

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC

SERVICE DE LA CONNAISSANCE ET DE L'EXPERTISE HYDRIQUE

PROGRAMME DE DÉTERMINATION DES COTES DE CRUES DE RÉCURRENCE DE 20 ANS ET DE 100 ANS (PDCC)

Lac Macamic

Municipalités de Macamic, d'Authier-Nord et de Chazel

PDCC 08-L01



Juin 2002

Équipe de réalisation

Chargées de projet :	Paula Bergeron, ing. Katia Tremblay, ing.
Analyse :	Andrée Bilodeau, ing., M.Sc.
Étude hydrologique :	Andrée Bilodeau, ing., M.Sc.
Photo-interprétation :	Gérald Audet, technicien forestier
Rédaction du rapport :	Andrée Bilodeau, ing., M.Sc. Simon Dubé, ing., M.B.A.
Corrections et mise en page :	Louise Côté, secrétaire Ronald Greendale, consultant
Figures et mise en plan :	Renée Lavergne, technicienne
Arpentage et relevés hydrométriques :	Jacques Parent, technicien Éric Paquette, technicien Sébastien Boucher, étudiant

Avis aux utilisateurs du présent rapport

- Le terme niveau d'eau employé dans ce rapport fait référence à une élévation géodésique.
- Une cote de crue indique le niveau d'eau atteint lors d'une crue donnée.
- Une cote de crue est associée à une probabilité théorique d'occurrence d'inondation en eau libre. Par exemple, une cote de crue de récurrence de 20 ans signifie que chaque année, la probabilité que le niveau de l'eau atteigne cette cote est de 5 %. Ainsi, le fait d'être situé à l'intérieur de la zone inondable délimitée par une cote d'une certaine récurrence ne constitue pas une certitude d'être inondé mais plutôt une probabilité de l'être. À l'inverse, le fait d'être situé à l'extérieur des limites de la zone inondable ne constitue pas une certitude de ne jamais être inondé mais plutôt une probabilité beaucoup plus faible de l'être.

Table des matières

LISTE DES FIGURES.....	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	IV
LISTE DES ANNEXES	IV
1. INTRODUCTION.....	1
2. DESCRIPTION ET LOCALISATION DU LAC À L'ÉTUDE	2
3. MÉTHODES UTILISÉES POUR LA DÉTERMINATION DES COTES DE CRUES.....	2
3.1 Photo-interprétation et recherche d'indices d'inondation.....	5
3.1.1 Photo-interprétation.....	5
3.1.2 Indices d'inondation.....	5
3.1.2.1 Indicateurs biologiques.....	5
3.1.2.2 Indicateurs physiques	5
3.2 Enquête auprès des résidants.....	6
3.3 Données historiques.....	6
4. RÉSULTATS.....	6
4.1 Photo-interprétation et indices d'inondation.....	7
4.2 Analyse statistique	8
4.3 Cotes de crues retenues.....	11
5. CONCLUSION	12
6. RÉFÉRENCES CITÉES.....	13
7. GLOSSAIRE	15

Liste des figures

Figure 1 : Bassin versant du lac Macamic et localisation des secteurs problématiques.....	3
Figure 2 : Localisation des points où l'élévation géodésique a été mesurée.....	9

Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation des résultats obtenus – Lac Macamic	7
Tableau 2 : Débits de crues obtenus selon les lois Pearson type III et Log Pearson type III - Lac Macamic - Station 089903.....	11
Tableau 3 : Cotes de crues retenues.....	11

Liste des annexes

Annexe 1 : Photographies aériennes	
Annexe 2 : Analyse statistique	

1. Introduction

Au cours du mois de juillet 1996, le Québec a connu des pluies diluviennes ayant causé des crues exceptionnelles dans les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean, de la Capitale-Nationale, de la Mauricie et de la Côte-Nord. À la suite de ces événements, la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages (CSTGB) a été mise sur pied par le gouvernement du Québec. En janvier 1997, la Commission rendait public un rapport dans lequel elle émet diverses recommandations visant à éviter ou limiter les dommages lors d'inondations (CSTGB, 1997). Notamment, elle propose certaines mesures qui touchent l'aménagement du territoire en regard des zones inondables afin de minimiser la construction de bâtiments et de structures susceptibles d'être affectés par les crues.

En réponse à ces recommandations, le ministère de l'Environnement (MENV) a préparé un document d'orientation sur la gestion des zones inondables. Ce document a été entériné en 1997 par le Comité ministériel de coordination pour la relance économique des régions sinistrées. Puis, en août 1998, le Ministère annonçait la mise en vigueur du « *Programme de détermination des cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans (PDCC)* », et ce, pour une période de cinq ans.

Ce nouveau programme vise principalement à supporter les Municipalités régionales de comté (MRC) dans l'application de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI)*. À l'origine, le PDCC concernait uniquement les tronçons de rivières problématiques. Afin de répondre à une forte demande, il a été décidé d'intégrer l'étude des lacs. Toutefois, pour composer avec la durée limitée du PDCC, ces études sont réalisées en optant pour des méthodes nécessitant moins de relevés sur le terrain que celles utilisées pour les rivières.

Dans la majorité des cas, une seule cote permettant de délimiter une zone inondable sur le pourtour des lacs concernés sera fournie aux MRC. Le cadre normatif relatif à la zone de grand courant (0-20 ans) devra s'appliquer à l'intérieur de cette zone. Toutefois, aucune récurrence précise ne sera associée à la dite cote. Par ailleurs, des cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans seront fournies sur certains lacs pour lesquels des informations relatives aux niveaux d'eau sont disponibles. Dans ces cas, les cotes de crue de récurrence de 2 ans pourront être évaluées en guise de complément d'information. Les cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans devront être intégrées dans les schémas d'aménagement et les règlements de zonage des municipalités concernées; le cadre normatif relatif à la zone de grand courant (0-20 ans) et celui relatif à la zone de faible courant (20-100 ans) devront être appliqués. La cote de crue de récurrence de 2 ans permettra au besoin de déterminer la ligne des hautes eaux et de faciliter l'application des dispositions de zonage concernant la rive et le littoral.

Le présent rapport concerne l'étude des zones inondables autour du lac Macamic situé dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. En premier lieu, il le localise et le décrit brièvement. Par la suite, les différentes méthodes utilisées pour déterminer une ou des cotes de crues sont énumérées et exposées. Enfin, les résultats obtenus sont présentés et analysés en vue de procéder au choix de la ou des cotes retenues.

2. Description et localisation du lac à l'étude

Le lac Macamic est situé dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. Les municipalités riveraines sont celles de Macamic, d'Authier-Nord et de Chazel. Elles totalisent une population d'environ 1310 habitants. On compte par ailleurs une centaine de résidences de villégiature ou permanentes installées en bordure du lac. Les secteurs touchés par des problèmes d'inondation sont illustrés à la figure 1.

Le lac Macamic draine au total un bassin versant d'une superficie de 1220 km² (figure 1). Ses principaux tributaires sont les rivières Macamic, Bellefeuille, Loïs et Hatherly ainsi que le ruisseau Royal-Roussillon. Sa décharge s'effectue dans la rivière La Sarre.

Le niveau du lac est influencé par la gestion du barrage La Sarre 1 situé sur la rivière du même nom. Ce barrage hydro-électrique appartient à la firme Hydro-Abitibi inc.

3. Méthodes utilisées pour la détermination des cotes de crues

Tous les lacs retenus dans le cadre du PDCC ont d'abord fait l'objet d'une analyse par photo-interprétation dans les secteurs problématiques soumis par la MRC concernée. On a ensuite procédé à la recherche d'indices d'inondation sur le terrain à l'aide des photographies. Cette méthode permet d'estimer une cote de crue qui devra être utilisée par les autorités concernées pour appliquer le cadre normatif relatif à la zone de grand courant (0-20 ans). Toutefois, aucune récurrence précise ne sera attribuée à la dite cote. Cette technique permet également de déterminer une cote associée à une récurrence approximative de 2 ans.

Des données de niveaux d'eau sont disponibles pour certains lacs à l'étude. Elles proviennent soit d'une station hydrométrique, soit d'une étude amorcée dans le cadre de l'ancien *Programme de cartographie*. Dans les deux cas, une analyse permettant d'évaluer une ou des cotes avec des récurrences plus précises a été réalisée.

Les méthodes utilisées afin d'établir une ou des cotes de crues pour les lacs concernés sont expliquées plus en détail aux sections 3.1 et 3.2. La section 4 présente ensuite la ou les valeurs retenues.

Il est important de souligner que la ou les cotes de crues estimées pour un lac donné s'appliquent à tout son pourtour. On suppose que le niveau d'eau est le même partout étant donné la faible dénivellation d'un tel plan d'eau.

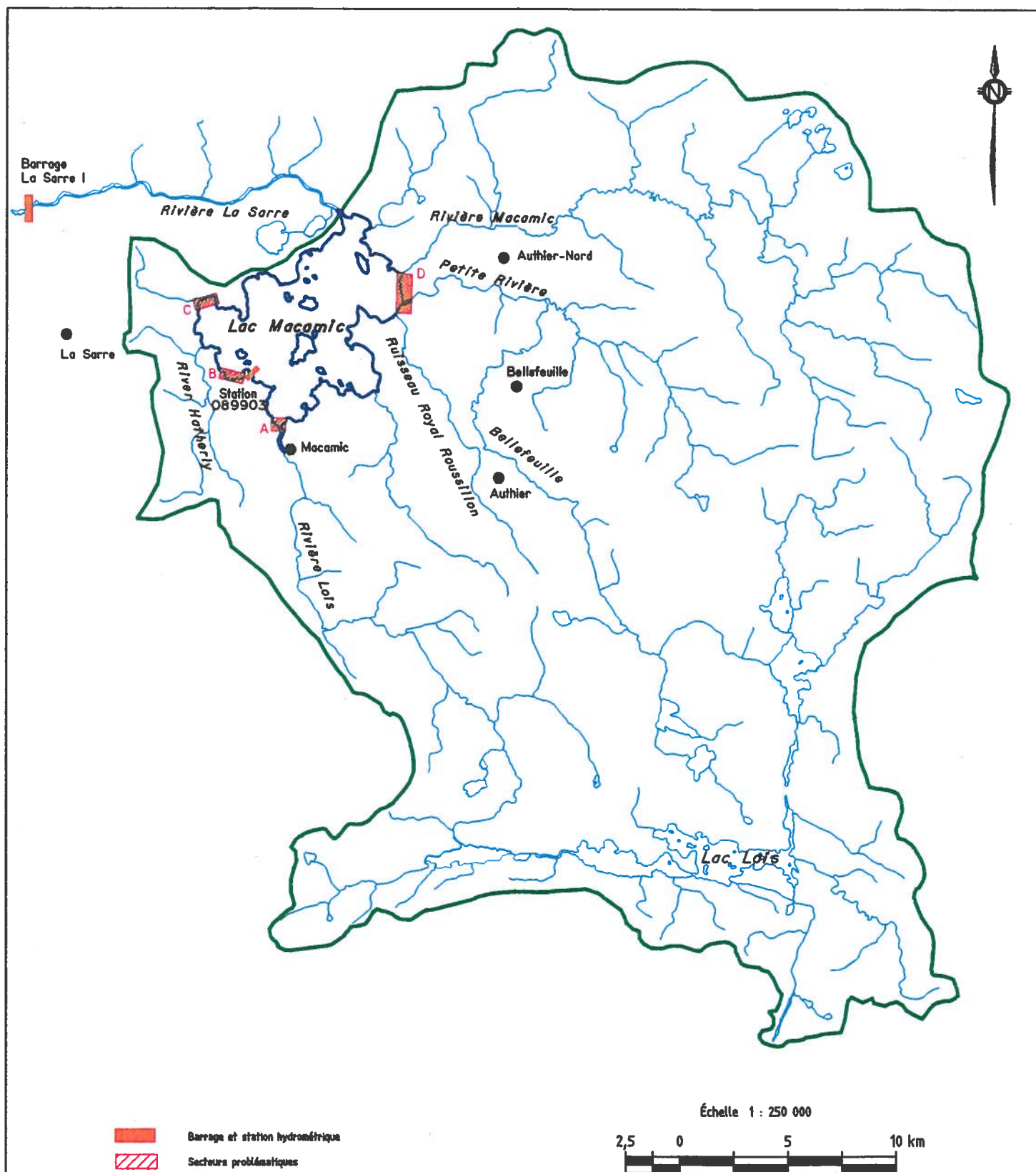
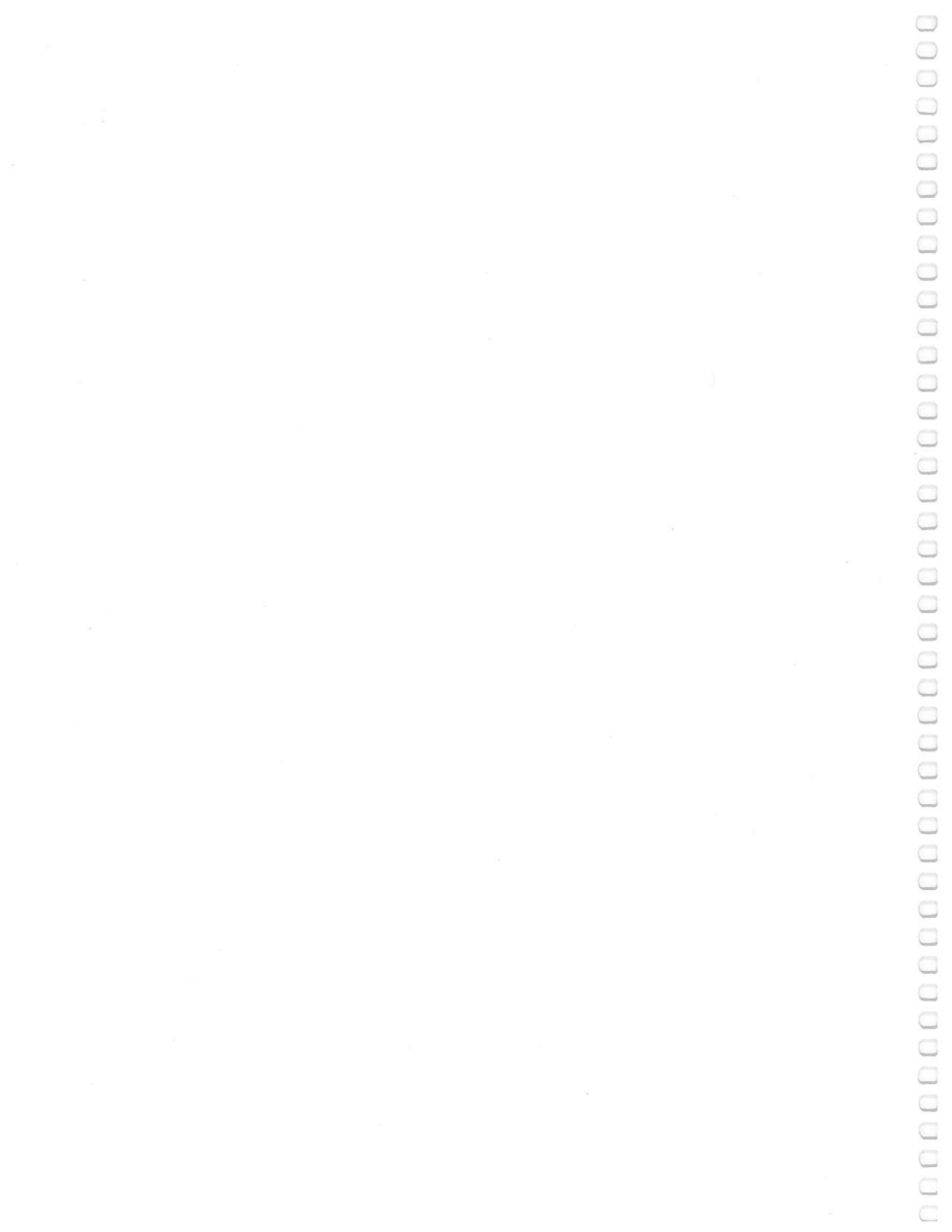


FIGURE 1

BASSIN VERSANT DU LAC MACAMIC

LOCALISATION DES SECTEURS PROBLÉMATIQUES



3.1 Photo-interprétation et recherche d'indices d'inondation

3.1.1 Photo-interprétation

On utilise la photo-interprétation pour identifier sur une photographie aérienne les zones fréquemment inondées. Ces zones sont délimitées essentiellement en observant la végétation présente en bordure du lac ainsi que la morphologie de la rive et du littoral. Généralement, cette technique permet de tracer la limite d'inondation de récurrence d'environ 2 ans.

3.1.2 Indices d'inondation

Les indices d'inondation proviennent de différents indicateurs biologiques ou physiques et d'enquêtes menées auprès des riverains. Les points 3.1.2.1 et 3.1.2.2 décrivent sommairement ces indicateurs. Cette description s'inspire d'informations tirées de la PPRLPI. Quant au point 3.1.2.3, il concerne les enquêtes menées auprès des riverains.

3.1.2.1 Indicateurs biologiques

Les indicateurs biologiques sont des plantes aquatiques ou des plantes terrestres dont la présence sur un site est en grande partie conditionnée par les inondations. Ces plantes servent à déterminer la ligne des hautes eaux, laquelle se situe à l'endroit où l'on passe d'une prédominance de plantes aquatiques à une autre de plantes terrestres. S'il n'y a pas de plantes aquatiques, elle se situe à l'endroit où les plantes terrestres s'arrêtent en direction du plan d'eau. La ligne naturelle des hautes eaux établie à partir de tels indicateurs est associée à une récurrence de 2 ans (Gilbert, 1995).

3.1.2.2 Indicateurs physiques

Les principaux indicateurs physiques considérés dans cette étude sont les suivants :

- marques d'usure sur l'écorce des arbres;
- sédimentation sur le tronc des arbres;
- limite supérieure de la ligne de débris (délaissés de crue);
- morphologie de la rive et du littoral;
- haut de la plage dénudé;
- limite inférieure de la litière du sous-bois;
- traces sur les structures, les murs, les roches, les piliers et les culées des ponts.

Ces indicateurs ont permis dans plusieurs cas de valider la ligne des hautes eaux déterminée à l'aide des indicateurs biologiques. En l'absence de ces derniers, ils ont permis d'estimer des niveaux d'eau atteints lors d'événements dont la récurrence est élevée (environ 2 ans). Toutefois, les délaissés de crue sont associés à l'événement les ayant causés. Il est possible de préciser la récurrence de cet événement à partir des enquêtes menées auprès de riverains (section 3.1.2.3).

3.2 Enquête auprès des résidents

Cette méthode consiste à interroger les riverains sur les niveaux d'eau atteints historiquement lors de crues importantes. La récurrence associée à ces niveaux dépend de l'événement auquel le riverain fait référence. Si la personne interrogée associe le niveau d'eau atteint à une crue particulière ou qu'elle lui donne une fréquence, on peut alors avoir une idée de la récurrence des niveaux d'eau estimés. Par exemple, elle peut faire référence à la crue de juillet 1996, mentionner qu'il s'agit d'un niveau atteint chaque année ou avoir noté le niveau maximum observé depuis qu'elle réside à cet endroit.

3.3 Données historiques

Comme il a été mentionné précédemment, des données de niveaux d'eau sont disponibles pour certains lacs.

Pour les lacs ou réservoirs où une station hydrométrique a enregistré les niveaux d'eau depuis un nombre suffisant d'années, une étude statistique sur les niveaux maximums journaliers annuels ¹ pourra être réalisée. Dans le cadre du PDCC, les analyses statistiques de ces niveaux sont effectuées à l'aide du logiciel d'ajustement de lois statistiques Hyfran (Bobée *et autres*, 1999). Ce dernier a été mis au point à l'Institut national de la recherche scientifique-eau (INRS-Eau), par l'équipe du Dr Bernard Bobée, dans un contexte de recherche pour le compte de la Chaire en hydrologie statistique CRSNG/Hydro-Québec. L'analyse statistique permet d'estimer des cotes associées à différentes récurrences.

Pour les lacs ayant fait l'objet de travaux dans le cadre de l'ancien *Programme de cartographie*, l'étude amorcée sera complétée afin de déterminer des cotes de crues de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans.

4. Résultats

En premier lieu, cette section présente les résultats obtenus à la suite de l'analyse du lac Macamic par photo-interprétation et par recherche d'indices d'inondation. Puisqu'il existe une station hydrométrique qui enregistre les niveaux d'eau depuis un nombre suffisant d'années, une étude statistique des niveaux maximums journaliers annuels a également été réalisée. En second lieu, on présente cette analyse de même que les cotes de crues de différentes récurrences ainsi estimées. Finalement, on compare les valeurs obtenues à l'aide des deux méthodes d'analyse, pour ensuite présenter la ou les cotes de crues retenues.

¹ À l'échelle d'une année, c'est le niveau maximum obtenu au cours d'une journée. Ce dernier est calculé en effectuant la moyenne de tous les niveaux enregistrés pendant une journée.

4.1 Photo-interprétation et indices d'inondation

Afin d'estimer une cote de crue sur le lac Macamic à l'aide de la technique de la photo-interprétation, des zones inondables ont été délimitées dans les secteurs problématiques identifiés par la MRC d'Abitibi-Ouest. Elles apparaissent en rouge sur les photographies aériennes à l'échelle 1 : 15 000 présentées à l'annexe 1. Par la suite, des visites sur le terrain ont permis de déterminer divers indices d'inondation pour chacun des secteurs soumis par la MRC concernée. Ainsi, des élévations géodésiques ont pu être mesurées par arpentage aux endroits jugés opportuns. Ces derniers sont identifiés par des points numérotés sur les photographies aériennes. La figure 2 donne leur localisation sur un plan à l'échelle 1 : 50 000 alors que le tableau 1 suivant indique les élévations géodésiques mesurées ainsi que les indices ayant permis d'en déterminer la valeur.

Tableau 1 : Présentation des résultats obtenus – Lac Macamic

Numéro de photo	Numéro de point photo	Numéro de point Figure 2	Élévation géodésique (m)	Indices d'inondation
A-3	1	1	279,95	Indicateurs biologiques
A-3	2	2	280,14	Indicateurs biologiques et délaissés de crue
B-3	1	3	280,81	Niveau atteint selon un riverain
C-6	1	4	280,07	Niveau atteint selon un riverain
D-6	1	5	279,88	Indicateurs biologiques
D-3	2	6	280,16	Indicateurs biologiques et délaissés de crue

Cinq relevés de niveaux d'eau sur six donnent une cote d'environ 280,00 m. Ces cotes sont essentiellement associées à des indicateurs biologiques dont certains ont été validés à l'aide de délaissés de crues. Tel que déjà mentionné, ces indicateurs permettent d'établir la ligne naturelle des hautes eaux selon la PPRLPI. Cette limite est par ailleurs associée à un niveau d'eau de crue de récurrence de 2 ans. Si on effectue une moyenne des cotes obtenues à l'aide des indicateurs biologiques, on obtient une cote de 280,03 m. Toutefois, selon la PPRLPI, puisque le niveau du lac Macamic est influencé par la gestion du barrage La Sarre 1, la limite de la ligne naturelle des hautes eaux devrait plutôt correspondre à la cote maximale d'exploitation de l'ouvrage de retenue qui est de 279,81 m. En l'absence de données historiques provenant d'une station hydrométrique, cette cote pourrait être associée à la limite d'inondation de récurrence de 2 ans.

On constate également qu'une cote de 280,07 m a été mesurée à la suite d'une enquête menée auprès d'un riverain, ce qui faisait référence à un événement ayant une récurrence de 2 ans. Un autre résidant a indiqué un niveau d'eau atteint de 280,81 m, lequel se démarque des autres niveaux mesurés. Bien qu'il soit impossible de déterminer une récurrence pour cette cote, tout indique qu'elle fait référence à une crue historique dont la période de retour est faible. Par conséquent, s'il n'y avait aucune station sur le lac Macamic, cette récurrence pourrait être utilisée

pour délimiter une zone inondable sur tout le pourtour du lac. Le cadre normatif relatif à la zone de grand courant (0-20 ans) devrait alors s'appliquer.

4.2 Analyse statistique

La station hydrométrique 089903 située dans la municipalité de Macamic est actuellement en fonction. Elle fut en service de 1941 à 1993 et fonctionne de nouveau depuis 1999. Ses caractéristiques sont les suivantes :

Station 089903

Localisation :	lac Macamic situé dans la municipalité de Macamic
Coordonnées :	longitude : 79° 00' 45'' latitude : 48° 46' 40''
Aire du bassin versant :	1220 km ²
Organisme exploitant :	ministère de l'Environnement du Québec
Équipement de mesure :	enregistreur à ruban perforé (en vigueur en 1966)
Mode d'opération :	opération continue
Période d'observation :	1941 à 1993 et 1999 - 2000
Période retenue :	1941 à 1993 et 1999
Condition d'écoulement :	régime influencé par la gestion du barrage La Sarre 1

Au total, 35 niveaux maximums journaliers annuels enregistrés entre 1941 et 1993 puis de 1999 à ce jour ont été utilisés pour réaliser une analyse statistique. Certaines années n'ont pas été retenues dans l'analyse puisqu'il manquait plusieurs données. Les caractéristiques de l'échantillon considéré sont les suivantes :

Taille :	35
Minimum :	279,38 m
Maximum :	281,16 m
Moyenne arithmétique :	280,05 m
Médiane :	280,00 m
Écart type :	0,387 m
Coefficient d'asymétrie (Cs) :	0,0013832
Coefficient de variation (Cv) :	0,927
Coefficient d'aplatissement (Ck) :	3,658

Les lois statistiques Gumbel, Pearson type III, Log Pearson type III et GEV ont été ajustées pour estimer les cotes de crues de différentes récurrences sur le lac Macamic. Toutes les lois d'ajustement donnent un même niveau de crue de récurrence de 2 ans, soit 279,99 m alors que pour les autres récurrences, les différentes lois donnent des résultats quasi identiques. La loi de Gumbel semble toutefois surestimer le niveau de crue correspondant à une récurrence de 100 ans. On observe par ailleurs que les lois Pearson type III et Log Pearson type III donnent les mêmes valeurs, quelle que soit la récurrence considérée. Ces deux lois ont été retenues puisqu'elles donnent des valeurs intermédiaires. Les résultats obtenus sont présentés au tableau 2. L'analyse statistique réalisée à partir du logiciel hydrologique HYFRAN est présentée à l'annexe 2.

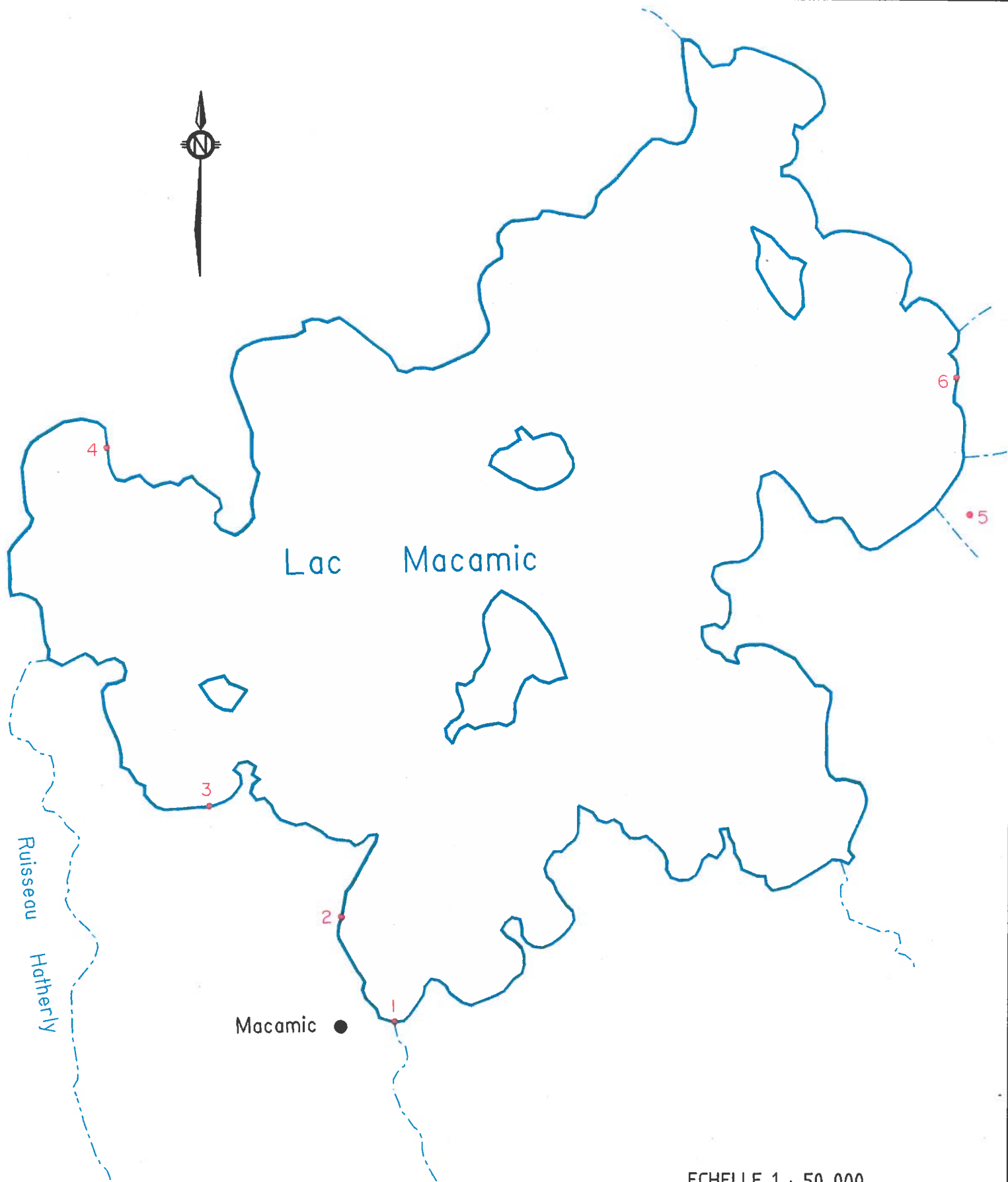


FIGURE 2

LOCALISATION DES POINTS OU L'ÉLEVATION GÉODÉSIQUE A ÉTÉ MESURÉE

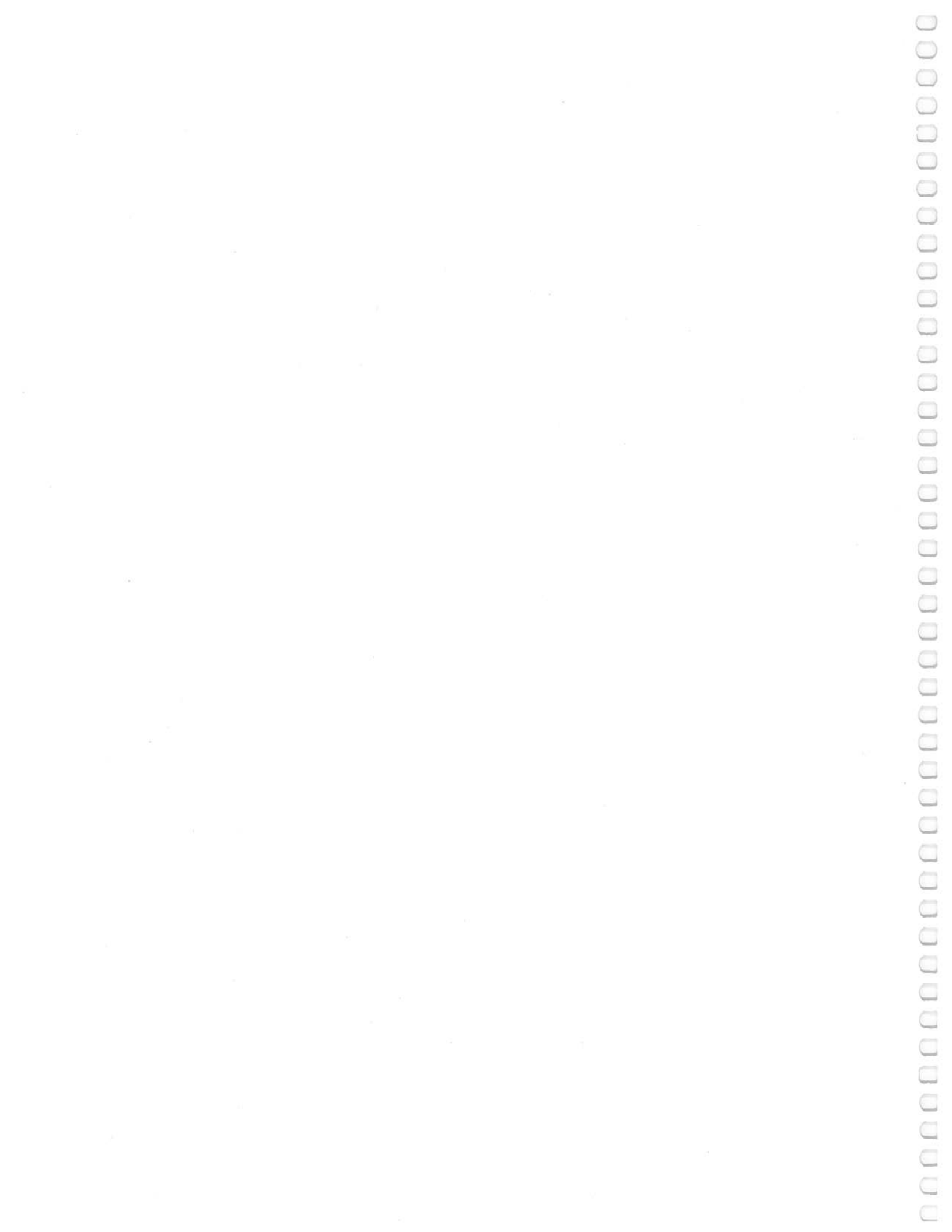


Tableau 2 : Débits de crues obtenus selon les lois Pearson type III et Log Pearson type III - Lac Macamic - Station 089903

Loi statistique	Niveaux de crues selon la période de retour (m)					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Pearson type III (Méthode des moments)	279,99	280,34	280,57	280,77	281,02	281,20
Log Pearson type III (WRC) ¹	279,99	280,34	280,57	280,77	281,02	281,20

¹ Water Resource Council.

4.3 Cotes de crues retenues

Si on compare les cotes de crues obtenues par les deux méthodes d'analyse utilisées, on remarque que :

- La cote de crue de récurrence de 2 ans tirée de l'analyse statistique est presque la même que la cote moyenne obtenue grâce aux indicateurs biologiques et physiques observés sur le terrain (279,99 m versus 280,03 m). Ces deux valeurs sont légèrement supérieures à la cote maximale d'exploitation de l'ouvrage de retenue (279,81 m).
- La cote de 280,81 m, estimée à partir d'une enquête menée auprès d'un riverain, s'apparente à la cote de crue de récurrence de 20 ans (280,77 m) obtenue avec l'analyse statistique.

On peut donc conclure que la méthode de photo-interprétation et de recherche d'indices d'inondation donne de bons résultats, même si elle repose sur des observations qualitatives. Quant à l'analyse statistique, elle est basée sur un nombre important d'années de données mesurées (36 années). En outre, elle a permis d'estimer des cotes de crues de différentes récurrences. Cette méthode est donc retenue pour la détermination de cotes de crues de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans sur le lac Macamic. Ces dernières sont présentées au tableau 3.

Tableau 3 : Cotes de crues retenues

Récurrence	Niveau (m)
2 ans	279,99
20 ans	280,77
100 ans	281,20

5. Conclusion

Cette étude visait à établir une ou des cotes de crues sur le pourtour du lac Macamic situé dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. En premier lieu, le lac a fait l'objet d'une analyse par photo-interprétation dans les secteurs problématiques soumis par la MRC d'Abitibi-Ouest. Une zone fréquemment inondée a été tracée sur des photographies aériennes à l'échelle 1 : 15 000 en fonction de la végétation perceptible et de la morphologie des rives et du littoral. Des indices d'inondation ont ensuite été recherchés sur le terrain à l'aide des photographies et des élévations géodésiques (cotes) ont ensuite été mesurées aux endroits retenus. Les résultats obtenus ont permis d'estimer une cote moyenne de 280,03 m équivalente à celle associée, après analyse statistique, à la limite d'inondation de récurrence de 2 ans. Cette méthode a aussi permis d'établir une cote de 280,81 m laquelle, selon un riverain, correspond à un niveau d'eau déjà atteint.

La présence d'une station hydrométrique sur le lac Macamic a permis de procéder à une analyse statistique des niveaux d'eau maximums journaliers annuels enregistrés. Les résultats obtenus ont ensuite été comparés aux données recueillies à partir de la photo-interprétation et des indices d'inondation. On a alors constaté que les cotes de crues de récurrence de 2 ans estimées à l'aide de ces deux méthodes sont presque identiques. L'analyse statistique a également permis de se rendre compte que la cote de 280,81 m relevée à la suite d'une enquête menée auprès d'un riverain a une récurrence d'environ 20 ans. D'ailleurs, en l'absence de données provenant d'une station hydrométrique sur le lac Macamic, cette cote aurait été retenue pour l'application du cadre normatif relatif à la zone de grand courant (0-20 ans).

Bien qu'elle soit basée sur des observations qualitatives, la méthode de photo-interprétation et de recherche d'indices d'inondation sur le terrain donne de bons résultats. Toutefois, en raison de la couverture de l'échantillon, l'analyse statistique a été retenue pour la détermination des cotes de crues de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans. Ces cotes, présentées au tableau 3, sont respectivement de 279,99 m, 280,77 m et 281,20 m. Puisqu'elles correspondent à des élévations géodésiques, elles peuvent être utilisées pour procéder à la cartographie des zones inondables sur le pourtour du lac Macamic.

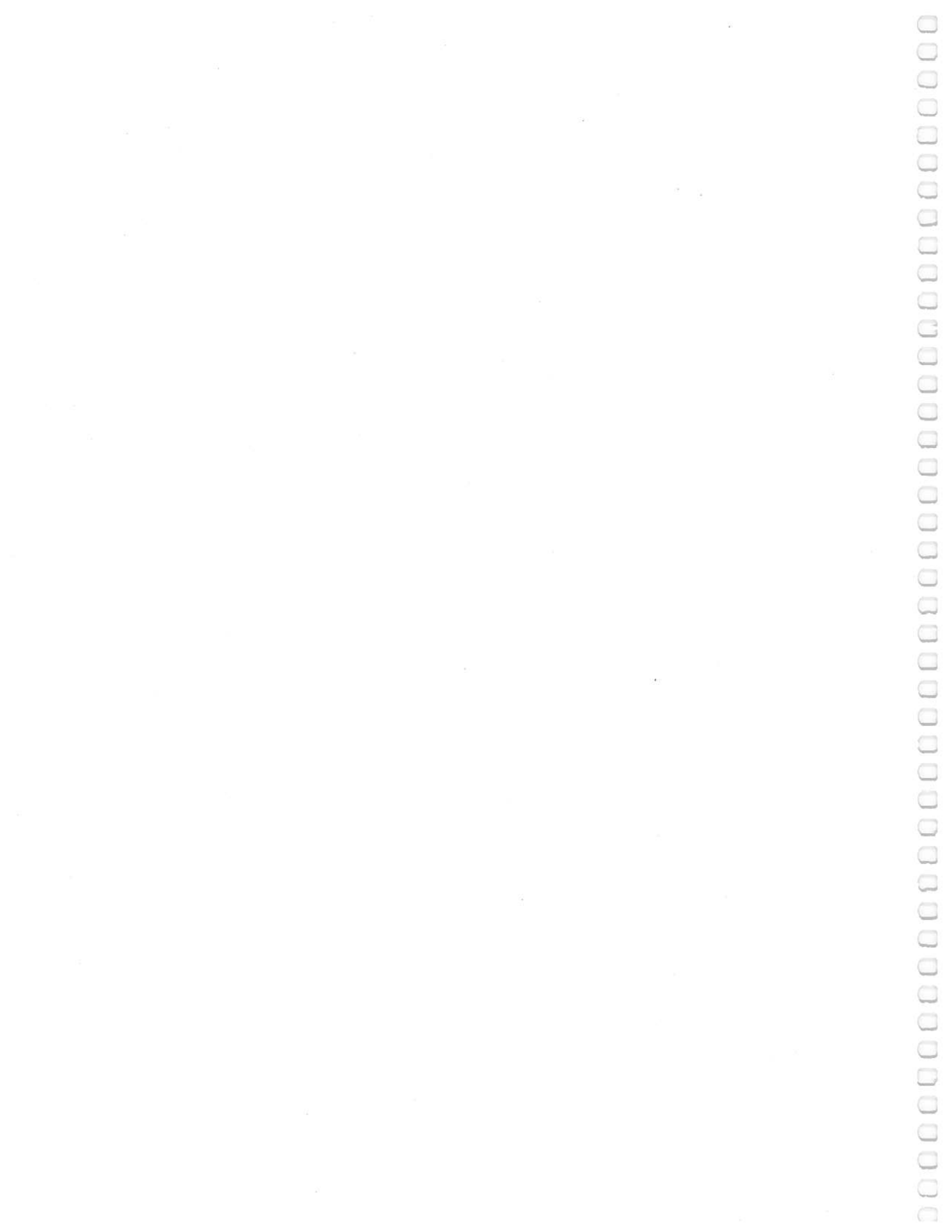
6. Références citées

BOBÉE, Bernard, Vincent FORTIN, Luc PERREAULT et Hugues PERRON (1999). *Hyfran 1.0 (logiciel hydrologique : Chaire en hydrologie statistique CRNSG/Hydro-Québec)*, INRS-Eau, Université du Québec, Québec.

CSTGB (1997). *Rapport de la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages*, Bibliothèque nationale du Canada.

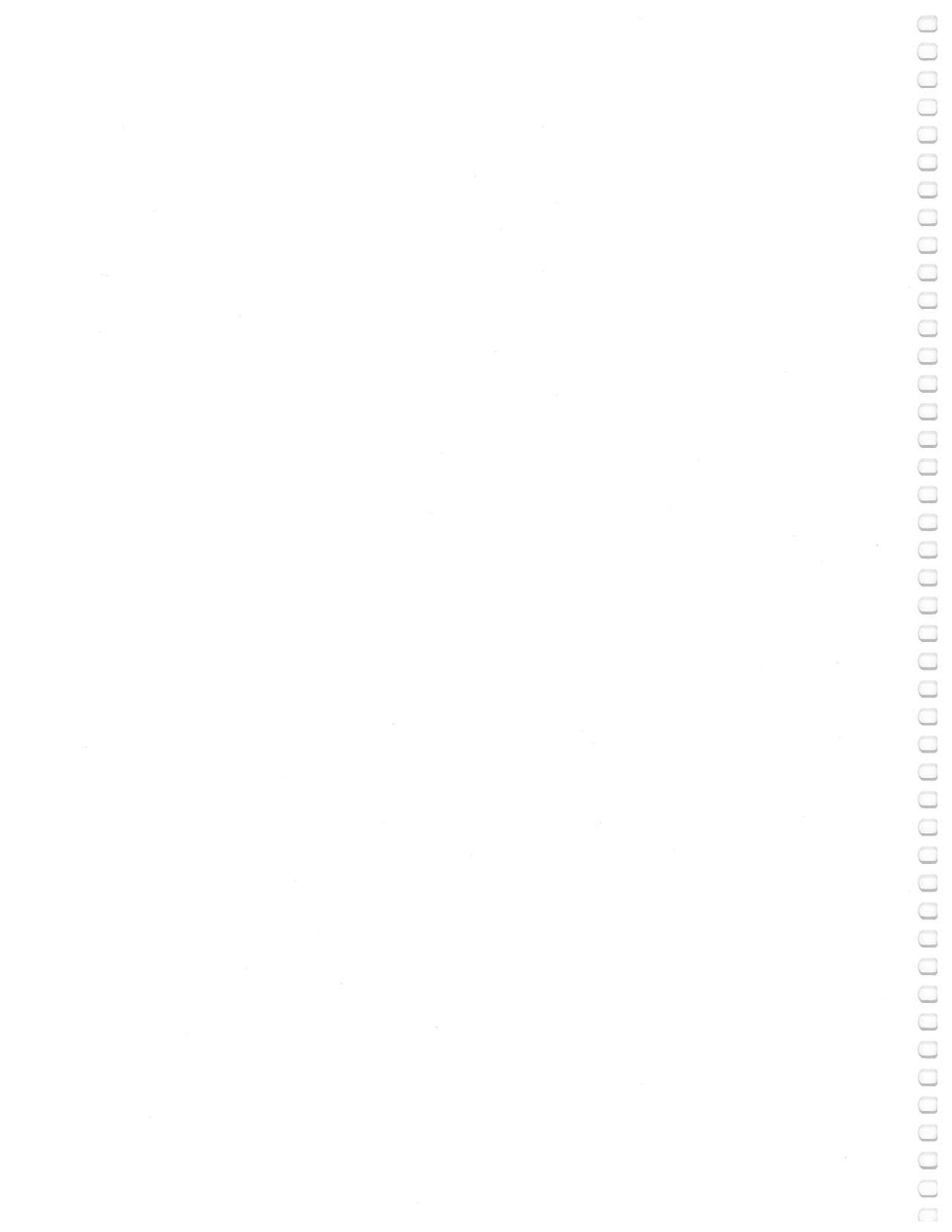
GILBERT, Hélène (1995). *Corrélation entre la cote de récurrence des inondations de deux ans et la limite botanique* : document réalisé par le Groupe Dryade ltée et Hélène Gilbert Eco-Service pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, mai 1995, 56 p. + 4 annexes.

GOUPIL, Jean-Yves (1998). *Protection des rives, du littoral et des plaines inondables : guide des bonnes pratiques* : document réalisé par le Service de l'aménagement et de la protection des rives et du littoral pour le ministère de l'Environnement, Québec, Publication du Québec, 156 p.



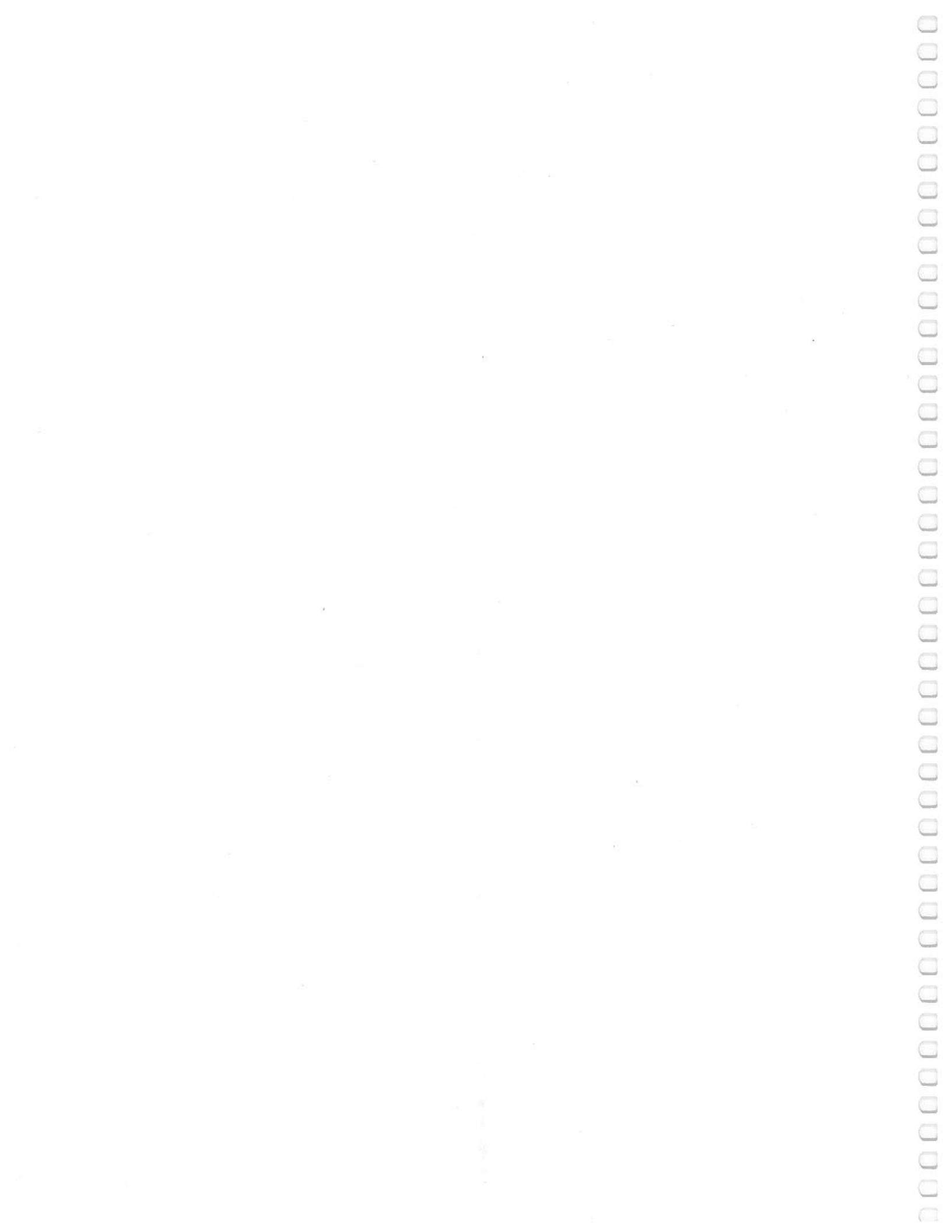
7. Glossaire

Bassin versant :	Territoire circonscrit par une ligne de partage des eaux et qui se draine dans un cours d'eau, un lac, un réservoir ou un autre plan d'eau.
Cote de crue :	Niveau de l'eau pour un débit de crue donné.
Décharge :	Lieu où un lac se jette dans un autre cours d'eau ou un autre lac.
Délaissés de crue :	Traces laissées sur le rivage à la suite des niveaux d'eau maximums atteints lors d'une crue. Ces traces peuvent être notamment des marques sur les arbres, des branches cassées ou encore différents objets transportés par les eaux.
Élévation géodésique :	Altitude par rapport à un niveau de référence (généralement le niveau moyen des mers).
Géomorphologie :	Science de la formation des lits des cours d'eau et des plaines d'inondation sous l'action des eaux; étude de leurs formes.
Limnigraphe :	Appareil qui mesure le niveau de l'eau. Cet appareil se compose principalement d'un capteur indiquant les niveaux de l'eau et d'instruments d'enregistrement. Les débits sont transcrits de façon continue sur papier.
Récurrence :	Période de retour d'un événement égale à l'inverse de la probabilité que cet événement soit dépassé ou égalé chaque année (probabilité au dépassement). Par exemple, un niveau d'eau dont la récurrence est de 100 ans est un niveau dont la probabilité au dépassement est de 0,01 (1/100).
Station hydrométrique :	Ensemble des instruments nécessaires à la cueillette, l'enregistrement et la retransmission des données hydrométriques (niveau ou débit).
Tributaire :	Cours d'eau qui se jette dans un autre cours d'eau, un lac, un réservoir ou dans la mer.



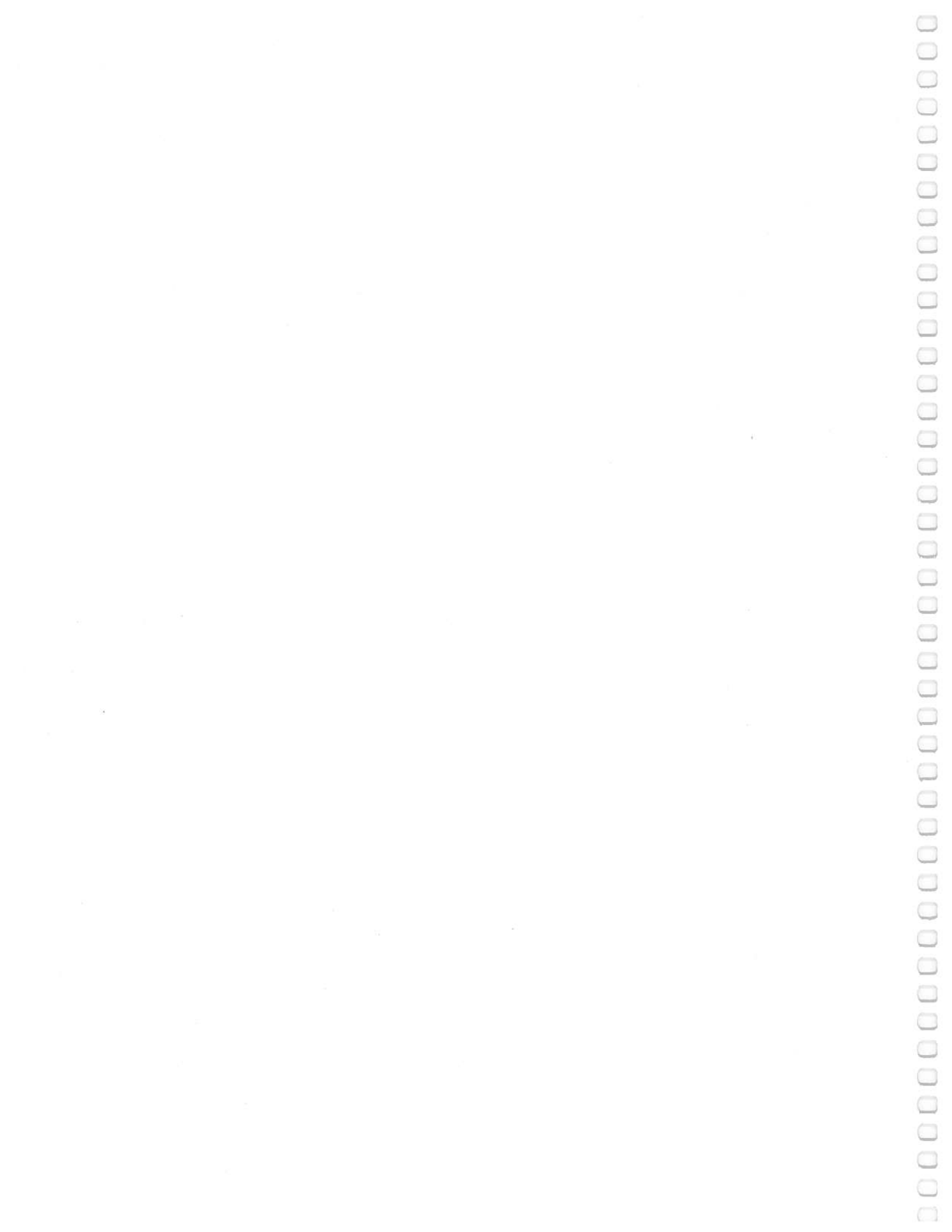
Annexe 1

Photographies aériennes



Annexe 2

**Analyse statistique des niveaux maximums journaliers annuels enregistrés à la station
089903**



1. Échantillon

1.1 Niveaux maximums journaliers considérés

Niveau (m)	Date	Probabilité empirique
280,51	1941-11-03	0,8986
280,12	1942-11-21	0,6268
279,98	1943-05-08	0,4457
280,12	1944-05-05	0,6449
280,52	1945-06-01	0,9167
280,58	1946-05-27	0,8977
281,16	1947-05-20	0,9830
280,00	1948-04-28	0,5000
280,29	1949-04-25	0,7841
280,22	1950-05-11	0,7717
280,21	1951-04-16	0,7273
280,04	1952-04-24	0,5181
280,01	1953-04-12	0,5284
279,83	1954-04-23	0,2727
280,06	1955-04-20	0,5543
280,16	1956-04-16	0,6812
280,36	1957-04-28	0,8409
279,68	1958-10-11	0,1307
280,00	1959-05-07	0,4819
280,94	1960-05-10	0,9545
279,84	1961-12-18	0,3011
279,92	1962-05-05	0,4148
279,80	1963-09-16	0,2443
280,20	1964-04-28	0,6989
279,96	1965-05-18	0,4432
279,48	1966-05-25	0,0455
280,49	1967-05-04	0,8804
279,30	1968-05-03	0,0109
279,69	1969-05-05	0,1558
279,58	1970-06-05	0,0739
280,20	1971-04-30	0,7355
279,84	1972-10-24	0,3295
279,82	1973-05-05	0,2826
280,19	1974-05-02	0,6705
280,10	1975-05-04	0,6087
280,32	1976-04-24	0,8125
280,37	1977-04-25	0,8693
280,13	1978-04-15	0,6420
280,67	1979-04-30	0,9261
280,06	1980-04-29	0,5852
279,43	1981-07-21	0,0471
279,96	1982-03-31	0,4716
279,85	1983-05-06	0,3864
279,72	1984-04-21	0,1875
280,09	1985-04-28	0,6136
279,76	1986-05-04	0,2159
279,38	1987-10-10	0,0170

Niveau (m)	Date	Probabilité empirique
279,69	1988-04-18	0,1591
280,05	1989-05-09	0,5568
280,27	1990-05-01	0,7557
279,62	1991-05-03	0,1023
279,84	1992-04-28	0,3580
279,65	1993-05-09	0,1196
279,70	1999-04-20	0,1920
279,78	2000-05-12	0,2464

*Les données en caractère gras n'ont pas été utilisées dans l'analyse statistique.

1.2 Statistiques de base sur l'échantillon

	Données actives	Toutes les données
Nombre d'observations	35	55
Minimum	279,38 m	279,30 m
Maximum	281,16 m	281,16 m
Moyenne	280,05 m	280,03 m
Écart-type	0,38737 m	0,36692 m
Médiane	280,00 m	280,01 m
Coefficient de variation (Cv)	0,0013832	0,0013103
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0,92746	0,62853
Coefficient d'aplatissement (Ck)	3,6577	3,6580

1.3 Tests statistiques

• Test d'indépendance (Wald-Wolfowitz)

Hypothèses

H0 Les observations sont indépendantes.

H1 Les observations sont dépendantes (autocorrélation d'ordre 1).

Résultats

Valeur de la statistique $|U| = 1,2075$

p-value $p = 0,22721$

Conclusion

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %.

• Test de stationnarité (Kendall)

Hypothèses

H0 Il n'y a aucune tendance dans les observations.

H1 Il y a une tendance dans les observations.

Résultats

Valeur de la statistique $|K| = 2,1018$

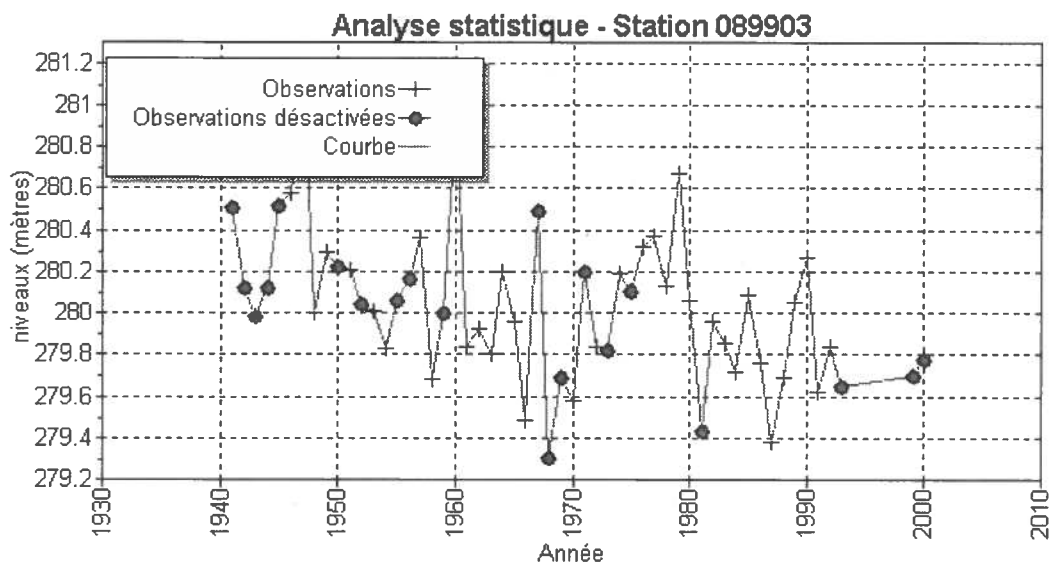
p-value $p = 0,035590$

Conclusion

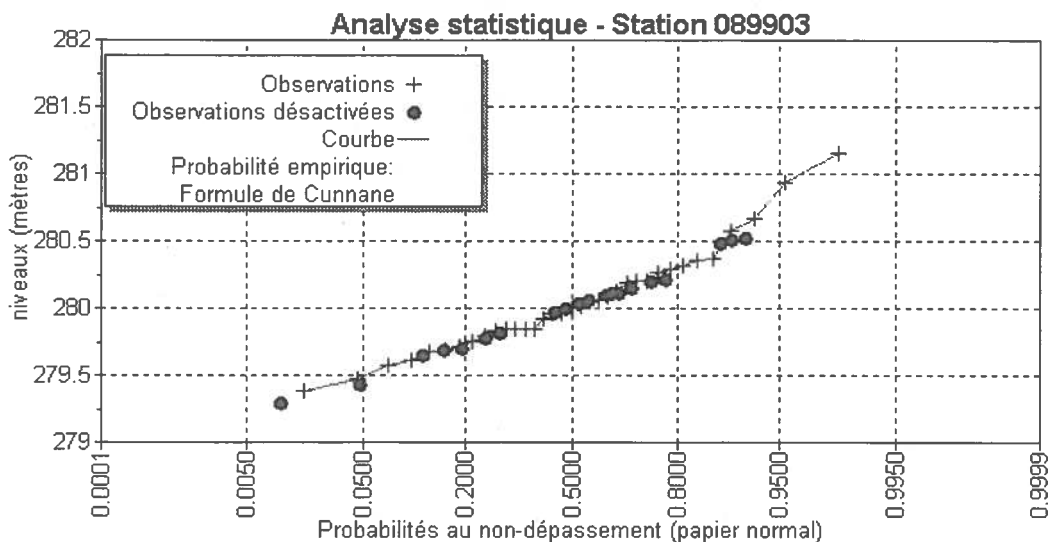
Nous devons rejeter H_0 au niveau de signification de 5 %, mais on l'accepte au niveau de signification de 1 %. Cette conclusion est normale puisque les niveaux enregistrés à la station sont influencés par la gestion du barrage La Sarre 1.

1.4 Représentations graphiques de l'échantillon

Courbe chronologique des niveaux journaliers annuels



Graphique des niveaux maximum journaliers en fonction des probabilités de non-dépassement



2. Lois d'ajustement

2.1 Loi d'ajustement GEV (Maximum de vraisemblance)

- Résultats de l'ajustement

Nombre d'observations : 35

Paramètres

alpha 0,312380
k 0,042126
u 279,879203

Quantiles

p = F(X) (probabilité de non-dépassement)

T = 1/(1-p)

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95 %)	
10000,0	0,9999	282,26	1,0852	N/D	
2000,0	0,9995	281,91	0,76976	N/D	
1000,0	0,9990	281,75	0,64795	N/D	
200,0	0,9950	281,36	0,40276	280,57	282,15
100,0	0,9900	281,19	0,31528	280,57	281,80
50,0	0,9800	281,00	0,24006	280,53	281,47
20,0	0,9500	280,75	0,16122	280,44	281,07
10,0	0,9000	280,55	0,11834	280,32	280,78
5,0	0,8000	280,33	0,089388	280,16	280,51
2,0	0,5000	279,99	0,064436	279,87	280,12
1,4286	0,3000	279,82	0,056513	279,71	279,93
1,2500	0,2000	279,73	0,054758	279,62	279,84
1,1111	0,1000	279,61	0,057468	279,50	279,73
1,0526	0,0500	279,53	0,064235	279,40	279,65
1,0204	0,0200	279,44	0,075652	279,29	279,59
1,0101	0,0100	279,39	0,084815	279,22	279,55
1,0050	0,0050	279,34	0,093938	279,16	279,52
1,0010	0,0010	279,25	0,11416	279,03	279,47
1,0005	0,0005	279,22	0,12235	278,98	279,46
1,0001	0,0001	279,15	0,14020	278,88	279,43

- Test d'adéquation

Hypothèses

H0 : L'échantillon provient d'une loi GEV.

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi GEV.

Résultats

Résultat de la statistique : $\chi^2 = 1,34$

p-value : $p = 0,8541$

Degrés de liberté : 4

Nombre de classes : 8

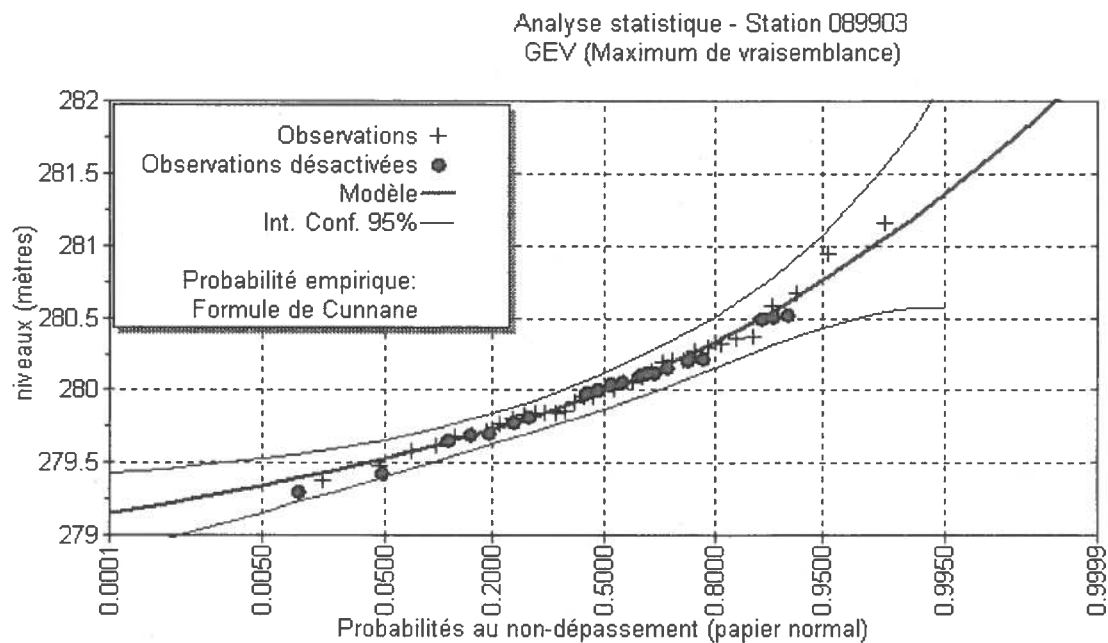
Conclusion

Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5 %.

• Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon

	Carac. de la loi	Carac. de l'échantillon
Minimum	Aucun	279,38
Maximum	287,29	281,16
Moyenne	280,05	280,05
Ecart-type	0,38037	0,38737
Médiane	279,99	280,00
Coefficient de variation (Cv)	0,0013582	0,0013832
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0,90758	0,92746
Coefficient d'aplatissement (Ck)	4,4105	3,6577

• Graphique de l'ajustement



2.2 Loi d'ajustement GUMBEL (Maximum de vraisemblance)

• Résultats de l'ajustement

Nombre d'observations : 35

Paramètres

u 279,869037

alpha 0,316513

Quantiles

p = F(X) (probabilité au non-dépassement)

T = 1/(1-p)

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95 %)	
10000,0	0,9999	282,78	0,41350	281,97	283,59
2000,0	0,9995	282,27	0,34548	281,60	282,95
1000,0	0,9990	282,06	0,31626	281,44	282,68
200,0	0,9950	281,55	0,24873	281,06	282,03
100,0	0,9900	281,33	0,21982	280,89	281,76
50,0	0,9800	281,10	0,19104	280,73	281,48
20,0	0,9500	280,81	0,15326	280,51	281,11
10,0	0,9000	280,58	0,12493	280,34	280,83
5,0	0,8000	280,34	0,096950	280,15	280,53
2,0	0,5000	279,99	0,062578	279,86	280,11
1,4286	0,3000	279,81	0,054232	279,70	279,92
1,2500	0,2000	279,72	0,053612	279,61	279,82
1,1111	0,1000	279,61	0,056702	279,49	279,72
1,0526	0,0500	279,52	0,061347	279,40	279,64
1,0204	0,0200	279,44	0,067657	279,30	279,57
1,0101	0,0100	279,39	0,072131	279,24	279,53
1,0050	0,0050	279,34	0,076275	279,19	279,49
1,0010	0,0010	279,26	0,084720	279,09	279,42
1,0005	0,0005	279,23	0,087923	279,05	279,40
1,0001	0,0001	279,17	0,094562	278,98	279,35

• Test d'adéquation

Hypothèses

H0 : L'échantillon provient d'une loi Gumbel.

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel.

Résultats

Résultat de la statistique : $X^2 = 1,34$

p-value : p = 0,9305

Degrés de liberté : 5

Nombre de classes : 8

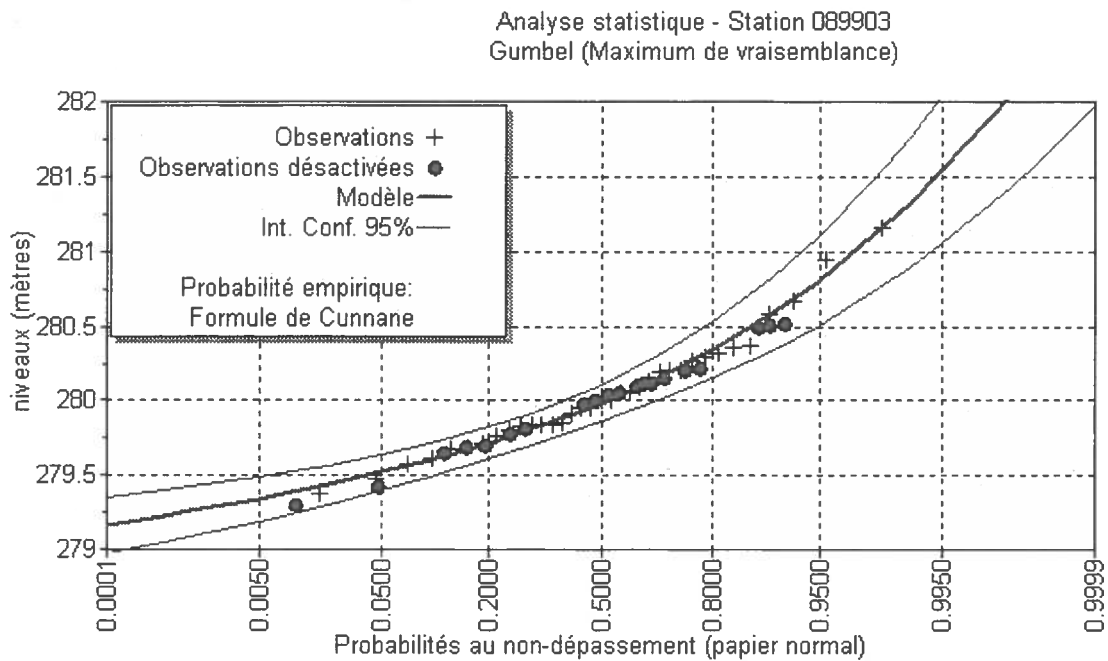
Conclusion

Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5 %.

• Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon

	Carac. de la loi	Carac. de l'échantillon
Minimum	Aucun	279,38
Maximum	Aucun	281,16
Moyenne	280,05	280,05
Ecart-type	0,40594	0,38737
Médiane	279,99	280,00
Coefficient de variation (Cv)	0,0014495	0,0013832
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1,1395	0,92746
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2,4000	3,6577

• Graphique de l'ajustement



2.3 Loi d'ajustement Pearson type III (Méthode des moments)

• Résultats de l'ajustement

Nombre d'observations : 35

Paramètres

alpha 5,566852
lambda 4,650220
m 279,211802

Quantiles

$p = F(X)$ (probabilité de non-dépassement)

$T = 1/(1-p)$

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95 %)	
10000,0	0,9999	282,29	0,81990	280,68	283,90
2000,0	0,9995	281,92	0,63799	280,67	283,17
1000,0	0,9990	281,76	0,56165	280,66	282,86
200,0	0,9950	281,37	0,39097	280,61	282,14
100,0	0,9900	281,20	0,32140	280,57	281,83
50,0	0,9800	281,02	0,25539	280,52	281,52
20,0	0,9500	280,77	0,17653	280,42	281,12
10,0	0,9000	280,57	0,12762	280,32	280,82
5,0	0,8000	280,34	0,094762	280,16	280,53
2,0	0,5000	279,99	0,076205	279,84	280,14
1,4286	0,3000	279,81	0,064122	279,68	279,94
1,2500	0,2000	279,72	0,056472	279,61	279,83
1,1111	0,1000	279,60	0,060222	279,49	279,72
1,0526	0,0500	279,53	0,083547	279,36	279,69
1,0204	0,0200	279,45	0,12340	N/D	N/D
1,0101	0,0100	279,41	0,15354	N/D	N/D
1,0050	0,0050	279,38	0,18208	N/D	N/D
1,0010	0,0010	279,32	0,24110	N/D	N/D

• Test d'adéquation

Analyse statistique - Station 089903

Test d'adéquation

Hypothèses

H0 : L'échantillon provient d'une loi Pearson type III.

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Pearson type III.

Résultats

Résultat de la statistique : $\chi^2 = 1,34$

p-value : $p = 0,8541$

Degrés de liberté : 4

Nombre de classes : 8

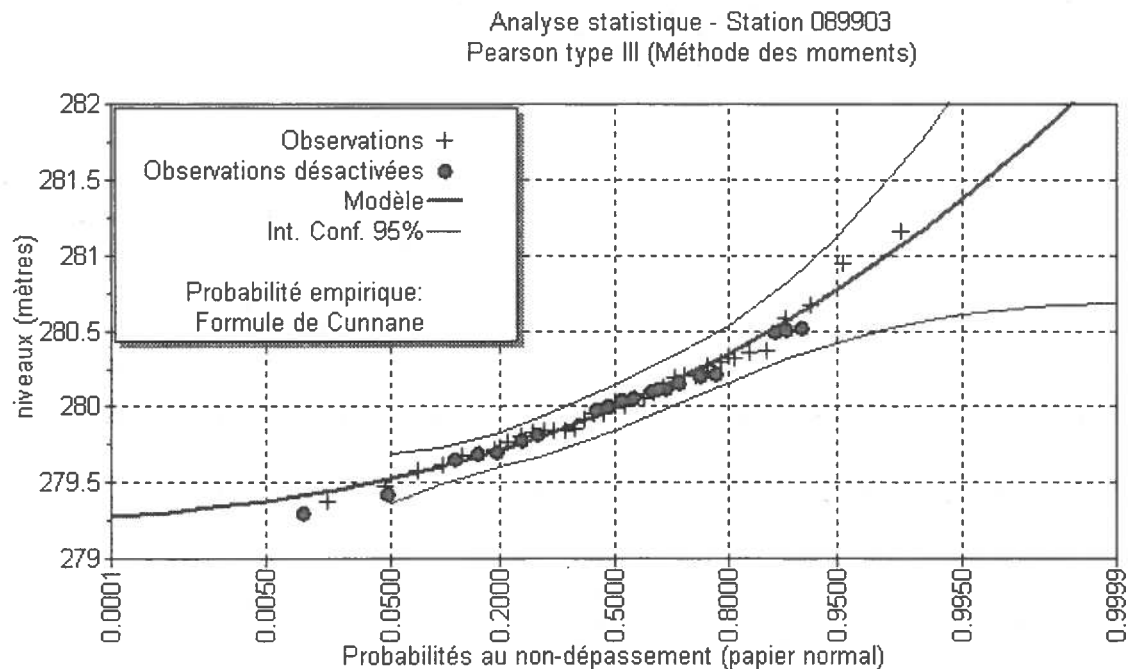
Conclusion

Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5 %.

• Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon

	Carac. de la loi	Carac. de l'échantillon
Minimum	279,21	279,38
Maximum	Aucun	281,16
Moyenne	280,05	280,05
Ecart-type	0,38737	0,38737
Médiane	279,99	280,00
Coefficient de variation (Cv)	0,0013832	0,0013832
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0,92746	0,92746
Coefficient d'aplatissement (Ck)	4,2903	3,6577

• Graphique de l'ajustement



2.4 Loi d'ajustement Log Pearson type III (WRC)

• Résultats de l'ajustement

Nombre d'observations : 35

Paramètres

alpha 3609,207420
lambda 4,695278
m 2,445930

Quantiles

q = F(X) (probabilité de non-dépassement)

T = 1/(1-p)

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95 %)	
10000,0	0,9999	282,29	0,82301	280,68	283,91
2000,0	0,9995	281,93	0,63968	280,67	283,18
1000,0	0,9990	281,76	0,56287	280,66	282,87
200,0	0,9950	281,37	0,39140	280,61	282,14
100,0	0,9900	281,20	0,32163	280,57	281,83
50,0	0,9800	281,02	0,25549	280,52	281,52
20,0	0,9500	280,77	0,17654	280,42	281,12
10,0	0,9000	280,57	0,12761	280,32	280,82
5,0	0,8000	280,34	0,094717	280,16	280,53
2,0	0,5000	279,99	0,076087	279,84	280,14
1,4286	0,3000	279,81	0,064074	279,68	279,94
1,2500	0,2000	279,72	0,056480	279,61	279,83
1,1111	0,1000	279,60	0,060142	279,49	279,72
1,0526	0,0500	279,53	0,083245	279,36	279,69
1,0204	0,0200	279,45	0,12284	N/D	N/D
1,0101	0,0100	279,41	0,15284	N/D	N/D
1,0050	0,0050	279,38	0,18127	N/D	N/D
1,0010	0,0010	279,32	0,24014	N/D	N/D
1,0005	0,0005	279,31	0,26261	N/D	N/D
1,0001	0,0001	279,27	0,30915	N/D	N/D

• Test d'adéquation

Hypothèses

H0 : L'échantillon provient d'une loi Log-Pearson type III.

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Log-Pearson type III.

Résultats

Résultat de la statistique : $\chi^2 = 1,34$

p-value : $p = 0,8541$

Degrés de liberté : 4

Nombre de classes : 8

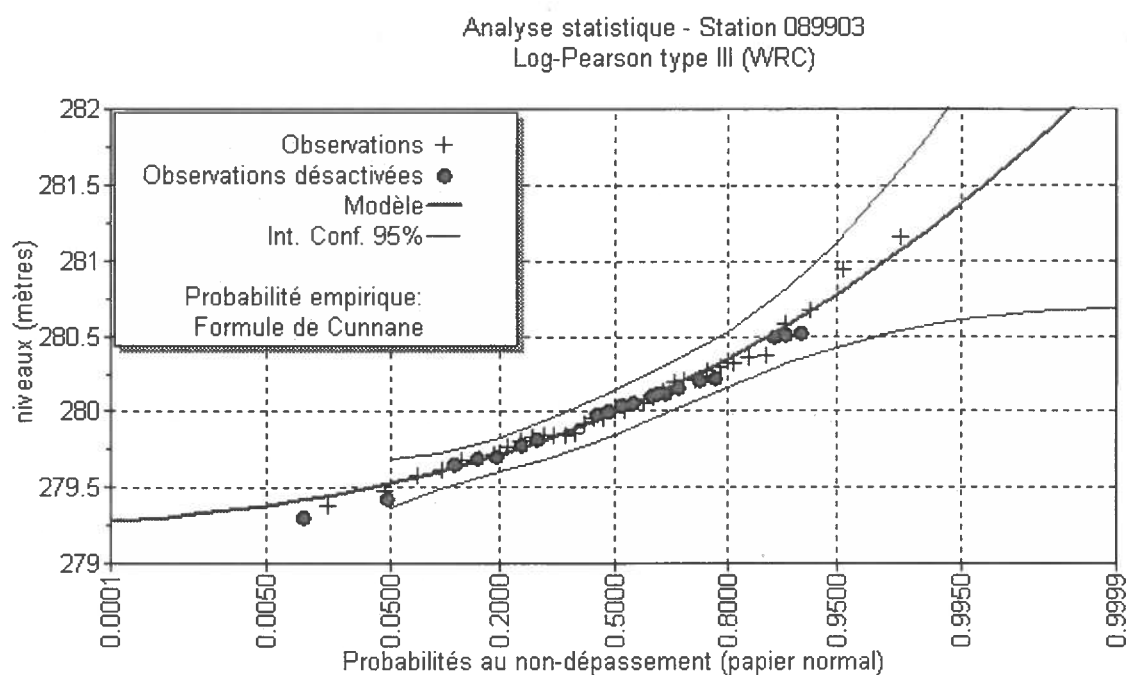
Conclusion

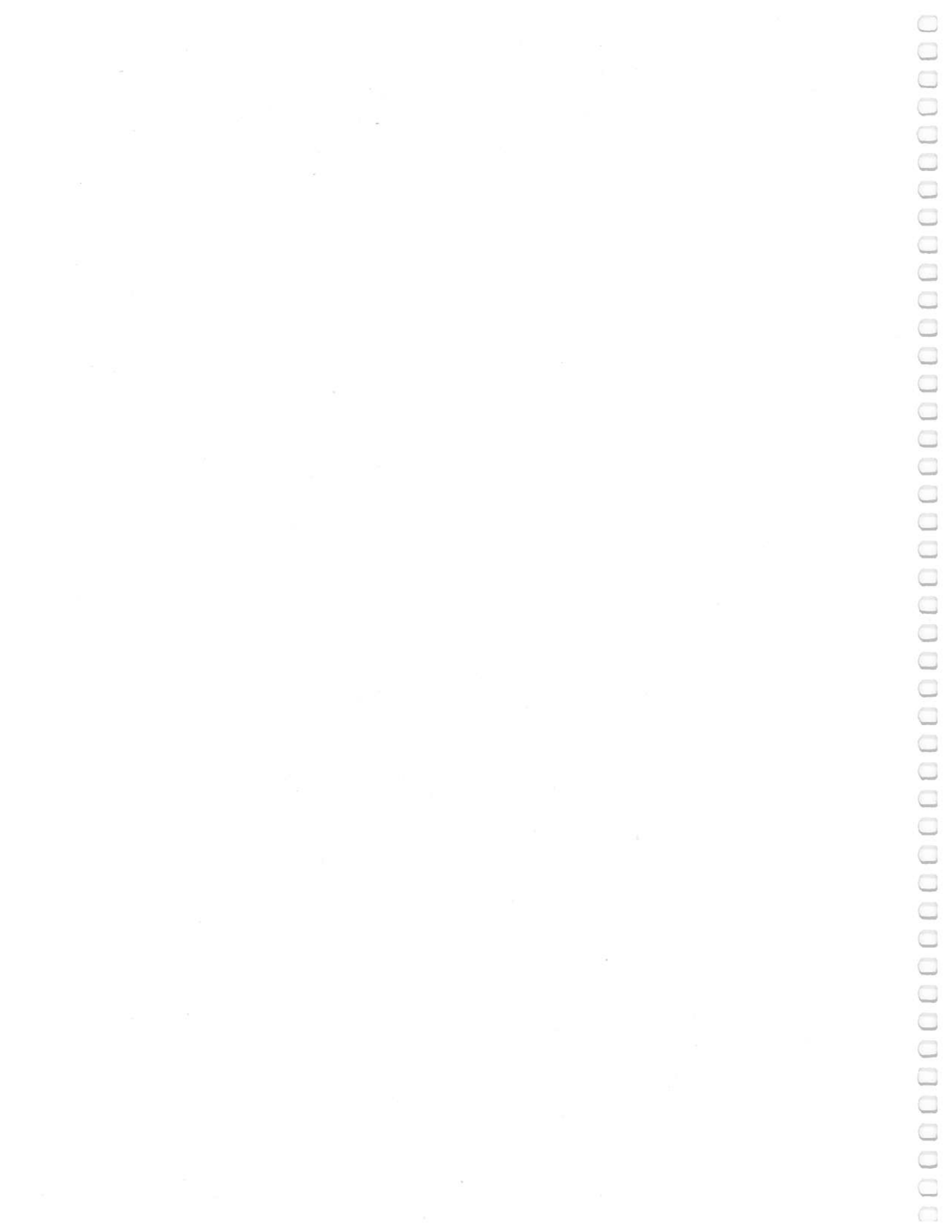
Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5 %.

• Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon

	Carac. de la loi	Carac. de l'échantillon
Minimum	279,21	279,38
Maximum	Aucun	281,16
Moyenne	280,05	280,05
Ecart-type	0,38739	0,38737
Médiane	279,99	280,00
Coefficient de variation (Cv)	0,0013833	0,0013832
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0,92803	0,92746
Coefficient d'aplatissement (Ck)	4,2963	3,6577

• Graphique de l'ajustement





2.5 Comparaison graphique des lois d'ajustement considérées

