagers.

### 1.6.2 Détermination du volume de rétention

Le débit de rejet admissible doit être connu afin de déterminer le volume de rétention requis. Ce débit doit être déterminé selon les exigences réglementaires en vigueur, la capacité du réseau en aval du bassin et l'espace disponible pour un bassin de rétention.

Cette exigence de limiter les débits est applicable non seulement pour les débits maximaux ou de conception, mais aussi pour ceux qui correspondent à de plus faibles périodes de retour.

Le dimensionnement du bassin de rétention doit notamment prendre en considération les éléments suivants :

- l'hydrogramme des eaux à l'entrée;
- le débit admissible ainsi que la variation de la hauteur d'eau du réservoir en fonction du débit (relation niveau-débit);
- la forme du bassin et la configuration des aménagements;
- l'aspect qualitatif de l'eau, si requis ;
- le dégagement acceptable entre le niveau d'eau retenu et les infrastructures routières;
- la présence d'un trop-plein ou le comportement en cas de mauvais fonctionnement de l'ouvrage;
- l'accès au site pour l'entretien;
- les coûts de conception et de construction en fonction des avantages.

Par ailleurs, il faut s'assurer que les coûts de la conception et de la construction du bassin ne sont pas excessifs par rapport aux avantages escomptés.

Le volume du bassin de rétention doit être égal à la différence maximale entre la distribution cumulative des eaux d'entrée et la distribution cumulative des eaux de sortie. Il faut également s'assurer que le débit admissible n'est pas dépassé pour une période de retour donnée. L'hydrogramme des eaux d'entrée, le volume du réservoir et le débit des eaux de sortie à un niveau donné sont des éléments essentiels dans la conception du bassin de rétention.

## 1.7 Modèles de simulation du drainage urbain

Des outils de simulation informatisés permettent d'utiliser des principes d'hydrologie et d'hydraulique plus sophistiqués que la méthode rationnelle. Ces modèles sont particulièrement utiles dans les cas suivants :

- lorsqu'il y a divers débits de pointe à contrôler selon différentes périodes de retour;
- pour l'analyse de grands systèmes comportant des dérivations, des branchements, des ouvrages de contrôle, de rétention, etc.;
- pour l'analyse de conditions de surcharge sévères;
- pour l'évaluation en double drainage;
- lorsque plusieurs paramètres ou plusieurs solutions doivent être étudiés.

Un modèle de simulation du drainage urbain est une représentation, sous forme d'équations mathématiques, d'un phénomène hydrologique ou hydraulique, ou les deux. Celui-ci peut être plus ou moins complexe selon le nombre de facteurs pris en compte : les données météorologiques, les caractéristiques de la surface et du sous-sol du bassin de drainage, les données sur la qualité de l'eau, etc.

Un modèle informatique basé sur les processus et les algorithmes de calcul du logiciel de modélisation Storm Water Management Model (SWMM5) de la U.S. Environmental Protection Agency est recommandé. Les valeurs des paramètres à considérer dans ces logiciels sont présentées dans le *Guide de gestion des eaux pluviales* du MELCCFP. Une contre-vérification sommaire des débits générés par les modèles doit être réalisée, à l'aide de la méthode rationnelle, pour confirmer l'ordre de grandeur des valeurs obtenues.

## 2 DRAINAGE ET PROTECTION DES ABORDS DE ROUTE

Cette section traite du dimensionnement des fossés et des entrées privées ainsi que de la protection des abords de route.

### 2.1 Fossés et entrées privées

Les fossés de drainage le long des routes se comportent exactement comme les petits cours d'eau. Ainsi, la même méthode de calcul est utilisée pour déterminer la relation « niveau-débit »; celle-ci est décrite dans le *Manuel de conception des ponceaux* du Ministère. L'équation de Manning met en relation, pour un niveau d'eau donné dans le fossé, la section d'écoulement, le périmètre mouillé, la pente longitudinale, la vitesse d'écoulement et le débit correspondant.

L'aménagement des fossés peut également contribuer à la gestion des eaux pluviales, notamment par l'augmentation de la surface d'écoulement afin de réduire la vitesse et de favoriser la rétention des eaux de ruissellement.

Le dimensionnement des ponceaux sous les entrées privées s'effectue également à l'aide de la méthode décrite dans le *Manuel de conception des ponceaux* du Ministère.

### 2.2 Protection contre l'érosion

Le contrôle de l'érosion permet d'augmenter la durée de vie des ouvrages routiers, de réduire les coûts d'entretien et de veiller à la protection de l'environnement.

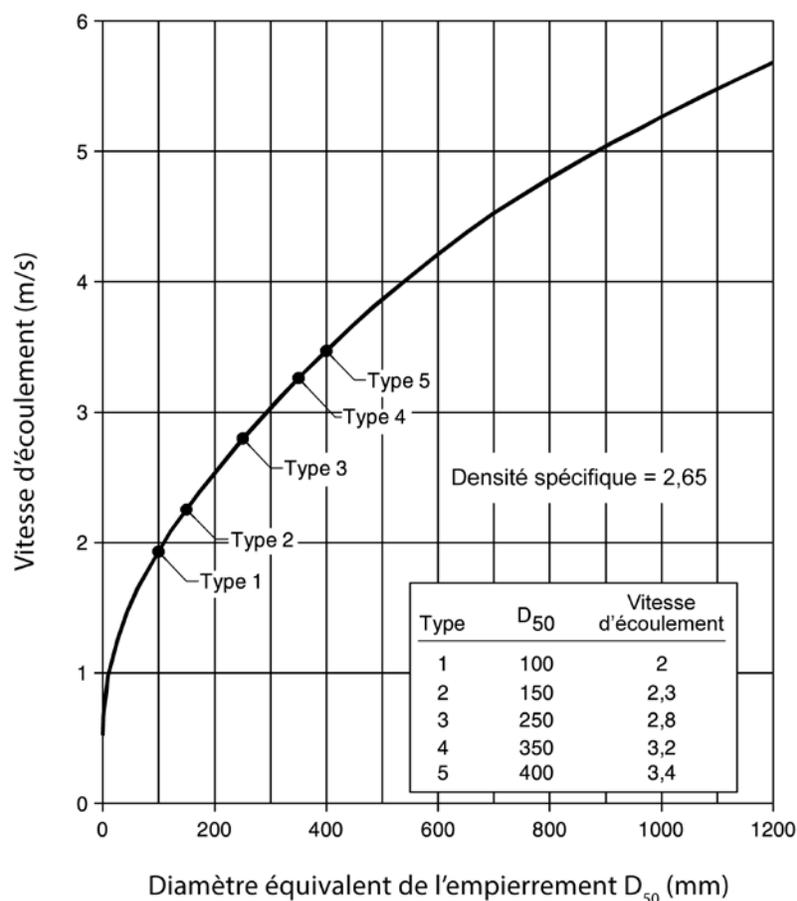
Les méthodes de protection à l'étape de la construction, principalement les méthodes temporaires, sont présentées dans la collection Normes – Ouvrages routiers du Ministère.

Les mesures permanentes de contrôle de l'érosion sont également répertoriées dans cette collection. On y aborde de façon assez complète le contrôle de l'érosion et la protection du milieu aquatique. Il y est question, entre autres, de stabilisation par les végétaux, de mesures de contrôle de l'érosion pour les fossés routiers, de dalots dans les talus et de fossés de crête.

### 2.2.1 Fossés

Le choix du type de revêtement de protection dans les fossés routiers se fait en fonction des vitesses d'écoulement de l'eau. Il est donc essentiel d'évaluer les débits de conception et les vitesses de l'eau qui y sont associées à des intervalles réguliers dans les fossés. Les vitesses admissibles en fonction du diamètre équivalent de l'empierrement sont déterminées à partir de la figure ci-après. Les différents types d'empierrement (types 1 à 5) présentés au *Tome IV – Abords de route* se trouvent également dans la figure.

Vitesse d'écoulement admissible en fonction du diamètre équivalent de l'empierrement (valide pour une pente des berges variant de l'horizontale de 2H : 1V)



(Source : *Guide de préparation des projets routiers*, annexe HYD – Hydraulique, figure 5, 2018.)

### 2.2.2 Talus de remblais ou de déblais

Dans le cas de remblais ou de déblais importants, il est avantageux de contrôler les eaux de ruissellement. Le fossé de crête, tel qu'il est décrit dans le *Tome IV – Abords de route* de la collection Normes - Ouvrages routiers du Ministère, peut être placé en haut des remblais ou des déblais. Il peut également être placé dans le talus pour segmenter ce dernier en tronçons plus courts.

L'accotement doit être totalement asphalté là où l'inclinaison des pentes provoque des problèmes d'érosion. Il est généralement recommandé de protéger les accotements lorsque la pente longitudinale est supérieure à 5 %.

La protection des talus de remblais ou de déblais peut également se faire à l'aide de dalots. Ceux-ci peuvent être construits en enrobés bitumineux, en béton de ciment, en tuyaux de tôle ou de plastique, en revêtement de protection en pierres ou dans tout autre matériau installé de façon à permettre à l'eau de la chaussée de s'écouler jusqu'au bas du talus sans causer d'érosion. Les dimensions du dalot sont calculées en fonction des débits de conception prévus au point de décharge.

Il existe divers moyens pour diriger l'eau vers un point de décharge ou un dalot, comme les bordures en enrobé ou en béton de ciment, les caniveaux ou les planches en bois traité clouées sur les poteaux de glissières.

Une autre façon de prévenir l'érosion des talus est d'adapter les pentes aux types de sols en place et de les adoucir au besoin. À ce sujet, il faut consulter la collection Normes - Ouvrages routiers du Ministère.

