

# Évaluation des débits de pointe pour les petits bassins versants agricoles du Québec

## Mise en garde :

Cette fiche permet de calculer des paramètres essentiels au dimensionnement de petites structures de conservation des sols et de l'eau. Cependant, son utilisation se limite à des situations simples où le risque d'érosion et le potentiel de dommages aux biens et aux cultures sont modérés. Le choix des méthodes de travail et les résultats obtenus à partir des informations présentées dans cette fiche doivent faire l'objet d'une analyse en profondeur de la part de l'utilisateur et engager son entière responsabilité. Il est fortement recommandé de consulter un spécialiste en drainage dans les situations où les volumes ou les débits d'eau sont importants.



Source : Richard Laroche (MAPAQ)

## 1) Calcul du temps de concentration

Le temps de concentration est le temps écoulé entre le début d'une précipitation et l'atteinte du débit maximal à l'exutoire du bassin versant. Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point le plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

Deux méthodes simplifiées peuvent être utilisées pour estimer le temps de concentration sur de petits bassins versants agricoles, soit la méthode de Kirpich et la méthode de Mockus. Chaque méthode convient à des conditions distinctes de type de sol, de pentes, de superficies de bassins versants. Elles peuvent être comparées entre elles dans les situations intermédiaires.

### 1. Méthode de Kirpich

Cette méthode est adaptée aux bassins versants dont la superficie varie entre 0,4 ha et 81 ha, dont les sols sont argileux et dont la pente moyenne est comprise entre 3% et 10%. Le temps de concentration est alors calculé à partir de l'équation suivante :

$$T_c = \frac{(0,000325 \times L^{0,77})}{s^{0,385}}$$

$T_c$  : Temps de concentration (en h)

**L :** Longueur maximale du parcours de l'eau dans le bassin versant (en m). Dans la Figure 1, cela correspond à la distance entre les points 1 et 4.

**S :** Pente longitudinale moyenne du bassin versant, en suivant l'écoulement de l'eau. Cette pente est calculée entre les points qui se trouvent à 10 % et à 85 % de la distance totale entre le point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant (en termes de temps de parcours de l'eau) et l'exutoire du bassin versant. Dans le dessin suivant, ceci correspond aux points 2 et 3. La pente doit être exprimée en mètres par mètre (une pente de 1% équivaut à 0,01 m/m).

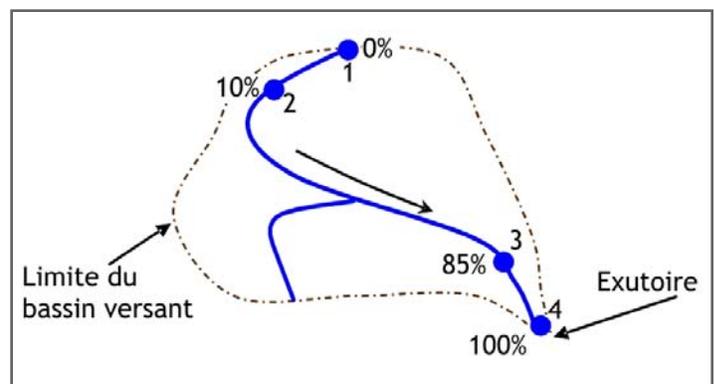


Figure 1 : Détermination de la pente longitudinale moyenne d'un bassin versant





## 2. Méthode de Mockus

Cette méthode est adaptée aux bassins versants de superficie variant entre 4 ha et 1000 et qui sont caractérisés par une pente longitudinale moyenne inférieure à 1% et par des sols limoneux ou argileux.

$$T_c = \frac{L^{0,8} \times \left[ \frac{1000 - 9}{NC} \right]^{1,67}}{2083 \times (100 \times S)^{0,5}}$$

Où

$T_c$  : Temps de concentration (en h)

$L$  : Longueur maximale du parcours de l'eau dans le bassin versant (en m). Ce paramètre est défini dans la section précédente.

$NC$  : Numéro de courbe (pas d'unités). Ce facteur représente l'effet des conditions de surface du bassin versant sur le

ruissellement. Il prend en compte l'ensemble des caractéristiques physiques et l'utilisation du sol de l'ensemble du bassin versant (Tableau 1).

Un bassin versant étant rarement uniforme, le facteur  $NC$  à utiliser est la moyenne des numéros de courbes des différentes sous-sections du bassin versant, pondérée par la superficie de ces sous-sections.

Par exemple, dans un bassin versant relativement plat avec un sol de classe C, si 70% de la superficie est en cultures intensives ( $NC=80$ ) et 30% est boisé ( $NC=70$ ), le  $NC$  pondéré sera égal à :  $70\% \times 80 + 30\% \times 70 = 77$ .

$S$  : Pente longitudinale moyenne du bassin versant, en suivant l'écoulement de l'eau. Ce paramètre est défini dans la section précédente.

Afin d'assurer un dimensionnement suffisant, il est préférable de choisir une valeur du facteur  $NC$  qui représente les pires conditions de ruissellement du bassin versant.

Tableau 1 : Valeurs du numéro de courbe (NC)

Utilisation du sol	Pente transversale du bassin versant (perpendiculaire au cours d'eau)	Condition hydrologique	Classe de sol			
			A	B	C	D
Culture intensive	<3%	Pauvre Bonne	63 60	74 70	80 78	82 81
	3-8%	Pauvre Bonne	65 63	76 75	84 83	88 87
	>8%	Pauvre Bonne	72 67	81 78	88 85	91 89
Culture extensive	<3%	Pauvre Bonne	39 25	61 40	74 70	80 78
	3-8%	Pauvre Bonne	49 39	69 61	79 74	84 80
	>8%	Pauvre Bonne	68 49	79 69	86 79	89 84
Boisé	<3%	Pauvre Bonne	25 22	55 53	70 65	77 74
	3-8%	Pauvre Bonne	41 25	63 55	75 70	81 77
	>8%	Pauvre Bonne	47 41	68 63	80 75	84 81
Résidentielle		Dense Peu dense	73 59	83 74	88 82	90 86
	<b>Conditions hydrologiques</b> <b>Pauvre</b> : Faible couvert végétal et conditions limitant l'infiltration <b>Bonne</b> : Bon couvert végétal et conditions favorisant l'infiltration		<b>Classes de sol</b> <b>A</b> : Graviers et sables grossiers (infiltration élevée); <b>B</b> : Sables moyens et fins (infiltration moyenne); <b>C</b> : Sables fins mal drainés, sols limoneux et argiles perméables (infiltration passable); <b>D</b> : Argiles lourdes et sols minces (infiltration faible)			

Source : Laroche et Champagne (1989)



## Nomogramme pour la méthode Mockus

Le temps de concentration selon la méthode Mockus peut aussi être estimé à partir de la Figure 2.

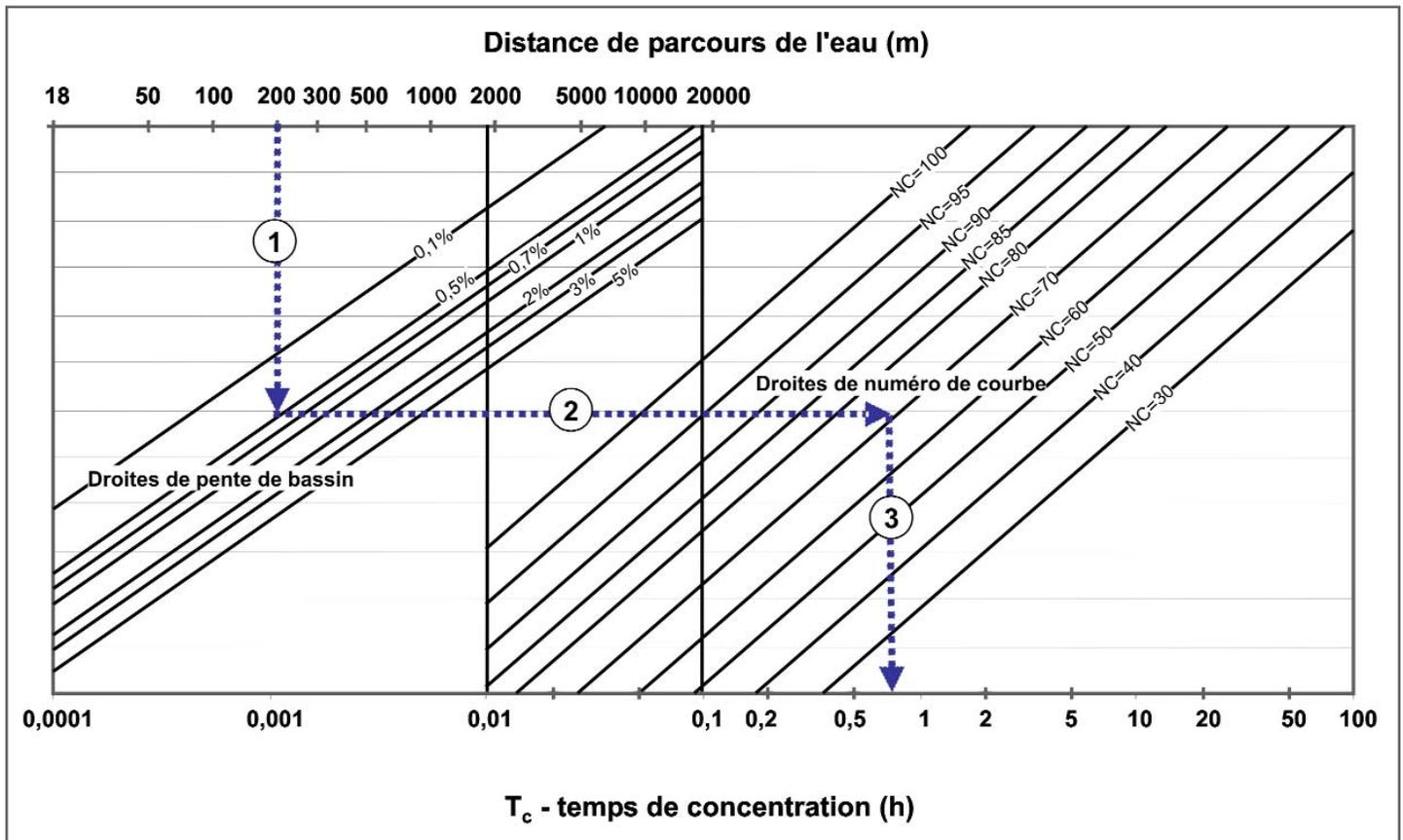
Le nomogramme est utilisé de la façon suivante :

1) Sur l'abscisse du haut, chercher la longueur maximale du parcours de l'eau mesurée dans le bassin versant (**attention : l'échelle est logarithmique**). Descendre à la verticale jusqu'à l'intersection avec la droite indiquant la pente moyenne du bassin versant étudié.

2) Poursuivre à l'horizontale jusqu'à l'intersection avec la droite de numéro de courbe pondéré du bassin versant étudié.

3) Descendre à la verticale jusqu'à l'abscisse du bas et lire le temps de concentration pour le bassin étudié (**attention : l'échelle est logarithmique**).

Par exemple, pour une distance de parcours d'eau égale à 200 m, dans un bassin versant ayant une pente moyenne de 0,5% et un facteur NC pondéré égal à 70, le temps de concentration est de 0,76 heure (45 minutes).



Adapté de Schwab et al. (1966)

Figure 2 : Estimation du temps de concentration selon la méthode de Mockus

Tableau 2 : Détermination du facteur C

Utilisation du sol	Pente <u>transversale</u> du bassin versant (perpendiculaire au cours d'eau)	Texture de sol		
		Sable limoneux	Limon	Argile limoneuse
Cultures intensives	0 à 0,5%	0,16	0,25	0,40
	0,5 à 5%	0,22	0,35	0,55
	5 à 10%	0,30	0,45	0,60
	10 à 30%	0,40	0,65	0,70
Cultures fourragères	0 à 0,5%	0,07	0,20	0,35
	0,5 à 5%	0,10	0,28	0,40
	5 à 10%	0,15	0,35	0,45
	10 à 30%	0,22	0,40	0,55
Boisé	0 à 0,5%	0,05	0,18	0,30
	0,5 à 5%	0,08	0,25	0,35
	5 à 10%	0,12	0,30	0,42
	10 à 30%	0,18	0,35	0,52
Lac, marais		0,05	0,05	0,05
		Imperméabilité		
		30%	50%	70%
Roc, asphalte	0 à 5%	0,40	0,55	0,75
	5 à 10%	0,50	0,65	0,80
	10 à 30%	0,55	0,70	0,85

Sources : Montas et al (1990) et McNeely (1982)

## 2) Calcul du débit de pointe

Le débit de pointe est le débit maximal d'un bassin versant pour une précipitation donnée. Il peut être évalué en utilisant la méthode rationnelle. Celle-ci est bien adaptée aux bassins versants de moins de 250 ha et dont la pente longitudinale moyenne est supérieure à 0,5 %.

La méthode rationnelle est basée sur l'hypothèse qu'une pluie constante et uniforme sur l'ensemble d'un bassin versant produit un débit de pointe lorsque toutes les sections du bassin versant contribuent à l'écoulement, soit après un temps égal au temps de concentration. Par simplification, la méthode rationnelle suppose aussi que la durée de la pluie est égale au temps de concentration. Elle ne tient pas compte de l'hétérogénéité de la pluviométrie et a tendance à surévaluer le débit de pointe.

$$Q_p = \frac{C \times I_p \times A}{360}$$

Où

**Q<sub>p</sub>** : Débit de pointe du bassin versant (en m<sup>3</sup>/s)

**C** : Coefficient de ruissellement (pas d'unités). Ce facteur représente la proportion de l'eau totale précipitée qui ruisselle (Tableau 2, page précédente). **Afin d'assurer un dimensionnement suffisant des structures, il est préférable de choisir une valeur du coefficient C qui représente les pires conditions de ruissellement du bassin versant.**

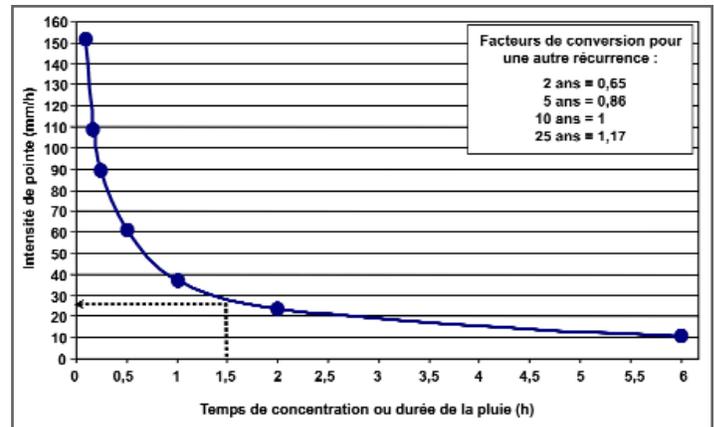
**I<sub>p</sub>** : Intensité de la précipitation pour une durée de précipitation égale au temps de concentration (en mm/h). Cette valeur peut être évaluée en utilisant la Figure 3.

**A** : Superficie du bassin versant (en ha)

### Détermination de l'intensité de pointe (I<sub>p</sub>)

Tel que mentionné précédemment, la méthode rationnelle suppose que le temps de concentration et la durée de la pluie sont égaux. On peut donc estimer l'intensité de pointe pour un temps de concentration donné en se basant sur l'intensité de pointe correspondant à une pluie de durée égale à ce temps de concentration.

La Figure 3 présente la relation entre l'intensité de pointe d'une précipitation et sa durée. Les données provenant de 20 stations météorologiques représentatives de la plupart des régions du Québec ont été compilées pour réaliser ce graphique. L'encadré fournit le facteur de conversion par lequel l'intensité de pointe doit être multipliée si une récurrence de pluie autre que 10 ans est utilisée.



Source : Environnement Canada; 20 stations météorologiques; période 1964-1990

Figure 3 : Relation entre l'intensité de la pluie et sa durée (récurrence de 10 ans)

### Choix de la récurrence de la pluie à utiliser pour le dimensionnement des structures

La récurrence d'une pluie correspond à la probabilité que survienne une pluie donnée et au risque qui lui est associé. Par exemple, un événement d'une récurrence de 25 ans ne sera dépassé en importance que tous les 25 ans, ce qui correspond à un risque d'occurrence de 4%. Il s'agit donc d'un événement majeur qui peut causer de sérieux dommages. Par contraste, un événement d'une récurrence de 5 ans (risque d'occurrence de 20%) générera des débits et un volume ruisselé beaucoup moins importants.

Le Tableau 3 présente les récurrences à utiliser pour la conception de petites structures de conservation des sols et de l'eau dans différentes situations. Ce choix doit tenir compte des risques d'érosion et de dommages aux cultures et aux infrastructures.

Tableau 3 : Récurrences à utiliser lors du dimensionnement de petites structures de conservation des sols et de l'eau

Application	Récurrence à utiliser
Sites en cultures extensives ou avaloirs combinés à un déversoir d'urgence	2 à 5 ans
Sites en cultures intensives, voies d'eau engazonnées ou avaloirs sans déversoir d'urgence	5 à 10 ans
Endiguements importants ou emplacements à proximité de sites habités ou d'infrastructures publiques	À déterminer par le concepteur

---



## Références

Laroche M. et J. Champagne. 1989. *Les cours d'eau en milieu agricole - design et conception assistés par ordinateur. Tome I : Logiciel sur l'évaluation des débits de pointe pour les petits bassins versants*, 2<sup>e</sup> édition. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, service du génie.

McNeely Engineering. 1982. *Design manual for open channel drainage in the Ottawa St. Lawrence lowlands*.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). 1990. *Normes de conception et d'exécution pour les travaux de conservation et gestion du sol et de l'eau*. Publication interne.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). 1988. *Guide d'analyse et d'aménagement de cours d'eau à des fins agricoles*. 2<sup>e</sup> édition. Publication interne.

Montas H.J., P.G. Enright et C. Madramootoo. 1990. *Évaluation des débits de pointe pour les petits bassins versants du Québec*. Agdex 750, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, service du génie.

Schwab, G.O., D.D. Fangmeier, W.J. Elliot et R.K. Frevert. 1993. *Soil and Water Conservation Engineering*, 4<sup>th</sup> edition. John Wiley & Sons, États-Unis d'Amérique.

Schwab, G.O., R.K. Frevert, T.W. Edminster et K.K. Barnes. 1966. *Soil and Water Conservation Engineering*, 2<sup>nd</sup> edition. John Wiley & Sons, États-Unis d'Amérique.

United States Department of Agriculture (USDA). 1989. « Estimating runoff and peak discharges ». Chapitre 2 in *Engineering Field Handbook*. Soil Conservation Service. <http://www.info.usda.gov/CED/ftp/CED/EFH-Ch02.pdf> (page visitée le 18 avril 2007)

United States Department of Agriculture (USDA). 1984. « Hydraulics ». Chapitre 3 in *Engineering Field Manual*. Soil Conservation Service. <http://www.info.usda.gov/CED/ftp/CED/EFH-Ch03.pdf> (page visitée le 18 avril 2007)

---

Cette fiche technique a été réalisée grâce à un partenariat entre Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Elle fait partie d'une série visant à promouvoir les aménagements hydro-agricoles pour améliorer le drainage de surface et lutter contre l'érosion en milieu agricole. Les autres fiches de la série sont les suivantes : Diagnostic et solutions de problèmes d'érosion au champ et de drainage de surface; Avaloirs et puisards; Puits d'infiltration; Tranchées filtrantes; Calculs de dimensionnement des avaloirs.

**Réalisation :** Nicolas Stämpfli, Centre Brace pour la gestion des ressources hydriques (Université McGill)

**Infographie :** Helen Cohen Rimmer (HCR Photo)

**Comité de rédaction :** Robert Beaulieu (MAPAQ), Isabelle Breune (AAC), Mikael Guillou (MAPAQ)

**Comité de révision (MAPAQ) :** Bernard Arpin, Jacques Goulet, Georges Lamarre, Ghislain Poisson, Victor Savoie

### Pour plus d'informations :

Agriculture et Agroalimentaire Canada,  
Services régionaux, région du Québec,  
Gare maritime Champlain  
901, rue du Cap-Diamant, no 350-4  
Québec (Québec) G1K 4K1  
Téléphone : 418.648.3316

Dernière mise à jour : avril 2007