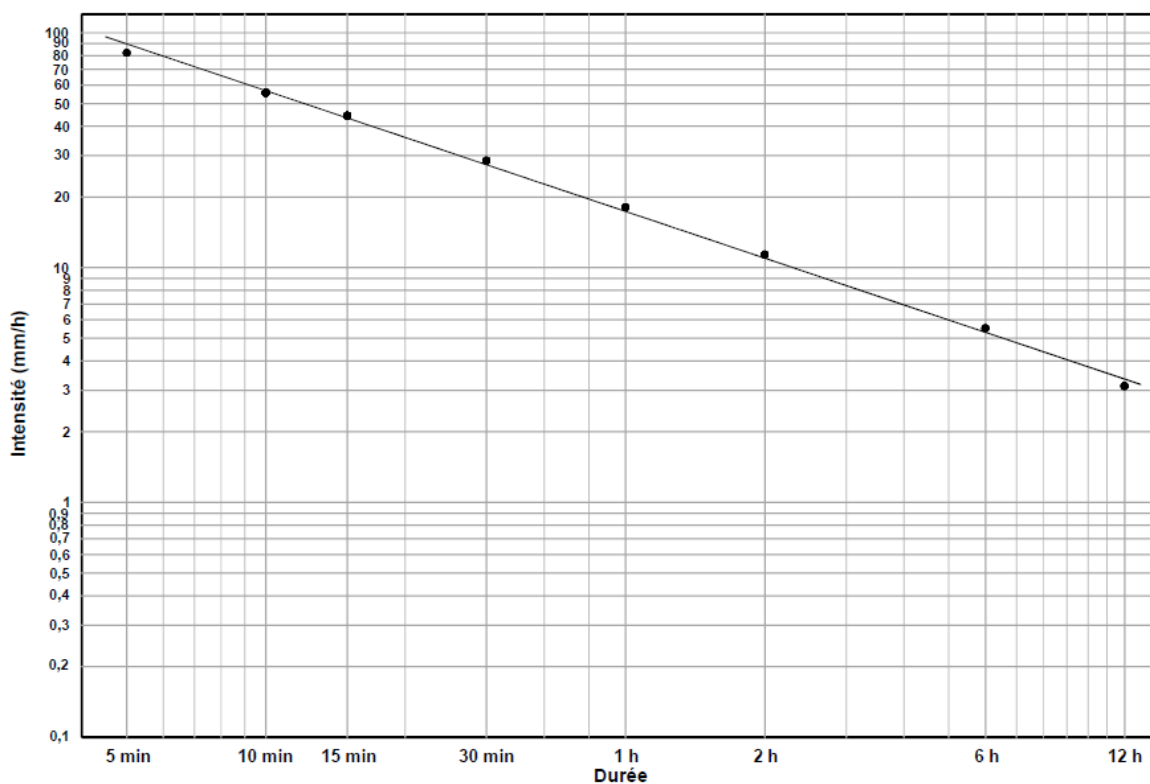


Guide d'interprétation

Statistiques intensité-durée- fréquence (IDF) des pluies de grandes récurrences 1981-2010



Février 2017

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée sous la coordination de la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Renseignements

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le service Info-Climat.

Téléphone : 418 521-3820, poste 4579

Télécopieur : 418 643-9591

Courriel : Info-Climat@mddelcc.gouv.qc.ca

Internet : www.mddelcc.gouv.qc.ca

Courrier : Service Info-Climat

Direction de l'information sur le milieu atmosphérique

Direction générale du suivi de l'état de l'environnement

Ministère du Développement durable, de l'Environnement

et de la Lutte contre les changements climatiques

675, boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage

Québec (Québec) G1R 5V7

Référence à citer :

MDDELCC (2017). *Guide d'interprétation – Statistiques intensité-durée-fréquence (IDF) des pluies de grandes récurrences – 1981-2010*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur le milieu atmosphérique, 16 p.

Dépôt légal – 2017

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-550-77771-7 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2017

RÉALISATION

Méthodologie

Julie Drapeau
Pierre-Yves St-Louis
Direction de l'information sur le milieu atmosphérique, MDDELCC

Rédaction

Pierre-Yves St-Louis
Direction de l'information sur le milieu atmosphérique, MDDELCC

Collaboration

Bernard Caron
Éric Larrivée
Direction de l'information sur le milieu atmosphérique, MDDELCC

Consultation

Alain Mailhot
Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau Terre Environnement

Bernard Lavallée
Martin Bouchard-Valentine
Direction des eaux usées, MDDELCC

Jean-François Cyr
Simon Lachance-Cloutier
Direction de l'expertise hydrique, MDDELCC

Image de la page couverture
MDDELCC

Mots-clés

Climat, précipitation, pluie, Réseau de surveillance du climat, Québec, IDF, récurrence, période de retour.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	7
Données sources	7
Description	7
Validation	8
Méthodologie de calcul	9
Période de données	9
Méthode de calcul	9
Interprétation des résultats	10
IDF de petites récurrences et IDF de grandes récurrences	10
Erreurs-types des régressions polynomiales	11

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Pluviomètre à augets basculeurs en position de fonctionnement et ouvert	7
Figure 2	Statistique IDF des pluies de grandes récurrences.....	13
Figure 3	Graphique du logarithme népérien de l'intensité horaire en fonction de la récurrence empirique pour les 8 durées standards (station Baie-Saint-Paul). Chacune des courbes empiriques est accompagnée d'une régression polynomiale d'ordre 6, dont l'équation est affichée en haut à droite.	14
Figure 4	Graphique du résiduel des régressions de la figure 3 (station Baie-Saint-Paul). Pour la durée de 12 heures, des points noirs mettent en évidence le résiduel de chacun des points empiriques. L'erreur-type des régressions de chacune des durées est présentée en haut à droite et se retrouve dans le tableau de la figure 2.	15

Introduction

La Direction de l'information sur le milieu atmosphérique (DIMAT) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) gère le Réseau de surveillance du climat du Québec¹ (RSCQ), qui assure la collecte, le traitement, la validation, l'archivage et la diffusion des données des stations météorologiques qu'il opère. Un grand nombre des stations avec observateur et des stations automatiques du RSCQ sont équipées de pluviomètres à augets basculeurs (PAB), dont les données pluviométriques permettent de déterminer les intensités maximales des pluies pour des durées allant de 5 minutes à 24 heures.

Les statistiques et graphiques d'intensité-durée-fréquence (IDF) pour des pluies de grandes récurrences² (Figure 2) sont un nouveau produit développé par la DIMAT, à la demande de la Direction des eaux usées (DEU) du MDDELCC, afin de permettre aux municipalités de répondre aux exigences de la position ministérielle sur l'application des normes pancanadiennes de débordement des réseaux d'égout municipaux³, en application depuis le 1^{er} avril 2014. Les échanges avec la DEU, tout au long du développement de ce produit, ont orienté sa forme finale.

Le présent guide d'interprétation permettra une utilisation éclairée du produit. Il décrit la méthodologie de calcul de ces statistiques et fournit des détails sur les données de pluviométrie utilisées.

Données sources

Description

Les données de pluviométrie utilisées pour le calcul des statistiques IDF proviennent des pluviomètres à augets basculeurs en opération du 1^{er} avril au 31 octobre aux stations avec observateurs et aux stations automatiques du RSCQ. Ce type de pluviomètre consiste en un entonnoir, d'une ouverture de 8 pouces (10 pouces pour certains modèles historiques), qui canalise les précipitations liquides vers l'un des deux augets montés sur un balancier placé en équilibre instable sur un pivot. Chacun de ces augets reçoit alternativement les précipitations jusqu'à ce que 0,2 millimètre s'y accumule, provoquant la bascule. Un capteur électromagnétique convertit chacune des bascules en un signal électrique transmis à un système d'acquisition de données (SAD).



Figure 1 Pluviomètre à augets basculeurs en position de fonctionnement et ouvert

¹ <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/climat/surveillance/index.asp>

² Ou, réciproquement, de courtes périodes de retour. Récurrence = 1 / Période de retour.

³ <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/position-ministere.htm>

Les SAD modernes, en place depuis le début des années 2000, compilent le nombre de bascules survenues chaque minute et transmettent automatiquement ces données aux systèmes de gestion des données de la DIMAT, qui les enregistrent en millimètres de pluie par minute. Dès réception de ces données, le total quotidien, les quantités horaires et les quantités quotidiennes maximales de pluie pour les durées standards de 5, 10, 15 et 30 minutes et de 1, 2, 6 et 12 heures sont calculés automatiquement à partir des données à la minute.

Historiquement, les signaux de bascules étaient transmis à un pluviographe. Ce type de SAD consistait en un stylet traçant le cumul des bascules sur un papier gradué (le pluviogramme), fixé à un cylindre rotatif faisant généralement un tour par journée. Les pluviogrammes quotidiens étaient ensuite transmis par la poste à la DIMAT où une équipe de techniciens en extrayait manuellement le total quotidien, les quantités horaires et les quantités quotidiennes maximales de pluie pour les durées standards. Les données à la minute de cette période ne sont pas disponibles.

Le qualificatif « quotidiennes » réfère à la journée climatologique, définie comme la période allant de 8 h 01 HNE (heure normale de l'Est), le jour civil même, à 8 h 00 HNE le lendemain. Cette définition découle du fait que les observateurs des stations manuelles font deux observations par jour, à 8 h 00 et 18 h 00 HNE, et elle permet la comparaison de ces observations avec les mesures des stations automatiques.

Les quantités maximales quotidiennes sont limitées à une journée climatologique donnée. Lorsqu'une précipitation chevauche deux journées climatologiques, elle est donc considérée comme deux précipitations indépendantes.

Validation

Le contrôle de qualité des données de pluviométrie obtenues du pluviomètre à augets basculeurs d'une station avec observateur consiste à comparer ces données avec les mesures effectuées par l'observateur à l'aide du pluviomètre standard. Lorsque l'écart entre les mesures des deux instruments dépasse un seuil, qui varie selon la quantité mesurée par l'observateur, les données sont analysées pour déterminer laquelle est erronée. Si cela est possible, les données erronées sont corrigées, sinon elles sont détruites. Une validation supplémentaire des données est par la suite effectuée par comparaison avec les données des stations voisines.

Il faut noter qu'en amont de cette validation, les techniciens de terrain réalisent l'entretien et la calibration de l'ensemble des pluviomètres à augets basculeurs au début de chaque période de mesure, ce qui permet de s'assurer de la fiabilité des données des PAB. Pour ce faire, un dispositif qui permet de simuler une pluie d'une intensité de 100 millimètres par heure (mm/h) est installé dans l'entonnoir du PAB. Après y avoir fait s'écouler l'équivalent de 20 millimètres de pluie en 12 minutes, le nombre de bascules mesuré est comparé au nombre de bascules attendu (100 bascules). Le PAB est ajusté et la simulation est reprise jusqu'à ce que le nombre de bascules mesuré soit entre 97 et 103 (3 % d'erreur maximum).

Méthodologie de calcul

Période de données

Les statistiques IDF de grandes récurrences sont calculées pour la période climatologique standard de 30 ans la plus récente, soit de 1981 à 2010. Les stations ayant moins de 5 ans de données durant cette période n'ont pas été utilisées. L'annexe 1 présente la liste des stations où un nombre suffisant de données étaient disponibles, leurs coordonnées et leur période de données disponibles.

Méthode de calcul

La première étape consiste à extraire l'ensemble des données d'intensité maximale quotidienne (IMQ) de pluie (en mm/h) pour les durées standards de 5 minutes à 12 heures, disponibles entre 1981 et 2010.

Par la suite, pour chaque durée :

- Ces données sont triées en ordre décroissant;
- Connaissant le nombre total de données d'IMQ disponibles, et donc le nombre de mois disponibles⁴, la récurrence empirique de chaque IMQ (en nombre de pluies par mois) est calculée.

Exemple : À la station Baie-Saint-Paul, pour la durée de 5 minutes, 463 journées présentent des IMQ supérieures ou égale à 12 mm/h (1 mm de pluie en 5 minutes) sur les 5 312 journées de données disponibles entre 1981 et 2010 (soit 173,8 mois disponibles, sur un maximum de 210). Il y a donc en moyenne 2,66 IMQ de 5 minutes supérieures ou égales à 12 mm/h par mois (d'avril à octobre);

- Une régression polynomiale d'ordre 6 est effectuée⁵ sur le logarithme népérien de l'IMQ en fonction de la récurrence empirique (Figure 3), de manière à fournir une estimation de l'IMQ pour des valeurs de récurrence intermédiaire, selon les deux critères suivants :
 - Une seule donnée est conservée par récurrence empirique;
 - Puisqu'on s'intéresse aux grandes récurrences et que la période annuelle de fonctionnement des pluviomètres à augets est d'avril à octobre (7 mois), mais que les mois d'avril sont souvent incomplets, les IMQ dont la récurrence empirique est inférieure à 1 fois aux 6 mois (0,167 fois par mois) ne sont pas utilisés;
- La régression polynomiale utilisée ayant souvent tendance à osciller entre les première et deuxième plus grandes valeurs de récurrence empirique (Figure 3), la récurrence maximale opérationnelle est définie comme la deuxième plus grande valeur empirique.

⁴ N^{bre} de mois disponibles = N^{bre} de jours disponibles x (7 mois / 214 jours entre le 1^{er} avril et le 31 octobre).

⁵ Dans Excel, à l'aide de la formule matricielle DROITEREG qui effectue une régression linéaire avec la méthode des moindres carrés, fournissant les sept coefficients de la régression, ainsi que l'erreur-type du logarithme népérien de l'IMQ estimée. L'interprétation de ce dernier résultat est discutée en détail à la section suivante.

Lorsque les paramètres des régressions polynomiales des 8 durées sont disponibles, la valeur d'IMQ théorique de chaque durée peut être obtenue pour une récurrence arbitraire située entre 1 fois aux 6 mois et la récurrence maximale. Ces 8 valeurs d'IMQ théoriques, représentées sur un graphique bilogarithmique de l'intensité horaire en fonction de la durée (Figure 2), sont désignées sous le nom de « courbes intensité-durée-fréquence » (IDF).

La relation entre les IMQ en mm/h (I) et la durée en minutes (D) peut être représentée, en première approximation, par l'équation linéaire :

$$\ln I = \ln a - b \ln D$$

où les coefficients **a** et **b** sont nommés « paramètres de Montana ».

Pour calculer ces deux paramètres et leur incertitude (erreur-type des coefficients), on effectue une régression linéaire⁶ sur les 8 valeurs théoriques du logarithme de l'IMQ pondérées par leur erreur-type respective.

Interprétation des résultats

IDF de petites récurrences et IDF de grandes récurrences

Avant de donner plus de détails sur l'interprétation des résultats obtenus, il est pertinent d'expliquer la différence entre les statistiques IDF des pluies de grandes et de petites récurrences.

Les statistiques IDF des pluies de petites récurrences (ou, réciproquement, de longues périodes de retour⁷) reposent sur l'ajustement de la distribution empirique des maximums annuels d'IMQ par une distribution statistique théorique, généralement de type Gumbel. La qualité de l'ajustement est reflétée dans l'incertitude des paramètres de la distribution théorique. De plus, puisqu'on s'intéresse souvent aux périodes de retour plus longues que le nombre d'années de maximums annuels disponibles, on se trouve en situation d'extrapolation, et les intervalles de confiance peuvent devenir très importants⁸.

Dans le cas des statistiques IDF des pluies de grandes récurrences (ou, réciproquement, de courtes périodes de retour), il s'agit plutôt d'obtenir une estimation du logarithme népérien de l'IMQ pour une récurrence arbitraire située entre deux valeurs empiriques connues. On se trouve donc en situation d'interpolation.

Comme on l'observe à la Figure 3, la relation entre le logarithme népérien de l'IMQ pour la récurrence ne suit pas un modèle de régression simple (linéaire, exponentiel, de puissance, logarithmique, etc.). Dans ce cas, la première méthode pour obtenir ces valeurs estimées du logarithme népérien de l'IMQ est l'interpolation (linéaire, polynomiale, sinusoïdale, etc.) entre les valeurs empiriques, mais cette méthode a pour désavantage de nous obliger à conserver l'ensemble des points empiriques. Pour éviter

⁶ Avec la méthode des moindres carrés.

⁷ Voir la note 2.

⁸ Par exemple, les intervalles de confiance de 95 % sont généralement de l'ordre de 20 % de la valeur moyenne pour les périodes de retour de 50 ans et plus.

cette limitation, une deuxième méthode consiste à représenter au mieux la courbe des points empiriques à l'aide d'une régression polynomiale. Dans le cas qui nous occupe, un polynôme d'ordre 6 permet une représentation adéquate de la courbe empirique. Il suffit alors de conserver les coefficients de la régression.

Erreurs-types des régressions polynomiales

L'erreur-type de la régression quantifie la dispersion des points empiriques autour de la régression polynomiale calculée. Plus précisément, l'écart entre les points empiriques et la régression (aussi nommé le « résiduel ») est inférieur ou égal à l'erreur-type dans 68,2 % des cas.

La Figure 4 présente le résiduel des régressions de chacune des 8 durées à la station Baie-Saint-Paul. On y constate que les résiduels sont très petits, de l'ordre de quelques dixièmes, mais également que leur dispersion n'est pas aléatoire, les résiduels oscillant plutôt entre des valeurs négatives et positives. Cela indique que les régressions polynomiales peinent à suivre les oscillations de petites amplitudes des courbes empiriques. Cet effet est néanmoins très faible, et l'approximation des courbes empiriques par les régressions polynomiales d'ordre 6 est tout de même très satisfaisante, avec des coefficients de détermination (R^2) très près de 100 %.

Figures

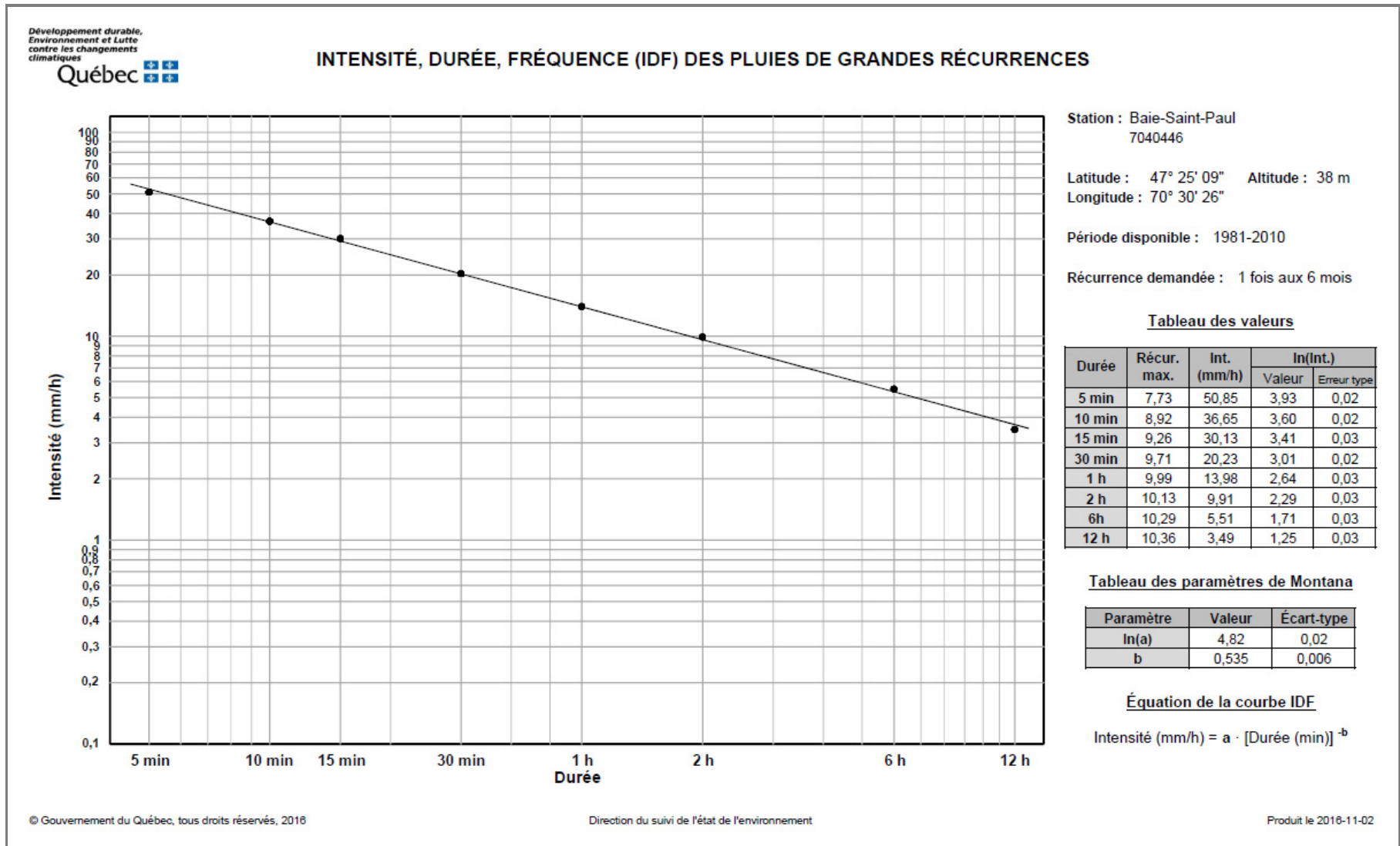


Figure 2 Statistique IDF des pluies de grandes récurrences (exemple)

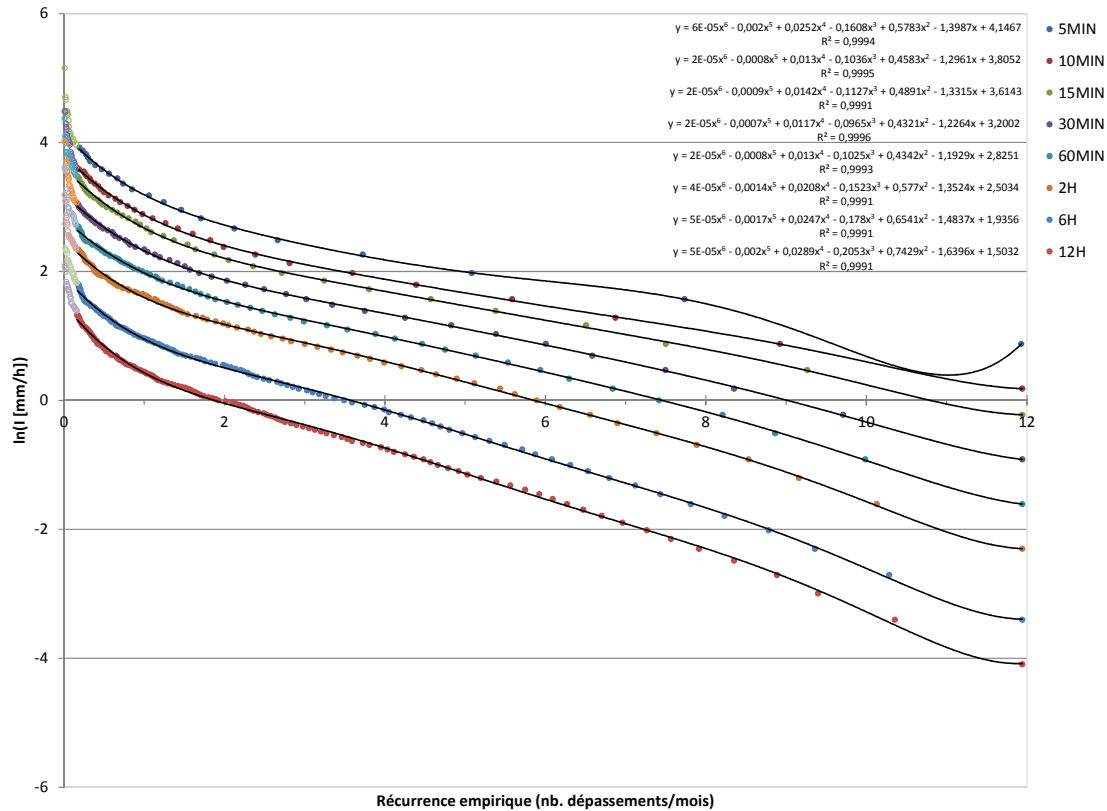


Figure 3 Graphique du logarithme népérien de l'intensité horaire en fonction de la récurrence empirique pour les 8 durées standards (station Baie-Saint-Paul). Chacune des courbes empiriques est accompagnée d'une régression polynomiale d'ordre 6, dont l'équation est affichée en haut à droite.

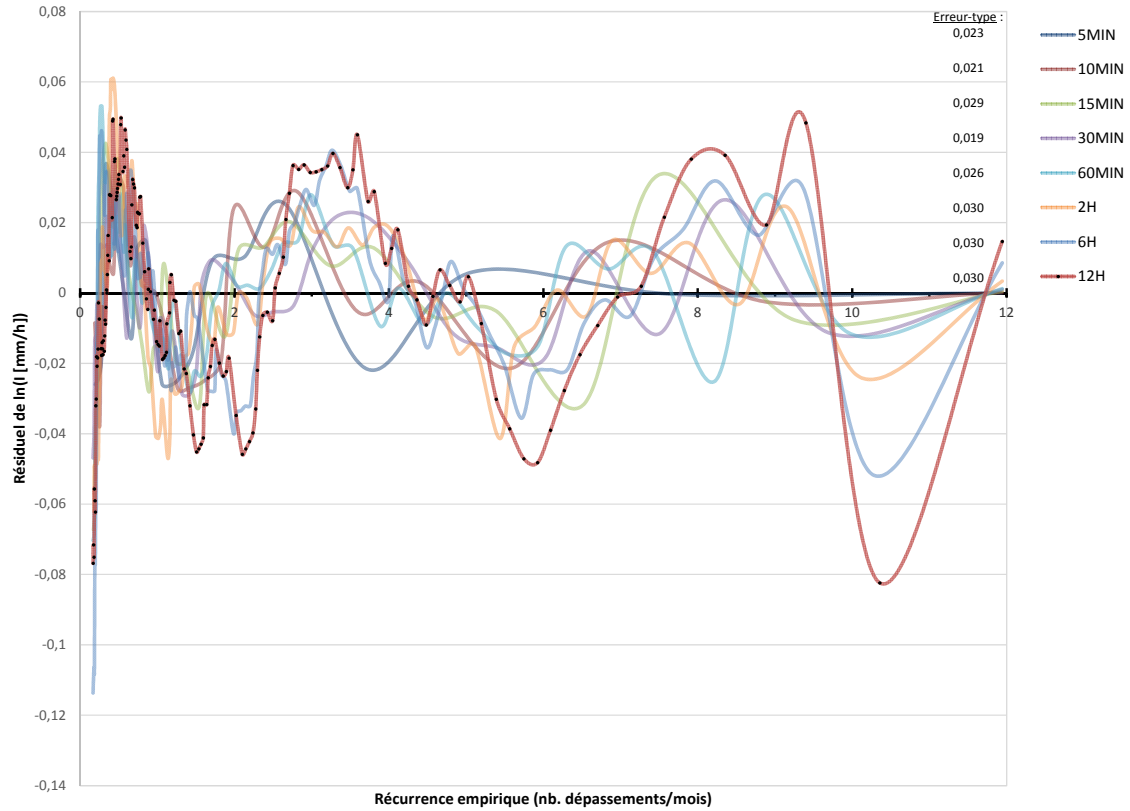


Figure 4 Graphique du résiduel des régressions de la Figure 3 (station Baie-Saint-Paul). Pour la durée de 12 heures, des points noirs mettent en évidence le résiduel de chacun des points empiriques. L'erreur-type des régressions de chacune des durées est présentée en haut à droite et se retrouve dans le tableau de la Figure 2.

***Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques***

Québec 