

Lignes directrices des crues et des étiages au Nouveau-Brunswick 2010-2100

Guidelines for Floods & Droughts in New Brunswick 2010-2100



2011



UNIVERSITÉ DE MONCTON
CAMPUS DE MONCTON

Nassir El-Jabi and Noyan Turkkan
Université de Moncton
Moncton, NB



New Brunswick Environmental Trust Fund
Fonds en fiducie pour l'environnement



Fisheries and Oceans Canada
Pêches et Océans Canada

Daniel Caissie
Department of Fisheries & Oceans
Moncton, NB

Warning:

Neither the organizations named in this Technical Report, nor any person acting on behalf of any of them assume any liability for the misuse or misunderstanding of the information presented in this study. The user is expected to make the final evaluation of the appropriateness of the technique and the accuracy of the data and calculations in his or her own set of circumstances.

Avertissement:

Les organisations énumérées dans ce rapport technique ou toute personne agissant en leurs noms déclinent toute responsabilité pour le mauvais emploi ou la mauvaise interprétation des renseignements contenus dans cette étude. Il incombe aux utilisateurs d'évaluer la pertinence des techniques et l'exactitude des données et calculs dans les circonstances qui s'appliquent.

TABLE OF CONTENTS / TABLE DES MATIÈRES

Liste of tables	
<i>Liste des tableaux</i>	3
Liste of figures	
<i>Liste des figures</i>	4
Abstract	
<i>Résumé</i>	5
Preamble	
<i>Préambule</i>	6
1. Flood frequency analysis	
<i>Analyse fréquentielle des crues</i>	8
1.1. Single station flood frequency analysis	
<i>Analyse fréquentielle des crues : stations individuelles</i>	9
1.2. Recurrence intervals	
<i>Intervalles de récurrence</i>	10
1.3. Regional flood regression equations	
<i>Équations de régression régionales des crues</i>	10
1.4. Index flood method	
<i>Méthode indice-crue</i>	11
1.5. Daily to instantaneous flows	
<i>Débits quotidiens et instantanés</i>	12
2. Drought Frequency analysis	
<i>Analyse fréquentielle des sécheresses</i>	12
2.1. Single station drought frequency analysis	
<i>Analyse fréquentielle des faibles débits : stations individuelles</i>	13
2.2. Regional drought regression equations	
<i>Équations de régression régionale des faibles débits</i>	14
3. Floods and droughts under different climate change scenarios	
<i>Crues et étiages sous divers scénarios climatiques</i>	15
3.1. Global climate model	
<i>Modèle climatique global</i>	15
3.2. Data collection	
<i>Collecte des données</i>	16
3.3. Hydrological modeling using artificial neural networks	
<i>Modélisation hydrologique : réseaux de neurones artificiels</i>	16
3.4. Future climate change projections	
<i>Prévisions des changements climatiques futurs</i>	17
3.5. Floods and droughts under future climate change	
<i>Crues et étiages liées au changement climatique</i>	17
3.6. Regional climate index (RCI)	
<i>Indice climatique régional (RCI)</i>	18
4. Case studies	
<i>Études de cas</i>	20
4.1. Case study 1 : Catamaran Brook	
<i>Étude de cas 1 : ruisseau Catamaran</i>	20
4.2. Case study 2 : Bouctouche River	
<i>Étude de cas 2 : rivière Bouctouche</i>	20
Conclusion	21
Acknowledgements	
<i>Remerciements</i>	21
References	
<i>Bibliographie</i>	22

LIST OF TABLES / LISTE DES TABLEAUX

1.	Analyzed hydrometric stations for the flood frequency analysis in New Brunswick. <i>Stations hydrométriques analysées par une analyse fréquentielle des crues au Nouveau-Brunswick</i>	23
2.	Summary of physiographic and climatic characteristics for selected hydrometric stations (data from report by Environment Canada and New Brunswick Department of Municipal Affairs and Environment, 1987) <i>Sommaire des caractéristiques physiographiques et climatiques des stations hydrométriques choisies (données du rapport d'Environnement Canada et des Affaires municipales et de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, 1987)</i>	24
3.	Results of single station flood frequency analyses using the 3-Parameter Lognormal (LN3) distribution <i>Résultats des analyses fréquentielles des crues des stations individuelles en utilisant la distribution log-normale à 3 paramètres (LN3)</i>	25
4.	Results of single station flood frequency analyses using the Generalized Extreme Value (GEV) distribution <i>Résultats des analyses fréquentielles des crues des stations individuelles en utilisant la fonction de distribution GEV</i>	26
5.	Regional regression coefficient estimates and R^2 (GEV distribution) <i>Estimés des coefficients de régression régionale et R^2 (distribution GEV)</i>	27
6.	Regional flood indices using the index flood method in New Brunswick <i>Indices de crues régionales en utilisant la méthode indice-crue au N.-B.</i>	27
7.	Selected hydrometric stations for low flow analysis in New Brunswick <i>Stations hydrométriques choisies au Nouveau-Brunswick</i>	28
8.	Physiographic and climatic variables for selected hydrometric stations <i>Variables physiographiques et climatiques des stations hydrométriques choisies</i>	29
9.	1-day low flow (m^3/s) for different recurrence intervals of NB rivers. <i>Débits faibles 1 jour (m^3/s) à des intervalles de récurrence différents, rivières du NB</i>	30
10.	7-day low flow (m^3/s) for different recurrence intervals of NB rivers <i>Débits faibles 7 jours (m^3/s) à des intervalles de récurrence différents, rivières du NB</i>	31
11.	14-day low flow (m^3/s) for different recurrence intervals of NB rivers <i>Débits faibles 14 jours (m^3/s) à des intervalles de récurrence différents, rivières du NB</i>	32
12.	Low flow regression equations for the New Brunswick region <i>Équations de régression d'étiage pour la région du Nouveau-Brunswick</i>	33
13.	Meteorological stations <i>Stations météorologiques</i>	34
14.	Hydrometric stations <i>Stations hydrométriques</i>	34
15.	Discharges (m^3/s) for Catamaran Brook <i>Données de fréquence du ruisseau Catamaran</i>	34
16.	Discharges (m^3/s) for Bouctouche River <i>Données de fréquence de la rivière Bouctouche</i>	34

LIST OF FIGURES / LISTE DES FIGURES

1.	Ratio of instantaneous peak flow to daily flow (QP/QD) for the 56 analyzed hydrometric stations in New Brunswick <i>Ratio du débit de pointe et du débit quotidien (QP/QD) des 56 stations hydrométriques analysées au Nouveau-Brunswick</i>	35
2.	New Brunswick regional climate index (RCI) curves for flood at time slices 2010-39, 2040-69 and 2070-99 under a) climate scenario B1 b) climate scenario A2 <i>Courbes d'indices des crues, climat régional du Nouveau-Brunswick, créneaux temporels 2010-39, 2040-69 et 2070-99 selon a) le scénario climatique B1 et b) le scénario climatique A2</i>	36
3.	New Brunswick regional climate index (RCI) curves for drought at time slices 2010-39, 2040-69 and 2070-99 under a) climate scenario B1 b) climate scenario A2 <i>Courbes d'indices des sécheresses, climat régional du Nouveau-Brunswick, créneaux temporels 2010-39, 2040-69 et 2070-99 selon a) le scénario climatique B1 et b) le scénario climatique A2</i>	36

ABSTRACT

There is currently a broad scientific consensus that the global climate is changing in ways that are likely to have a profound impact on our society and on the natural environment over the coming decades. The present report represents a summary of three studies published under the Department of Fisheries and Oceans Canada (see references) and covers Floods and Droughts analyses in New Brunswick, as well as the impact of climate change. First of all, a flood frequency analysis was carried out to determine the characteristics of high flow events. A low flow analysis was also conducted in New Brunswick to estimate the probability of low flow throughout the year. Finally, the impacts of climate change on the discharge regimes in New Brunswick were analysed, using artificial neural network models. Future climate data were extracted from the Canadian Coupled General Climate Model (CGCM3.1) under the greenhouse gas emission scenarios B1 and A2 defined by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The climate change fields (temperatures and precipitation) were computed using the delta change approach. Using the artificial neural network, future river discharge was predicted for selected hydrometric stations. Then, a frequency analysis was carried out using the generalized extreme value (GEV) distribution function for floods and the 3 parameter Weibull distribution for low flows. The parameters of the distribution were estimated using L-moments method.

RÉSUMÉ

Un consensus scientifique existe à savoir que le climat global subit des changements significatifs à tel point que notre société et environnement naturel en seront profondément modifiés au cours des prochaines décennies. Ce rapport est un sommaire de trois études publiées par Pêches et Océans Canada (voir la bibliographie) sur des analyses de crues et d'étiages au Nouveau-Brunswick, ainsi qu'une analyse des impacts du changement climatique. Une analyse de la fréquence des crues a d'abord été effectuée afin d'établir les caractéristiques des régimes de débits élevés. Par la suite, une analyse des débits d'étiage a été effectuée au Nouveau-Brunswick afin d'avoir une estimation de la probabilité des faibles débits tout au long de l'année. Ensuite, en utilisant des modèles de réseaux de neurones artificiels, une analyse des impacts du changement climatique sur les régimes d'écoulement au Nouveau-Brunswick a été effectuée. Des données climatologiques futures ont été tirées du modèle couplé du climat global (MCCG3.1) sous les scénarios B1 et A2 des émissions de gaz à effet de serre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les champs d'observation du changement climatique (températures et précipitations) ont été calculés avec l'approche delta. Un réseau de neurones artificiels a permis de prédire le débit futur à des stations hydrométriques choisies. Enfin, une analyse de la fréquence a été effectuée avec la fonction de répartition GEV (*generalized extreme value*) pour les crues et la fonction répartition Weibull à trois paramètres pour les étiages. Les paramètres des distributions ont été estimés selon la méthode des L-moments.

PREAMBLE

There is currently a broad scientific consensus that the global climate is changing in ways that are likely to have a profound impact on human society and the natural environment over the coming decades. Climate change and its impacts on a global scale are the focus of intense, broad-based international research efforts in natural and social sciences. However, understanding the nature and potential consequences of climate change at regional scales remains a challenge. Moreover, it has been recognized that changes in the frequency and magnitude of extreme weather events are likely to have more substantial and widespread impacts on the environment and human activities than changes in the average climate.

A number of extreme events (with significant impacts on the environment and socio-economic activities) have been observed during the last decade, including severe floods and droughts as well as extreme heat around the world. These extreme events have caused serious risks to the health of populations as well as to ecosystems and have had severe economic consequences on sectors such as agriculture and water resources.

- to improve our ability to manage extreme climatic risks,
- to assess the consequences of extreme events over the next decades, and
- to develop new tools and design criteria to more accurately assess the impact of extreme events on water resources and river discharge (e.g., floods and droughts).

Improved knowledge and assessment tools will assist policy-makers in formulating more robust policies to mitigate the impacts of climate change and to develop adaptation strategies.

The objectives of the present guidelines are to carry out a flood and low flow frequency analyses using predicted discharge to determine the level of expected changes in flows for design purposes. These targeted objectives will help improve the management of the risks associated with present climate as well as changes under climate change. This will contribute towards the ongoing review of current criteria and procedures for the design of hydraulic structures and water resources infrastructures.

PRÉAMBULE

Un consensus scientifique existe à savoir que le climat global subit des changements significatifs à tel point que notre société et environnement naturel en seront profondément modifiés au cours des prochaines décennies. À l'heure actuelle, de nombreuses recherches internationales à grande échelle, en sciences naturelles et sciences sociales, portent sur le changement climatique et son impact à l'échelle de la planète. Cependant, au niveau régional, il demeure un défi de comprendre la nature et les conséquences potentielles du changement climatique. De plus, il est admis que les variations dans la fréquence et la magnitude des phénomènes météorologiques extrêmes sont susceptibles d'engendrer des impacts plus substantiels et généralisés sur l'environnement et les activités humaines que les changements dans les conditions du climat moyen.

Durant la dernière décennie, un certain nombre d'événements extrêmes dans le monde, dont des crues, sécheresses et chaleurs extrêmes, ont été observés. Leurs répercussions ont été importantes sur l'environnement et les activités socio-économiques. Ce type d'événements extrêmes entraîne des risques importants pour la santé des populations et des écosystèmes et a des conséquences économiques significatives dans certains secteurs, dont l'agriculture et les ressources hydriques, par exemple. D'où l'importance

- d'améliorer nos capacités de gestion des risques climatiques extrêmes,
- d'évaluer les conséquences des événements extrêmes durant les prochaines décennies, et
- de développer de nouveaux outils et critères de conception pour évaluer avec plus de certitude l'impact des événements extrêmes sur les ressources hydriques et les régimes d'écoulement des rivières (les crues et les sécheresses, p. ex.).

La disponibilité d'outils d'évaluation plus pointus, jointe à des connaissances accrues, permettront aux décideurs d'adopter des politiques plus vigoureuses afin d'atténuer les impacts du changement climatique et développer des stratégies d'adaptation.

Les lignes directrices de cette étude visent à permettre l'analyse de la fréquence des crues et des faibles débits grâce à un régime d'écoulement spécifique qui précisera, dans le cadre de la conception d'ouvrages, les niveaux des changements attendus dans l'écoulement. Ces objectifs ciblés amélioreront la gestion du risque par rapport au climat actuel et aux changements climatiques futurs et contribueront à la révision continue des critères et des procédures lors de la conception des ouvrages hydrauliques et des ressources hydriques.

1.0 FLOOD FREQUENCY ANALYSES

The understanding of floods plays a key role in many hydrological studies, especially in the design of hydraulics structures such as dams, culverts, bridges and others. The estimation of floods is also important in the evaluation of flood risk, particularly in areas in close proximity of flood plains. Extreme hydrological events are not only important in the design of water resource projects but also for fish habitat and in the management of fisheries resources. The latest flood study in NB was carried out over 20 years ago (Environment Canada and New Brunswick Department of Municipal Affairs and Environment, 1987). In the present report, a flood frequency analysis was carried out to determine the characteristics of high flow events in New Brunswick. More detailed information is also available from Aucoin *et al.* (2011). For many practical situations, at-site historical flood data are available, such that extreme flood events can be estimated (or predicted) with reasonable accuracy. However, for many other situations (e.g., ungauged basins), flood estimates are required at locations where no historical data are available. When this arises, a regional flood frequency analysis may be considered as a viable alternative in order to approximate at-site flood characteristics by exploiting the information available at neighbouring sites.

Single stations analyses were carried out for 56 hydrometric stations located across the province and some of their relevant characteristics are presented in Table 1. Moreover, a summary of the physiographic and climatic characteristics for the selected hydrometric stations is provided in Table 2. In addition to the 56 single station analyses, a regional flood frequency analysis was carried out using both regression equations and the index flood approach. In general, the results of the present study are consistent with those from early studies, although it can be observed that updating the flood information resulted, for many stations, in an improvement of flood estimates.

1.0 ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES CRUES

De nombreuses études hydrologiques requièrent une compréhension du phénomène des crues, surtout lorsqu'il s'agit de concevoir des ouvrages hydrauliques, dont les barrages, ponceaux et ponts, par exemple. Il est également important d'évaluer le risque d'inondation possible dans les zones exposées aux crues situées près des plaines inondables. Or, les événements hydrologiques extrêmes sont importants non seulement lors de la conception d'installations en ressources hydriques mais aussi en gestion des ressources halieutiques et, en raison de leurs répercussions sur l'habitat du poisson. La dernière étude des crues au N.-B. a été effectuée il y a 20 ans (Environnement Canada et Ministère des Affaires municipales et de l'Environnement du N.-B., 1987). Dans ce rapport, nous effectuons une analyse de la fréquence des crues afin d'identifier les caractéristiques des débits de crues au N.-B. Des renseignements additionnels se trouvent dans Aucoin *et al.* (2011). Dans nombre de situations pratiques, nous disposons de données de crues historiques à des endroits spécifiques, ce qui permet des estimations (ou prédictions) d'événements de crues assez précises. Cependant, dans bien d'autres cas, (les bassins versants non jaugés, p. ex.), les données historiques n'existent pas et il faut établir des prédictions de crues. Or, l'analyse de la fréquence régionale des crues est une option viable qui permet de lier les caractéristiques des crues à des endroits spécifiques en utilisant les données des sites voisins.

Des analyses de fréquence de crues à des stations individuelles ont été effectuées dans 56 stations hydrométriques de la province. Le tableau 1 démontre certaines caractéristiques pertinentes et le tableau 2 contient un sommaire des caractéristiques climatiques et physiographiques des stations hydrométriques choisies. En plus des 56 analyses de stations individuelles, une analyse de la fréquence des crues régionales a été effectuée avec une approche de régression et la méthode indice-crue. En général, les résultats de cette étude rejoignent ceux d'études antérieures mais il est à noter que la mise à jour des résultats sur les crues permet, pour plusieurs stations, d'améliorer les prédictions.

1.1 Single Station Flood Frequency Analysis

A frequency analysis was carried for each station to estimate floods of different recurrence intervals. The maximum daily discharge by year was extracted from the HYDAT database and fitted to two distributions, namely the 3-parameter lognormal (LN3) and the generalized extreme value (GEV) distributions.

The probability density function (PDF) of LN3 is given by:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(x-\lambda)} \exp\left\{-\frac{[\ln(x-\lambda)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (1)$$

defined for $\lambda < x < \infty$; and where $\mu \in \mathbf{R}$ is the shape parameter, $\sigma > 0$ is the scale parameter, and $\lambda \in \mathbf{R}$ is the threshold parameter. In hydrology, the cumulative distribution function (CDF) is most often used to represent flows of different recurrence intervals. For LN3, the CDF is given by:

$$F(x) = \int_{\lambda}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-\lambda)} \exp\left\{-\frac{[\ln(t-\lambda)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right\} dt \quad (2)$$

with parameters defined in equation (1).

For GEV, the PDF is given by:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma'} \left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu'}{\sigma'}\right)\right]^{-(1/\xi+1)} \exp\left\{-\left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu'}{\sigma'}\right)\right]^{-1/\xi}\right\} \quad (3)$$

defined for $1 + \xi(x-\mu')/\sigma' > 0$; and where $\sigma' > 0$ is the scale parameter, $\mu' \in \mathbf{R}$ is the location parameter, and $\xi \in \mathbf{R}$ is the shape parameter. The CDF for the GEV is given by the following equation:

$$F(x) = \exp\left\{-\left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu'}{\sigma'}\right)\right]^{-1/\xi}\right\} \quad (4)$$

1.1 Analyse fréquentielle des crues : stations individuelles

Une analyse fréquentielle a été effectuée pour chaque station afin de prédire les crues pour des périodes de récurrences différents. Le débit journalier maximal par année provient de la base de données HYDAT et a été ajusté à deux distributions, la log-normale à 3 paramètres (LN3) et la loi généralisée des valeurs extrêmes GEV (*generalized extreme value*).

La fonction de densité (PDF) de LN3 est obtenue par l'équation:

définie comme $\lambda < x < \infty$; et où $\mu \in \mathbf{R}$ est le paramètre de forme, $\sigma > 0$ le paramètre d'échelle et $\lambda \in \mathbf{R}$ le paramètre de seuil. En hydrologie, la fonction de répartition cumulative (CDF) est le plus souvent utilisée pour représenter les débits à différentes périodes de récurrence. Pour LN3, la CDF est obtenue ainsi :

avec les paramètres définis dans l'équation (1).

Pour la fonction de répartition GEV, la fonction de densité PDF est obtenue par l'équation :

définie comme $1 + \xi(x-\mu')/\sigma' > 0$; et où $\sigma' > 0$ est le paramètre d'échelle, $\mu' \in \mathbf{R}$ le paramètre de position et $\xi \in \mathbf{R}$ le paramètre de forme. La fonction de répartition cumulative du CDF pour la fonction de distribution GEV est précisée par l'équation suivante :

with parameters defined in equation (3). Note that, for simplicity, x , $f(x)$ and $F(x)$ are used here for both LN3 and GEV; however they are different for each distribution. The method of maximum likelihood was used for estimating the parameters for both LN3 and GEV.

Usually, once the parameters have been estimated for distinct distributions, there is an interest in 1) assessing the quality of the fitted models, as well as 2) determining which model fits the data best using selected criteria. As such, three diagnostic tools were used, namely, the quantile-quantile plot or (Q-Q plot), the NLL value (negative log-likelihood), and the Anderson-Darling (AD) statistic.

1.2 Recurrence Intervals

The relation between the CDF, i.e. $F(x)$ and the recurrence interval (T , in years) used in flood hydrology, is given by the equation:

$$F(x) = 1 - \frac{1}{T} \tag{5}$$

where T -year flood denoted by QDT , such that $QDT=1/[1-F(x)]$. For LN3 and GEV, respectively, results of the 56 single station high flow frequency analyses are provided in Table 3 and Table 4, for recurrence intervals of 2, 10, 20, 50 and 100 years.

1.3 Regional Flood Regression Equations

Characteristics of floods differ from one drainage basin to another and results of single station analysis are only applicable to the specific gauged streams or those streams near hydrometric stations. As many water resource projects are undertaken for ungauged basins, there is a requirement for the development of regional equations. The main idea behind regional regression analysis is to establish a relationship between floods and physiographic parameters describing the basin. With the discharge as the dependent variable and the physiographic factors as independent variable(s) (in this case the area of the drainage basin and precipitation), linear regressions of the following types can be entertained:

avec les paramètres définis à l'équation (3). Notons que, par souci de simplicité, x , $f(x)$ et $F(x)$ sont utilisés tant pour LN3 que pour GEV; cependant, ils sont différents pour chaque distribution. La méthode du maximum de vraisemblance a été utilisée pour estimer les paramètres de LN3 et GEV.

Normalement, lorsque les paramètres sont estimés pour des distributions distinctes, on évalue d'abord la qualité des modèles ajustés et l'on détermine quel modèle correspond le mieux aux données selon des critères sélectionnés. À ce titre, nous avons utilisé trois outils diagnostiques, le *Q-Q plot* (*quantile-quantile plot*), la valeur NLL (*negative log-likelihood*) et la statistique Anderson-Darling (AD).

1.2 Intervalles de récurrence

En hydrologie des crues, la relation entre CDF, p. ex. $F(x)$ et l'intervalle de récurrence (T -année), est obtenue par la formule :

où la crue T -année, dénotée par QDT , donne $QDT=1/[1-F(x)]$. Pour LN3 et GEV respectivement, les résultats des analyses de fréquence à débits élevés des 56 stations individuelles figurent aux tableaux 3 et 4, selon les intervalles de récurrence de 2, 10, 20, 50 et 100 ans.

1.3 Équations de régression régionales des crues

Les caractéristiques des crues diffèrent d'un bassin hydrologique à un autre et les résultats des analyses de stations individuelles s'appliquent uniquement aux cours d'eaux spécifiques jaugés ou à ceux situés près de stations hydrométriques. Puisque de nombreux projets de développement hydrique ont lieu sur des bassins non jaugés, il faut développer des équations régionales. Le but des analyses des régressions régionales est d'établir une relation entre les crues et les paramètres physiographiques d'un bassin particulier. Avec le débit comme variable dépendante et les facteurs physiographiques comme variables indépendantes (superficie du bassin versant et précipitations), des régressions linéaires du type suivant peuvent être proposées:

$$Q_T = a (DA)^{b1} \text{ ou } Q_T = a (DA)^{b1} (MAP)^{b2} \quad (6)$$

where a , $b1$, and $b2$ are regression parameters; DA and MAP are used in reference to the “drainage area” (in km²) and the “mean annual precipitation” (in mm), respectively; and Q_T denotes the T-year flood (in m³/s). For these regional regression equations, the estimated coefficients are presented in Table 5, along with their corresponding coefficients of determination (R^2).

1.4 Index Flood Method

The Index Flood Method permits the estimation of higher return floods using data from lower return floods (e.g., estimation of 100-year flood from data on the 2-year flood) and can be described, for Averaging Approach, as follows:

1. Single station analyses are carried out using appropriate frequency distributions and the recurrence intervals of interest are estimated for each site.
2. Dimensionless flood indices are calculated for each site by dividing the estimated flows of different recurrence intervals by a scaling factor. For example, common choices of scaling factors are the mean annual flood (MAFL), estimated from the sample; and the 2-year flood (QD2), estimated from the fitted distribution.
3. For a recurrence interval T , the average of indices is estimated for all sites and this value corresponds to the *regional index* for that specific recurrence interval.

A second approach, namely pooling approach of the *index-flood* method, can therefore be described as follows:

1. A flood index is estimated for each station. Usually, the index is estimated from the sample (e.g. sample mean or median), although more sophisticated indices can be used (e.g. QD2 obtained from prior analysis).
2. All observations are *normalized* by dividing them with the estimated index.
3. The *normalized* data from all stations are then pooled together to form a new sample (i.e., a regional sample).
4. A frequency distribution is fitted to the regional sample and the resulting parameter estimates correspond to the *regional parameters*. These parameters can then be used to obtain regional

où a , $b1$, et $b2$ sont les paramètres de régression; DA et MAP sont « la surface de drainage » (en km²) et « la précipitation annuelle moyenne » (en mm) respectivement et Q_T dénote une crue T -année (en m³/s). Les coefficients estimés des équations de régression régionales sont au tableau 5 avec les coefficients de détermination (R^2) correspondants.

1.4 Méthode indice-crue

La méthode indice-crue permet l'estimation des débits de crue à des récurrences plus élevées en utilisant les données des récurrences plus faibles (p. ex., une crue de 100-ans à partir des données d'une crue 2-ans) et se décrit, selon la méthode du calcul de la moyenne, comme suit :

1. Les analyses des stations individuelles sont effectuées en utilisant les distributions de fréquences appropriées et les niveaux récurrents d'intérêt sont estimés pour chaque site.
2. Les indices de crues adimensionnels sont calculés pour chaque site en divisant les débits pour différentes intervalles de récurrence estimés par un facteur d'échelle. Les échelles les plus communes sont la moyenne du débit de crue annuelle (MAFL), estimation tirée de l'échantillonnage et, la crue de 2-ans (QD2), estimation tirée de la distribution ajustée.
3. Pour l'intervalle de récurrence T , la moyenne des indices est estimée pour tous les sites et la valeur correspond à l'*indice régional* de l'intervalle de récurrence spécifique.

Une seconde approche, le regroupement de la méthode *indice-crue*, se décrit comme suit :

1. L'indice-crue est estimé pour chaque station. Normalement, l'indice est estimé à partir de l'échantillon (p. ex., la moyenne de l'échantillon ou la médiane) même si des indices plus complexes (p. ex., QD2 obtenu à partir d'analyses précédentes) peuvent aussi être utilisés.
2. Toutes les observations sont *normalisées* en les divisant par l'indice estimé.
3. Ensuite, les données *normalisées* de toutes les stations sont regroupées pour constituer un nouvel échantillonnage (p. ex., un échantillon régional).
4. La fréquence de distribution est ajustée à l'échantillon régional et les paramètres estimés résultants constituent des *paramètres régionaux* qui peuvent ensuite servir à établir des estimations régionales pour différentes périodes de récurrence pour des stations

recurrence interval estimates for gauged and ungauged stations.

The results of the index flood methods are presented in Table 6. These results can be used to calculate flow for different recurrence intervals of ungauged basins provided that low return floods are known (e.g. QD2 or MAFL), both of which can be obtained by regression (Table 5).

1.5 Daily to Instantaneous Flows

All analyses so far pertained to the mean daily discharge (or annual maximum daily discharge). However, for many practical applications, there is an interest in the design of structures using instantaneous peak flows (or annual maximum instantaneous discharge). The flood frequency analyses could easily have been carried out using instantaneous flows rather than daily flows; however, past studies have relied on ratios between instantaneous flows to daily flow. The present study will also calculate instantaneous flows based on daily flows. Previous studies have dealt with this problem by constructing *envelop curves*, which are based on observed (maximum) ratios of the instantaneous peak flow to mean flow in relationship with the basins' drainage size. Figure 1 shows a scatter plot of these values plotted against their corresponding drainage area (km^2), from which the following main observations can be made:

- for stations with drainage areas below 200 km^2 , the ratio QP/QD does not exceed 3.5;
- for stations with drainage areas ranging from 200 to 800 km^2 , the ratio QP/QD does not exceed 2.5;
- and for stations with drainage areas above 800 km^2 , the ratio QP/QD does not exceed 2 (however, note that Aroostook River (6060 km^2) has a maximum QP/QD value of 2.0).

2.0 DROUGHT FREQUENCY ANALYSES

River low flows have always been an important parameter in hydrological studies. They are mainly driven by local climate, underlying geology, soils, topography, vegetation, as well as by lakes and swamps. Anthropogenic impacts can also influence low flow conditions such as irrigation, water withdrawals and climate change among others. These conditions and factors all need to be considered during the planning, design, construction

jaugées et non jaugées.

Les résultats de la méthode indice-crue sont au tableau 6. Ils peuvent servir à calculer les débits de différentes périodes de récurrence de bassins non jaugés en autant que les débits à faible récurrence soient connus (QD2 ou MAFL, p. ex.). Ceux-ci peuvent être déterminés par régression (tableau 5).

1.5 Débits quotidiens et instantanés

Jusqu'à maintenant, toutes les analyses portent sur le débit journalier moyen (ou le débit journalier maximal annuel). Cependant, de nombreuses applications pratiques visent à réaliser de meilleures conceptions de structures en utilisant les débits de pointe instantanés (ou le débit maximum annuel instantané). Il aurait été facile d'analyser la fréquence des crues avec les débits instantanés plutôt que les débits quotidiens; cependant, des études antérieures ont utilisé les ratios de débits instantanés et l'écoulement quotidien. Cette étude calcule également les débits instantanés selon l'écoulement quotidien. Des études antérieures ont relevé ce défi en développant des *courbes enveloppes* basées sur les ratios observés (maximaux) des débits de pointe instantanés et des débits moyens par rapport à la superficie de drainage des bassins. La figure 1 illustre le diagramme de dispersion de ces valeurs, par rapport à la surface de drainage (km^2), à partir de laquelle les observations suivantes sont permises :

- les stations où la superficie de drainage est moins de 200 km^2 , le ratio QP/QD ne dépasse pas 3,5;
- les stations où la superficie de drainage est de 200 à 800 km^2 , le ratio QP/QD ne dépasse pas 2,5;
- les stations où la superficie de drainage est plus de 800 km^2 , le ratio QP/QD ne dépasse pas 2 (à noter que la rivière Aroostook ($6\,060 \text{ km}^2$) a une valeur maximale QP/QD de 2,0).

2.0 ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS FAIBLES

Les faibles débits fluviaux ont toujours été des paramètres importants des études hydrologiques. Ils résultent principalement du climat local, de la géologie souterraine, des sols, de la topographie, de la végétation et de la présence ou absence de lacs et marécages. Les impacts anthropiques, dont l'irrigation, les prélèvements et les changements climatiques entre autres, peuvent aussi jouer un rôle dans les faibles débits. Ces conditions et facteurs revêtent tous une importance lors de la

and the maintenance of different hydraulic structures and water resource systems. River low flows can also impact fish habitat and instream water toxicity by reducing the dilution capacity and increasing water temperatures. For example, low flows can affect fish movement and increase fish stress and mortality due to high water temperatures.

The present section will focus on estimating low flows in the province of New Brunswick (NB) with the objective of updating results from previous guidelines (Environment Canada and New Brunswick Department of the Environment, 1990). The low flow estimation guideline of 1990 was carried out using 38 hydrometric stations across the province and this study also analysed the same stations. Similar to previous studies dealing with low flows, the annual minimum flow (AMF) was used. This analysis consists of fitting the AMFs to a distribution function and calculating the discharge for different recurrence intervals (or frequencies). The study was carried out for each station (single station analysis) and low flow frequencies were calculated for 1-day, 7-day and 14-day durations and for different recurrence intervals (e.g., 2-year, 10-year, 20-year and 50-year). Following the single station analysis, a regression analysis was carried out in order to estimate low flows for ungauged basins.

The objective of this section is to update the results of previous low flow studies in NB and more details are found in Caissie *et al.* (2011). As such, the specific objectives are: (i) to carry out a single station frequency analysis using 38 hydrometric stations within the province, (ii) to compare low flows among different rivers, (iii) to calculate provincial regression equations in order to estimate low flows at ungauged basins and (iv) to compare regression equation results with those of previous studies. The station description (river name and station ID), drainage area, period of record, number of years of record and the minimum recorded daily flow are all listed in Table 7. Table 8 show the physiographic and climatic parameters associated with each stations.

2.1 Single station drought Frequency Analysis

The Type III extremal distribution (or the 3-parameter Weibull) is the most popular distribution and was chosen to fit the minimum annual discharge in the present study. The 3-parameter Weibull cumulative distribution function (*cdf*) is given by the equation:

planification, la conception, la construction et l'entretien de diverses structures hydrauliques et de systèmes de ressources hydriques. De faibles débits d'eau peuvent aussi avoir des impacts sur les habitats de poissons et la toxicité de l'eau, en réduisant la capacité de dilution de l'eau et en augmentant la température de l'eau. De faibles débits influencent le mouvement des poissons et, en raison de températures plus élevées, augmentent leurs niveaux de stress et de mortalité.

Cette section, qui porte principalement sur l'estimation des faibles débits au Nouveau Brunswick, a pour objectif de mettre à jour les résultats des lignes directrices précédentes (Environnement Canada et ministère de l'Environnement du N.-B., 1990). Les lignes directrices sur les estimations de faibles débits en 1990 ont été élaborées à partir de 38 stations hydrométriques dans la province. La présente étude a analysé les mêmes stations. Tout comme les études précédentes sur les faibles débits, le débit annuel minimum (AMF) a été utilisé. L'analyse vise à ajuster les AMF à une fonction de répartition et à calculer le débit pour différentes périodes de récurrence (ou différentes fréquences). L'étude a été effectuée pour chaque station (analyses de stations individuelles) et la fréquence des faibles débits a été calculée pour des périodes de 1, 7 et 14 jours et selon différentes périodes de récurrence (2, 10, 20 et 50 ans). Suite à l'analyse des stations individuelles, une analyse de régression a été effectuée afin d'estimer les faibles débits des bassins non jaugés.

L'objectif de cette section est de mettre à jour les résultats des études précédentes sur les faibles débits au N.-B. De plus amples détails sont présentés dans Caissie *et al.* (2011). À ce titre, les objectifs spécifiques sont (i) une analyse fréquentielle des 38 stations hydrométriques individuelles dans la province; (ii) une comparaison des faibles débits des différentes rivières; (iii) le calcul des équations de régression provinciales afin d'estimer les faibles débits des bassins non jaugés et, (iv) une comparaison des résultats des équations de régression avec celles des études antérieures. Une description de la station (nom de la rivière et identification (ID) de la station), le bassin hydrologique, la période du relevé, le nombre d'années du relevé et le débit quotidien minimal enregistré sont indiqués au tableau 7 alors que le tableau 8 illustre les paramètres physiographiques et climatiques de chaque station.

2.1 Analyse fréquentielle des faibles débits : stations individuelles

La fonction de répartition de valeurs extrêmes du type III (ou la loi de Weibull 3-paramètres) est la plus populaire et a été ajustée au débit minimal annuel de l'étude actuelle. La fonction de distribution (*CDF*) Weibull 3-paramètres est obtenue par l'équation

suivante :

$$F(x) = 1 - e^{-((x-t)/\eta)^\beta}; x \geq t \quad (7)$$

where x represents discharge, t is a threshold parameter, $\eta > 0$ is a scale parameter, and β is a shape parameter.

Many methods have been used for the estimation of the distribution's parameters. The maximum likelihood method was selected for this study because it is considered a better estimator. With the distribution's parameters and the *cdf*, the low flow estimates Q_T were then calculated for different recurrence intervals, T (2-year, 10-year, 20-year and 50-year). The 3-parameter Weibull quantiles Q_T are obtained from:

$$Q_T = \eta \left(-\ln(1 - F(x))^{1/\beta} \right) + t \quad (8)$$

where the relation between $F(x)$ and recurrence interval, T , is given by:

$$F(x) = \frac{1}{T} \quad (9)$$

The Anderson-Darling statistics was also used as a measure of goodness of fit similar to flood data. The daily low flow data from each hydrometric station were used to calculate the minimal annual discharge for durations of 1-day, 7-day and 14-day for recurrence intervals of 2-year, 10-year, 20-year and 50-year. The results for this low flow analysis are presented in Table 9 (1-day), Table 10 (7-day) and Table 11 (14-day).

2.2 Regional Low Flow Regression Equations

The province will be considered as one region, thus simplifying the application of regression equations for a wider range of drainage basins. The 1-day, 7-day and 14-day low flow for 2, 10, 20 and 50-year return periods were used in the formulation of the regression equations. Among the physiographic and climatic characteristics, drainage area and mean annual precipitation were the only retained variables for the low flow regression equations (Table 12).

où x représente le débit, t la valeur de seuil, $\eta > 0$ le paramètre d'échelle et β le paramètre de forme.

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour estimer les paramètres de distribution. Dans cette étude, la méthode du maximum de vraisemblance a été choisie parce que l'on considère qu'il s'agit du meilleur estimateur. Avec les paramètres de distributions et le *CDF*, les estimations de faibles débits Q_T ont ensuite été calculées pour différentes périodes de récurrence, T (2, 10, 20 et 50 ans). Les quantiles Q_T de la fonction de répartition de Weibull à 3 paramètres sont obtenus par la formule:

où la relation entre $F(x)$ et l'intervalle de récurrence, T est obtenue par la formule:

Les statistiques Anderson-Darling ont également été utilisées, tel que pour les crues, comme mesures de la qualité de l'ajustement des données. Les faibles débits à chaque station hydrométrique ont été utilisées pour calculer le débit minimum annuel des durées 1, 7 et 14 jours pour de période de récurrence de 2, 10, 20 et 50 ans. Les résultats de l'analyse des faibles débits sont illustrés au tableau 9 (1 jour), tableau 10 (7 jours) et tableau 11 (14 jours).

2.2 Équations de régression régionale des faibles débits

Dans le but de simplifier l'application des équations de régression à une fourchette plus large de bassins versant, la province sera considérée comme une seule région. Les faibles débits 1, 7 et 14 jours pour les périodes de récurrence 2, 10, 20 et 50 ans, ont été utilisés pour établir les équations de régression. Au niveau des caractéristiques physiographiques et climatiques, seules les variables de la superficie de drainage et de la moyenne de précipitation annuelle ont été retenues pour les équations de régression de faible débit (tableau 12).

3.0 FLOODS AND DROUGHTS UNDER DIFFERENT CLIMATE CHANGE SCENARIOS

The present section analyses the climate change impacts on the discharge regimes of several catchments in New Brunswick. The hydrological response for given climate scenarios was simulated using artificial neural network models. Future climate data were extracted from the Canadian Coupled General Climate Model (CGCM3.1) under the green house gas emission scenarios B1 and A2 defined by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Using the artificial neural network, future river discharge was predicted for selected hydrometric stations. Then, a frequency analysis was carried out using the generalized extreme value (GEV) distribution function, and the parameters of the distribution were estimated. More details on the particular analysis are proved in Turkkan *et al.* (2011).

3.1 Global climate model

General Circulation Models (GCMs) are based on mathematical representations of atmosphere, ocean, ice cap as well as land surface processes. These models are considered to be the only credible tools currently available for simulating the response of the global climate system to increasing “greenhouse gas” concentrations. However, the rate of increase of “greenhouse gases” in the 21st century, and thus the response of the global climate system, remains largely unknown. Historically, gross CO₂ emissions have increased at an average rate of 1.7 % per year since 1900 and if this trend continues, global emissions would increase more than six fold by 2100. Different scenarios have been presented by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) which reflects a variety of CO₂ concentrations over the next 100 year. GCMs were developed to simulate the present climate and to predict future climate. While the complexity of the global climate system is well captured by these models, they are unable to represent local scale features and processes due to their limited spatial resolution. Large geographic areas (e.g. 50,000 to 300,000 km²) represent the basic unit of GCMs. The Canadian Global Coupled Model (CGCM 3.1 / T63), for example, corresponds to geographic areas represented by a grid of approximately 2.81° latitude by 2.81° longitude (~ 60,000 km²). In New

3.0 CRUES ET ÉTIAGE SOUS DIVERS SCÉNARIOS DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Cette section analyse les impacts des changements climatiques sur les régimes d'écoulement de plusieurs bassins hydrologiques du Nouveau-Brunswick. Les réactions hydrologiques à divers scénarios climatiques ont été simulées par des modèles de réseaux de neurones artificiels. D'autres données climatiques ont été tirées du modèle couplé du climat du globe (MCCG3.1) selon les scénarios B1 et A2 des émissions de gaz à effet de serre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les réseaux de neurones artificiels ont permis de prédire le débit futur des rivières à des stations hydrométriques choisies. Ensuite, une analyse de la fréquence a été effectuée avec la fonction de répartition du modèle GEV et, les paramètres de la distribution ont été estimés. Plus de renseignements sur cette analyse particulière sont disponibles dans Turkkan *et al.* (2011).

3.1 Modèle climatique global

Le modèle climatique global (MCG) est basé sur des représentations mathématiques de l'atmosphère, des océans, de la calotte glaciaire et des processus à la surface du sol. Le MCG est considéré le seul outil crédible disponible qui permette de simuler la réponse du système climatique global aux augmentations des concentrations des gaz à effet de serre. Cependant, le rythme de l'augmentation des gaz à effet de serre au 21^e siècle et, par ricochet, la réponse du système climatique globale, demeurent essentiellement inconnus. À travers l'histoire, les émissions brutes de CO₂ ont augmenté, en moyenne, 1,7 % par année depuis 1900 et, si cette tendance se poursuit, les émissions brutes se multiplieront par six d'ici 2100. Divers scénarios reflétant une variété de concentrations CO₂ durant la prochaine décennie ont été présentés au Comité intergouvernemental sur les changements climatiques (CICC). Des MCG ont été développés pour simuler le climat actuel et prédire le climat futur. Bien que la complexité du système climatique planétaire soit bien illustrée dans ces modèles, ils ne peuvent pas, en raison de la limite de résolution spatiale restreinte, refléter les caractéristiques et les processus à l'échelle locale. L'unité de base des MCG est de grandes régions géographiques (p. ex., 50 000 à 300 000 km²). Par exemple, le modèle couplé du climat du globe (CGCM 3.1 / T63), correspond aux endroits géographiques d'une grille environ 2,81° de latitude par 2,81° de longitude (~ 60 000 km²). Il ne faut que quelques grilles, au Nouveau-Brunswick, pour représenter toute la province.

Brunswick, a few grids are enough to include the entire province. Limited spatial resolution of GCM output results in the simplification and homogenization of climatic conditions of large geographic areas, thus contributing to the loss of local climate characteristics. At odds with GCM resolution is the fact that most researchers are focusing on the impacts of climate change primarily at the local and regional scales rather than focusing on large or global-scale changes.

Given these limitations of GCMs, methods to derive more detailed regional and site-specific scenarios for climate studies have emerged in recent years. The climate model used in the present study is the third generation coupled global climate model (CGCM 3.1 / T63). The time-slice simulations follow IPCC "observed 20th century" 20C3M scenario for years 1961-2000 and the Special Report on Emissions Scenarios (SRES) B1 and A2 for years 2000-2100 over the Gaussian 128x64 grid. The grid data were downscaled using the delta change approach (Turkkan *et al.* 2011).

3.2 Data collection

Daily maximum and minimum air temperatures and total precipitation data from seven meteorological stations in New Brunswick were obtained from Environment Canada's National Climate Data Archive (Table 13). Daily discharge (m³/s) data was obtained from the Environment Canada's National Water Data Archive for seven hydrometric stations in New Brunswick (Table 14). Basin size of analysed stations ranged between 668 km² (Canaan River) to 14 700 km² (Saint John River). Simulated monthly maximum and minimum air temperatures and total precipitation for the period of 1961-2100 were obtained from CCCma, Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis. These CCCma data were then corrected using observed data from each station and then future prediction of air temperature, precipitation and discharge were carried out.

3.3 Hydrological Modelling using Artificial Neural Networks

The average monthly discharge under climate change was simulated first using the Artificial Neural Networks (ANN) and then extreme event characteristics (floods and low flows) were predicted using a regression model. A study of

La limite de résolution spatiale restreinte des résultats de sortie entraîne une simplification et une homogénéisation des conditions climatiques dans de grandes zones géographiques ce qui contribue à la perte des caractéristiques au niveau du climat local. Contrairement à la résolution offerte par MCG, la majorité des chercheurs se penchent plutôt sur les impacts du changement climatique aux niveaux local et régional plutôt qu'aux impacts plus larges ou globaux.

Étant donné les limites du MCG, d'autres méthodes d'obtention de scénarios plus détaillées au niveau régional – et selon les sites spécifiques – ont été élaborées depuis quelques années. Le modèle climatique utilisé dans cette étude est le modèle couplé du climat du globe de la troisième génération (CGCM 3.1 / T63). Les simulations des créneaux temporels suivent le scénario 20C3M « observés au 20^e siècle » du GIEC pour 1961 à 2000 et, le Rapport spécial sur les scénarios d'émissions (SRES) B1 et A2 pour 2000 à 2100 sur la grille gaussienne 128x64. Les données de la grille ont été réduites avec l'approche delta (Turkkan *et al.* 2011).

3.2 Collecte des données

Les données sur les températures quotidiennes maximales et minimales et les précipitations totales de sept stations météorologiques au N.-B. proviennent des Archives nationales de données climatologiques d'Environnement Canada (tableau 13). Les données sur le débit journalier (m³/s) de sept stations hydrologiques au Nouveau-Brunswick proviennent des Archives nationales des données hydrologiques à Environnement Canada (tableau 14). La superficie des bassins des stations analysées varie de 668 km² (rivière Canaan) à 14 700 km² (rivière Saint-Jean). Les températures quotidiennes maximales et minimales et les précipitations totales simulées pour la période 1961-2100 proviennent du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique (CCmaC). Ces données ont été corrigées avec les données de chaque station et, ensuite, des prévisions des températures de l'air, de la précipitation et de l'écoulement ont été effectuées.

3.3 Modélisation hydrologique : réseaux de neurones artificiels

D'abord, l'écoulement moyen mensuel a été simulé avec les réseaux de neurones artificiels (RNA) pour des conditions de changement climatique et, ensuite, les caractéristiques des événements extrêmes (crues et faibles débits) ont été prédites avec un modèle de régression. Une étude des changements d'intensité au fil

changes in intensity over time was also carried out. For instance, the associated frequency of extreme events is very important in design and these frequencies are expected to change under a future climate. With the projected high or low flow frequency calculations, it will be possible to compare current design criteria with future scenarios under climate change. The frequency of future events will ultimately impact on infrastructure design and development, flood and drought management, hydraulic and municipal water supply management as well as current statistics used by the insurance industry.

The performance of ANN had a coefficient of determination, R^2 , ranging between 0.69 and 0.79 in the prediction of monthly flows. A visual inspection also confirms that the simulated discharges coincided fairly well with the observed discharges. High flow predictions showed higher R^2 (0.85-0.92) than low flow predictions (0.66-0.82; Turkkan *et al.* 2011).

3.4 Future climate change projections

In terms of mean air temperature, the current air temperature in New Brunswick will undergo an increase of 1.2°C (2010-39), 2.2°C (2040-69) and 2.9°C (2070-99) under scenario B1 and 1.4°C (2010-39), 3.2°C (2040-69) and 5.2°C (2070-99) under scenario A2. As for precipitation, the mean annual precipitation is projected to increase significantly compared to current climate conditions. For example, at Doaktown, the precipitation will most likely increase from approximately 1140 mm annually to 1200 mm annually (B1 scenario) and to 1440 mm annually (A2 scenario) within the next hundred years. This represents an increase in precipitation of 5.1% (B1) and 14.6% (A2) compared to current conditions. Other sites show similar increases depending on the time slice and climate scenario used. In general, the mean annual precipitation is expected to increase by 2-6% under the B1 scenarios and by 5-15% under the A2 scenario for the province of New Brunswick.

3.5 Floods and Droughts under Future Climate Change

The discharge events of different recurrence intervals were computed using the generalized extreme value (GEV) distribution. The parameters of the GEV for both high and low flows were estimated

du temps a également été effectuée car la fréquence des événements extrêmes est un élément significatif de conception et la fréquence sera modifiée par les effets du changement climatique. Les calculs des fréquences projetées des crues et des faibles débits permettent de comparer les critères de conception actuels aux scénarios futurs de changement climatique. La fréquence des événements futurs aura un impact significatif sur la conception et le développement d'infrastructures, de gestion de crues et des étiages, de la gestion de l'approvisionnement en eau municipal et hydraulique et, sur les statistiques utilisées actuellement par l'industrie des assurances.

La performance du RNA démontre un coefficient de détermination R^2 de 0,69 à 0,79 pour la prévision des débits mensuels. Une inspection visuelle a confirmé que les débits simulés coïncidaient d'assez près aux débits observés. Les prévisions de débit élevé avaient des R^2 plus élevés (0,85-0,92) que les prévisions de faible débit (0,66-0,82; Turkkan *et al.* 2011).

3.4 Prévisions des changements climatiques futurs

Au niveau de la température moyenne, la température de l'air actuelle au Nouveau Brunswick augmentera, selon le scénario B1, de 1,2°C (2010-39), de 2,2°C (2040-69), et de 2,9°C (2070-99) et de 1,4°C (2010-39), 3,2°C (2040-69), et 5,2°C (2070-99) selon le scénario A2. Quant aux précipitations, une augmentation significative de la moyenne annuelle est prévue par rapport aux conditions climatiques actuelles. Par exemple, à Doaktown, la précipitation, d'environ 1 140 mm annuellement, passerait à 1 200 mm annuellement (scénario B1) et 1 440 mm annuellement (scénario A2) d'ici 100 ans. C'est une augmentation de la précipitation de 5,1 % (B1) et de 14,6 % (A2) par rapport aux conditions actuelles. Les autres sites démontrent des augmentations similaires selon le créneau temporel et le scénario climatique utilisés. De façon générale, on s'attend à ce que la moyenne annuelle des précipitations au N.-B. augmente de 2 à 6 % (scénario B1) et de 5 à 15 % (scénario A2).

3.5 Crues et étiages liées au changement climatique

Le débit pour différentes périodes de récurrence a été calculé selon la fonction de répartition du modèle (GEV). Les paramètres GEV pour les faibles débits et les débits élevés ont été estimés avec la méthode des L-moments et la qualité de l'ajustement avec les statistiques

by the method of L-moments and the goodness of fit was assessed by the Anderson-Darling statistics. In addition, recurrence intervals for high (and low flows) were based on the maximum (and minimum) daily flow recorded each year.

The frequency analysis show that for all sites under investigation, the intensity and frequency of discharges will most likely increase in severity in both climate scenarios. The increase in high flows for low return floods (e.g., 2-year) was generally higher than higher return floods (e.g. 100-year). Depending on the scenario and the time slice used, the increases for low return floods was about 30% and about 15% for higher return floods. Low flows showed increases of about 10% for low return droughts and about 20% for higher return droughts.

3.6 Regional Climate Index (RCI)

An important part of the design process using frequency analysis is the estimation of future change in floods or droughts under climate scenarios at a given site for a specific return period or recurrence interval. This was carried out through the application of regional regression models linking floods and droughts to their frequencies in the future under climate scenarios B1 and A2. To accomplish this, an index called Regional Climate Index (RCI) was introduced. This index was calculated by dividing future flows over historical flow values, while maintaining the same characteristics parameters. This RCI can be expressed as follows:

For floods

$$RCI_F = Q_{F,T}^{x,ts,sc} / Q_{F,T}^{x,2010} \quad (10)$$

For droughts

$$RCI_D = Q_{D,T}^{x,ts,sc} / Q_{D,T}^{x,2010} \quad (11)$$

The evaluation of different RCIs was achieved through regression analysis using existing and simulated floods (and low flows) as presented previously. In all cases, the coefficient of determination, R^2 , was about 0.99. Figure 2 and 3 show the RCI for floods and droughts for different return periods, for both scenarios B1 and A2 and for the different time periods. The future high and low discharges in New Brunswick may therefore be estimated by:

Anderson-Darling. De plus, les périodes de récurrence des débits élevés (et faibles) ont été établis selon le débit journalier maximal (et minimal) enregistré chaque année.

L'analyse fréquentielle démontre que, pour tous les sites étudiés, l'intensité et la fréquence des écoulements seront probablement plus prononcés sous les deux scénarios climatiques. L'augmentation des débits élevés lors de crues à des périodes faibles (p. ex., 2 ans) serait généralement plus forte que lors des crues aux périodes élevées (p. ex., 100 ans). Selon le scénario et le créneau temporel choisis, l'augmentation des crues en période de récurrence faible serait d'environ 30 % alors et de 15 % pour les crues en période de récurrence élevée. Quant aux débits faibles, les périodes de récurrence faibles (p. ex., 2-ans) enregistreraient une augmentation d'environ 10 % et les périodes de récurrence élevées une augmentation d'environ 20 %.

3.6 Indice climatique régional (RCI)

Un élément significatif du processus de conception, lorsque l'analyse fréquentielle est incorporée, est l'estimation des changements futurs dans les crues et les étiages selon des scénarios climatiques spécifiques, à des sites spécifiques et, pour des périodes de récurrence spécifiques. Nous avons utilisé des modèles de régression régionale qui établissent des liens entre les crues et les étiages et leurs fréquences futures selon les scénarios climatiques B1 et A2. Pour y arriver, nous avons introduit un indice climatique régional (RCI) qui a été calculé en divisant les débits futurs par les valeurs des débits historiques tout en conservant les mêmes paramètres. Le RCI s'exprime ainsi :

Pour les crues

$$RCI_F = Q_{F,T}^{x,ts,sc} / Q_{F,T}^{x,2010} \quad (10)$$

Pour les étiages

$$RCI_D = Q_{D,T}^{x,ts,sc} / Q_{D,T}^{x,2010} \quad (11)$$

L'analyse de régression permet d'évaluer les RCI en utilisant les crues existantes et simulées (et les périodes faibles) tel que présenté précédemment. Le coefficient de détermination R^2 est d'environ 0,99 dans tous les cas. Les figures 2 et 3 illustrent le RCI des crues et des étiages à des périodes de récurrence spécifiques pour les scénarios B1 et A2 et selon différents créneaux temporels. Au N.-B., les écoulements futurs aux périodes faibles et fortes peuvent être estimés ainsi :

For floods

$$Q_{F,T}^{x,ts,sc} = Q_{F,T}^{x,2010} \times RCI_F(T) \quad (12)$$

Pour les crues

For droughts

$$Q_{D,T}^{x,ts,sc} = Q_{D,T}^{x,2010} \times RCI_D(T) \quad (13)$$

Pour les étiages

where $Q_{F,T}^{x,ts,sc}$ and $Q_{D,T}^{x,ts,sc}$ are the high or low flow discharges at a site x , in time slice ts (2010-39, 2040-69 or 2070-99), under scenario sc (B1 or A2), at return period T . $Q_{F,T}^{x,2010}$ and $Q_{D,T}^{x,2010}$ are the present time discharges at the same site x . RCI_F and RCI_D are the regional climate index equations for floods and droughts defined as the mean ratio of discharges from the future time period relative to the historic period. From Figure 2, it can be observed that future floods will most likely be higher than current floods by 30-40% (B1) or 35-55% (A2) for 2-year floods. Higher return floods (e.g. 100-year) are also expected to increase but not to the same extent as low return floods. For example, 100-year floods are projected to increase by 5-12% (B1) or 8-21% (A2). Figure 3 shows that the low flow would most likely be higher than current low flows. For instance, a 2-year low flow could be 9-12% higher under the B1 scenario or 10-19% higher under the A2 scenario. For higher return (e.g. 100-year) low flows would most likely be less severe than current conditions. The increase in low flow discharge would be in the range of 11-20% (B1) and 18-27% (A2).

où $Q_{F,T}^{x,ts,sc}$ et $Q_{D,T}^{x,ts,sc}$ représentent les écoulements aux périodes fortes ou faibles au site x , dans le créneau temporel ts (2010-39, 2040-69 ou 2070-99), selon le scénario sc (B1 ou A2) pour la période de récurrence T . $Q_{F,T}^{x,2010}$ et $Q_{D,T}^{x,2010}$ représentent les écoulements actuels au même site x . RCI_F et RCI_D représentent les équations de l'indice climatique régional des crues et des étiages définies comme étant le ratio moyen de l'écoulement des créneaux futurs par rapport aux créneaux historiques. La figure 2 démontre que les crues de 2 ans seront probablement plus élevées que les crues actuelles et ce, de 30 % à 40 % (B1) et, de 35 % à 55 % (A2). La récurrence des crues centenaires serait également plus élevée mais pas autant que les crues de faibles période de récurrence. Les prévisions 100 ans démontrent, p. ex., une augmentation de 5 % à 12 % (B1) et de 8 % à 21 % (A2). La figure 3 démontre que les débits faibles seraient probablement plus élevés que les débits faibles actuels. Par exemple, le débit faible de 2 ans pourrait être de 9 % à 12 % plus élevé (scénario B1) et de 10 % à 19 % plus élevé (scénario A2). Quant aux débits faibles des périodes de récurrence forte (p. ex., 100 ans), ils seront probablement moins prononcés qu'actuellement. L'augmentation dans l'écoulement du débit faible serait d'environ 11 % à 20 % (B1) et 18 % à 27 % (A2).

4.0 CASE STUDIES

An Excel software (Turkkan *et al.* 2011), accompanying this report, can be used in different ways to provide estimates of precipitations, flood and low flows for different sites in New Brunswick. Two case studies are provided to show how this software can be used in a real world situation.

4.1 Case study 1: Catamaran Brook

Catamaran Brook is a small gauged stream in central NB. An assessment of flood and drought frequencies is needed both under current climate and under 2050s climate (which is appropriate to the 50-year design life). There are streamflow data available at this site but no precipitation gauges close to the catchment.

Data: ID: 01BP002
DA: 28.7 km²
Location: 46°51' N, 66°11' W

The results for 2010 and 2050s are presented in Table 15. The frequency data were computed using the MAP estimated by the software.

4.2 Case study 2: Bouctouche River

Bouctouche River is a small river near highway 490, in NB. Again, an assessment of flood and drought frequencies is needed both under current climate and under 2050s climate. There are no streamflow measurements available at this site and no rain gauges close to the catchment.

Data: DA: 144 km²
Location: 46°22' N, 64°56' W

The results for 2010 and 2050s are presented in Table 16. The frequency data were computed using the MAP estimated by the software.

4.0 ÉTUDES DE CAS

Le logiciel Excel (Turkkan *et al.* 2011) qui accompagne ce rapport peut être utilisé de différentes manières afin d'établir des estimations des précipitations, crues et faibles débits pour différents sites au Nouveau-Brunswick. Nous avons préparé deux études de cas qui montrent comment ce logiciel peut servir à des situations réelles.

4.1 Étude de cas 1 : ruisseau Catamaran

Le ruisseau Catamaran est un petit ruisseau jaugé situé au centre du Nouveau-Brunswick. Pour ce cours d'eau, il faut obtenir une évaluation de la fréquence des crues et des étiages non seulement par rapport au climat actuel mais également par rapport au climat prévu en 2010 (ce qui est approprié pour une durée de vie théorique de 50 ans). Des données sur le débit sont disponibles pour ce site mais il n'y a aucun pluviomètre situé à proximité du bassin hydrologique.

Données: ID: 01BP002
DA: 28,7 km²
Lieu: 46°51' N, 66°11' O

Les résultats 2010 et 2050 sont au tableau 15. Les données sur la fréquence ont été calculées avec le MAP estimé par le logiciel.

4.2 Étude de cas 2: rivière Bouctouche

La rivière Bouctouche est une petite rivière située près de la route 490 au N.-B. Ici également, il faut obtenir une évaluation de la fréquence des crues et des étiages non seulement par rapport au climat actuel mais également par rapport au climat prévu en 2010. Il n'existe aucune donnée sur le débit de cette rivière pour ce site aucun pluviomètre n'est situé près du bassin hydrologique.

Données: DA: 144 km²
Lieu: 46°22' N, 64°56' O

Les résultats 2010 et 2050 sont au tableau 16. Les données sur la fréquence ont été calculées avec le MAP estimé par le logiciel.

CONCLUSION

Climate change will undoubtedly alter floods and droughts in New Brunswick. The success of industries (e.g., agriculture, forestry, fisheries and others) are intrinsically linked to climate, making New Brunswick particularly vulnerable to the impacts of climate change. Undoubtedly, these industries (among others) will be significantly affected by warmer and wetter climates with a potential reduction in the availability of water during some seasons (e.g., summer and fall). Adaptation will be essential to maintaining the viability of some industries with the province.

Specific regional climate change projections are hampered by the limited spatial resolution of global circulation models, making it difficult to determine the degree of change, how fast it will occur, and where. Results of the present study show that flood magnitude would most likely increase by 11% to 21% towards the end of the century, depending on the scenario used. In terms of low flows, the model is predicting a 20% to 26% increase towards the end of the century.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is funded by the New Brunswick Environmental Trust Fund. The authors remain thankful to M. Darryl Pupek for his helpful comments.

CONCLUSION

Il n'y a aucun doute que le changement climatique modifiera le niveau des crues et des étiages au Nouveau-Brunswick. Le succès de nombreuses industries (agriculture, forêt et pêches, entre autres) est intrinsèquement lié au climat ce qui rend cette province particulièrement vulnérable aux impacts du changement climatique. Sans aucun doute, ces industries, entre autres, subiront les conséquences d'un climat plus chaud et humide et, une réduction potentielle de la disponibilité des ressources aquifères à certaines saisons (été et automne, p. ex.). L'adaptation est essentielle si l'on souhaite maintenir la viabilité de certaines industries au N.-B.

Les projections spécifiques du changement climatique régional étant entravées par la résolution spatiale limitée des modèles de circulation générale, il est difficile de déterminer les degrés des changements, à quelle vitesse ils auront lieu et où ils se manifesteront. Les résultats de cette étude démontrent que la grandeur des crues augmentera d'environ 11 % à 21 % d'ici la fin du siècle, selon le scénario choisi. Quant aux débits faibles, le modèle prévoit une augmentation de 20 % à 26 % d'ici la fin du siècle, selon le scénario choisi.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par le Fond en fiducie pour l'environnement du Nouveau-Brunswick.

Les auteurs souhaitent remercier M. Darryl Pupek pour ses commentaires pertinents.

REFERENCES / BIBLIOGRAPHIE

- Aucoin, F., D. Caissie, N. El-Jabi and N. Turkkan. 2011. Flood frequency analyses for New Brunswick rivers. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2920: x + 77p.
- Caissie, D., L. LeBlanc, J. Bourgeois, N. El-Jabi and N. Turkkan. 2011. Low flow estimation for New Brunswick rivers. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2918: x + 46p.
- Turkkan, N., N. El-Jabi, and D. Caissie. 2011. Floods and droughts under different climate change scenarios in New Brunswick. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 0000: 00 + 00p. (in review)
- Environment Canada and New Brunswick Department of Municipal Affairs and Environment. 1987. Flood frequency analyses, New Brunswick, A guide to the estimation of flood flows for New Brunswick rivers and streams. April 1987, 49p.
- Environment Canada and New Brunswick Department of the Environment. 1990. Low flow estimation guidelines for New Brunswick. Inland Waters Directorate, Environment Canada, Dartmouth, NS and Water Resources Planning Branch, New Brunswick Department of the Environment, Fredericton, NB, 43p.
- Turkkan, N., N. El-Jabi and D. Caissie. 2011. Floods and Droughts in New Brunswick 2010-2100. Excel Software.

Table 1. Analysed hydrometric stations for the flood frequency analysis in New Brunswick
Tableau 1. Stations hydrométriques analysées par une analyse fréquentielle des crues au N.-B.

ID	Station	DA (km ²)	R	N
01AD002	Saint John River at Fort Kent	14700	1927-2007	79
01AD003	Saint Francis River at outlet of Glasier Lake	1350	1952-2008	57
01AF002	Saint John River at Grand Falls (Reg)	21900	1931-2007	77
01AF003	Green River near Rivière-Verte (Reg)	1150	1963-79,1981-1993	30
01AG002	Limestone River at Four Falls	199	1968-1993	26
01AG003	Aroostook River near Tinker (Reg)	6060	1975-2007	33
01AH005	Mamozekel River near Campbell River	230	1973-1990	18
01AJ001	Saint John River near East Florenceville (Reg)	34200	1952-1994	43
01AJ003	Meduxnekeag River near Belleville	1210	1968-2007	40
01AJ004	Big Presque Isle Stream at Tracey Mills	484	1968-2007	40
01AJ010	Becaguimec Stream at Coldstream	350	1974-2007	34
01AJ011	Cold Stream at Coldstream	156	1974-1993	20
01AK001	Shogomoc Stream near Trans Canada Highway	234	1919-40,1944-2007	86
01AK004	Saint John River below Mactaquac (Reg)	39900	1967-1994	28
01AK005	Middle Branch Nashwaaksis Stream near Royal Road	26,9	1966-1993	28
01AK007	Nackawic River near Temperance Vale	240	1968-2007	40
01AK008	Eel River near Scott Siding	531	1974-1993	20
01AL002	Nashwaak River at Durham Bridge	1450	1962-2007	46
01AL003	Hayden Brook near Narrows Mountain	6,48	1971-1993	23
01AL004	Narrows Mountain Brook near Narrows Mountain	3,89	1972-2003	32
01AM001	North Branch Oromocto River at Tracy	557	1963-2007	45
01AN001	Castaway Brook near Castaway	34,4	1972-81,1983-1993	21
01AN002	Salmon River at Castaway	1050	1974-2007	34
01AP002	Canaan River at East Canaan	668	1926-40,1963-2008	61
01AP004	Kennebecasis River at Apohaqui	1100	1962-2008	47
01AP006	Nerepis River near Fowlers Corner	293	1976-1993	18
01AQ001	Lepreau River at Lepreau	239	1917-2008	92
01AQ002	Magaguadavic River at Elmcroft (Reg)	1420	1917-32,1943-2007	81
01AR006	Dennis Stream near St. Stephen	115	1967-2008	42
01AR008	Bocabec River above Tide	43	1967-1979	13
01BC001	Restigouche River below Kedgwick River	3160	1963-2007	45
01BE001	Upsalquitch River at Upsalquitch	2270	1919-32,1944-2007	78
01BJ001	Tetagouche River near West Bathurst	363	1923-33,1952-1994	54
01BJ003	Jacquet River near Durham Centre	510	1965-2007	43
01BJ004	Eel River near Eel River Crossing	88,6	1968-1983	16
01BJ007	Restgouche River above Rafting Ground Brook	7740	1969-2007	39
01BK004	Nepisiquit River near Pabineau Falls (Reg)	2090	1958-1974	17
01BL001	Bass River at Bass River	175	1966-1990	25
01BL002	Rivière Caraquet at Burnsville	173	1970-2007	38
01BL003	Big Tracadie River at Murphy Bridge Crossing	383	1971-2007	37
01BO001	Southwest Miramichi River at Blackville	5050	1919-32,1962-2007	60
01BO002	Renous River at McGraw Brook	611	1966-1994	29
01BO003	Barnaby River below Semiwagan River	484	1973-1994	22
01BP001	Little Southwest Miramichi River at Lyttleton	1340	1952-2007	56
01BQ001	Northwest Miramichi River at Trout Brook	948	1962-2007	46
01BR001	Kouchibouguac River near Vautour	177	1931-32,1970-1994	27
01BS001	Coal Branch River at Beersville	166	1964-2008	45
01BU002	Petitcodiac River near Petitcodiac	391	1962-2008	47
01BU003	Turtle Creek at Turtle Creek	129	1963-2008	46
01BU004	Palmer's Creek near Dorchester	34,2	1967-1985	19
01BV005	Ratcliffe Brook below Otter Lake	29,3	1961-1971	11
01BV006	Point Wolfe River at Fundy National Park	130	1964-2008	45
01BV007	Upper Salmon River at Alma	181	1968-1978	11
01BD002	Matapedia Amont de la Rivière Assemetquagan, QC	2770	1970-92,1995,1997	25
01DL001	Kelley River (Mill Creek) at Eight Mile Ford, NS	63,2	1970-96,1999-2007	36
01BF001	Rivière Nouvelle au Pont, QC	1140	1965-1997	33

Note: DA = Drainage area / Superficie du bassin; R = Period of record / Période d'enregistrement;
N = Number of years / Nombre d'années; Reg = Regulated flows / Débits régularisés

Table 2. Summary of physiographic and climatic characteristics for selected hydrometric stations (data from report by EC & NB Dept of Environnement, 1987)

Tableau 2. Sommaire des caractéristiques physiographiques et climatiques des stations hydrométriques choisies (données du rapport EC & Aff. Munic. et l'Envir. du N.-B., 1987)

Station	%L&S (%)	MAP (mm)	SNOW (mm)
Saint John River (Fort Kent)	5,71	997	231
St Francis River	2,81	1060	224
Saint John River (Grand Falls)	4,90	1010	231
Green River	1,21	1070	252
Limestone River	9,78	975	159
Aroostook River	5,83	934	190
Mamozekel River	0,04	1030	198
Saint John River (East Florenceville)	4,97	1010	217
Meduxnekeag River	5,61	958	157
Big Presque Isle Stream	3,70	925	140
Becaquimec Stream	0,77	1130	126
Cold Stream	0,08	1100	129
Shogomoc Stream	11,9	1120	147
Saint John River (Mactaquac)	5,33	1010	205
North Nashwaak Stream	2,16	1220	145
Nackawic River	5,11	1060	129
Eel River (Scott Siding)	13,3	1070	142
Nashwaak River	1,39	1210	167
Hayden Brook	0,56	1230	190
Narrows Mountain Brook	0,61	1230	190
Northwest Oromocto River	15,1	1150	117
Castaway Brook	6,60	1180	130
Salmon River	6,41	1130	146
Canaan River	3,57	1040	137
Kennebecasis River	0,72	1190	108
Nerepis River	1,28	1140	110
Lepreau River	10,2	1240	101
Magaguadavic River	7,39	1175	126
Dennis Stream	8,37	1160	110
Bocabec River	6,44	1180	85
Restigouche River (Kedgwick)	0,73	1140	240
Upsalquitch River	0,63	1080	232
Tetagouche River	2,24	988	235
Jacquet River	2,00	1050	235
Eel River (Eel River Crossing)	0,68	1100	216
Restigouche River (Rafting Ground)	0,77	1120	224
Nepisiquit River	2,35	1010	241
Bass River	8,11	1010	209
Southwest Caraquet River	10,4	1130	194
Tracadie River	2,34	1090	204
Southwest Miramichi River	3,52	1090	177
Renous River	6,22	1180	199
Baranaby River	10,7	1080	170
Little Southwest Miramichi River	5,06	1180	222
Northwest Miramichi River	3,96	1130	213
Kouchibouguac River	11,7	1050	161
Coal Branch River	5,23	1070	150
Petitcodiac River	0,76	1030	124
Turtle Creek	0,31	1310	125
Palmer's Creek	0,15	1210	98
Ratcliffe Brook	3,14	1410	108
Point Wolfe River	1,05	1390	140
Upper Salmon River	0,54	1380	144
Rivière Matapedia, QC	2,54	1040	265
Kelley River, NS	4,29	1250	100
Rivière Nouvelle, QC	0,17	1060	228

Note: %L&S = Percentage of lakes + swamps / Pourcentage des lacs + marais;

MAP = Mean annual precipitation / Moyenne annuelle de précipitation;

SNOW = Water content of snow / Teneur en eau de la neige

Table 3. Results of single station flood frequency analyses using the 3 Parameter Lognormal (LN3) distribution

Tableau 3. Résultats des analyses fréquentielles des crues des stations individuelles en utilisant la distribution log-normale à 3 paramètres (LN3)

Station	Daily discharge / Débit journalier				
	QD2 (m ³ /s)	QD10 (m ³ /s)	QD20 (m ³ /s)	QD50 (m ³ /s)	QD100 (m ³ /s)
Saint John River (Fort Kent)	2303	3265	3582	3965	4237
St Francis River	197	315	359	416	458
Saint John River (Grand Falls)	3194	4663	5136	5701	6099
Green River	219	348	392	447	486
Limestone River	33,6	49,1	55,4	63,7	70,1
Aroostook River	936	1342	1481	1653	1777
Mamozekel River	39,9	65,7	76,0	89,8	100
Saint John River (East Florenceville)	4761	7239	7989	8861	9459
Meduxnekeag River	236	380	435	506	559
Big Presque Isle Stream	92,1	158	187	228	262
Becaquimec Stream	79,4	136	160	191	216
Cold Stream	34,1	63,0	75,7	93,3	107
Shogomoc Stream	36,5	57,5	65,4	75,6	83,3
Saint John River (Mactaquac)	5809	8877	10126	11802	13106
North Nashwaak Stream	6,12	10,9	13,2	16,4	19,1
Nackawic River	51,4	84,1	97,6	116	130
Eel River (Scott Siding)	70,3	99,1	108	119	127
Nashwaak River	320	555	650	778	877
Hayden Brook	1,93	3,93	4,81	6,02	6,99
Narrows Mountain Brook	1,09	1,99	2,47	3,23	3,89
Northwest Oromocto River	120	216	262	330	387
Castaway Brook	8,44	12,9	14,5	16,6	18,1
Salmon River	197	258	277	298	313
Canaan River	144	207	228	253	271
Kennebecasis River	228	400	475	579	662
Nerepis River	83,3	124	139	159	174
Lepreau River	61,6	124	156	207	251
Magaguadavic River	220	352	405	476	531
Dennis Stream	24,1	38,9	44,8	52,6	58,7
Bocabec River	11,3	21,6	26,0	31,9	36,6
Restigouche River (Kedgwick)	573	871	976	1109	1206
Upsalquitch River	341	534	604	693	759
Tetagouche River	72,9	116	132	154	170
Jacquet River	111	162	180	203	219
Eel River (Eel River Crossing)	25,7	42,2	50,5	63,2	74,0
Restigouche River (Rafting Ground)	1331	2113	2434	2866	3203
Nepisiquit River	344	625	744	908	1039
Bass River	39,1	66,9	79,8	98,3	114
Southwest Caraquet River	31,7	56,0	65,7	78,7	88,8
Tracadie River	61,9	96,8	110	128	141
Southwest Miramichi River	841	1315	1493	1724	1897
Renous River	131	228	273	336	388
Baranaby River	94,8	155	181	216	244
Little Southwest Miramichi River	222	424	526	678	808
Northwest Miramichi River	180	312	367	442	500
Kouchibouguac River	34,3	55,5	65,8	81,1	94,0
Coal Branch River	44,9	67,0	74,5	83,7	90,3
Petitcodiac River	87,0	137	156	179	197
Turtle Creek	37,1	64,4	75,7	90,8	103
Palmer's Creek	12,4	21,6	25,2	29,9	33,6
Ratcliffe Brook	12,3	25,1	30,7	38,7	45,2
Point Wolfe River	59,7	102	120	144	163
Upper Salmon River	82,3	138	161	193	219
Rivière Matapedia, QC	438	631	699	783	845
Kelley River, NS	17,3	30,7	37,8	48,8	58,3
Rivière Nouvelle, QC	258	384	428	483	523

Table 4. Results of single station flood frequency analyses using the Generalized Extreme Value (GEV) distribution
Tableau 4. Résultats des analyses fréquentielles des crues des stations individuelles en utilisant la fonction de distribution GEV

Station	Daily discharge / Débit journalier				
	QD2 (m ³ /s)	QD10 (m ³ /s)	QD20 (m ³ /s)	QD50 (m ³ /s)	QD100 (m ³ /s)
Saint John River (Fort Kent)	2313	3254	3542	3867	4080
St Francis River	196	315	361	422	467
Saint John River (Grand Falls)	3196	4666	5115	5623	5954
Green River	219	349	394	448	486
Limestone River	33,5	48,9	55,4	64,4	71,6
Aroostook River	945	1328	1447	1582	1671
Mamozekel River	40,0	65,2	75,4	89,3	100
Saint John River (East Florenceville)	4745	7269	7982	8747	9223
Meduxnekeag River	236	378	433	505	559
Big Presque Isle Stream	92,1	156	187	232	272
Becaquimec Stream	79,6	135	158	190	216
Cold Stream	34,1	62,3	75,5	95	111
Shogomoc Stream	36,4	57,7	66,2	77,4	86,1
Saint John River (Mactaquac)	5840	8775	9964	11562	12804
North Nashwaak Stream	6,09	10,8	13,3	17,2	20,8
Nackawic River	51,0	83,7	98,5	120	138
Eel River (Scott Siding)	70,5	98,9	107	116	122
Nashwaak River	320	551	650	787	897
Hayden Brook	1,94	3,88	4,78	6,09	7,20
Narrows Mountain Brook	1,08	1,96	2,53	3,56	4,64
Northwest Oromocto River	120	213	262	342	417
Castaway Brook	8,44	12,9	14,6	16,6	18,1
Salmon River	198	258	275	292	302
Canaan River	144	208	228	252	267
Kennebecasis River	229	396	472	583	675
Nerepis River	83,3	124	139	160	176
Lepreau River	61,1	121	159	225	293
Magaguadavic River	219	351	409	491	558
Dennis Stream	24,0	38,8	45,0	53,7	60,7
Bocabec River	11,3	21,4	26,0	32,8	38,4
Restigouche River (Kedgwick)	572	874	985	1123	1223
Upsalquitch River	340	532	601	688	750
Tetagouche River	72,8	116	132	155	172
Jacquet River	111	163	181	204	221
Eel River (Eel River Crossing)	26,0	41,5	49,8	63,1	75,5
Restigouche River (Rafting Ground)	1331	2098	2428	2888	3260
Nepisiquit River	349	611	719	866	981
Bass River	39,2	66,0	79,4	100	119
Southwest Caraquet River	31,6	55,8	66,2	80,8	92,6
Tracadie River	61,7	96,8	111	130	145
Southwest Miramichi River	838	1318	1509	1762	1956
Renous River	132	225	271	339	399
Baranaby River	95,1	153	179	215	244
Little Southwest Miramichi River	221	418	531	724	913
Northwest Miramichi River	179	310	369	454	524
Kouchibouguac River	34,8	54,2	63,7	78,0	90,5
Coal Branch River	45,0	66,8	74,0	82,3	88,0
Petitcodiac River	86,7	138	158	184	204
Turtle Creek	37,0	64,0	75,9	92,8	107
Palmer's Creek	12,4	21,4	25,0	29,9	33,7
Ratcliffe Brook	12,3	24,6	30,3	38,6	45,5
Point Wolfe River	60,3	100	117	141	159
Upper Salmon River	82,4	136	160	194	222
Rivière Matapédia, QC	437	638	711	802	869
Kelley River, NS	17,2	30,4	38,6	53,4	68,6
Rivière Nouvelle, QC	259	383	425	474	507

Table 5. Regional regression coefficient estimates and R² (GEV distribution)**Tableau 5. Estimés des coefficients de régression régionale et R² (distribution GEV)**

	a	b1	b2	R²
MAFL	0,463476	0,884	*	0,984
	4,2645E-06	0,926	1,617	0,990
QD2 (m3/s)	0,394690	0,897	*	0,985
	1,1131E-05	0,935	1,460	0,990
QD10 (m3/s)	0,753188	0,871	*	0,981
	1,3152E-06	0,919	1,848	0,988
QD20 (m3/s)	0,950031	0,857	*	0,977
	5,5022E-07	0,910	2,002	0,987
QD50 (m3/s)	1,273837	0,839	*	0,971
	1,7180E-07	0,896	2,205	0,983
QD100 (m3/s)	1,580312	0,824	*	0,964
	7,0216E-08	0,886	2,360	0,978

Note: R² from log-transformed equations / R² selon les équations transformées-log

MAFL = Mean Annual Flood, used in conjunction with the index-flood method / Moyenne annuelle des crues, utilisée conjointement avec la méthode indice-crue

DA = Drainage area / superficie du bassin

MAP = Mean annual precipitation / Moyenne annuelle de précipitation

Range / Plage

3.89 km² < DA < 39900 km²

925 mm < MAP < 1410 mm

Table 6. Regional flood indices using the index of flow method in New Brunswick**Tableau 6. Indices de crues régionales en utilisant la méthode indice-crue au N.-B.**

Averaging Approach (excluding 4 largest basins)					
Calcul par les moyennes (excluant les 4 bassins majeurs)					
	QD2	QD10	QD20	QD50	QD100
MAFL	0,92	1,50	1,76	2,13	2,45
	(4.2%)	(5.6%)	(9.3%)	(15.3%)	(20.7%)
QD2	1,00	1,64	1,93	2,35	2,70
	(n/a)	(9.3%)	(13.5%)	(19.8%)	(25.4%)
Averaging Approach (4 largest basins only)					
Calcul par les moyennes (les 4 bassins majeurs seulement)					
	QD2	QD10	QD20	QD50	QD100
MAFL	0,97	1,43	1,58	1,75	1,87
	(2.2%)	(3.9%)	(4.0%)	(5.2%)	(6.9%)
QD2	1,00	1,47	1,62	1,80	1,93
	(n/a)	(3.5%)	(4.5%)	(6.7%)	(8.8%)
Pooling Approach (excluding 4 largest basins)					
Calcul par pooling (excluant les 4 bassins majeurs)					
	QD2	QD10	QD20	QD50	QD100
MAFL	0,92	1,51	1,76	2,10	2,36
QD2	1,00	1,65	1,93	2,31	2,62
Pooling Approach (4 largest basins only)					
Calcul par pooling (les 4 bassins majeurs seulement)					
	QD2	QD10	QD20	QD50	QD100
MAFL	0,98	1,43	1,56	1,71	1,81
QD2	1,00	1,46	1,60	1,75	1,85

Note: Values in parentheses represents the coefficient of variations (Cv,%) / Valeurs en parenthèses représentent les coefficients de variation (Cv,%)

Table 7. Selected hydrometric stations for low flow analysis in New Brunswick.**Tableau 7. Stations hydrométriques choisies pour l'analyse des débits d'étiage au Nouveau-Brunswick**

ID	Station	DA (km ²)	R	N	Qmin (m ³ /s)
01AD002	St. John River at Fort Kent	14700	1927-2007	81	14,4
01AD003	St. Francis River at Outlet of Glasier Lake	1350	1952-2007	56	1,69
01AG002	Limestone Stream at Four Falls	199	1968-1993	26	0,142
01AJ003	Meduxkeneag River near Belleville	1210	1968-2007	40	0,459
01AJ004	Big Presque Isle Stream at Tracey Mills	484	1968-2007	40	0,178
01AJ010	Becaguimec Stream at Coldstream	350	1974-2007	34	0,145
01AJ011	Cold Stream at Coldstream	156	1974-1993	20	0,057
01AK001	Shogomoc Stream near Trans Canada Hwy	234	1919-40, 1944-2005	84	0,048
01AK007	Nackawic Stream near Temperance Vale	240	1968-2007	40	0,016
01AK008	Eel River near Scott Siding	531	1974-1993	20	0,116
01AL002	Nashwaak River at Durham Bridge	1450	1962-2007	46	2,16
01AL003	Hayden Brook near Narrows Mountain	6,48	1971-1993	23	0,013
01AM001	North Branch Oromocto River at Tracy	557	1963-2007	45	0,004
01AN001	Castaway Stream near Castaway	34,4	1972-1993	22	0,033
01AN002	Salmon River at Castaway	1050	1974-2007	34	1,12
01AP002	Canaan River at East Canaan	668	1926-40, 1963-2005	58	0,057
01AP004	Kennebecasis River at Apohaqui	1100	1962-2007	46	1,01
01AP006	Nerepis River near Fowlers Corner	293	1976-1993	18	0,02
01AQ001	Lepreau River at Lepreau	239	1919-2005	87	0,028
01BC001	Restigouche River below Kedgwick River	3160	1963-2007	45	5,41
01BE001	Upsalquitch River at Upsalquitch	2270	1919-32, 1944-2005	76	2,24
01BJ001	Tetagouche River near West Bathurst	363	1923-32, 1952-1994	53	0,322
01BJ003	Jacquet River near Durham Center	510	1965-2007	43	0,5
01BL001	Bass River at Bass River	175	1966-1990	25	0,012
01BL002	Riviere Caraquet at Burnsville	173	1970-2007	38	0,345
01BL003	Big Tracadie River at Murchy Bridge Crossing	383	1971-2007	37	0,793
01BO001	Southwest Miramichi River at Blackville	5050	1919-32, 1962-2005	58	9,34
01BO002	Renous River at McGraw Brook	611	1966-1994	29	0,677
01BO003	Barnaby River below Semiwagan River	484	1973-1994	22	0,272
01BP001	Little Southwest Miramichi River at Lyttleton	1340	1952-2007	56	1,7
01BQ001	Northwest Miramichi River at Trout Brook	948	1962-2007	46	1,42
01BR001	Kouchibouguac River near Vautour	177	1970-1994	25	0,184
01BS001	Coal Branch River at Beersville	166	1965-2007	43	0,065
01BU002	Peticodiac River near Peticodiac	391	1962-2007	46	0,102
01BU003	Turtle Creek at Turtle Creek	129	1963-2007	45	0,143
01BU004	Palmers Creek near Dorchester	34,2	1967-1985	19	0,014
01BV006	Point Wolfe River at Fundy National Park	130	1964-2007	44	0,108
01DL001	Kelley River at Eight Mile Ford	63,2	1970-97, 1999-2007	36	0,028

Note: DA = Drainage area / Superficie du bassin; R = Period of record / Période d'enregistrement;

N = Number of years / Nombre d'années; Qmin = Recorded daily minimum flow during all years of observations /

Débit journalier enregistré durant toutes les années d'observations

Table 8. Physiographic and climatic variables for selected hydrometric stations.
Tableau 8. Variables physiographiques et climatiques des stations hydrométriques choisies

Station	DA (km ²)	AL&S (km ²)	%L&S (%)	MAP (mm)	SNOW (mm)	P (km)	MAR (mm)
01AD002	14700	839	5,71	997	231	1183	592
01AD003	1350	37,9	2,81	1058	224	259	593
01AG002	199	19,5	9,78	975	159	77,3	593
01AJ003	1210	67,8	5,61	958	157	234	670
01AJ004	484	17,6	3,7	925	140	138	643
01AJ010	350	2,68	0,77	1131	126	106	685
01AJ011	156	0,12	0,077	1098	129	72	653
01AK001	234	28,0	11,9	1115	147	100	675
01AK007	240	12,3	5,11	1057	129	83,8	673
01AK008	531	70,4	13,3	1069	142	168	635
01AL002	1450	20,1	1,39	1213	167	237	772
01AL003	6,48	0,036	0,56	1225	190	11,1	910
01AM001	557	84,3	15,1	1153	117	135	685
01AN001	34,4	2,27	6,6	1175	130	27	840
01AN002	1050	67,3	6,41	1133	146	165	709
01AP002	668	23,8	3,57	1040	137	153	628
01AP004	1100	7,93	0,72	1189	108	199	728
01AP006	293	3,74	1,28	1142	110	82,1	725
01AQ001	239	24,2	10,2	1236	101	114	976
01BC001	3160	23,0	0,73	1142	240	431	668
01BE001	2270	14,1	0,63	1085	232	306	574
01BJ001	363	8,16	2,24	988	235	148	674
01BJ003	510	10,2	2	1053	235	152	655
01BL001	175	14,2	8,11	1013	209	78,8	575
01BL002	173	18	10,4	1125	194	56,0	685
01BL003	383	8,96	2,34	1094	204	92,2	699
01BO001	5050	178	3,52	1095	177	611	731
01BO002	611	38	6,22	1182	199	143	764
01BO003	484	51,6	10,7	1075	170	104	650
01BP001	1340	67,8	5,06	1184	222	259	772
01BQ001	948	37,6	3,96	1130	213	201	772
01BR001	177	20,8	11,7	1050	161	66,4	682
01BS001	166	8,67	5,23	1072	150	73,5	712
01BU002	391	2,99	0,76	1029	124	155	652
01BU003	129	0,4	0,31	1311	125	57,3	892
01BU004	34,2	0,05	0,15	1213	98	28,2	861
01BV006	130	1,36	1,05	1390	140	72,3	1278
01DL001	63,2	2,71	4,29	1250	50	39,8	983

Note: DA = Drainage area / Superficie du bassin; AL&S = Area of lakes+swamps / Superficie des lacs+marais; %L&S = Percentage of lakes+swamps, % / Pourcentage des lacs+marais, %; Map = Mean annual precipitation / Moyenne annuelle des précipitations; SNOW = Water content of snow / Teneur en eau de la neige; P = Perimeter / Périmètre; MAR = Mean annual runoff / Moyenne annuelle de ruissellement.

Table 9. 1-day low flow (m³/s) for different recurrence intervals of NB rivers.

Tableau 9. Débits faibles 1-jour (m³/s) à des intervalles de récurrence différents, rivières du NB

Station	2-year 2-ans	10-year 10-ans	20-year 20-ans	50-year 50-ans
01AD002	32,4	19,6	17,5	15,9
01AD003	3,55	2,21	1,99	1,81
01AG002	0,455	0,262	0,213	0,163
01AJ003	1,19	0,564	0,496	0,454
01AJ004	0,795	0,339	0,268	0,213
01AJ010	0,462	0,251	0,204	0,160
01AJ011	0,218	0,101	0,0808	0,0651
01AK001	0,278	0,0984	0,0754	0,0596
01AK007	0,0600	0,021	0,018	0,016
01AK008	0,614	0,227	0,172	0,132
01AL002	3,88	2,69	2,47	2,29
01AL003	0,0219	0,0158	0,0146	0,0136
01AM001	0,333	0,0438	0,0178	0,0030
01AN001	0,0767	0,0433	0,0385	0,0350
01AN002	1,84	1,24	1,16	1,11
01AP002	0,436	0,158	0,116	0,0852
01AP004	2,53	1,51	1,31	1,13
01AP006	0,218	0,0736	0,0441	0,0180
01AQ001	0,389	0,104	0,0692	0,0456
01BC001	9,70	6,82	6,24	5,75
01BE001	5,81	3,55	3,10	2,72
01BJ001	0,711	0,415	0,375	0,346
01BJ003	1,02	0,662	0,592	0,531
01BL001	0,0960	0,0349	0,0241	0,0153
01BL002	0,690	0,463	0,417	0,377
01BL003	1,57	1,05	0,954	0,870
01BO001	18,8	12,6	11,3	10,2
01BO002	1,34	0,787	0,711	0,657
01BO003	0,580	0,345	0,309	0,282
01BP001	5,21	3,15	2,68	2,24
01BQ001	2,69	1,83	1,67	1,53
01BR001	0,429	0,258	0,222	0,189
01BS001	0,206	0,110	0,0918	0,0767
01BU002	0,385	0,175	0,144	0,122
01BU003	0,311	0,206	0,184	0,164
01BU004	0,0403	0,0156	0,0138	0,0130
01BV006	0,310	0,152	0,132	0,118
01DL001	0,0719	0,0386	0,0336	0,0298

Table 10. 7-day low flow (m³/s) for different recurrence intervals of NB rivers.

Tableau 10. Débits faibles 7-jours (m³/s) à des intervalles de récurrence différents, rivières du NB

Station	2-year 2-ans	10-year 10-ans	20-year 20-ans	50-year 50-ans
01AD002	34,4	20,6	18,2	16,4
01AD003	3,72	2,34	2,10	1,91
01AG002	0,503	0,299	0,244	0,188
01AJ003	1,42	0,684	0,604	0,553
01AJ004	0,973	0,426	0,328	0,247
01AJ010	0,542	0,317	0,269	0,227
01AJ011	0,268	0,126	0,09997	0,0782
01AK001	0,311	0,116	0,0913	0,0745
01AK007	0,0879	0,0288	0,0229	0,0194
01AK008	0,751	0,300	0,228	0,171
01AL002	4,32	2,90	2,64	2,42
01AL003	0,0241	0,0175	0,0163	0,0153
01AM001	0,402	0,0570	0,0238	0,0043
01AN001	0,0853	0,0488	0,0431	0,0387
01AN002	1,99	1,31	1,21	1,15
01AP002	0,519	0,170	0,121	0,0866
01AP004	2,72	1,63	1,44	1,29
01AP006	0,269	0,0879	0,0562	0,0305
01AQ001	0,474	0,136	0,0920	0,0620
01BC001	10,1	7,19	6,66	6,21
01BE001	6,20	3,80	3,31	2,89
01BJ001	0,749	0,469	0,436	0,415
01BJ003	1,07	0,706	0,633	0,569
01BL001	0,115	0,0439	0,0306	0,0193
01BL002	0,727	0,494	0,450	0,412
01BL003	1,64	1,07	0,970	0,883
01BO001	19,8	13,5	12,4	11,5
01BO002	1,58	0,927	0,830	0,758
01BO003	0,672	0,393	0,346	0,309
01BP001	5,59	3,47	3,01	2,57
01BQ001	2,89	1,94	1,78	1,65
01BR001	0,466	0,291	0,256	0,226
01BS001	0,234	0,126	0,108	0,0931
01BU002	0,431	0,224	0,198	0,179
01BU003	0,341	0,226	0,204	0,185
01BU004	0,0607	0,0209	0,0172	0,0151
01BV006	0,367	0,177	0,152	0,136
01DL001	0,0812	0,0430	0,0383	0,0352

Table 11. 14-day low flow (m³/s) for different recurrence intervals of NB rivers.

Tableau 11. Débits faibles 14-jours (m³/s) à des intervalles de récurrence différents, rivières du NB

Station	2-year 2-ans	10-year 10-ans	20-year 20-ans	50-year 50-ans
01AD002	37,3	21,8	19,1	16,9
01AD003	3,91	2,46	2,21	2,01
01AG002	0,550	0,334	0,276	0,216
01AJ003	1,71	0,803	0,687	0,608
01AJ004	1,11	0,490	0,374	0,274
01AJ010	0,638	0,379	0,323	0,272
01AJ011	0,318	0,153	0,124	0,0998
01AK001	0,335	0,132	0,109	0,0947
01AK007	0,116	0,0341	0,0255	0,0202
01AK008	0,856	0,346	0,266	0,205
01AL002	4,81	3,23	2,92	2,66
01AL003	0,0260	0,0189	0,0179	0,0172
01AM001	0,473	0,0697	0,0337	0,0134
01AN001	0,0972	0,0560	0,0491	0,0437
01AN002	2,15	1,39	1,29	1,21
01AP002	0,597	0,179	0,127	0,0926
01AP004	2,97	1,77	1,57	1,42
01AP006	0,329	0,109	0,0731	0,0445
01AQ001	0,552	0,163	0,115	0,0831
01BC001	10,5	7,39	6,82	6,36
01BE001	6,55	3,99	3,47	3,00
01BJ001	0,807	0,490	0,452	0,427
01BJ003	1,14	0,735	0,656	0,587
01BL001	0,136	0,0510	0,0352	0,0220
01BL002	0,763	0,530	0,493	0,463
01BL003	1,71	1,11	0,999	0,907
01BO001	21,3	14,4	13,2	12,2
01BO002	1,82	1,03	0,922	0,842
01BO003	0,731	0,433	0,385	0,349
01BP001	5,99	3,77	3,30	2,87
01BQ001	3,11	2,07	1,90	1,77
01BR001	0,474	0,311	0,290	0,275
01BS001	0,260	0,139	0,121	0,107
01BU002	0,492	0,266	0,239	0,220
01BU003	0,357	0,243	0,225	0,211
01BU004	0,0792	0,0234	0,0191	0,0169
01BV006	0,417	0,213	0,188	0,172
01DL001	0,0971	0,0473	0,0415	0,0378

Table 12. Low flow regression equations for the New Brunswick region.

Tableau 12. Équations de régression des débits d'étiage pour la région du Nouveau-Brunswick

T	Duration / Durée	q	s	k	R ²	RMSE(m ³ /s)
2-year	1-day / 1-jour	0,05369	0,07562	-2,735	0,943	1,438
2-ans	7-day / 7-jours	0,05499	0,07570	-2,715	0,948	1,606
	14-day / 14-jours	0,05691	0,07698	-2,750	0,952	1,961
10-year	1-day / 1-jour	0,04337	0,07191	-2,623	0,915	1,118
10-ans	7-day / 7-jours	0,04435	0,07096	-2,572	0,916	1,216
	14-day / 14-jours	0,04552	0,07311	-2,636	0,918	1,370
20-year	1-day / 1-jour	0,04126	0,07057	-2,582	0,909	1,022
20-ans	7-day / 7-jours	0,04221	0,07029	-2,555	0,907	1,110
	14-day / 14-jours	0,04314	0,07341	-2,646	0,908	1,224
50-year	1-day / 1-jour	0,03945	0,06875	-2,527	0,909	0,925
50-ans	7-day / 7-jours	0,04039	0,06977	-2,543	0,904	1,105
	14-day / 14-jours	0,04107	0,07420	-2,673	0,903	1,185
2-year	1-day / 1-jour	0,05234	-	-0,17761	0,936	1,517
2-ans	7-day / 7-jours	0,05364	-	-0,15524	0,941	1,673
	14-day / 14-jours	0,05553	-	-0,14700	0,945	2,012
10-year	1-day / 1-jour	0,04208	-	-0,19093	0,905	1,179
10-ans	7-day / 7-jours	0,04308	-	-0,17284	0,907	1,270
	14-day / 14-jours	0,04422	-	-0,16320	0,909	1,417
20-year	1-day / 1-jour	0,04000	-	-0,19561	0,899	1,078
20-ans	7-day / 7-jours	0,04095	-	-0,17768	0,898	1,160
	14-day / 14-jours	0,04183	-	-0,16374	0,898	1,270
50-year	1-day / 1-jour	0,03822	-	-0,20204	0,896	0,977
50-ans	7-day / 7-jours	0,03914	-	-0,18369	0,891	1,158
	14-day / 14-jours	0,03975	-	-0,16370	0,890	1,244

Regression equation / Équation de régression: a) $LF = (q \sqrt{DA} + s \sqrt{MAP} + k)^2$; b) $LF = (q \sqrt{DA} + k)^2$; LF = Low flow / Débit d'étiage; DA = Drainage area / Superficie du bassin; MAP = Mean annual precipitation / Moyenne annuelle des précipitations; T = Return period / Période de récurrence.

Range / Plage

6 km² < DA < 14700 km²

925 mm < MAP < 1390 mm

Number of stations / Nombre de stations: 38

Table 13. Meteorological stations
Tableau 13. Stations météorologiques

Station	Latitude, Longitude	Temperatures	Precipitation
		Températures	Précipitation
Aroostook	46° 48' N; 67° 43' W	1913-1999	1929-2005
Charlo Airport	47° 59' N; 66° 20' W	1945-1999	1966-2005
Chatham Airport	47° 01' N; 65° 27' W	1895-1999	1943-2005
Doaktown	46° 33' N; 66° 09' W	1952-1999	1934-2005
Fredericton Airport	45° 52' N; 66° 32' W	1895-1999	1951-2005
Moncton Airport	46° 06' N; 64° 47' W	1895-1999	1939-2005
Saint John Airport	45° 19' N; 65° 53' W	1895-1999	1946-2005

Table 14. Hydrometric stations
Tableau 14. Stations hydrométriques

Station	ID	Latitude, Longitude	DA (km ²)	R
Saint John R. at Fort Kent	1AD2	47° 15' N, 68° 36' W	14,700	mai-27
Nashwaak R. at Durham Br.	1AL2	46° 08' N, 66° 37' W	1,450	mai-62
Canaan R. at East Canaan	1AP2	46° 04' N, 65° 22' W	668	1926-40, 1963-05
Kennebecasis R. at Apohaqui	1AP4	45° 42' N, 65° 36' W	1,100	mai-61
Restigouche River	1BC1	47° 40' N, 67° 29' W	3,160	mai-63
SW Miramichi R. at Blackville	1BO1	46° 44' N, 65° 50' W	5,050	1919-32, 1962-05
NW Miramichi R. at Trout Bk.	1BQ1	47° 06' N, 65° 50' W	948	mai-62

Note : DA = Drainage area / Superficie du bassin ; R = Record period / Période d'enregistrement

Table 15. Discharges (m³/s) for Catamaran Brook
Tableau 15. Débits (m³/s) pour le Ruisseau Catamaran

T	2010		2050s (B1)		2050s (A2)	
	Flood Crue	Drought Étiage	Flood Crue	Drought Étiage	Flood Crue	Drought Étiage
2	7,5	0,015	10,2	0,021	10,5	0,022
10	12,5	0,004	15,9	0,004	16,4	0,004
20	15	0,002	18,2	0,003	18,8	0,003
50	18,7	0,001	21,4	0,002	22	0,002
100	21,8	--	23,9	--	24,6	--

Note: T = Return period (years) / Période de récurrence (ans)

Table 16. Discharges (m³/s) for Bouctouche River
Tableau 16. Débits (m³/s) pour la Rivière Bouctouche

T	2010		2050s (B1)		2050s (A2)	
	Flood Crue	Drought Étiage	Flood Crue	Drought Étiage	Flood Crue	Drought Étiage
2	116	0,27	161	0,3	166	0,3
10	193	0,13	245	0,15	252	0,15
20	227	0,11	276	0,13	285	0,13
50	277	0,095	317	0,11	327	0,11
100	318	---	248	---	358	---

Note: T = Return period (years) / Période de récurrence (ans)

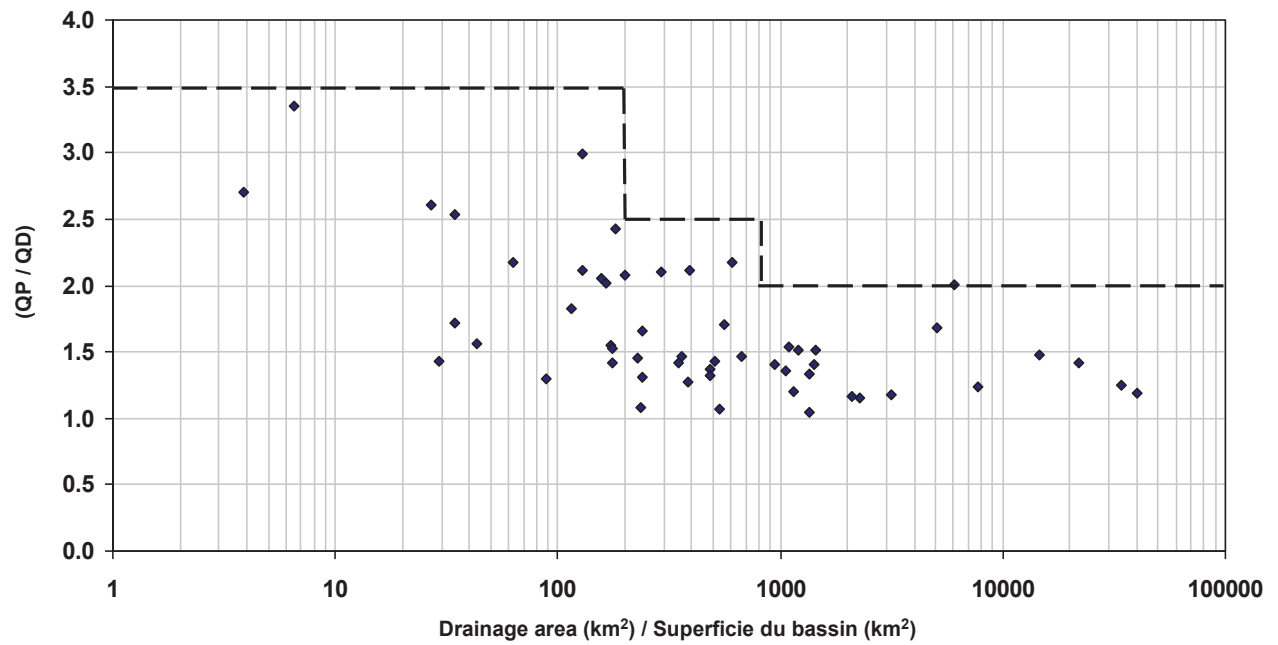


Figure 1.

Ratio of instantaneous peak flow to daily flow (QP/QD) for the 56 analysed hydrometric stations in New Brunswick

Ratio du débit de crue instantanée au débit journalier (QP/QD) des 56 stations hydrométriques analysées au Nouveau-Brunswick

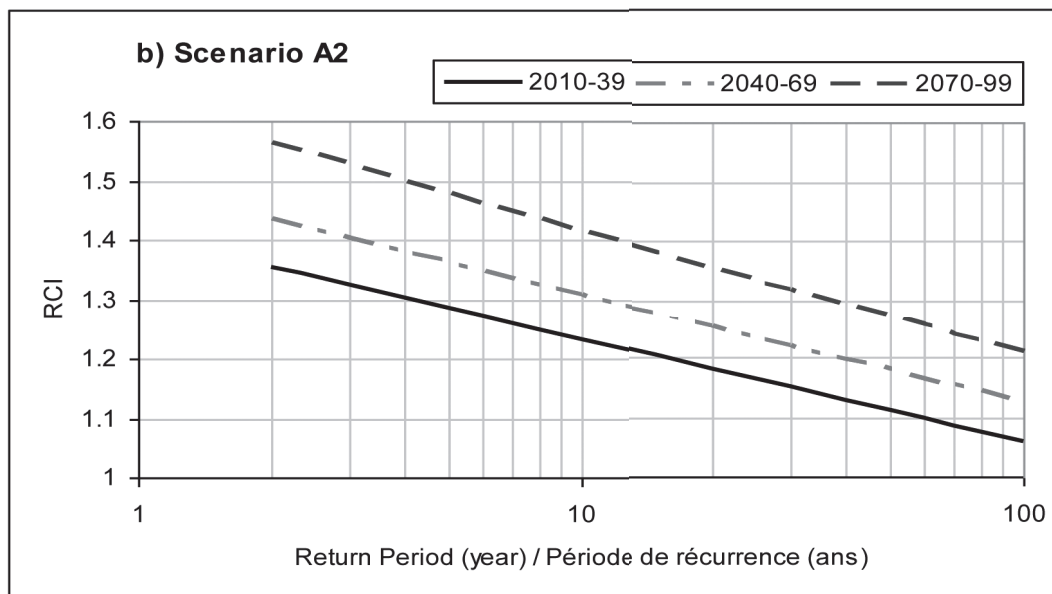
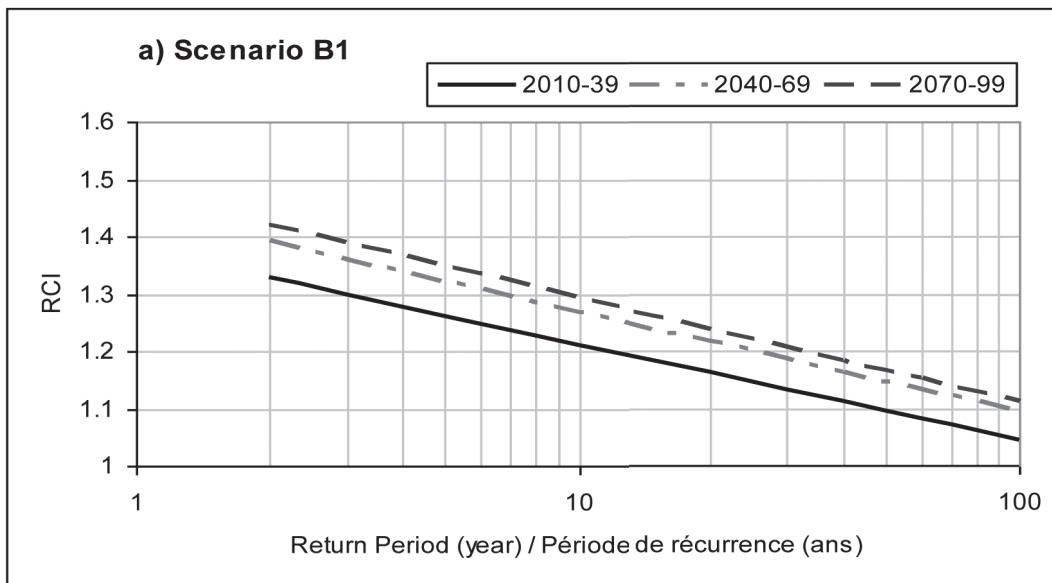


Figure 2.

New Brunswick Regional Climate Index (RCI) curves for flood at time slices 2010-39, 2040-69 and 2070-2099 under a) scenario B1 b) scenario A2

Courbes d'indices des crues, climat régional du Nouveau-Brunswick, créneaux temporels 2010-39, 2040-69 et 2070-99 selon a) le scénario climatique B1 et b) le scénario climatique A2

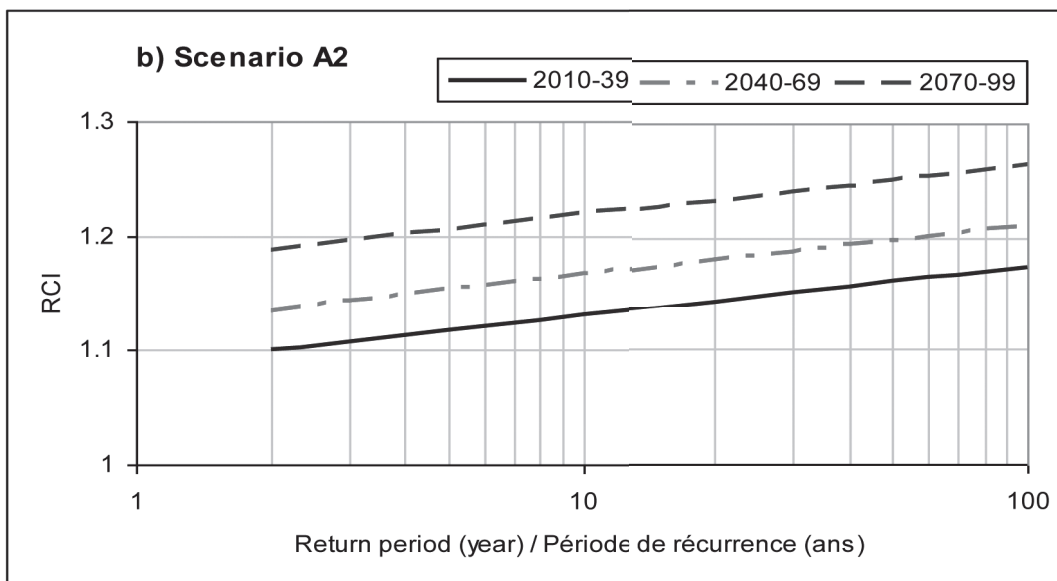
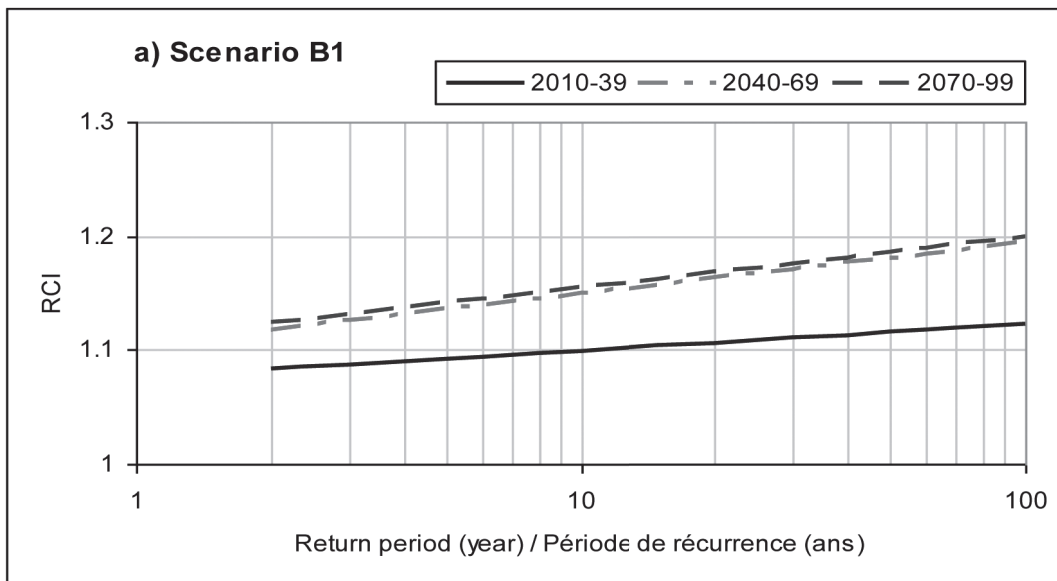


Figure 3.

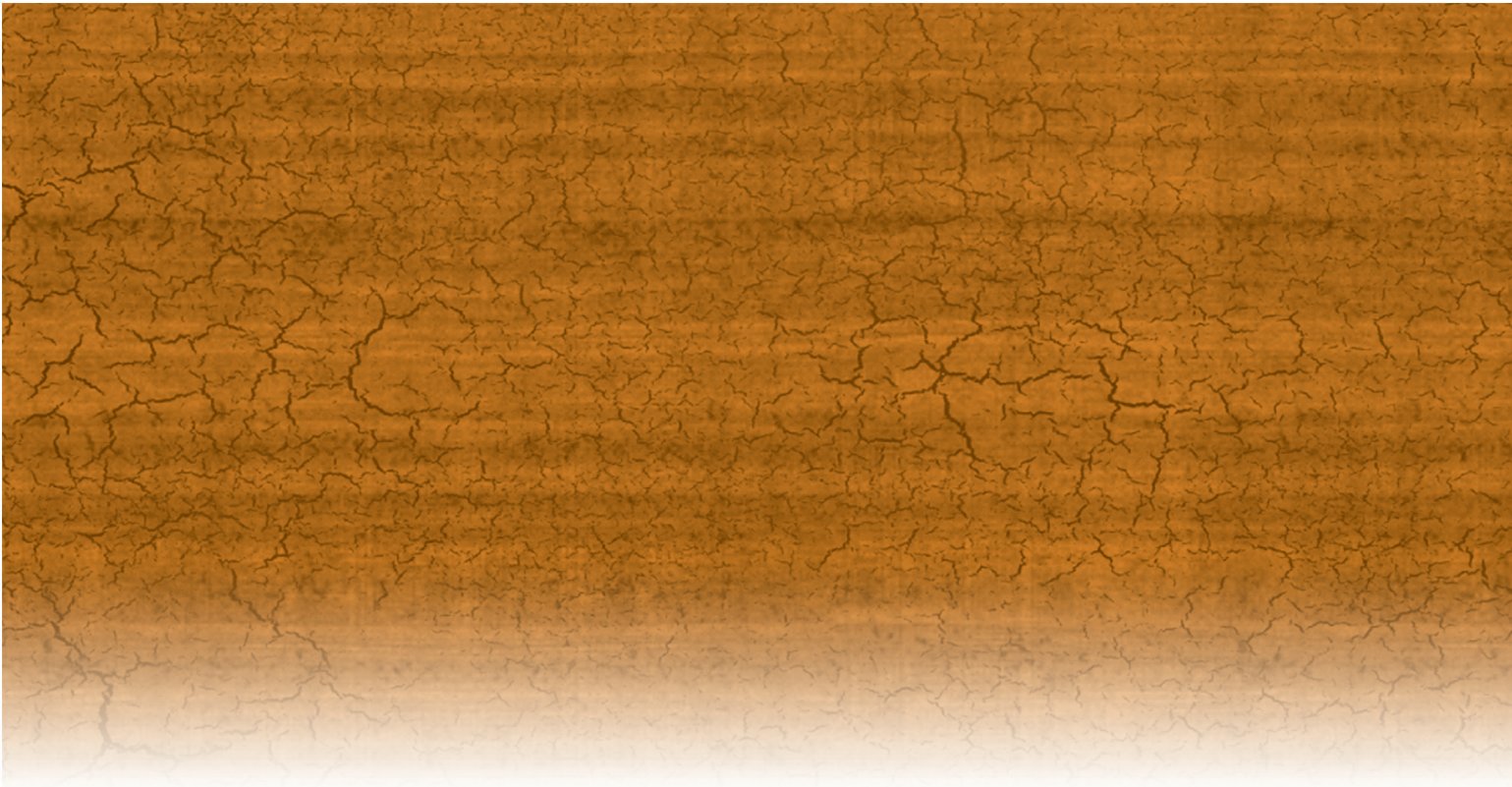
New Brunswick Regional Climate Index (RCI) curves for drought at time slices 2010-39, 2040-69 and 2070-2099 under a) scenario B1 b) scenario A2

Courbes d'indices des sécheresses, climat régional du Nouveau-Brunswick, créneaux temporels 2010-39, 2040-69 et 2070-99 selon a) le scénario B1 et b) le scénario A2

NOTES

NOTES

NOTES




New Brunswick
New Brunswick Environmental Trust Fund
Fonds en fiducie pour l'environnement


UNIVERSITÉ DE MONCTON
CAMPUS DE MONCTON

 Fisheries and Oceans
Canada Pêches et Océans
Canada

