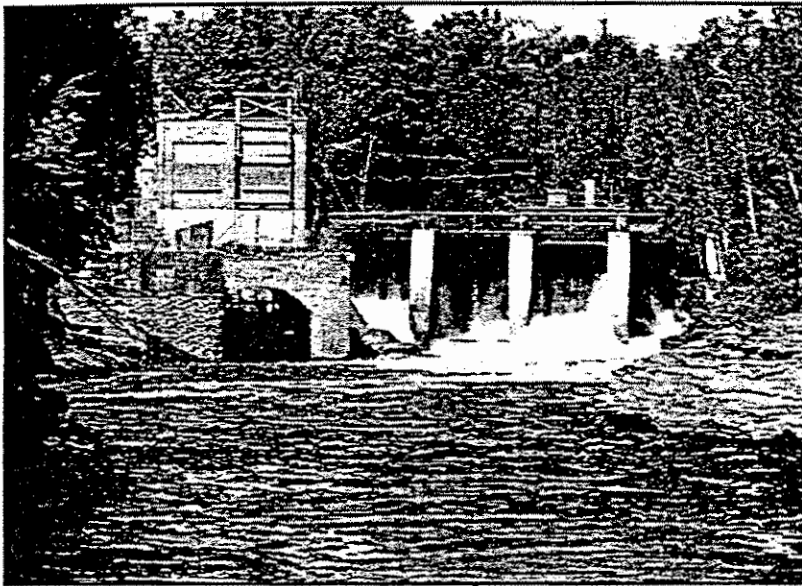



**MÉTHODE ÉCOHYDROLOGIQUE**  
**DE DÉTERMINATION DES DÉBITS RÉSERVÉS**  
**POUR LA PROTECTION DES HABITATS DU POISSON**  
**DANS LES RIVIÈRES DU QUÉBEC**





MÉTHODE ÉCOHYDROLOGIQUE  
DE DÉTERMINATION DES DÉBITS RÉSERVÉS  
POUR LA PROTECTION DES HABITATS DU POISSON  
DANS LES RIVIÈRES DU QUÉBEC

*Rapport présenté par*

l'INRS-Eau\*  
*et le*  
Groupe-conseil Génivar inc.

*au*

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec  
*et à*  
Pêches et Océans Canada

MARS 1997

\* Rapport scientifique n° R494

---

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

### *Ministère de l'Environnement et de la Faune*

Responsable de recherche	:	Pierre Bérubé
Ingénieur-hydrologue	:	Van Diem Hoang
Biologistes	:	Nathalie Bourbonnais Stan Georges Jacques R. Perron Jean-Guy Jacques Marie-Claude Morin Yves Grégoire
Réviseur scientifique	:	Roger Poulin
Technicien	:	Roger Couture

### *Pêches et Océans Canada*

Coordonnateur	:	François Boulanger
Délégué scientifique	:	Alain Bourgeois
Réviseur scientifique	:	Daniel Caissie

### *INRS-Eau*

Directeur de projet	:	Michel Leclerc
Biologiste	:	Dany Bussièrès

### *Groupe-conseil Génivar inc.*

Chargé de projet	:	Louis Belzile
Collaborateur	:	André Boudreault
Hydrologue	:	Gilles Bourgeois
Biologistes	:	Sylvie Asselin Marcel Proulx
Cartographes	:	Johanne Boulanger Francis Rondeau Anne Boissonneault

---

### *Référence à citer :*

BELZILE, L., BÉRUBÉ, P., HOANG, V.D. et M. LECLERC. 1997. Méthode écohydrologique de détermination des débits réservés pour la protection des habitats du poisson dans les rivières du Québec. Rapport présenté par l'INRS-Eau et le Groupe-conseil Génivar inc. au ministère de l'Environnement et de la Faune et à Pêches et Océans Canada. 83 p. + 8 annexes

---

## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
ÉQUIPE DE RÉALISATION .....	i
TABLE DES MATIÈRES .....	ii
LISTE DES TABLEAUX .....	iv
LISTE DES FIGURES .....	v
LISTE DES ANNEXES .....	v
1. INTRODUCTION .....	1
1.1 Problématique .....	1
1.2 Objectifs .....	2
1.3 Portée et limites de l'étude .....	3
2. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE .....	5
2.1 Volet écologique: choix des objectifs de protection .....	5
2.2 Volet hydrologique: sélection de méthodes de détermination des débits réservés .....	7
2.3 Volet géographique: régionalisation écohydrologique et analyse des débits réservés par région .....	7
3. CHOIX DES OBJECTIFS DE PROTECTION .....	9
3.1 Méthode de sondage .....	9
3.2 Identification des espèces cibles .....	10
3.3 Détermination des phases critiques .....	10
3.4 Régionalisation des objectifs de protection .....	13
4. CHOIX DE MÉTHODES .....	20
4.1 Revue des méthodes .....	20
4.1.1 Recherche documentaire .....	20
4.1.2 Aperçu général des méthodes existantes .....	21
4.1.2.1 Méthodes hydrologiques .....	22
4.1.2.2 Méthodes hydrauliques .....	23
4.1.2.3 Méthodes d'habitat préférentiel .....	23
4.1.3 Description sommaire des méthodes hydrologiques .....	24
4.1.3.1 Méthode du Montana .....	25
4.1.3.2 Méthode de l'Arkansas .....	28
4.1.3.3 Méthode de l'Utah .....	29
4.1.3.4 NEFM (New England Flow Method) .....	30
4.1.3.5 Méthode du NGPRP (Northern Great Plains Resource Program) .....	31
4.1.3.6 Méthode de Hoppe .....	31
4.1.3.7 La méthode «0,25 QMA» .....	32
4.1.3.8 Le «7 Q 10» .....	32
4.1.3.9 Le «7 Q 2» .....	33
4.1.3.10 Méthodes européennes .....	33

---

**TABLE DES MATIÈRES (suite)**

	<i>Page</i>
4.2 Comparaison et sélection de quelques méthodes hydrologiques.....	34
4.2.1 Démarche suivie .....	34
4.2.1.1 Présélection de méthodes de détermination de débits réservés .....	35
4.2.1.2 Choix des rivières témoins .....	38
4.2.1.3 Critères de sélection .....	38
4.2.2 Comparaison et choix des débits réservés .....	42
5. RÉGIONALISATION ÉCOHYDROLOGIQUE ET DÉTERMINATION DES DÉBITS RÉSERVÉS.....	52
5.1 Méthodes .....	52
5.1.1 Démarche suivie .....	52
5.1.2 Régionalisation hydrologique .....	53
5.1.3 Analyse régionale des débits réservés .....	55
5.2 Régionalisation hydrologique.....	56
5.3 Délimitation des régions écohydrologiques .....	56
5.4 Analyse régionale des débits réservés.....	59
5.4.1 Estimation du débit réservé à une station hydrométrique .....	67
5.4.2 Estimation du débit réservé en amont ou en aval d'une station hydrométrique.....	68
5.4.3 Estimation du débit réservé sur un cours d'eau non jaugé.....	68
6. EXEMPLES D'APPLICATION DE LA MÉTHODE .....	70
6.1 Estimation du débit réservé à une station jaugée.....	70
6.2 Estimation du débit réservé en amont ou en aval d'une station hydrométrique .....	72
6.3 Estimation du débit réservé sur une rivière non jaugée .....	72
7. SOMMAIRE ET CONCLUSION.....	74
8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	77

ANNEXES

---

## LISTE DES TABLEAUX

	<i>Page</i>
TABLEAU 1. Choix des rivières témoins et des espèces cibles effectué par les directions régionales du ministère de l'Environnement et de la Faune.....	11
TABLEAU 2. Régionalisation des espèces cibles et des phases critiques selon les objectifs de protection du MEF.....	16
TABLEAU 3. Régime de débit recommandé selon la méthode de Tennant (1976).....	27
TABLEAU 4. Identification des méthodes hydrologiques de détermination des débits réservés présélectionnées pour des fins de comparaison.....	37
TABLEAU 5. Liste des rivières témoins utilisées pour la comparaison et la sélection des débits réservés.....	39
TABLEAU 6. Comparaison du «0,25 QMA» avec les débits mensuels minimums et moyens des mois de décembre à avril.....	45
TABLEAU 7. Identification du débit réservé en fonction des phases critiques du cycle vital des espèces cibles dans chaque région écologique.....	48
TABLEAU 8. Formules régionales pour la détermination du «0,5 QMA».....	60
TABLEAU 9. Formules régionales pour la détermination du «0,3 QMA».....	61
TABLEAU 10. Formules régionales pour la détermination du «0,25 QMA».....	62
TABLEAU 11. Formules régionales pour la détermination du «0,5 QMP».....	63
TABLEAU 12. Formules régionales pour la détermination du «Q50 août».....	64
TABLEAU 13. Formules régionales pour la détermination du «Q50 septembre».....	65

---

## *LISTE DES FIGURES*

	<i>Page</i>
FIGURE 1.	Démarche suivie pour déterminer les débits réservés nécessaires à la protection des habitats du poisson dans les rivières du Québec.....6
FIGURE 2.	Régionalisation des objectifs de protection de la faune ichthyologique dans le Québec méridional..... 14
FIGURE 3.	Schéma représentant le principe des méthodes hydrologiques de détermination des débits réservés.....26
FIGURE 4.	Régions hydrologiques homogènes dans le Québec méridional .....57
FIGURE 5.	Régions écohydrologiques dans le Québec méridional .....58

## *LISTE DES ANNEXES*

ANNEXE 1.	Questionnaire d'enquête soumis aux directions régionales du MEF
ANNEXE 2.	Chronologie du cycle vital des espèces cibles établie selon les résultats du sondage mené auprès des directions régionales du MEF
ANNEXE 3.	Débits réservés calculés selon diverses méthodes hydrologiques dans 43 rivières témoins du Québec, pour diverses périodes biologiques critiques
ANNEXE 4.	Probabilités au dépassement de différents débits réservés dans 43 rivières témoins du Québec, pour diverses périodes biologiques critiques
ANNEXE 5.	Liste des stations hydrométriques utilisées pour la régionalisation hydrologique
ANNEXE 6.	Caractéristiques physiques et climatiques des bassins versants
ANNEXE 7.	Détermination des caractéristiques physiques et climatiques des bassins versants
ANNEXE 8.	Répartition des stations hydrométriques selon les régions hydrologiques

---

# 1. INTRODUCTION

---

## 1.1 Problématique

Dans la plupart des pays du monde, l'eau est une richesse de plus en plus prisée et les sources de conflit entre les besoins des divers utilisateurs et la protection de la faune aquatique se multiplient. Le Québec, quoique particulièrement bien doté en ressources hydriques, n'échappe pas à la règle. En effet, l'un des principaux défis que les gestionnaires de la province doivent relever consiste, entre autres, à concilier l'exploitation hydroélectrique des cours d'eau et la conservation des habitats du poisson. Cette problématique est d'autant plus préoccupante que le gouvernement du Québec a décidé d'accorder une place plus grande à la production privée d'électricité dans la nouvelle politique énergétique qu'il a annoncée en novembre 1996.

Il est bien connu que la présence d'ouvrages de contrôle ou de barrages hydroélectriques entraîne, à des degrés divers, des modifications des conditions physiques des cours d'eau, qui, à leur tour, occasionnent bien souvent des impacts sur les écosystèmes aquatiques (entre autres Fraser, 1972; Hagen et Roberts, 1973; Ruggles et Watt, 1975; Hamilton et Buell, 1976; Holden, 1979; Stanford et Ward, 1979, Loar et Sale, 1981; Sale, 1985; Burt et Mundie, 1986). Plus précisément, Beudelin et Bérubé (1994) mentionnent que la substitution d'un débit artificiel à un débit naturel ainsi que la dérivation et l'assèchement de tronçons de cours d'eau peuvent s'accompagner de répercussions sur le milieu aquatique, comme la perte d'habitats à poisson, une grande fluctuation des débits, une diminution de la surface mouillée et de la vitesse du courant, une augmentation de l'amplitude des variations de la température et de l'oxygène dissous et une concentration de la pollution. Outre les pertes et les perturbations d'habitats, ces modifications peuvent entraîner une altération fonctionnelle de l'écosystème aquatique, un appauvrissement des stocks halieutiques et un changement dans la dynamique des communautés piscicoles.

À cet égard, plusieurs pays européens et états américains ont adopté, pour des fins biologiques, des politiques de débit minimum, appelées aussi débits réservés (*Instream flow need*), en aval des ouvrages de dérivation et de contrôle en rivière (MacDonnell et



---

*al.* 1989; Reiser *et al.* 1989; Freire Formiga, 1992). Ces politiques ont été à l'origine du développement, depuis les trente dernières années, de nombreuses techniques et méthodes de détermination des débits réservés, en particulier dans l'ouest américain (Stalnaker et Arnette, 1976; Lamb, 1989).

Il est parfois difficile pour les aménagistes et les gestionnaires de la faune de choisir, parmi le lot disponible, une méthode de moindre coût qui puisse néanmoins répondre à leurs besoins spécifiques tout en demeurant rigoureuse sur le plan scientifique. De plus, le fait qu'il n'existe pas au Québec de règlement ou de guide de calcul de débits réservés pour protéger l'habitat du poisson, vient compliquer l'analyse de plusieurs projets en milieu hydrique. On ignore également jusqu'à quel point les méthodes développées à l'étranger sont transposables aux cours d'eau québécois, compte tenu de leurs caractéristiques géomorphologiques, hydrologiques et écologiques.

C'est dans l'optique de combler cette lacune que la présente étude a été entreprise. Pour ce faire, il importe d'abord de revoir les méthodes existantes en tenant compte du contexte québécois, puis de proposer une approche à la fois simple d'application, fiable, peu onéreuse et, si possible, uniformisée qui permet de déterminer des débits réservés pour assurer la protection des habitats du poisson dans les rivières du Québec. Il est également souhaitable que cette approche, tout en étant fondée sur des critères écologiques et hydrogéomorphologiques propres aux cours d'eau du Québec, soit exportable dans les autres régions du Canada.

## 1.2 Objectifs

L'objectif de cette étude est d'élaborer et d'appliquer une méthode écohydrologique répondant aux exigences ci-haut mentionnées et permettant de déterminer des débits réservés pour la faune ichtyologique dans les rivières du Québec. Cette méthode est dite "écohydrologique" parce que, d'une part, elle tient compte des diverses espèces de poissons habitant les rivières du Québec et des particularités de leur cycle vital. D'autre part, elle s'appuie sur une analyse statistique des débits enregistrés sur les cours d'eau québécois et ne requiert pas, de ce fait, de relevés sur le terrain, ce qui la rend facile d'application.

---

Plus spécifiquement, les objectifs de l'étude sont de :

- identifier les objectifs de protection de la faune ichtyologique dans les diverses régions du Québec méridional (c'est-à-dire la portion de territoire située grossièrement au sud du 52<sup>e</sup> parallèle);
- faire une revue de la documentation scientifique au sujet des méthodes de détermination des débits réservés, l'emphase étant mise sur les méthodes de type hydrologique;
- sélectionner les méthodes les plus transposables au Québec;
- régionaliser ces méthodes afin de pouvoir déterminer les débits réservés sur toutes les rivières du Québec méridional, qu'elles soient jaugées ou non.

### 1.3 Portée et limites de l'étude

Plusieurs raisons peuvent motiver le recours à des débits réservés. Outre des justifications strictement écologiques ou environnementales, des débits réservés sont parfois nécessaires à des fins récréatives (pêche, baignade, etc.), esthétiques ou de navigation (Estes et Orsborn, 1986). Par exemple, on voudra laisser un certain débit dans une chute qui a toujours présenté un attrait touristique ou encore dans un tronçon fluvial fortement utilisé par des canotiers ou des plaisanciers. Toutefois, dans la présente étude, la problématique des débits réservés n'est envisagée que pour des fins de protection de l'habitat du poisson. Les autres aspects ne seront pas abordés, ce qui ne signifie pas pour autant qu'ils soient moins importants.

Par ailleurs, la démarche méthodologique proposée dans ce document n'a pas été élaborée avec la prétention, ni l'intention, de servir de norme rigide et incontournable. En effet, chaque projet d'aménagement possède ses propres particularités et revêt, par conséquent, un caractère d'unicité.

Ce document se veut d'abord et avant tout un guide pour les analystes qui ne disposent pas d'outils pour déterminer les débits nécessaires pour assurer en permanence la libre circulation des poissons et la survie de ces derniers. Les débits qu'on y recommande sont conservateurs et jouent le rôle de garde-fou, c'est-à-dire qu'ils tiennent compte

---

d'une marge de sécurité appréciable afin de garantir la sauvegarde des habitats du poisson. Dans les cas litigieux, il incombera au promoteur de démontrer, à l'aide d'outils plus performants (comme la technique du périmètre mouillé ou mieux, la modélisation d'habitat du type IFIM), que les débits suggérés dans ce rapport peuvent être abaissés de façon à concilier plus convenablement la protection des habitats du poisson et l'utilisation polyvalente du cours d'eau à des fins énergétiques ou autres.

---

## **2. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE**

---

La démarche suivie au cours de la présente étude est illustrée à la figure 1 et s'inspire en partie de celle développée par Caissie et El-Jabi (1995) pour l'établissement de débits réservés dans les rivières des provinces maritimes. Elle consiste essentiellement à comparer et à régionaliser diverses techniques de détermination des débits réservés de type hydrologique. Toutefois, à la différence de Caissie et El-Jabi (1995), la régionalisation effectuée dans la présente étude tient compte, en plus d'intrants de nature hydrologique et géographique, de certains aspects écologiques liés aux particularités des espèces de poissons que l'on souhaite protéger.

Comme le suggère la figure 1, la démarche comporte trois principaux volets correspondant aux aspects écologiques, hydrologiques et géographiques considérés dans l'analyse. Ces trois volets sont brièvement décrits ci-bas et chacun d'eux va faire l'objet d'un chapitre d'étude.

### **2.1 Volet écologique: choix des objectifs de protection**

Les aspects écologiques sont examinés afin de déterminer les objectifs de protection de la faune ichthyologique dans l'ensemble du Québec méridional. Bien que toutes les espèces de poissons doivent être protégées, certaines sont plus sensibles que d'autres et il est nécessaire de les identifier. Il faut également préciser à quels moments de l'année elles sont les plus vulnérables. Ce volet comprend les étapes suivantes:

- identifier les espèces cibles, c'est-à-dire les espèces méritant de recevoir une attention particulière, ainsi que leurs phases critiques au moyen d'une enquête menée auprès des directions régionales du ministère de l'Environnement et de la faune (MEF);
- régionaliser, au moyen d'un support cartographique approprié, les objectifs de protection en tenant compte de la distribution des espèces, des limites administratives des régions et celles des bassins versants;
- valider cette régionalisation auprès des gestionnaires de la faune.

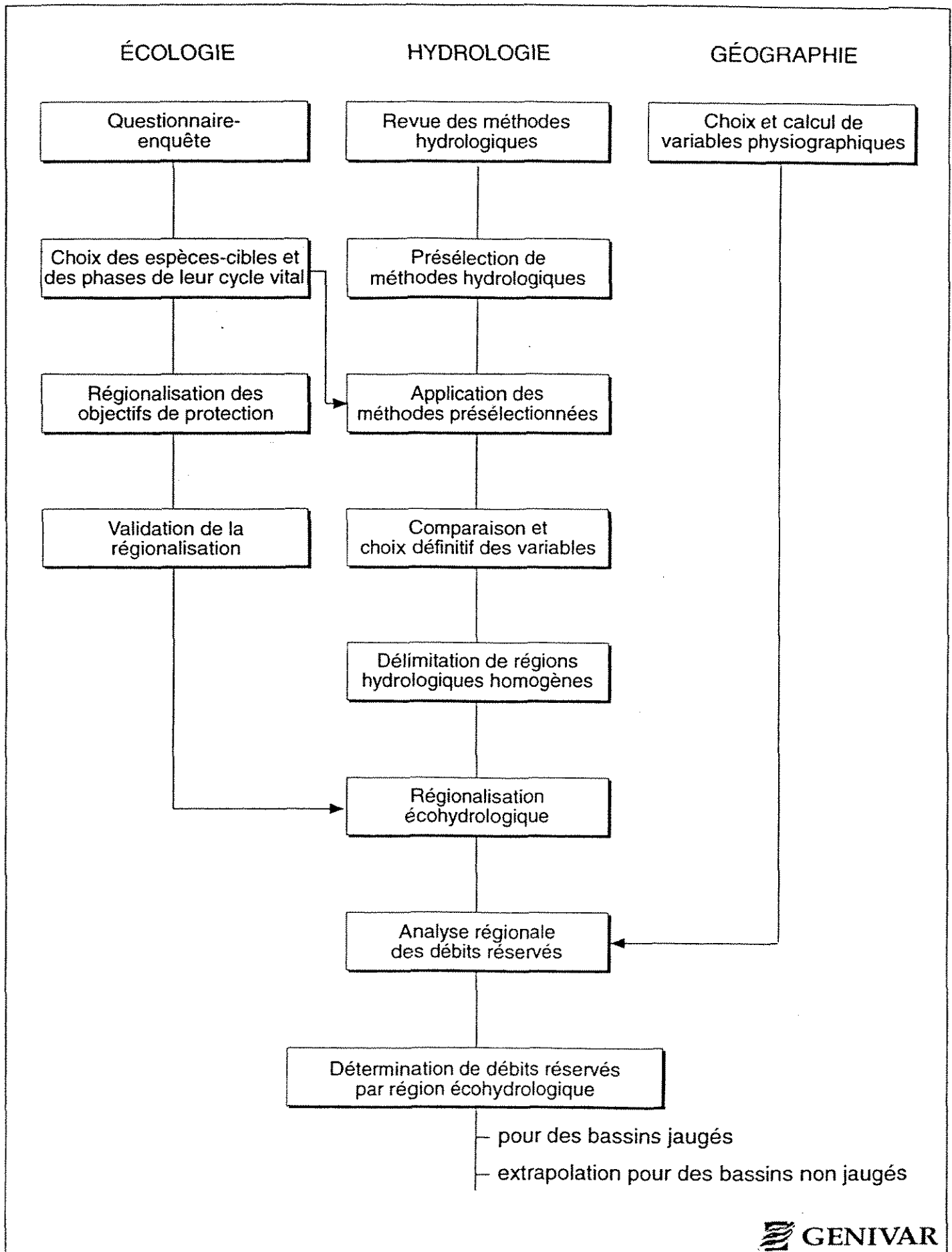


FIGURE 1. Démarche suivie pour déterminer les débits réservés nécessaires à la protection des habitats du poisson dans les rivières du Québec.

---

## **2.2 Volet hydrologique: sélection de méthodes de détermination des débits réservés**

L'objectif visé dans le cadre de ce volet est de sélectionner les méthodes ou les techniques les plus appropriées au contexte québécois et répondant aux attentes fixées au départ. Les principales étapes franchies pour y parvenir sont les suivantes:

- faire une revue de la documentation scientifique afin de répertorier et de décrire les méthodes de détermination des débits réservés de type hydrologique;
- présélectionner un certain nombre de méthodes, notamment les plus appropriées au contexte québécois;
- appliquer ces méthodes sur un certain nombre de rivières (dites rivières-témoins), en tenant compte de la chronologie du cycle vital des espèces cibles identifiées dans le volet précédent;
- comparer les résultats obtenus et choisir les méthodes les plus sécuritaires pour la protection des habitats du poisson, lesquelles seront régionalisées dans le cadre du prochain volet.

## **2.3 Volet géographique: régionalisation écohydrologique et analyse des débits réservés par région**

La régionalisation écohydrologique constitue le noeud de la présente démarche. Le but de cette opération est de produire des équations de régression pour chaque région écohydrologique, qui seront en quelque sorte des lois régionales d'extrapolation permettant de calculer les débits réservés pour des bassins non jaugés.

D'abord, une régionalisation hydrologique est effectuée dans l'ensemble du Québec méridional afin de délimiter les régions homogènes au strict plan hydrologique. Ensuite, il s'agit de coupler cette régionalisation hydrologique avec la régionalisation des objectifs de protection obtenue dans le premier volet (section 2.1) pour obtenir une régionalisation écohydrologique, qui regroupe les bassins versants présentant des similarités au plan hydrologique et au plan écologique (espèces cibles et périodes critiques).

---

Pour chaque région écohydrologique, on procède à une analyse de régression multiple mettant en jeu le débit réservé approprié (variable dépendante) et certaines caractéristiques physiques et climatiques des bassins versants (variables indépendantes), telles leur superficie, le pourcentage de lacs et marécages, les précipitations annuelles, la superficie de territoire boisé, la pente du cours d'eau principal, etc. Il en résulte une série d'équations mathématiques applicables, chacune, à une région écohydrologique et permettant de déterminer le débit réservé sur tous les cours d'eau du Québec.

---

### **3. CHOIX DES OBJECTIFS DE PROTECTION**

---

Il est entendu, dans le cadre de la présente étude, que l'approche préconisée pour déterminer les débits réservés vise à protéger l'ensemble de la faune ichthyologique des rivières du Québec méridional. Toutefois, certaines espèces requièrent plus d'attention que d'autres en raison du fait qu'elles soient rares ou menacées, qu'elles présentent incontestablement un intérêt sportif ou économique, ou encore qu'elles soient particulièrement sensibles à une modification des conditions naturelles d'écoulement à des moments bien précis de leur cycle vital.

Or, ces espèces ne sont pas nécessairement les mêmes d'une région à l'autre du Québec, puisque chaque région possède ses particularités au plan ichthyofaunique. En effet, des espèces de poissons abondent dans certains bassins mais sont absentes dans d'autres. Par ailleurs, il arrive que, pour une même espèce, la chronologie du cycle vital soit sensiblement différente d'un endroit à l'autre en raison des facteurs climatiques propres à chaque zone géographique.

Les diverses régions du Québec méridional peuvent donc avoir des objectifs de protection distincts et le présent chapitre a pour but de les définir. On y retrouve d'abord la description de la méthode utilisée pour atteindre les objectifs fixés, suivie de l'énumération, par région, des espèces cibles et de leurs phases critiques. Enfin, une régionalisation des objectifs de protection est présentée sous forme cartographique.

#### **3.1 Méthode de sondage**

Les espèces cibles et leurs phases critiques ont été déterminées essentiellement par le biais d'une enquête auprès des directions régionales du MEF, lesquelles sont sans conteste les organisations les plus compétentes pour identifier, au sein de chaque région administrative du Québec, les espèces devant faire l'objet d'une attention particulière.

Un questionnaire-enquête a été envoyé aux biologistes régionaux en février 1995, lequel demandait principalement d'énumérer les espèces devant faire l'objet d'une protection particulière et d'identifier les phases les plus critiques de leur cycle vital. Étaient également demandées des informations complémentaires concernant l'aire de distribution connue de chaque espèce cible ainsi que leurs préférences d'habitat.



---

De plus, les directions régionales du MEF ont été appelées à choisir quelques rivières témoins dans lesquelles se retrouvent une ou plusieurs espèces cibles. Cette information a été utilisée pour les fins de l'analyse hydrologique et de la sélection des débits réservés les plus appropriés dans les cours d'eau du Québec (voir section 4.2).

Un exemplaire du questionnaire-enquête est donné à l'annexe 1.

### **3.2 Identification des espèces cibles**

Toutes les directions régionales ont répondu au questionnaire-enquête et une synthèse des informations obtenues est livrée au tableau 1. Au total, 17 espèces cibles ont été identifiées dans les différentes régions du Québec à partir de critères biologiques et économiques, généralement uniformes mais laissés à la discrétion des répondants régionaux.

Les espèces les plus fréquemment mentionnées sont l'omble de fontaine, le saumon atlantique, le doré jaune et l'achigan à petite bouche, ce qui n'étonne pas puisqu'en plus de présenter une valeur socio-économique élevée, ces poissons sont répartis sur une bonne partie du territoire québécois. D'autres espèces, dont l'aire de répartition est plus restreinte, n'ont été nommées que par une seule région, comme, par exemple, la laquaiche aux yeux d'or dans le nord-ouest du Québec.

Il importe de rappeler que les espèces non mentionnées comme espèces cibles ne sont pas négligées. Elles sont bel et bien considérées dans la détermination des débits réservés, quoique de façon générale et non pas spécifique, comme dans le cas des espèces cibles.

### **3.3 Détermination des phases critiques**

En ce qui concerne les phases critiques des espèces cibles, les directions régionales ont fournis les informations qu'elles ont acquises au fil des années dans leurs territoires respectifs. Toutefois, ces connaissances étant fragmentaires, il a fallu combler les données manquantes par les informations générales disponibles dans la documentation scientifique, comme celle retrouvée dans Bergeron et Brousseau (1983), Scott et Crossman (1984) ainsi que Bernatchez et Giroux (1991).

TABLEAU 1. Choix des rivières témoins et des espèces cibles effectué par les directions régionales du ministère de l'Environnement et de la Faune.

DIRECTIONS RÉGIONALES		ESPÈCES		RIVIÈRES		
N°	Nom			Nom	Régime hydrologique <sup>1</sup>	
1.	Bas-Saint-Laurent et Gaspésie	1.	Saumon atlantique	1.	Saint-Jean	N
		2.	Omble de fontaine	2.	Trois-Pistoles	N
		3.	Anguille d'Amérique	3.	Rimouski	N
		4.	Éperlan arc-en-ciel	4.	Cap-Chat	N
				5.	Petite Cascapédia	N
				6.	Bonaventure	N
2.	Saguenay/Lac-Saint-Jean	1.	Saumon atlantique	1.	Métabetchouane	N
		2.	Ouananiche	2.	Ashuapmushuan	N
		3.	Omble de fontaine	3.	Mistassini	N
				4.	Aux Saumons	N
				5.	Pikauba	N
				6.	Saint-Jean	Rp
				7.	Sainte-Marguerite	N
3.	Québec/Chaudière/ Appalaches	1.	Saumon atlantique	1.	du Gouffre	N
		2.	Omble de fontaine	2.	Petit Saguenay	N
		3.	Truite arc-en-ciel	3.	Malbaie	F, N
		4.	Éperlan arc-en-ciel	4.	Chaudière	Rp
		5.	Anguille d'Amérique			
		6.	Achigan à petite bouche			
4.	Mauricie/Bois-Francs	1.	Doré jaune	1.	Batiscan	F, N
		2.	Omble de fontaine			
		3.	Achigan à petite bouche			
		4.	Ouananiche			
		5.	Esturgeon jaune			
		6.	Éperlan arc-en-ciel			
		7.	Grand corégone			
		8.	Grand brochet			
		9.	Anguille d'Amérique			
5.	Estrie	1.	Doré jaune	1.	Saint-François	R
		2.	Brochet maillé	2.	Chaudière	Rp
		3.	Grand brochet	3.	au Saumon	N
		4.	Omble de fontaine	4.	Bullard	N
		5.	Truite brune			
		6.	Perchaude			

<sup>1</sup> N = régime naturel

F = présence d'un ou de plusieurs barrages au fil de l'eau

Rp = régularisation partielle (présence d'un ou de plusieurs ouvrages régulateurs)

R = régularisation forte (présence d'une ou de plusieurs centrales hydroélectriques)

TABLEAU 1 (*suite et fin*) Choix des rivières témoins et des espèces cibles effectué par les directions régionales du ministère de l'Environnement et de la Faune.

DIRECTIONS RÉGIONALES		ESPÈCES		RIVIÈRES			
N°	Nom			Nom	Régime hydrologique <sup>1</sup>		
6.	Montréal (Laurentides et Lanaudière)	1.	Doré jaune	1.	Assomption	Rp	
		2.	Esturgeon jaune	2.	Ouareau	R	
		3.	Truite brune	3.	Du Nord	R	
		4.	Achigan à petite bouche	4.	Du Lièvre	R	
		5.	Grand brochet	5.	Gatineau	R	
		6.	Omble de fontaine	6.	Mitchinamécus	R	
		7.	Ouananiche	7.	Kiamika	R	
	(Montréal)	1.	Doré jaune	1.	Yamaska	R	
		2.	Achigan à petite bouche				
	7.	Outaouais	1.	Esturgeon jaune	1.	Picanoc	N
			2.	Doré jaune	2.	Désert	N
			3.	Grand brochet	3.	Dumoine	N
			4.	Achigan à petite bouche	4.	Suffolk	N
			5.	Meunier noir			
8.	Abitibi/Témiscamingue	1.	Doré jaune	1.	Kinojévis	N	
		2.	Esturgeon jaune	2.	Maganasipi	N	
		3.	Laquaiche aux yeux d'or	3.	Harricana	N	
		4.	Omble de fontaine	4.	Dumoine	N	
				5.	Turgeon	N	
9.	Côte-Nord	1.	Saumon atlantique	1.	Escoumins	N	
		2.	Omble de fontaine	2.	Moisie	N	
		3.	Éperlan arc-en-ciel	3.	Portneuf	N	
		4.	Anguille d'Amérique	4.	Romaine	N	
				5.	Godbout	N	

<sup>1</sup> N = régime naturel

F = présence d'un ou de plusieurs barrages au fil de l'eau

Rp = régularisation partielle (présence d'un ou de plusieurs ouvrages régulateurs)

R = régularisation forte (présence d'une ou de plusieurs centrales hydroélectriques)

---

On retrouvera à l'annexe 2 la chronologie du cycle vital des espèces cibles dans les diverses régions du Québec, comme il a été possible de l'établir à partir de toute l'information recueillie. Les renseignements provenant des directions régionales ont été distingués de ceux issus de la documentation scientifique en général.

### **3.4 Régionalisation des objectifs de protection**

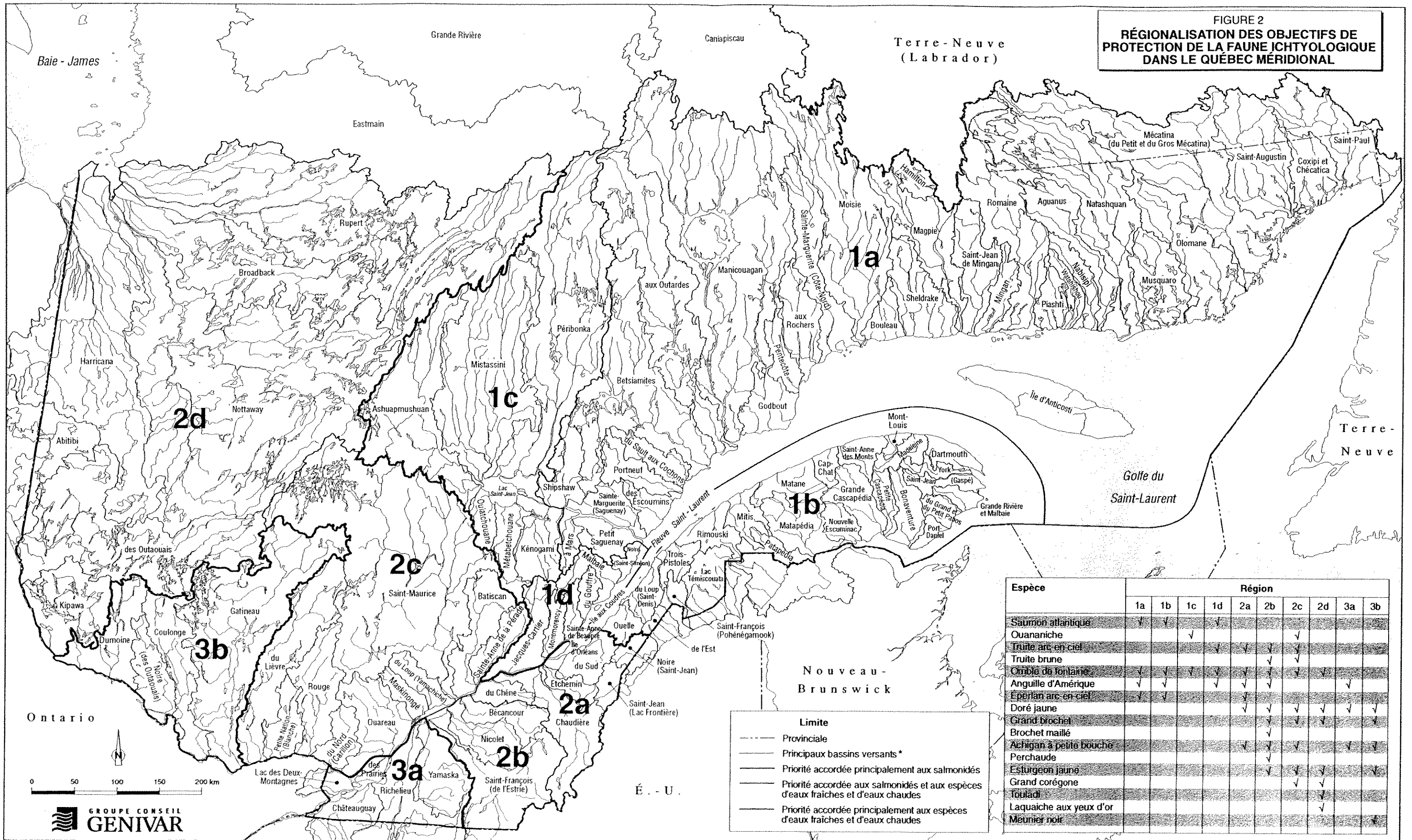
Cette opération a consisté essentiellement à regrouper dans une même région les bassins versants colonisés par les mêmes espèces cibles et à reporter le résultat obtenu sur une carte à petite échelle du Québec (Figure 2). Il s'agit en fait d'une synthèse des informations reçues des directions régionales et de celles glanées dans la documentation scientifique (Tableau 1 et annexe 2). Cette carte synthèse a été validée par chacune des directions régionales du MEF.

Bien que chacune des régions illustrées à la figure 2 ait ses propres objectifs de protection, leurs limites ne correspondent pas nécessairement à celles des divisions administratives du Québec. De fait, ces limites ont été tracées en respectant le mieux possible les frontières administratives des régions, mais en respectant également l'aire de répartition des espèces ainsi que la ligne de partage des eaux entre les bassins versants. Il était nécessaire de tenir compte des bassins hydrographiques afin d'éviter qu'un bassin versant soit divisé entre deux régions ayant des objectifs de protection différents. En effet, l'aire de répartition des espèces n'a rien à voir avec les limites administratives du territoire. En revanche, elle peut, dans une certaine mesure, être influencée par son hydrographie, encore qu'il ne soit pas rare que des espèces de poisson se retrouvent dans une partie d'un bassin versant, mais pas dans d'autres.

La figure 2 montre que le Québec méridional peut être divisé en trois grandes portions, soit l'est, le centre et le sud-ouest du Québec. Dans l'est du Québec, qui englobe la Côte-Nord, le Saguenay-Lac-Saint-Jean, le Bas Saint-Laurent et la région de Québec-nord, la priorité est donnée aux poissons migrateurs, principalement l'omble de fontaine et le saumon atlantique, ainsi qu'à l'anguille d'Amérique et l'éperlan arc-en-ciel.

Le centre du Québec comprend les régions de la Mauricie, des Bois-Francs, de Chaudière-Appalaches, des Laurentides, de Lanaudière, de l'Abitibi-Témiscamingue,

**FIGURE 2**  
**RÉGIONALISATION DES OBJECTIFS DE PROTECTION DE LA FAUNE ICHTYOLOGIQUE DANS LE QUÉBEC MÉRIDIONAL**



\* Source: Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 1981.

---

de la Beauce ainsi que de Bellechasse. Dans ces territoires, la priorité est accordée tant aux salmonidés qu'à certaines espèces d'eaux fraîches et d'eaux chaudes (percidés, centrarchidés, ésofidés, etc.).

Enfin, dans le sud-ouest du Québec, qui ne comprend que les régions de l'Outaouais et de la Montérégie, la priorité va uniquement à certaines espèces d'eaux fraîches ou d'eaux chaudes.

Par ailleurs, le tableau 2 donne, pour chaque région du Québec identifiée à la figure 2, les dates correspondant aux différentes phases vitales des espèces cibles. Dans toutes les régions, on peut diviser l'année en deux, trois ou quatre grandes périodes biologiques à l'intérieur desquelles se déroulent les diverses étapes du cycle vital de toutes les espèces cibles. De façon très grossière, ces grandes périodes biologiques se superposent assez bien aux saisons, quoique les dates précises changent légèrement d'une région à l'autre. Ainsi, on distingue:

- le printemps et la première partie de l'été (soit d'avril à la fin de juillet), qui correspond à:
  - l'émergence des alevins de salmonidés,
  - la dévalaison des saumonneaux,
  - la reproduction et l'incubation des oeufs de l'éperlan, de la truite arc-en-ciel et de la plupart des espèces dites d'eaux fraîches et d'eaux chaudes (percidés, centrarchidés, ésofidés, etc.);
- l'été (de juin à septembre), qui correspond à:
  - l'alimentation chez toutes les espèces,
  - la montaison du saumon atlantique,
  - la migration de l'anguille d'Amérique;
- l'automne (de septembre à la fin de novembre), qui correspond à:
  - la reproduction des salmonidés;
- la fin de l'automne et toute la saison hivernale (d'octobre à mai), qui correspond à:
  - l'incubation des oeufs des salmonidés.

TABLEAU 2. Régionalisation des espèces cibles et des phases critiques selon les objectifs de protection du MEF.

RÉGIONS ÉCOLOGIQUES	ESPÈCES CIBLES	PHASES CRITIQUES	
		Date	Justification
1a. Côte-Nord et Saguenay	Saumon atlantique Omble de fontaine Éperlan arc-en-ciel Anguille d'Amérique	• 1 septembre au 31 octobre:	- Fraye des salmonidés
		• 15 octobre au 30 juin:	- Incubation des oeufs de salmonidés
		• 1 mai au 30 juin:	- Émergence des alevins de salmonidés - Dévalaison des saumonneaux - Fraye et incubation des oeufs de l'éperlan arc-en-ciel - Début de la montaison du saumon
		• 1 juin au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces) - Migration de l'anguille d'Amérique - Montaison du saumon atlantique
1b. Bas-Saint-Laurent Gaspésie	Saumon atlantique Omble de fontaine Anguille d'Amérique Éperlan arc-en-ciel	• 15 septembre au 31 octobre:	- Fraye des salmonidés - Migration catadrome de l'anguille d'Amérique
		• 15 octobre au 30 juin:	- Incubation des oeufs
		• 15 avril au 30 juin:	- Émergence des alevins - Dévalaison des saumonneaux - Début de la migration anadrome de l'anguille - Fraye, incubation et dévalaison de l'éperlan arc-en-ciel
		• 1 juin au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces) - Migration anadrome et début de la migration catadrome de l'anguille d'Amérique

TABLEAU 2 (suite). Régionalisation des espèces cibles et des phases critiques selon les objectifs de protection du MEF.

RÉGION ÉCOLOGIQUES	ESPÈCES CIBLES	PHASES CRITIQUES	
		Date	Justification
1c. Lac-Saint-Jean	Ouananiche Omble de fontaine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 septembre au 31 octobre:</li> <li>• 15 octobre au 30 juin:</li> <li>• 15 mai au 5 juillet:</li> <li>• 1 juin au 30 septembre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fraye des salmonidés</li> <li>- Incubation des oeufs</li> <li>- Émergence des alevins</li> <li>- Dévalaison des saumonneaux</li> <li>- Alimentation (toutes les espèces)</li> </ul>
1d. Québec-nord	Saumon atlantique Omble de fontaine Truite arc-en-ciel Anguille d'Amérique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 septembre au 15 novembre:</li> <li>• 15 octobre au 30 juin:</li> <li>• 15 avril au 30 juin:</li> <li>• 1 juin au 30 septembre:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fraye des salmonidés</li> <li>- Incubation des oeufs</li> <li>- Émergence des alevins</li> <li>- Dévalaison des saumonneaux</li> <li>- Fraye de la truite arc-en-ciel</li> <li>- Alimentation (toutes les espèces)</li> <li>- Migration de l'anguille d'Amérique</li> </ul>
2a. Québec-sud; Chaudière-Appalaches	Omble de fontaine Truite arc-en-ciel Éperlan arc-en-ciel Anguille d'Amérique Achigan à petite bouche Doré jaune	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 septembre au 15 novembre:</li> <li>• 1 novembre au 30 juin:</li> <li>• 15 avril au 15 juillet:</li> <li>• 1 juin au 30 septembre:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fraye de l'omble de fontaine</li> <li>- Incubation des oeufs d'omble de fontaine</li> <li>- Émergence des alevins</li> <li>- Fraye et incubation des oeufs de la truite arc-en-ciel, du doré jaune et de l'achigan à petite bouche</li> <li>- Alimentation (toutes les espèces)</li> <li>- Migration de l'anguille d'Amérique</li> </ul>



TABLEAU 2 (suite). Régionalisation des espèces cibles et des phases critiques selon les objectifs de protection du MEF.

RÉGION ÉCOLOGIQUES	ESPÈCES CIBLES	PHASES CRITIQUES	
		Date	Justification
2b. Estrie-Bois-Francs	Doré jaune	• 15 septembre au 31 octobre:	- Fraye des salmonidés
	Grand brochet		
	Brochet maillé	• 1 octobre au 30 avril:	- Incubation des oeufs des salmonidés
	Achigan à petite bouche		
	Ombles de fontaine	• 1 avril au 30 juin:	- Fraye et incubation des oeufs des ésofidés, des percidés et de l'achigan à petite bouche
	Truite brune		
	Truite arc-en-ciel		- Début de la migration de l'anguille d'Amérique
	Perchaude		
Anguille d'Amérique		• 1 mai au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces)
	Esturgeon jaune		- Migration de l'anguille
2c. Mauricie-Laurentides Lanaudière	Doré jaune	• 15 septembre au 30 novembre:	- Fraye des salmonidés
	Ombles de fontaine		
	Truite arc-en-ciel	• 15 octobre au 30 juin:	- Incubation des oeufs des salmonidés
	Grand corégone		
	Ouananiche	• 15 avril au 15 juin:	- Fraye et incubation des oeufs du doré jaune, du grand brochet et de l'esturgeon jaune
	Esturgeon jaune		
	Achigan à petite bouche		
	Grand brochet	• 1 juin au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces)
2d. Nord-Ouest	Doré jaune	• 1 septembre au 30 novembre:	- Fraye des salmonidés
	Esturgeon jaune		
	Laquaiche aux yeux d'or	• 15 octobre au 30 juin:	- Incubation des oeufs des salmonidés
	Ombles de fontaine		
	Touladi	• 15 avril au 15 juillet:	- Fraye et incubation des oeufs du doré jaune, de l'esturgeon jaune, de la laquaiche aux yeux d'or, du grand brochet et de l'achigan à petite bouche
	Grand corégone		
	Grand brochet	• 1 juin au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces)

TABLEAU 2 (suite). Régionalisation des espèces cibles et des phases critiques selon les objectifs de protection du MEF.

RÉGION ÉCOLOGIQUES	ESPÈCES CIBLES	PHASES CRITIQUES	
		Date	Justification
3a. Montérégie	Doré jaune	• 1 avril au 15 juillet:	- Fraye et incubation des oeufs du doré et de l'achigan
	Achigan à petite bouche Anguille d'Amérique	• 1 mai au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces) - Migration de l'anguille d'Amérique
3b. Outaouais	Esturgeon jaune	• 1 avril au 15 juillet:	- Fraye et incubation des oeufs de toutes les espèces
	Doré jaune Grand brochet Achigan à petite bouche Meunier noir	• 1 mai au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces)

---

## 4. CHOIX DE MÉTHODES

---

Ce chapitre est divisé en deux sections. La première fait une revue des différentes méthodes de détermination des débits réservés et apporte une description de certaines d'entre elles, soit les plus pertinentes à explorer pour la présente étude. La seconde porte sur le choix de certaines méthodes pour les fins de régionalisation.

### 4.1 Revue des méthodes

#### 4.1.1 Recherche documentaire

Les articles scientifiques, rapports techniques, comptes rendus de symposiums et autres types de documents portant directement ou indirectement sur les débits réservés se comptent par centaines. Les aspects traités sont nombreux: évaluation des besoins en débits réservés, développement de méthodes de détermination de débits réservés, validation, comparaison et critique de ces méthodes, élaboration de modèles d'habitat et de modèles hydrodynamiques, politique de gestion des débits réservés, aspects légaux et économiques, etc.

La recherche documentaire effectuée dans le cadre de la présente étude a été orientée vers deux objectifs bien précis, soit trouver des documents:

- faisant une synthèse ou une revue de l'ensemble des méthodes mises au point à ce jour;
- décrivant le fonctionnement des méthodes de types hydrologiques.

La recherche a d'abord commencé dans les bibliothèques de l'INRS-Eau et du Groupe conseil Génivar inc., qui sont pourvues d'une documentation considérable sur la problématique des débits réservés (méthodes de détermination, cas d'application, études d'impact, etc.), notamment en ce qui a trait aux documents produits avant 1990.

Toutefois, afin de mettre à jour cette documentation, une recherche signalétique informatisée couvrant la période de 1990 à 1995 a été effectuée à l'aide de cinq banques de références bibliographiques, à savoir:

- 
- *Aquatic Science and Fisheries Abstract*;
  - *Waterlit* ;
  - *Uncover*;
  - *Biosis*;
  - *Current contents*.

Ces bases de données informatisées contiennent la majeure partie de la documentation scientifique rattachée aux domaines de la gestion de l'eau, des pêcheries et de la biologie des organismes aquatiques en général. La recherche a été effectuée à partir d'un seul mot-clé, *Instream flow*, l'équivalent anglais de débit réservé, afin d'inventorier tous les documents récents touchant ce sujet.

Au total, la recherche documentaire a permis de retracer près d'une quarantaine de documents portant spécifiquement sur les sujets recherchés, la plupart ayant été publiés au cours des vingt-cinq dernières années.

#### 4.1.2 Aperçu général des méthodes existantes

Selon Filipek *et al.* (1987), il y aurait près d'une quarantaine de méthodes permettant de déterminer des débits réservés. La grande majorité d'entre elles ont été développées au cours des vingt-cinq dernières années dans l'ouest des États-Unis (Bietz *et al.*, 1985), une région plutôt sèche et aride où les conflits pour l'utilisation de l'eau sont fréquents. Plusieurs méthodes ne sont toutefois que des raffinements ou des modifications de quelques techniques de base, apportés pour tenir compte de particularités locales quant au climat, au régime hydrologique des cours d'eau et aux espèces de poissons présentes dans ces derniers.

Ces méthodes sont généralement regroupées en trois grandes catégories, soit les méthodes hydrologiques (*discharge methods*), les méthodes hydrauliques (*hydraulic rating methods*) et les méthodes d'habitat préférentiel (*habitat preference methods*). Les sections suivantes donnent une brève description de chacune, mais le lecteur intéressé trouvera de plus amples détails dans des revues effectuées par Loar et Sale (1981), Bietz *et al.* (1985), Estes et Orsborn (1986), Leonard *et al.* (1986) ainsi que par Ghanem (1995).

---

#### 4.1.2.1 Méthodes hydrologiques

Les méthodes hydrologiques sont celles dont l'application est la plus simple et la moins coûteuse. On les qualifie souvent de "méthode de bureau" car elles ne nécessitent pas de relevés sur le terrain, par opposition aux autres types de méthodes qui, elles, en requièrent (Wesche et Rechar, 1980). En effet, comme leur nom l'évoque, elles sont basées uniquement sur une analyse statistique des données hydrologiques enregistrées sur une certaine période d'observation (généralement 20 ans ou plus). De fait, les méthodes hydrologiques s'appuient sur un portrait historique des conditions d'écoulement d'une rivière pour établir un débit réservé.

La prémisses de base commune à toutes les méthodes hydrologiques est que l'écosystème aquatique d'une rivière est fonction du régime hydrologique qu'a connu ce cours d'eau dans le passé (Loar et Sale, 1981; Leonard *et al.* 1986). En effet, la dynamique physique du milieu influence constamment les communautés biologiques en place (Vannote *et al.*, 1980). Or, l'un des principaux facteurs réglant la dynamique d'une rivière est le débit. La gestion des débits résultant de l'utilisation de méthodes hydrologiques est donc orientée vers le maintien des conditions d'eau observées dans le passé.

Par conséquent, l'application de ces méthodes exige que l'on connaisse au préalable le débit moyen annuel du cours d'eau étudié ou la fréquence (probabilité) de dépassement des différentes valeurs de débits (c'est-à-dire la courbe des débits classés). Ainsi, les méthodes hydrologiques consistent essentiellement à fixer un débit réservé équivalent à une certaine fraction du débit moyen ou correspondant à une certaine fréquence de dépassement d'après la courbe des débits classés.

L'inconvénient des méthodes hydrologiques est qu'elles ne permettent pas d'établir une relation entre la quantité d'habitats disponibles et le débit. Elles ne servent en général qu'à évaluer un débit minimum en rivière afin de préserver les habitats du poisson; elles ne sont donc pas appropriées pour des études d'optimisation du débit (Geer, 1980). De plus, elles ne sont pas conçues de façon à être spécifiques à un site donné ni à une espèce en particulier, à moins d'apporter les raffinements en conséquence. Dès lors, les résultats auxquels elles donnent lieu sont plus approximatifs, mais généralement plus conservateurs, que ceux obtenus à l'aide d'autres types de méthodes.

---

Ces méthodes trouvent leur meilleure utilisation dans des études préliminaires ou d'avant-projet ayant pour but d'obtenir une estimation conservatrice des débits réservés. Ce sont aussi des méthodes qui se prêtent bien à des études de planification régionale, comme il est proposé de faire dans le cadre de la présente étude.

#### 4.1.2.2 Méthodes hydrauliques

Les méthodes hydrauliques présentent un degré de complexité plus élevé que la catégorie de méthodes précédentes, car elles permettent d'établir une relation entre la quantité d'habitats disponibles et le débit à un site donné sur une rivière. L'habitat est ici évalué sur la base du périmètre mouillé ou d'une largeur de rivière utilisable par les poissons (Bietz *et al.*, 1985). Ces méthodes font souvent appel aux relations niveau-débit (courbe de tarage) et, parfois, à l'équation de Manning, qui permet d'évaluer l'effet de la granulométrie du lit d'un cours d'eau sur l'écoulement fluvial. Elles requièrent donc une certaine quantité de données physiques récoltées sur des profils transversaux de rivière, comme la profondeur, la vitesse de courant, la surface mouillée à divers débits et la granulométrie. Cependant, aucune donnée biologique n'est nécessaire. Bien que les méthodes hydrauliques s'appliquent à un site donné dans un cours d'eau, elles ne fournissent pas de résultats spécifiques à une espèce donnée ni à une saison ou une autre période de l'année en particulier.

#### 4.1.2.3 Méthodes d'habitat préférentiel

Les méthodes d'habitat préférentiel, tout comme les méthodes hydrauliques, permettent d'établir, pour un tronçon de rivière donné, une relation entre la quantité d'habitats disponibles et le débit. Toutefois, à la différence des méthodes hydrauliques, cette relation peut être spécifique à une espèce donnée ainsi qu'à une saison ou une période en particulier. Ces méthodes s'appuient d'abord sur des relevés de terrain très détaillés concernant la profondeur, la vitesse de courant et le substrat. Elles nécessitent également la connaissance des préférences d'habitats de la ou des espèces étudiées et, le cas échéant, nécessite la récolte de données sur le terrain. Des cotes d'appréciation sont utilisées pour évaluer la qualité des diverses composantes de l'habitat des espèces étudiées. L'utilisation de modèles de simulations d'habitats est nécessaire pour intégrer les informations biologiques et physiques et établir la relation débit-habitat. L'habitat est exprimé en aire utilisable ou sous la forme d'indice de qualité d'habitat.

---

Contrairement aux méthodes hydrologiques et hydrauliques, ces méthodes peuvent être utilisées pour évaluer très précisément, dans un segment de rivière donné, les impacts potentiels d'un projet aménagement sur la faune piscicole.

Parmi les méthodes d'habitat préférentiel, la plus sophistiquée est sans conteste la technique de modélisation des microhabitats ou l'*Instream flow Incremental Methodology* (Bovee, 1982), plus souvent désignée IFIM. D'ailleurs, de toutes les méthodes disponibles, peu importe la catégorie, c'est non seulement la technique la plus utilisée et reconnue pour évaluer les besoins en débits réservés (Reiser *et al.* 1989; Railsback *et al.* 1991; Bizer, 1991), mais c'est aussi celle qui produit les résultats les plus précis (Loar et Sale, 1981; Orth, 1987; Gore et Nestler, 1988; Reiser *et al.*, 1989). C'est pourquoi, dans les situations où les enjeux sont considérables, tant au plan économique qu'environnemental, il est préférable d'employer l'IFIM que toutes autres méthodes (Estes et Orsborn 1986).

Au Québec, on a eu recours à cette technique pour évaluer les impacts potentiels de projets d'aménagement hydroélectrique sur les rivières Ashuapmushuan, Moisie et Betsiamites et pour y recommander des débits réservés (Boudreault *et al.*, 1989; Leclerc *et al.* 1991, 1994, 1995; Béchara *et al.* 1993; Lévesque *et al.*, 1995).

#### 4.1.3 Description sommaire des méthodes hydrologiques

Les méthodes hydrologiques présentent plusieurs avantages dans le cadre de la présente étude. D'abord, elles sont faciles d'application, peu onéreuses et ne requièrent pas de relevés sur le terrain. De plus, elles se prêtent bien à des études de planification régionale et à la prise de décision. Il est donc opportun d'en faire une description plus poussée.

Une dizaine de techniques ou de méthodes hydrologiques développées en Amérique du Nord et en Europe ont été identifiées à partir de la revue de la documentation scientifique. Les sections suivantes en donnent une brève description.

Les méthodes hydrologiques peuvent être classées en deux catégories. La première comprend les méthodes qui déterminent les débits réservés sur la base d'un certain pourcentage du débit moyen annuel (méthode du Montana), du débit moyen saisonnier

---

(méthode de l'Arkansas) ou du débit minimum moyen saisonnier (méthode de l'Utah). La seconde catégorie inclut les méthodes qui fixent les valeurs de débits réservés à l'aide de la courbe des débits classés sur une base journalière (méthode de Hoppe) ou mensuelle (*New England Flow Method* et la méthode de la *Northern Great Plains Resources Program*). Les principes de base sous-jacents à ces deux catégories de méthodes sont illustrés à la figure 3.

On peut inclure dans les méthodes hydrologiques certaines statistiques hydrologiques décrivant les conditions d'étiage (7 Q 2 et 7 Q 10) ainsi que les approches européennes, telles la méthode suisse du canton de Vaud, la méthode de l'association T.O.S. et le QCN<sub>10</sub>, ce dernier correspondant au 10 Q 5. Ces méthodes, qui s'expriment sous la forme d'une formule mathématique, sont également décrites dans les prochaines sections.

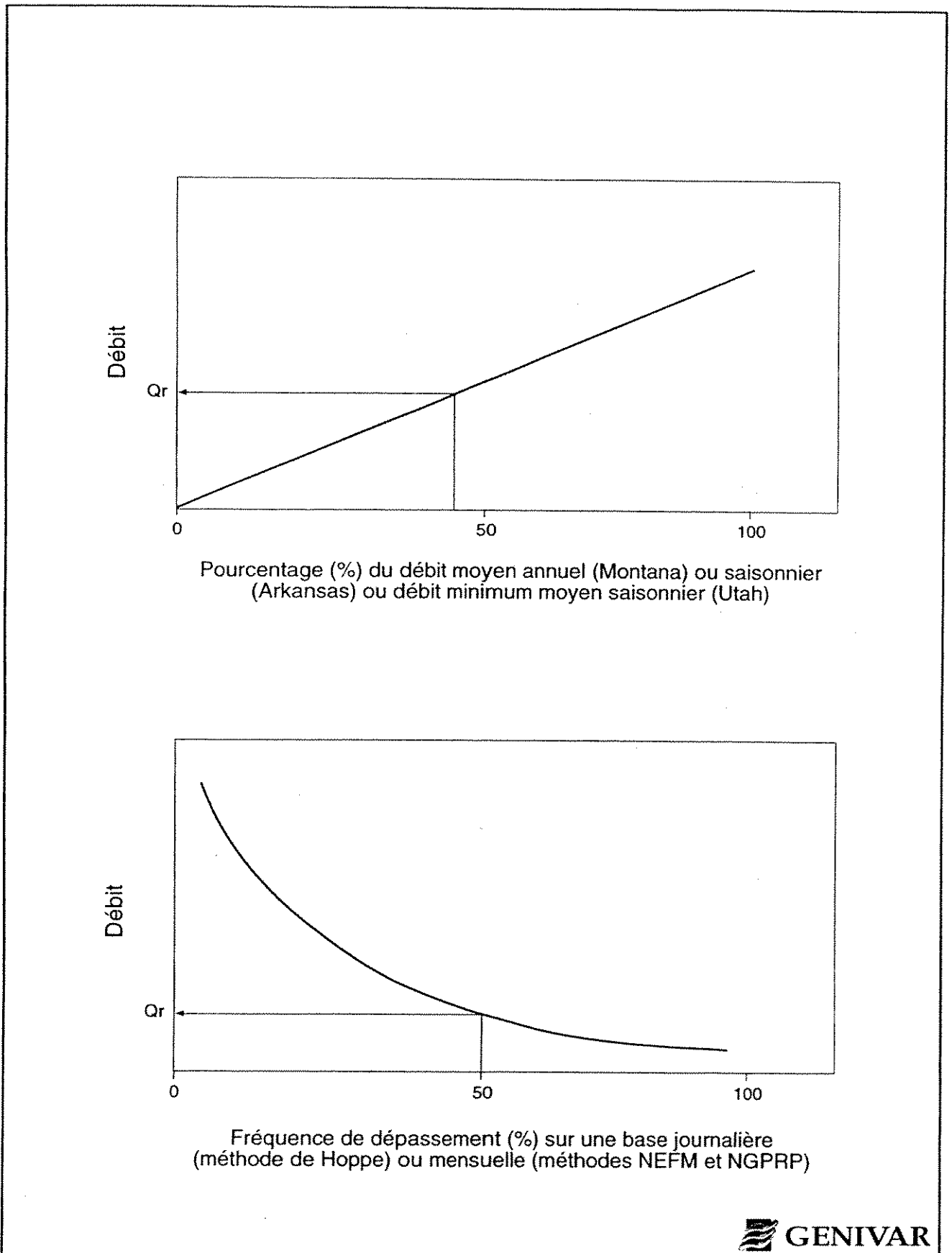
#### 4.1.3.1 Méthode du Montana

La méthode du Montana (aussi appelée la méthode de Tennant, 1976, du nom de son auteur), est l'une des méthodes de détermination des débits réservés les plus anciennes. Néanmoins, c'est encore l'une des méthodes dont l'usage est le plus fréquent aux États-Unis (Reiser *et al.*, 1989) et au Canada (Bietz *et al.* 1985). De fait, après enquête, Reiser *et al.* (1989) affirment qu'il s'agit de la méthode la plus utilisée après la méthode IFIM.

Cette technique a été développée pour les cours d'eau tempérés et froids du centre-nord américain. Son application est fort simple: la seule information requise est le débit moyen annuel (ou module annuel). Tennant a divisé l'année en deux grandes périodes (soit avril à septembre et octobre à mars) et a proposé pour chacune huit classes de débits réservés correspondant à un certain pourcentage du débit moyen annuel (Tableau 3). Chaque classe de débit a reçu une cote d'appréciation allant de "cruie ou maximum" à "détérioration grave". De fait, l'expérience montre qu'un débit réservé équivalent à 30 % du débit moyen annuel apparaît généralement convenable pour la sauvegarde des habitats du poisson (Annear et Conder, 1983).

Bien que la méthode du Montana soit très aisée à appliquer, il faut mentionner que son développement a requis une dizaine d'années d'observation (de 1964 à 1974). En effet, Tennant (1976) a effectué des relevés de terrain détaillés sur 11 cours d'eau du





Pourcentage (%) du débit moyen annuel (Montana) ou saisonnier (Arkansas) ou débit minimum moyen saisonnier (Utah)

Fréquence de dépassement (%) sur une base journalière (méthode de Hoppe) ou mensuelle (méthodes NEFM et NGPRP)

FIGURE 3. Schéma représentant le principe des méthodes hydrologiques de détermination des débits réservés ( $Q_r$  = débit réservé).

TABLEAU 3. Régime de débit recommandé selon la méthode de Tennant (1976).

COTE D'APPRÉCIATION <sup>1</sup>	RÉGIME RECOMMANDÉ (% du QMA <sup>2</sup> )	
	Oct.-mars	Avril-sept.
Crue ou maximum ( <i>Flushing or maximum</i> )	200 %	200 %
Fourchette optimale ( <i>Optimum range</i> )	60-100 %	60-100 %
Remarquable ( <i>Outstanding</i> )	40 %	60 %
Excellent ( <i>Excellent</i> )	30 %	50 %
Bon ( <i>Good</i> )	20 %	40 %
Passable ( <i>Fair or degrading</i> )	10 %	30 %
Pauvre ou minimum ( <i>Poor or minimum</i> )	10 %	10 %
Détérioration grave ( <i>Severe degradation</i> )	< 10 %	< 10 %

1 Traduction française approximative, les termes originaux anglais sont entre parenthèses

2 QMA = débit moyen annuel

Montana, du Wyoming et du Nébraska, qu'il a visité à maintes reprises de façon à couvrir 38 conditions de débit différentes. Ces relevés ont consisté en des analyses biologiques, chimiques et surtout physiques sur 58 sections de rivières d'une longueur totale de 315 kilomètres. De plus, Tennant (1976) a procédé, sur les mêmes cours d'eau, à quelque 1600 mesures de vitesse de courant, de profondeur et de largeur de cours d'eau prises à 48 débits différents.

L'analyse de ces divers relevés a fait ressortir que peu importe le cours d'eau étudié, les conditions de l'habitat aquatique sont à peu près similaires lorsqu'on y laisse le même pourcentage du débit moyen, d'où la possibilité de dresser la classification des débits apparaissant au tableau 3.

L'emploi de la méthode du Montana est approprié dans le cadre des évaluations préliminaires de débits réservés (Orth et Maughan, 1982) ou encore d'études à grande échelle, comme dans le cas de planification régionale visant l'utilisation ou la gestion de l'eau (Bureau of Land Management, 1979; Bietz *et al.* 1985; Filipek *et al.* 1987).

---

Bien que mise au point dans le centre nord des États-Unis, la méthode du Montana peut être utilisée dans d'autres parties de ce pays ainsi que dans d'autres régions du monde (Tennant, 1976). Toutefois, il est préférable de l'ajuster ou de la calibrer pour tenir compte des particularités locales (Orth et Maughan, 1982; Estes et Orsborn, 1986; Filipek *et al.*, 1987).

En général, il semble que la méthode du Montana donne, à peu d'exception près, des résultats conservateurs ou se rapprochant de ceux obtenus par l'utilisation de méthodes plus sophistiquées, exigeant des travaux de terrain. Ainsi, dans des cours d'eau de la côte du Pacifique, Newcombe (1981) rapporte que la méthode du Montana a donné des résultats s'accordant avec ceux de méthodes s'appuyant sur des relations débit-vitesse de courant et débit-profondeur calculées en plusieurs sections de rivière.

Par ailleurs, dans le bassin de la rivière James en Virginie, Orth et Leonard (1990) ont constaté que la méthode du Montana a donné lieu à des résultats conservateurs et sécuritaires pour la faune aquatique. Ainsi, un débit réservé équivalent à 30 % du débit moyen annuel était proche du débit optimal trouvé par la technique de l'IFIM dans les petits cours d'eau, et supérieur à celui-ci dans le cas des grands cours d'eau. Il a également été trouvé qu'un débit réservé équivalent à 10 % du débit moyen annuel correspondait bien à des conditions détériorées.

#### 4.1.3.2 Méthode de l'Arkansas

La méthode de l'Arkansas (Filipeck *et al.*, 1987; Ebert *et al.*, 1990) est un exemple typique d'adaptation et de raffinement de la méthode du Montana aux particularités locales d'une région. Elle a été développée afin de tenir compte des saisons hydrologiques de l'Arkansas et de la chronologie du cycle vital des espèces de poissons qu'on y retrouve plus abondamment, tel le doré et le bar blanc.

En effet, l'hydrogramme des rivières de l'Arkansas présente un profil différent de celui des rivières du nord-ouest américain où la méthode du Montana a été développée (Filipek *et al.* 1987). La période de forts débits ne se produit pas au printemps, lors de la fonte des neiges, mais durant l'hiver (janvier à avril) et la période d'étiage la plus prononcée ne survient pas en hiver, mais en été (juillet à octobre). Par ailleurs, la méthode de l'Arkansas prend en considération le fait que les espèces indigènes de cet état se reproduisent pour la plupart au printemps (Filipek *et al.* 1987).

---

La méthode de l'Arkansas divise donc l'année en trois périodes correspondant à des événements biologiques ou hydrologiques bien particuliers, soit de novembre à mars (période de fort débit), d'avril à juin (période de reproduction) et de juillet à octobre (période de faible débit). Un pourcentage fixe des débits moyens mensuels est recommandé pour chacune de ces périodes:

- 60 % pour la période de novembre à mars (fort débit,) afin de nettoyer le lit des sédiments fins qui pourraient s'y accumuler et conserver la forme des chenaux;
- 70 % pour la période d'avril à juin afin de protéger les habitats de reproduction;
- 50 % pour la période de juillet à octobre (faible débit) pour maintenir la qualité de l'eau et des conditions favorables à la croissance des poissons.

#### 4.1.3.3 Méthode de l'Utah

La méthode de l'Utah (Geer, 1980) a été conçue pour les cours d'eau à salmonidés de l'état d'où elle tire son nom. Elle préconise de diviser l'année en deux grandes périodes: l'hiver (du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars) et l'été (du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre). Les débits recommandés sont calculés comme suit. D'abord, on obtient, à l'aide des statistiques de débit, le débit moyen mensuel le plus bas pour chaque mois de l'année. Ensuite, une moyenne arithmétique de ces débits moyens mensuels les plus bas est calculée pour chacune des deux grandes périodes identifiées plus haut. Les deux moyennes arithmétiques obtenues deviennent les débits moyens journaliers recommandés pour l'été et l'hiver.

Geer (1980) fait toutefois les mises en garde suivantes:

- bien que les débits recommandés par cette méthode soient suffisants pour la protection des habitats à poissons, ce ne sont pas des débits optimaux pour la production piscicole en rivière et, de ce fait, ne doivent pas être maintenus de façon permanente en aval des centrales;
- cette méthode donne lieu à des recommandations préliminaires devant être renforcées ou améliorées par des études plus approfondies, surtout dans le cadre d'études de répercussions environnementales ou d'études visant à déterminer un régime de débit valable pour tous les mois de l'année.

---

De plus, Geer (1980) reproche à cette méthode de ne pas avoir été validée par des études de suivi des populations avant et après projet et d'être, par conséquent, difficilement défendable sur le plan légal.

#### 4.1.3.4 NEFM (*New England Flow Method*)

La *New England Flow Method*, que l'on pourrait traduire par la méthode de Nouvelle-Angleterre, a été développée par l'*U.S. Fish and Wildlife Service* (1981) pour les cours d'eau à salmonidés du nord-est des États-Unis. Cette méthode préconise de laisser, dans les rivières aménagées, un débit minimum équivalent au débit médian mensuel du mois d'août, qui est défini comme le débit réservé de base (*Aquatic Base Flow* ou *ABF*). L'argumentation sur laquelle elle s'appuie est que si l'on maintient le débit réservé de base, les habitats aquatiques seront protégés autant que sous un régime de débit naturel (Russell, 1990). Le mois d'août est choisi pour définir le débit réservé de base parce qu'il correspond habituellement à une période de faible hydraulité dans la région de la Nouvelle-Angleterre.

Le débit réservé de base est recommandé pour toutes les périodes de l'année. Toutefois, la méthode préconise de laisser un débit équivalent au débit médian mensuel le plus bas observé durant la période de reproduction et d'incubation des oeufs des espèces cibles (habituellement les truites et les ombles), si ce dernier est plus élevé que le débit réservé de base (Russell, 1990).

La méthode de Nouvelle-Angleterre n'est applicable que sur des cours d'eau jaugés dont le bassin versant a une superficie supérieure à 130 km<sup>2</sup>. Sur les cours d'eau qui ne rencontrent pas ces critères, il est recommandé d'estimer le débit réservé de base à partir d'une constante régionale de 0,0055 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

Cette méthode a été utilisée pour estimer le débit réservé dans le cadre de 157 projets hydroélectriques dans le nord-est des États-Unis. Malheureusement, aucune étude de suivi environnemental avant et après projet n'a été réalisée en vue de valider cette méthode et d'estimer le niveau de protection qu'offre réellement le débit réservé de base (Russell, 1990). Cependant, une vérification indirecte a été effectuée dans 14 projets, au cours desquels la méthode de l'IFIM a été utilisée. À l'exception de trois cas, le

---

débit réservé estimé par la méthode IFIM était inférieur à celui estimé par la NEFM, ce qui laisse croire que la méthode de Nouvelle-Angleterre fournit des débits conservateurs favorisant les ressources aquatiques (Russell, 1990).

Enfin, mentionnons que la NEFM a été appliquée et adaptée à des cours d'eau de la Caroline du nord (Reed et Mead, 1988, 1990) et de la Virginie (Orth et Leonard, 1990). Dans les deux états, on a utilisé le débit journalier médian de septembre et non celui du mois d'août pour établir le débit réservé de base. C'est en septembre, en effet, que survient la période d'étiage dans cette région des États-Unis.

#### 4.1.3.5 Méthode du NGPRP (*Northern Great Plains Resource Program*)

Cette méthode a été conçue à la fois pour les populations de poissons d'eau froide et d'eau chaude des grandes plaines américaines (*Northern Great Plains Resource Program*, 1974). Elle se fonde sur l'analyse des fréquences de dépassement des débits (courbe des débits classés ou, en anglais, *flow duration curve*). Des statistiques de débit couvrant une période d'au moins 20 ans sont requises.

Les données historiques de débits sont d'abord groupées en trois classes, soit les débits observés durant les conditions sèches (en dessous de la normale) les débits observés durant les conditions normales et, finalement, les débits observés durant les conditions pluvieuses (au-dessus de la normale). On établit ensuite la courbe des débits classés, mais uniquement avec les données correspondant aux conditions normales. Le débit réservé recommandé pour chaque mois est égal au débit dont la fréquence de dépassement est de 90 %.

#### 4.1.3.6 Méthode de Hoppe

Tout comme la méthode précédente, l'utilisation de la méthode de Hoppe (1975) requiert au préalable une longue série temporelle de données hydrologiques (au moins 20 ans) et s'appuie sur une analyse des fréquences de dépassement des débits. Elle a été mise au point pour protéger les salmonidés dans les cours d'eau des montagnes Rocheuses.

Trois valeurs de débit sont suggérées pour différentes phases du cycle vital, soit un débit ayant une fréquence de dépassement de 80 % pour assurer abris et disponibilité

---

de la nourriture aux poissons, de 40 % pour assurer leur reproduction, et de 17 %, lors des crues.

#### 4.1.3.7 La méthode "0,25 QMA"

Le 0,25 QMA (c'est-à-dire 25 % du débit moyen annuel) a été développé dans les provinces maritimes du Canada, où il est couramment utilisé (Caissie *et al.*, 1994; Caissie et El-Jabi, 1995). Selon cette méthode, qui est dérivée de la méthode du Montana, le quart du débit moyen annuel est considéré comme étant le minimum requis pour assurer une vie aquatique convenable, indépendamment de la saison ou de l'espèce.

Il ne semble pas que cette méthode ait été validée au plan biologique. Cependant, à partir d'une analyse hydrologique faisant appel au calcul des fréquences de dépassement, Caissie et El-Jabi (1995) considèrent que, dans les rivières des provinces maritimes, le 0,25 QMA fournit un degré de protection des ressources aquatiques à peu près similaire à celui des méthodes du Montana et de l'ABF.

#### 4.1.3.8 Le "7 Q 10"

Le 7 Q 10 est une statistique hydrologique utilisée pour décrire les conditions d'étiage dans les cours d'eau. Elle se définit comme étant le débit minimum moyen journalier calculé sur sept jours consécutifs, avec une période de retour de 10 ans (Chiang et Johnson, 1976).

Cette technique a été appliquée surtout dans les états du sud et de l'est des États-Unis, lorsqu'il y a possibilité de dégradation de la qualité de l'eau (Reiser *et al.* 1989). L'inconvénient majeur de cette méthode est de produire des débits réservés très bas et souvent inférieurs à ceux obtenus par d'autres méthodes, surtout lorsqu'elle est appliquée à des cours d'eau connaissant des périodes d'étiage prononcé. En effet, Tennant (1976) fait remarquer que les débits calculés au moyen de cette méthode correspondent dans la majorité des cas à des conditions d'habitat dégradés, selon les critères qu'il a établis dans le cadre de son étude portant sur les cours d'eau du Montana, du Wyoming et du Nébraska (Tableau 3).

---

#### 4.1.3.9 Le "7 Q 2"

Comme la technique précédente, le 7 Q 2 est une statistique hydrologique qui décrit des conditions d'étiage. Elle correspond au débit minimum moyen journalier calculé sur sept jours consécutifs selon une récurrence de deux ans.

Le 7 Q 2 est utilisé au Québec dans le cadre des autorisations réglementaires accordées par le MEF pour l'irrigation des terrains de golf ou pour les prises d'eau d'alimentation des piscicultures (Beaudelin et Bérubé, 1994). De fait, la valeur minimale de débit à maintenir dans le lit d'un cours d'eau doit être équivalent à 70 % du 7 Q 2. Cette mesure est également employée dans le calcul des charges polluantes tolérables à l'aval de points de rejets d'effluents municipaux.

Le 7 Q 2, à défaut de norme réglementaire au Québec faisant office de débits réservés, est parfois utilisé par les gestionnaires de la faune à des fins de protection des habitats du poisson, tout en sachant qu'il s'agit d'une méthode approximative n'ayant pas fait l'objet de validation.

#### 4.1.3.10 Méthodes européennes

Il existe en Europe un certain nombre de formules mathématiques qui se basent essentiellement sur des valeurs de débits observés durant les périodes d'étiage. Le débit d'étiage est souvent défini comme étant le débit journalier moyen dépassé pendant 355 jours par année ( $DCE_{355}$ ). Le débit réservé est calculé à partir de cette valeur de différentes façons, selon les régions et les organismes.

Ainsi, le Conseil supérieur de la pêche de la région Auvergne-Limousin préconise de calculer les débits réservés avec la formule suivante:

- 1,3  $DCE_{355}$  durant la période estivale (étiage);
- 0,7  $DCE_{355}$  durant la période hivernale (du 1er octobre au 31 mars).

Cette méthode présente l'avantage de recommander un débit réservé modulable. Toutefois, elle n'est pas le fruit d'études biologiques et le choix du  $DCE_{355}$  et des coefficients n'est pas justifié, sinon par la seule pratique (Bauret, 1984).



---

En Suisse, la loi cantonale vaudoise stipule que lorsque le débit d'un cours d'eau est supérieur à 50 litres/s, le débit minimal devant être laissé en permanence au cours d'eau doit se calculer de la façon suivante:

$$Q_r = \frac{15 DCE_{355}}{(\ln DCE_{355})^2}$$

où  $Q_r$  est le débit réservé en l/s.

L'association T.O.S (truite, omble, saumon) a adapté cette formule pour les rivières françaises, qui sont généralement soumises à un réchauffement et à une évaporation plus importante:

$$Q_r = \frac{DCE_{355}(K + N)}{(\ln DCE_{355})^2}$$

où:

- K est une constante empirique valant 20 pour un cours d'eau à truites ou 25 lorsque le cours d'eau est caillouteux et a une pente forte;
- N est un coefficient dont la valeur empirique est fixée à 0,0025 par mètre linéaire de section de cours d'eau détourné.

Enfin, avant 1984, il était fréquent, en France, d'avoir recours au QCN 10, également nommé 10 Q 5, soit le débit maximal des dix jours consécutifs d'étiage pour une période de retour de cinq ans (Bauret, 1984). En l'absence de cette information, la référence pour établir le débit réservé était le débit minimum mensuel de chaque mois.

## 4.2 Comparaison et sélection de quelques méthodes hydrologiques

### 4.2.1 Démarche suivie

La démarche suivie pour comparer les méthodes hydrologiques de détermination des débits réservés et pour en sélectionner quelques-unes en vue de la régionalisation échohydrologique comprend trois étapes principales. D'abord, une présélection des méthodes les plus transposables ou les plus appropriées au Québec est effectuée. En

---

effet, il est inutile de retenir des méthodes mises au point dans des régions qui présentent peu de similitudes hydrologiques et écologiques avec le territoire québécois et qui, de ce fait, ne conviendraient pas aux besoins de la présente étude.

Ensuite, les débits réservés sont calculés selon les méthodes présélectionnées sur un certain nombre de rivières témoins, choisies de façon à représenter toutes les régions écologiques.

Enfin, la troisième étape consiste à comparer les différents débits réservés obtenus et à effectuer un choix à partir de critères écohydrologiques.

Les sections qui suivent donnent les détails relatifs à la présélection des méthodes, au choix des rivières témoins et à la définition des critères écohydrologiques utilisés pour la comparaison et le choix final des débits réservés.

#### 4.2.1.1 Présélection de méthodes de détermination de débits réservés

À prime abord, il apparaît que les méthodes les plus facilement transposables ou adaptables au Québec sont la méthode du Montana, la méthode de la Nouvelle-Angleterre (ou *Aquatic Base Flow*) et le 0,25 QMA (25 % du débit moyen annuel), qui provient des Maritimes. Ces méthodes ont été développées pour des régions qui présentent des similitudes climatiques avec le Québec (hivers longs et froids, étés courts et chauds) et dans lesquelles les rivières épousent à peu près le même régime hydrologique que les nôtres (forte crue printanière et étiage hivernal prononcé).

En ce qui a trait à la méthode du Montana, il a été décidé d'utiliser, pour les besoins de la comparaison, le régime de débit qualifié d'«excellent» par Tennant (1976) pour protéger l'habitat du poisson et qui équivaut à 30 % du débit moyen annuel (0,3 QMA) pour la période s'étendant d'octobre à mars et à 50 % du débit moyen annuel (0,5 QMA) pour celle allant d'avril à septembre (Tableau 3).

Pour ce qui est de la méthode de la Nouvelle-Angleterre, il s'agit du débit médian du mois d'août ( $Q_{50}$  août), qui est défini comme étant l'*Aquatic Base Flow*, et du débit médian du mois de septembre ( $Q_{50}$  sept.), ce dernier étant une variante de la méthode pour tenir compte des régions où la période de faible hydraulité survient en septembre.

---

Les autres méthodes provenant des États-Unis (Arkansas, Utah, NGPRP et Hoppe) ne sont pas retenues dans la comparaison des débits réservés parce qu'elles sont trop spécifiques à des régions ou à des espèces de poissons particulières. Cependant, de précieux enseignements peuvent en être tirés et appliqués dans le cadre de la présente étude. En effet, ces méthodes, qui sont souvent dérivées de la méthode du Montana, préconisent une analyse statistique des débits observés dans des fenêtres temporelles bien définies, qui correspondent à des saisons biologiques et/ou hydrologiques typiques d'une région donnée. Il peut s'agir soit d'une analyse des fréquences de dépassement (méthodes du NGPRP et de Hoppe), soit du calcul des débits moyens de chaque mois faisant partie de la période d'étude (méthode de l'Arkansas et de l'Utah). Pour les besoins de la présente comparaison, il est proposé de calculer différents pourcentages du débit moyen de la période (et non pas du débit moyen annuel), ces pourcentages étant équivalents à 25 %, 30 % et 50 %, soit les mêmes que ceux appliqués au débit moyen annuel et dont on a fait allusion précédemment.

En ce qui a trait aux méthodes européennes, elles ont été exclues de l'analyse parce qu'elles sont conçues pour des cours d'eau dont le régime hydrologique est différent de celui des rivières du Québec. En effet, la grande majorité des cours d'eau européens ne connaissent pas des étiages hivernaux aussi prononcés que les nôtres et ils ne sont pas soumis à la prise des glaces. De plus, il s'agit de très petits cours d'eau comparativement aux rivières du Québec, leur débit se mesurant en litres par seconde plutôt qu'en mètres cubes par seconde.

Enfin, les méthodes basées sur des statistiques utilisées pour décrire des conditions d'étiage (7 Q 2 et 7 Q 10 et 10 Q 5) sont également considérées, car elles ne sont pas spécifiques à des situations particulières, certaines d'entre elles (en l'occurrence le 7 Q 2) étant utilisées arbitrairement ou de façon conventionnelle au Québec comme référence pour la détermination de débits réservés.

En résumé, la comparaison des méthodes hydrologiques prend en considération 11 formulations de débits réservés, qui sont énumérées au tableau 4.

TABLEAU 4. Identification des méthodes hydrologiques de détermination des débits réservés présélectionnées pour des fins de comparaison.

ABRÉVIATION	DÉFINITION	APPELLATION OU LIEU DE PROVENANCE	SOURCE
0,25 QMA	25 % du débit moyen annuel	Provinces maritimes	Caissie et El-Jabi (1995)
0,3 QMA	30 % du débit moyen annuel	Méthode du Montana	Tennant (1976)
0,5 QMA	50 % du débit moyen annuel	Méthode du Montana	Tennant (1976)
Q <sub>50</sub> août	Débit médian du mois d'août	<i>Aquatic Base Flow</i>	U.S.F.W.S. (1981)
Q <sub>50</sub> sept.	Débit médian du mois de septembre	<i>Aquatic Base Flow</i> adapté à la Caroline du Nord et à la Virginie	Reed et Mead (1988, 1990) Orth et Leonard (1990)
0,25 QMP	25 % du débit moyen pour la période	—	Présente étude
0,3 QMP	30 % du débit moyen pour la période	—	Présente étude
0,5 QMP	50 % du débit moyen pour la période	—	Présente étude
7 Q 2	Débit de récurrence 2 ans, 7 jours consécutifs	Québec	Beaudelin et Bérubé (1994)
7 Q 10	Débit de récurrence 10 ans, 7 jours consécutifs	État-Unis	Reiser <i>et al.</i> (1989)
10 Q 5	Débit de récurrence 5 ans, 10 jours consécutifs	France	Bauret (1984)

---

#### 4.2.1.2 Choix des rivières témoins

Le choix des rivières témoins repose en bonne partie sur les préférences émises par les directions régionales du MEF lors de l'enquête effectuée aux sujets des objectifs de protection et dont les résultats ont été présentés au tableau 1. En effet, il faut rappeler qu'en plus d'avoir identifié les espèces cibles et leurs phases critiques dans leur territoire respectif, les directions régionales ont été appelées à sélectionner un certain nombre de rivières présentant un intérêt particulier sur le plan biologique et sur lesquelles se trouvaient une ou plusieurs stations limnimétriques. Cependant, de la liste des cours d'eau dressée au tableau 1 à la suite de l'enquête, certains ont dû être retranchés et d'autres rajoutés afin de tenir compte des critères suivants, devant être rigoureusement respectés pour les fins de l'analyse statistique des débits:

- les cours d'eau doivent être soumis à un régime d'écoulement naturel ou faiblement régularisé;
- ils doivent être répartis dans tout le Québec méridional de façon à ce que chaque région écologique soit représentée adéquatement;
- ils doivent avoir été jaugés à l'aide d'appareils de mesure hydrologique pendant une période minimale de 10 ans.

Au total, 43 rivières témoins, sur lesquelles se retrouvent 47 stations hydrométriques, ont été retenues (Tableau 5).

#### 4.2.1.3 Critères de sélection

La comparaison des méthodes présélectionnées à la section 4.2.1.1 a été effectuée sur la base de la fréquence de dépassement associée aux débits réservés qu'elles permettent d'estimer. La fréquence de dépassement correspond au pourcentage de temps durant lequel le débit d'un cours d'eau est plus grand qu'une valeur donnée, en l'occurrence chacune des valeurs de débits réservés calculées selon les méthodes retenues. Ainsi, des débits ayant une fréquence de dépassement de 30 % et de 90 % sont dépassés respectivement 30 % et 90 % du temps; par ailleurs, un débit ayant une fréquence de dépassement de 50 % correspond au débit médian. C'est donc dire que plus la fréquence de dépassement d'un débit est élevée, plus celui-ci est dépassé souvent et,

TABLEAU 5. Liste des rivières témoins utilisées pour la comparaison et la sélection des débits réservés.

RIVIÈRES	STATIONS	PÉRIODE D'OBSERVATION	NOMBRE D'ANNÉES D'OBSERVATION
<i>Région écologique 1a</i>			
Petit Saguenay	060101	1974-1994	21
Sainte-Marguerite (nord-est)	062802	1976-1994	19
Portneuf	070401	1973-1994	22
Godbout	071401	1974-1994	21
Moisie	072301	1965-1994	30
Romaine	073801	1956-1994	39
Escoumins	070201 / 070203	1920-1994*	66
<i>Région écologique 1b</i>			
Bonaventure	010801 / 010802	1965-1994	30
Petite-Cascapédia	010901 / 010902	1961-1994	34
Cap-Chat	021502	1966-1994	29
Rimouski	022003	1962-1994	33
Trois-Pistoles	022301	1922-1994	73
<i>Région écologique 1c</i>			
Pikauba	061022	1969-1994*	20
Métabetchouane	061502	1964-1970 ; 1977-1994	25
Ashuapmushuan	061901	1915-1994*	57
aux Saumons	061909	1982-1994	13
Mistassini	062102	1961-1994	34
<i>Région écologique 1d</i>			
du Gouffre	051301	1967-1994	28
Malbaie	051502	1967-1994	28
<i>Région écologique 2a</i>			
Beaurivage	023401	1925-1994	70
Chaudière	023402	1915-1994*	71
Petite rivière du Chêne	023701	1972-1994	23
<i>Région écologique 2b</i>			
Saint-François	030203	1925-1993	69
Coaticook	030215	1959-1994	36
Eaton	030234	1953-1994	42
au Saumon	030282	1974-1994	21

\* La station a été inopérante au cours de certaines années.

TABLEAU 5 (suite). Liste des rivières témoins utilisées pour la comparaison et la sélection des débits réservés.

RIVIÈRES	STATIONS	PÉRIODE D'OBSERVATION	NOMBRE D'ANNÉES D'OBSERVATION
<i>Région écologique 2c</i>			
Petite Nation	040401 / 040406	1925-1994	70
Croche	050135	1965-1994	30
Batiscan	050304	1967-1994	28
Maskinongé	052601	1925-1994	70
<i>Région écologique 2d</i>			
Maganasipi	042103	1970-1994	25
Kinojévis	043012	1965-1994	30
Harricana	080101	1933-1994	62
Turgeon	080104	1967-1994	30
Bell	080707	1962-1994	33
Waswanipi	080718	1966-1994	29
de Rupert	081002	1963-1994	32
Pontax	081101	1975-1994	20
<i>Région écologique 3a</i>			
Richelieu	030401	1937-1994	58
<i>Région écologique 3b</i>			
Désert	040810	1959-1994	36
Picanoc	040814	1975-1994	20
Gatineau	040830	1974-1994	21
Dumoine	041903	1967-1994	28

---

par conséquent, plus sa valeur est faible (Figure 3). À l'inverse, plus la fréquence de dépassement d'un débit est faible, moins il est dépassé souvent et plus sa valeur est élevée.

Cette base de comparaison a été utilisée afin de pouvoir attribuer à chaque débit réservé estimé une probabilité d'occurrence dans un régime d'écoulement naturel, à l'intérieur de chaque phase critique d'une espèce ou d'un groupe d'espèces. Cette information est essentielle car le choix des méthodes les plus appropriées au Québec doit être orienté vers celles qui favorisent le plus le maintien des conditions hydrologiques assurant la protection des habitats du poisson durant leurs phases critiques. Comme il a été dit à la section 4.1.2.1, la prémisse à la base de toutes les méthodes de types hydrologiques est que l'écosystème aquatique d'une rivière est fonction du régime d'écoulement que celle-ci a connu dans le passé. Il en découle donc le principe général selon lequel le maintien des conditions historiques de débit constitue, en quelque sorte, une garantie pour la survie des communautés de poissons en rivière.

Or, les conditions devant être maintenues pour assurer la protection des habitats du poisson varient selon les phases vitales critiques des espèces cibles. Ces phases, qui sont au nombre de 36 dans les différentes régions écologiques (Tableau 2), peuvent, rappelons-le, être regroupées en quatre grandes catégories correspondant à autant de saisons, soit les périodes printanières, estivales, automnales et hivernales. Il est évident que la plupart de ces catégories sont associées, chacune, à un événement hydrologique bien défini dans les rivières du Québec. Ainsi, les périodes printanières coïncident assez bien avec la crue du printemps; les périodes estivales, avec l'étiage d'été et les périodes automnales, avec la crue d'automne.

Toutefois, on ne peut pas établir une correspondance aussi nette pour ce qui est des périodes hivernales, qui, en raison de leur longue durée (entre 6 et 8 mois), englobent deux événements hydrologiques distincts, soit l'étiage hivernal et la crue printanière. La longueur considérable de ces périodes vient du fait qu'elles correspondent à l'incubation des oeufs de salmonidés, qui débute en octobre ou novembre et se termine en mai ou juin.

Compte tenu des considérations précédentes, il a été convenu que les critères de sélection des meilleurs débits réservés seraient les suivants. Pour les périodes printanières, estivales et automnales, les débits réservés les plus appropriés sont ceux:



- 
- dont la fréquence de dépassement tend le plus vers 50 %, sans toutefois être inférieure à cette valeur (le seuil a été fixé à 50 % pour éviter que le débit réservé soit inutilement élevé; en effet, rappelons que plus un débit a une fréquence de dépassement faible, plus ce débit est élevé et plus il correspond à un événement rare);
  - dont la fréquence de dépassement est la moins variable d'une rivière à l'autre.

À l'inverse, plus la fréquence de dépassement des débits réservés estimés à l'aide d'une méthode donnée est élevée et variable, moins cette dernière apparaît adéquate pour assurer convenablement la protection des habitats du poisson.

Pour le cas particulier que constituent les périodes hivernales, l'argumentation est différente et s'appuie sur le fait que les oeufs sont enfouis dans le gravier des rivières et bénéficient par conséquent d'une protection relative face aux variations de débit se produisant dans la colonne d'eau. Ils peuvent en effet tolérer de très faibles débits, en autant que le niveau d'eau ne s'abaisse pas sous un seuil critique, à partir duquel il y a assèchement des frayères et risque de gel des oeufs qui s'y trouvent. Il faut donc laisser en rivière un débit réservé supérieur aux étiages extrêmement sévères, mais qui ne dépasse pas un étiage hivernal moyen.

Par ailleurs, il est possible de reconnaître une cinquième grande période, soit l'année entière, qui intègre tous les événements hydrologiques saisonniers. L'analyse des fréquences de dépassement calculées pour cette période servira à établir des débits réservés pour les espèces qui n'ont pas été identifiées comme espèces cibles ou dont le cycle vital est moins bien connu, mais qui ne méritent pas moins de protection. Les critères de sélection sont les mêmes que ceux prévalant pour les périodes printanières, estivales et automnales.

#### 4.2.2 Comparaison et choix des débits réservés

Les débits réservés calculés selon les diverses méthodes hydrologiques présélectionnées pour les 43 rivières témoins sont donnés à l'annexe 3, tandis que la fréquence de dépassement qui leur est associée apparaît à l'annexe 4. Dans les deux annexes, les valeurs de débits et de fréquence de dépassement sont ventilées selon les

---

rivières, les régions écologiques et les diverses phases critiques considérées. Pour faciliter la consultation des annexes, les cinq catégories de périodes ont été identifiées à l'aide d'une désignation alphabétique ou alphanumérique, à savoir A pour l'année entière; B1 à B7 pour les périodes printanières; C1 et C2 pour les périodes estivales; D1 à D6 pour les périodes automnales et enfin E1 à E3 pour les périodes hivernales.

Afin de comparer les débits réservés, on a calculé pour chaque phase critique, la moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation des fréquences de dépassement (Annexe 4). Ces statistiques font ressortir que pour un même débit réservé, les fréquences de dépassement varient d'une période à l'autre. C'est donc dire qu'un débit réservé qu'on pourrait juger convenable pour une période donnée n'est pas nécessairement approprié pour une autre.

Ainsi, pour l'année entière (A), la moitié du débit moyen annuel (0,5 QMA) est le débit pour lequel la fréquence de dépassement est la plus faible et la moins variable. Ce débit, qui correspond à la méthode du Montana (Tennant), devrait donc être retenu comme débit réservé dans les cas où il n'y a pas de spécifications quant aux espèces cibles et aux phases critiques. Notons que le  $Q_{50}$  août et le  $Q_{50}$  sept (ABF) se révèlent aussi des débits convenables, car leur fréquence moyenne au dépassement est presque similaire à celle de la méthode du Montana. Toutefois, leur variance est plus grande, ce qui fait pencher la balance vers cette dernière.

Par ailleurs, la moitié du débit moyen de la période (0,5 QMP) serait le débit le plus approprié pour les périodes printanières (B1 à B7), tandis que le  $Q_{50}$  août conviendrait mieux aux périodes estivales (C1 et C2). On remarquera que pour la période estivale s'étendant du 1<sup>er</sup> mai au 30 septembre (C2), les débits correspondant à 0,5 QMP et à 0,5 QMA ont une fréquence de dépassement plus faible que pour le  $Q_{50}$  août. Cependant, le coefficient de variation qui leur est associé est nettement plus élevé et c'est pourquoi ils n'ont pas été retenus.

Pour ce qui est des périodes automnales (D1 à D6), le  $Q_{50}$  sept. serait en général le meilleur débit réservé, sauf pour la période du 15 septembre au 15 novembre, où le 0,3 QMA (30 % du débit moyen annuel) est plus recommandable en raison d'une fréquence de dépassement un peu plus faible que celle associée aux autres types de débits réservés et d'un niveau de variabilité plus bas.

---

Enfin, en ce qui a trait aux périodes hivernales (E1 à E3), le débit minimum à maintenir a été choisi en comparant les diverses valeurs de débits réservés (Annexe 3) avec les statistiques portant sur les débits mensuels moyens et minimums de décembre à avril (Tableau 6), qui sont les mois où se produit l'étiage hivernal au Québec. Parmi les débits réservés présélectionnés, le 0,25 QMA apparaît le débit le plus approprié puisque, dans la majorité des rivières témoins, il est situé entre le débit mensuel moyen le plus faible et le débit mensuel minimum le plus bas.

Il ressort également de l'examen de l'annexe 4 que les débits réservés basés sur des statistiques d'étiage (c'est-à-dire le 7 Q 2, le 7 Q 10 et 10 Q 5) sont, dans la majorité des cas, très faibles. En effet, leurs fréquences de dépassement avoisinent 100 % pour les périodes printanières et se situent souvent au delà de 90 % pour les périodes estivales et automnales. Elles sont également élevées, c'est-à-dire souvent supérieures à 80 %, notamment dans le cas des petits cours d'eau, pour l'année entière et pour les périodes hivernales. Ces débits sont, par conséquent, susceptibles d'être trop sévères pour le maintien de conditions favorables pour les poissons et il n'est pas recommandé de les utiliser comme référence pour fixer les normes de protection des espèces et de leurs habitats. On notera que pour les grands cours d'eau, comme par exemple les rivières Moisie, Ashuapmushuan et Waswanipi, la fréquence de dépassement du 7 Q 2 (estival) est comparable ou parfois inférieure à celle du 0,50 QMA. Ceci est attribuable au fait que ces cours d'eau connaissent des étiages estivaux moins prononcés que les rivières de gabarit faible et moyen, en raison de la plus grande superficie de leur bassin versant.

Il en va de même pour le 0,25 QMA, dont la fréquence de dépassement est élevée pour la plupart des phases critiques, sauf en ce qui concerne les périodes hivernales où, pour les raisons énoncées plus haut, il peut servir de référence. Il importe de rappeler que le 0,25 QMA est un débit réservé couramment utilisé dans les provinces maritimes, où il offre un degré de protection des habitats du poisson comparable à d'autres types de débits réservés, tels l'ABF et la méthode du Montana (Caissie et El-Jabi, 1995). La présente étude tend toutefois à démontrer que ce débit serait trop contraignant pour les poissons dans les rivières du Québec, vraisemblablement en raison du fait que le climat y est plus continental et que le régime hydrologique des rivières y est quelque peu différent. En effet, dans les provinces maritimes, l'hiver est un peu moins rigoureux et les étiages en cette saison, moins prononcés.

TABLEAU 6. Comparaison du “ 0,25 QMA ” avec les débits mensuels minimums et moyens des mois de décembre à avril.<sup>1</sup>

Rivière	Station	0,25 QMA	Débit moyen mensuel minimum					Débit moyen mensuel				
			Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.
<b>Région écologique 1a</b>												
Petit Saguenay	060101	3,7	2,4	1,8	1,4	1,6	8,3	5,9	3,7	3,5	4,4	27,6
Sainte-Marguerite	062802	7,6	10,0	5,3	3,6	4,0	14,9	16,3	8,4	6,9	6,4	37,7
Escoumins	070201 / 070203	3,7	4,2	3,0	2,3	2,0	3,5	8,9	5,8	4,6	4,2	21,0
Portneuf	070401	16,0	19,1	13,6	9,9	7,6	24,9	27,7	19,2	15,6	15,8	69,9
Godbout	071401	10,6	8,3	8,3	6,7	12,0	12,0	21,3	13,2	12,2	12,2	43,9
Moisie	072301	106,4	114,8	68,5	54,1	50,9	70,5	210,4	123,6	100,7	89,9	184,6
Romaine	073801	73,9	75,0	48,3	38,7	36,3	57,2	152,9	95,1	79,3	73,3	122,2
<b>Région écologique 1b</b>												
Bonaventure	010801 / 010802	11,5	12,0	5,7	3,9	4,7	7,6	30,2	13,4	12,8	12,9	62,4
Petite Cascapédia	010901 / 010902	7,9	6,3	5,1	2,7	3,4	3,5	22,1	9,9	8,2	8,5	34,0
Cap-Chat	021502	4,9	4,2	2,8	2,1	1,9	3,1	10,8	4,8	5,1	5,5	28,7
Rimouski	022003	7,6	6,2	5,0	2,6	4,8	13,7	17,6	9,7	9,3	11,3	71,8
Trois-Pistoles	022301	4,5	1,4	1,0	1,0	1,1	16,5	9,4	5,2	6,9	7,9	61,7
<b>Région écologique 1c</b>												
Pikauba	061022	3,3	3,1	1,8	1,6	1,3	1,8	6,1	3,8	3,4	3,4	15,6
Métabetchouane	061502	11,6	15,3	11,0	7,6	5,5	17,5	29,4	17,6	13,9	15,7	82,4
Ashuapmushuan	061901	74,5	95,6	68,2	60,9	51,5	81,6	154,6	99,6	82,1	78,3	279,2
aux Saumons	061909	1,9	2,8	1,7	1,4	1,7	7,9	4,5	2,5	2,0	2,4	16,5
Mistassini	062102	48,6	53,0	40,2	35,0	22,0	35,1	94,8	58,9	44,8	40,9	186,5
<b>Région écologique 1d</b>												
du Gouffre	051301	4,6	4,4	4,0	3,5	3,6	7,2	9,8	6,4	6,1	6,7	32,0
Malbaie	051502	8,6	8,0	8,0	6,9	6,4	9,9	15,4	11,6	10,3	10,8	46,4
<b>Région écologique 2a</b>												
Beaurivage	023401	3,6	0,2	0,8	0,4	0,6	16,1	8,8	5,6	4,3	13,0	57,0
Chaudière	023402	28,7	24,0	10,5	9,2	8,5	122,0	90,1	44,9	39,6	110,1	404,3
Petite rivière du Chêne	023701	1,8	1,8	0,9	0,8	3,3	16,5	6,8	3,2	5,1	9,3	30,5

<sup>1</sup> Voir texte pour explications

TABLEAU 6 (suite). Comparaison du "0,25 QMA" avec les débits mensuels et moyens des mois de décembre à avril. <sup>1</sup>

Rivière	Station	0,25 QMA	Débit moyen mensuel minimum					Débit moyen mensuel				
			Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.
<b>Région écologique 2b</b>												
Saint-François	030203	47,9	52,7	42,0	40,9	55,3	221,6	157,4	131,0	123,6	254,6	575,8
Coaticook	030215	2,4	2,0	1,7	1,9	4,9	12,4	8,2	5,8	6,3	14,4	28,6
Eaton	030234	3,3	3,1	1,3	1,3	4,0	18,8	10,9	6,1	7,6	20,5	42,8
Au Saumon	030282	4,5	3,9	2,1	2,2	8,7	35,8	13,7	8,1	11,1	22,7	54,4
<b>Région écologique 2c</b>												
Petite Nation	040401/040406	4,9	3,5	4,0	5,2	5,4	10,1	16,5	14,1	12,1	13,3	43,0
Croche	050135	7,4	7,8	6,0	5,4	5,1	14,6	18,4	10,3	9,7	10,8	62,8
Batiscan	050304	24,5	32,3	24,2	19,2	19,9	113,2	64,3	37,1	35,7	46,1	226,8
Maskinongé	052601	4,4	3,3	3,0	2,1	3,3	10,3	12,6	7,4	6,6	10,2	55,4
<b>Région écologique 2d</b>												
Maganasipi	042103	2,3	1,6	1,1	1,1	1,8	13,9	6,6	3,9	3,4	5,3	27,6
Kinojévis	043012	9,8	12,1	9,2	9,0	8,1	35,1	20,9	13,7	12,1	14,3	94,9
Harricana	080101	14,8	17,3	13,3	11,4	9,8	14,1	46,8	29,0	21,2	19,4	69,7
Turgeon	080104	48,6	31,5	21,1	13,5	11,4	46,8	101,0	44,2	30,6	31,7	298,3
Bell	080707	98,3	119,0	83,7	71,9	66,6	76,0	252,5	149,3	111,2	98,0	405,5
Waswanipi	080718	146,1	275,1	193,6	165,7	118,0	150,2	469,6	297,3	208,4	169,5	271,8
de Rupert	081002	211,8	573,4	456,6	376,9	328,9	295,5	817,8	656,4	524,4	424,6	456,2
Pontax	081101	24,6	27,3	14,5	9,2	7,4	7,9	54,0	27,5	17,7	14,9	95,9
<b>Région écologique 3a</b>												
Richelieu	030401	85,3	89,6	79,4	75,3	80,0	241,0	273,0	248,9	242,7	360,5	708,9
<b>Région écologique 3b</b>												
Désert	040810	6,2	6,3	4,8	4,2	4,9	16,3	21,7	14,2	11,1	11,6	56,1
Picanoc	040814	4,7	4,8	5,0	4,2	6,2	21,1	16,8	11,9	10,8	17,1	55,2
Gatineau	040830	31,9	47,4	33,0	25,7	24,3	92,6	80,0	44,6	38,5	44,5	271,9
Dumoine	041903	6,6	13,2	11,9	10,8	10,3	14,0	24,4	18,5	14,9	14,2	36,4

<sup>1</sup> Voir texte pour explications

---

En résumé, le tableau 7 donne le débit réservé le plus approprié pour chaque phase critique des espèces cibles dans chacune des régions écologiques. Le chapitre suivant porte sur la régionalisation et la détermination de ces débits réservés. Cependant, il est impératif, à ce point, d'émettre une mise en garde. En effet, le choix des débits proposé au tableau 7 repose sur une analyse statistique effectuée à l'aide de données hydrologiques provenant d'une quarantaine de rivières témoins. Or, même si des tendances générales sont aisément discernables, il n'en demeure pas moins que chaque rivière possède ses propres particularités au plan hydrologique et, pour cette raison, il existe parfois des exceptions, c'est-à-dire des cas extrêmes situés en dehors d'une certaine fourchette de valeurs dites normales. C'est pourquoi le gestionnaire qui doit décider d'un débit réservé sur une rivière donnée aurait avantage à valider ce débit, c'est-à-dire à le comparer aux débits naturels prévalant dans le cours d'eau, ou mieux, à calculer sa fréquence au dépassement, en consultant les annexes 3 et 4 ou en référant à la direction du milieu hydrique du MEF. Une fréquence au dépassement trop basse (inférieure à 50 %) correspond à un débit inutilement élevé, tandis qu'une fréquence au dépassement trop haute (supérieure à 90 %) peut représenter un débit contraignant pour les ressources aquatiques. Au besoin, les débits réservés recommandés au tableau 7 peuvent donc être ajustés à la hausse ou à la baisse, selon le cas. Pour les rivières non jaugées, la validation peut être faite à l'aide des données hydrologiques provenant de stations hydrométriques proximales.

TABLEAU 7. Identification du débit réservé en fonction des phases critiques du cycle vital des différentes espèces cibles dans chaque région écologique.

RÉGIONS ÉCOLOGIQUES	ESPÈCES CIBLES	PHASES CRITIQUES		DÉBIT RÉSERVÉ <sup>1</sup>
		Date	Justification	
1a. Côte-Nord et Saguenay	Saumon atlantique Omble de fontaine Éperlan arc-en-ciel Anguille d'Amérique	A. Toute l'année		0,50 QMA
		B. 1 mai au 30 juin:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Émergence des alevins de salmonidés</li> <li>- Dévalaison des saumonnettes</li> <li>- Fraye et incubation des oeufs de l'éperlan arc-en-ciel</li> <li>- Début de la montaison du saumon</li> </ul>	0,5 QMP
		C. 1 juin au 30 septembre:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation (toutes les espèces)</li> <li>- Migration de l'anguille d'Amérique</li> <li>- Montaison du saumon atlantique</li> </ul>	Q <sub>50</sub> août
		D. 1 septembre au 31 octobre:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fraye des salmonidés</li> </ul>	Q <sub>50</sub> sept.
		E. 15 octobre au 30 juin:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incubation des oeufs de salmonidés</li> </ul>	0,25 QMA
1b. Bas-Saint-Laurent Gaspésie	Saumon atlantique Omble de fontaine Anguille d'Amérique Éperlan arc-en-ciel	A. Toute l'année		0,50 QMA
		B. 15 avril au 30 juin:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Émergence des alevins</li> <li>- Dévalaison des saumonnettes</li> <li>- Début de la migration de l'anguille</li> <li>- Fraye, incubation des oeufs et dévalaison de l'éperlan arc-en-ciel</li> </ul>	0,5 QMP
		C. 1 juin au 30 septembre:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation (toutes les espèces)</li> <li>- Migration de l'anguille d'Amérique</li> </ul>	Q <sub>50</sub> août
		D. 15 septembre au 31 octobre:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fraye des salmonidés</li> <li>- Migration de l'anguille d'Amérique</li> </ul>	Q <sub>50</sub> sept.
		E. 15 octobre au 30 juin:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incubation des oeufs</li> </ul>	0,25 QMA

<sup>1</sup> QMA = débit moyen annuel; QMP = débit moyen pour la période; Q<sub>50</sub> août = débit médian du mois d'août; Q<sub>50</sub> sept. = débit médian du mois de septembre

TABLEAU 7 (suite). Identification du débit réservé en fonction des phases critiques du cycle vital des différentes espèces cibles dans chaque région écologique.

RÉGIONS ÉCOLOGIQUES	ESPÈCES CIBLES	PHASES CRITIQUES		DÉBIT RÉSERVÉ <sup>1</sup>
		Date	Justification	
1c. Lac-Saint-Jean	Ouananiche Omble de fontaine	A. Toute l'année		0,5 QMA
		B. 15 mai au 5 juillet:	- Émergence des alevins - Dévalaison des saumonceaux	0,5 QMP
		C. 1 juin au 30 septembre	- Alimentation (toutes les espèces)	Q <sub>50</sub> août
		D. 15 septembre au 31 octobre:	- Fraye des salmonidés	Q <sub>50</sub> sept.
		E. 15 octobre au 30 juin:	- Incubation des oeufs	0,25 QMA
1d. Québec-nord	Saumon atlantique Omble de fontaine Truite arc-en-ciel Anguille d'Amérique	A. Toute l'année		0,5 QMA
		B. 15 avril au 30 juin:	- Émergence des alevins - Dévalaison des saumonceaux - Fraye de la truite arc-en-ciel	0,5 QMP
		C. 1 juin au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces) - Migration de l'anguille d'Amérique	Q <sub>50</sub> août
		D. 1 septembre au 15 novembre:	- Fraye des salmonidés	Q <sub>50</sub> sept.
		E. 15 octobre au 30 juin:	- Incubation des oeufs	0,25 QMA
2a. Québec-sud; Chaudière-Appalaches	Omble de fontaine Truite arc-en-ciel Éperlan arc-en-ciel Anguille d'Amérique Achigan à petite bouche	A. Toute l'année		0,5 QMA
		B. 15 avril au 15 juillet:	- Émergence des alevins - Fraye et incubation des oeufs de la truite arc-en-ciel, du doré jaune et de l'achigan à petite bouche	0,5 QMP
		C. 1 juin au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces) - Migration de l'anguille d'Amérique	Q <sub>50</sub> août
		D. 15 septembre au 15 novembre:	- Fraye de l'omble de fontaine	0,3 QMA
		E. 1 novembre au 30 juin:	- Incubation des oeufs d'omble de fontaine	0,25 QMA

<sup>1</sup> QMA = débit moyen annuel; QMP = débit moyen pour la période; Q<sub>50</sub> août = débit médian du mois d'août; Q<sub>50</sub> sept. = débit médian du mois de septembre



TABLEAU 7 (suite). Identification du débit réservé en fonction des phases critiques du cycle vital des différentes espèces cibles dans chaque région écologique.

RÉGIONS ÉCOLOGIQUES	ESPÈCES CIBLES	PHASES CRITIQUES		DÉBIT RÉSERVÉ <sup>1</sup>
		Date	Justification	
2b. Estrie-Bois-Francs	Doré jaune	A. Toute l'année		0,5 QMA
	Grand brochet	B. 1 avril au 30 juin:	- Fraye et incubation des oeufs des ésocidés, des percidés et de l'achigan à petite bouche	0,5 QMP
	Brochet maillé			
	Achigan à petite bouche	C. 1 mai au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces) - Migration de l'anguille	Q <sub>50</sub> août
	Omble de fontaine			
Truite brune				
Truite arc-en-ciel	D. 15 septembre au 31 octobre:	- Fraye des salmonidés	Q <sub>50</sub> sept.	
Esturgeon jaune				
Perchaude	E. 1 octobre au 30 avril:	- Incubation des oeufs des salmonidés	0,25 QMA	
Anguille d'Amérique				
Esturgeon jaune				
2c. Mauricie-Laurentides Lanaudière	Doré jaune	A. Toute l'année		0,5 QMA
	Omble de fontaine	B. 15 avril au 15 juin:	- Fraye et incubation des oeufs du doré jaune, du grand brochet et de l'esturgeon jaune	0,5 QMP
	Truite arc-en-ciel			
	Grand corégone	C. 1 juin au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces)	Q <sub>50</sub> août
	Ouananiche			
Truite brune	D. 15 septembre au 30 novembre:	- Fraye des salmonidés	Q <sub>50</sub> sept.	
Esturgeon jaune				
Achigan à petite bouche	E. 15 octobre au 30 juin:	- Incubation des oeufs des salmonidés	0,25 QMA	
Grand brochet				
2d. Nord-Ouest	Doré jaune	A. Toute l'année		0,5 QMA
	Esturgeon jaune	B. 15 avril au 15 juillet:	- Fraye et incubation des oeufs du doré jaune, de l'esturgeon jaune, de la laquaiche aux yeux d'or, du grand brochet et de l'achigan à petite bouche	0,5 QMP
	Laquaiche aux yeux d'or			
	Omble de fontaine	C. 1 juin au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces)	Q <sub>50</sub> août
	Touladi			
Grand corégone	D. 1 septembre au 30 novembre:	- Fraye des salmonidés	Q <sub>50</sub> sept.	
Grand brochet				
	E. 15 octobre au 30 juin:	- Incubation des oeufs des salmonidés	0,25 QMA	

<sup>1</sup> QMA = débit moyen annuel; QMP = débit moyen pour la période; Q<sub>50</sub> août = débit médian du mois d'août; Q<sub>50</sub> sept. = débit médian du mois de septembre

TABLEAU 7 (suite). Identification du débit réservé en fonction des phases critiques du cycle vital des différentes espèces cibles dans chaque région écologique.

RÉGIONS ÉCOLOGIQUES	ESPÈCES CIBLES	PHASES CRITIQUES		DÉBIT RÉSERVÉ <sup>1</sup>
		Date	Justification	
3a. Montérégie	Doré jaune	A. Toute l'année		0,5 QMA
	Achigan à petite bouche	B. 1 avril au 15 juillet:	- Fraye et incubation des oeufs du doré et de l'achigan	0,5 QMP
	Anguille d'Amérique			
		C. 1 mai au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces) - Migration de l'anguille d'Amérique	Q <sub>50</sub> août
3b. Outaouais	Esturgeon jaune	A. Toute l'année		0,5 QMA
	Doré jaune	B. 1 avril au 15 juillet:	- Fraye et incubation des oeufs de toutes les espèces	0,5 QMP
	Grand brochet			
	Achigan à petite bouche Meunier noir	C. 1 mai au 30 septembre:	- Alimentation (toutes les espèces)	Q <sub>50</sub> août

<sup>1</sup> QMA = débit moyen annuel; QMP = débit moyen pour la période; Q<sub>50</sub> août = débit médian du mois d'août; Q<sub>50</sub> sept. = débit médian du mois de septembre

---

## 5. RÉGIONALISATION ÉCOHYDROLOGIQUE ET DÉTERMINATION DES DÉBITS RÉSERVÉS

---

L'objectif de ce chapitre est de délimiter les régions écohydrologiques du Québec méridional et de développer, pour chacune d'elles, des formules mathématiques permettant de déterminer les débits réservés à partir des caractéristiques physiques et climatiques des bassins versants, comme leur superficie, la pente et la longueur du cours principal, les précipitations, etc. En effet, il est bien connu qu'il existe une relation entre ces caractéristiques et le débit d'un cours d'eau, que ce soit le débit moyen, le débit de crue, le débit d'étiage ou encore, en ce qui concerne plus spécifiquement le présent travail, le débit réservé. Lorsqu'une telle relation est connue, il devient possible d'estimer le débit en tous points d'un cours d'eau, que ce dernier soit jaugé ou non, à partir des caractéristiques physiques et climatiques de la partie du bassin versant située en amont du point où l'on veut calculer ce débit.

### 5.1 Méthodes

#### 5.1.1 Démarche suivie

La démarche méthodologique suivie dans le présent chapitre comporte trois étapes. D'abord, une régionalisation hydrologique est effectuée dans l'ensemble du Québec méridional (c'est-à-dire la portion de territoire située, grossièrement, au sud du 52<sup>e</sup> parallèle). Cette opération consiste à grouper les bassins versants présentant des similarités hydrologiques, sur la base des données de débits enregistrées dans les différentes stations du réseau hydrométrique du MEF.

Ensuite, les régions écohydrologiques sont délimitées en couplant la carte des régions écologiques avec celle des régions hydrologiques.

Enfin, la troisième étape consiste à faire une analyse régionale des débits réservés afin d'établir, pour chaque région hydrologique identifiée à la première étape, une relation mathématique entre le débit réservé et les caractéristiques physiques et climatiques des bassins versants.

Les détails méthodologiques relatifs à la régionalisation hydrologique et à l'analyse régionale des débits réservés sont donnés dans les deux sous-sections suivantes.

---

### 5.1.2 Régionalisation hydrologique

La régionalisation hydrologique a été effectuée à l'aide de la méthode proposée par Burn et Goulter (1991), qui a déjà été appliquée au territoire québécois à des fins de rationalisation du réseau hydrométrique du MEF par Rasmussen *et al.* (1995). Cette méthode est basée sur la classification hiérarchique des coefficients de corrélation qui sont ici utilisés pour définir la similarité entre les débits observés aux différentes stations. Lorsque plusieurs variables sont considérées, une moyenne pondérée des coefficients peut être calculée comme suit :

$$r_j = \sum_{k=1}^K w_k r_{k,ij}$$

où  $K$  est le nombre de variables considérées,  $w_k$  est le poids associé à la variable  $k$  et  $r_{k,ij}$  est le coefficient de corrélation entre les sites  $i$  et  $j$  pour la variable  $k$ .

Notons que dans la présente régionalisation, trois variables ont été considérées afin de tenir compte de la variation du débit à chaque station, soit le débit annuel moyen, le débit annuel minimum et le débit annuel maximum. C'est donc dire que dans l'équation précédente, on trouve  $K = 3$ . Par ailleurs, il a été décidé de donner un poids plus élevé au débit maximum annuel, de sorte que la similarité entre les stations est déterminée par la formule suivante :

$$r_j = 0,25r_{ij}^{moy} + 0,25r_{ij}^{min} + 0,50r_{ij}^{max}$$

où,  $r_{ij}^{moy}$ ,  $r_{ij}^{min}$  et  $r_{ij}^{max}$  sont respectivement les coefficients de corrélation obtenus entre les stations  $i$  et  $j$  pour les variables «débit annuel moyen», «débit annuel minimum» et «débit annuel maximum». La raison pour laquelle un poids relatif plus élevé a été accordé au débit annuel maximum réside dans le fait que cette variable est associée aux débits enregistrés au cours de la crue printanière, cette dernière étant généralement l'événement hydrologique majeur dans les rivières du Québec. En effet, c'est durant cette période que sont évacuées les quantités d'eau les plus considérables, soit l'équivalent d'environ 30 % à 40 % du volume d'eau total annuel.

---

Un modèle de classification hiérarchique à liens moyens a été utilisé pour grouper les stations entre elles. Il s'agit d'une méthode d'analyse combinatoire basée sur un algorithme de calcul de distance séparant les groupes de stations (*average linkage clustering algorithm*). La distance de corrélation moyenne séparant deux groupes X et Y, contenant respectivement  $n_x$  et  $n_y$  stations, est établie de la façon suivante:

$$r_{xy} = \frac{l}{n_x n_y} \sum_{i \in X} \sum_{j \in Y} r_{ij}$$

La fusion de deux groupes intervient lorsque le groupement atteint la valeur moyenne de leurs similarités inter-groupes. Dans une première étape, les deux groupes de stations les plus proches (ou les moins "distantes" selon l'équation ci-haut) sont identifiés et agglomérés. Ensuite, à mesure que s'abaisse le critère de similarité, la procédure est répétée jusqu'à l'obtention d'un seul groupe. Ce calcul itératif permet de bâtir un arbre de classification (dendrogramme) qui illustre la distance entre chaque station et groupes de stations formés à chaque niveau de partition. En coupant l'arbre de classification à un certain niveau (distance), on obtient différents groupes de stations pour lesquels le coefficient de corrélation pondéré est élevé. Les groupes les mieux isolés les uns des autres sont sélectionnés.

La régionalisation a été effectuée à l'aide des données de débits enregistrées à 116 stations hydrométriques, dont la liste est présentée à l'annexe 5. De fait, le réseau hydrométrique du MEF compte quelque 150 stations réparties sur l'ensemble du territoire québécois, mais, pour les besoins de la présente régionalisation, seules les stations répondant aux conditions suivantes ont été retenues:

- être située dans la zone d'étude, soit le Québec méridional;
- être située sur un cours d'eau à régime d'écoulement naturel ou faiblement régularisé;
- avoir été en fonction pendant au moins une décennie, car il est impossible de faire une analyse statistique adéquate à partir d'une série temporelle de moins de dix ans de données (Rasmussen *et al.* , 1995).

---

### 5.1.3 Analyse régionale des débits réservés

L'étude régionale des débits réservés consiste en une analyse de régression multiple pas-à-pas, qui permet de déterminer quelles caractéristiques physiques et climatiques (variables indépendantes) expliquent le mieux le débit réservé (variable dépendante).

Les caractéristiques physiques et climatiques des bassins versants considérées dans cette analyse sont la superficie du bassin versant, la pente et la longueur du cours d'eau, le pourcentage de superficie en eau (marais et lacs), le pourcentage de superficie boisée et la précipitation totale annuelle. En effet, toutes ces variables exercent un effet sur le débit d'une rivière, bien qu'en général la superficie du bassin soit la plus déterminante. Dans les analyses régionales de débit effectuées à ce jour au Québec et au Canada, elle explique habituellement 90 % à 95 % de la variance de la variable dépendante, cette dernière étant soit le débit moyen, le débit de crue ou le débit d'étiage (Hoang et Tremblay, 1976; Hoang, 1977; Rousselle *et al.* 1990).

L'analyse de régression multiple a été faite en mode linéaire avec des données transformées en logarithmes népériens. La transformation logarithmique de la variable dépendante permet de répondre à la condition de normalité des données tandis que la transformation des variables indépendantes, de répondre à la condition d'homoscédasticité des variances.

Ainsi, l'équation de régression multiple appliquée sur les données transformées s'écrit :

$$\ln Y = \ln \alpha + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \dots + \beta_n \ln X_n$$

où  $Y$  est la variable dépendante (le débit réservé);  $X_1$  à  $X_n$  sont les variables indépendantes (les diverses caractéristiques physiques et climatiques);  $\alpha$  représente l'ordonnée à l'origine;  $\beta_1$  à  $\beta_n$  sont des coefficients de régression partiels.

Lorsque retransformée, l'équation prend la forme suivante:

$$Y = e^{(\ln \alpha + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \dots + \beta_n \ln X_n)}$$

où  $e = 2,71828$ .

---

Plus simplement, on peut écrire:

$$Y = e^{\ln \alpha} \times X_1^{\beta_1} \times X_2^{\beta_2} \times \dots \times X_n^{\beta_n}$$

De plus amples détails sur l'analyse de régression multiple sont donnés par Sokal et Rohlf (1981) et par Zar (1984).

Par ailleurs, les caractéristiques physiques et climatiques des bassins versants situés en amont des 116 stations hydrométriques retenues pour l'analyse sont données à l'annexe 6. Ces caractéristiques ont été déterminées selon les procédures décrites à l'annexe 7.

## 5.2 Régionalisation hydrologique

La classification hiérarchique a permis d'identifier 11 groupes de stations fortement corrélées formant chacun une région dite homogène au plan hydrologique. Le dendrogramme ayant servi à reconnaître ces régions n'est pas présenté dans ce document en raison de sa grande taille.

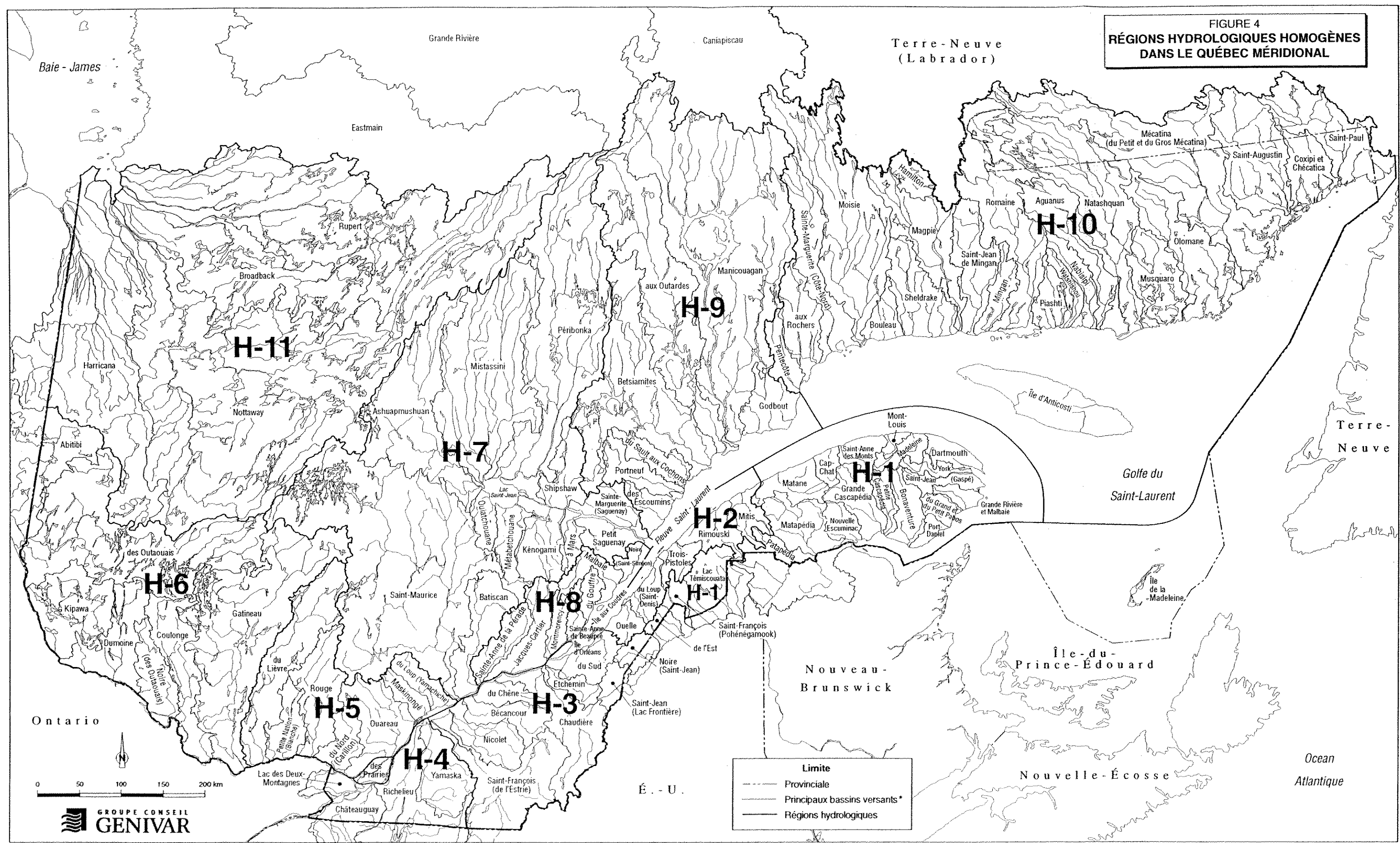
Ces 11 régions hydrologiques, que l'on a désignées H-1 à H-11 et qui sont représentées à la figure 4, correspondent relativement bien aux divisions géographiques habituellement reconnues dans le Québec méridional (Annexe 8).

## 5.3 Délimitation des régions écohydrologiques

Les régions écohydrologiques sont déterminées en superposant la carte des régions hydrologiques homogènes (Figure 4) avec la carte des régions écologiques produite à la section 3.4 (Figure 2). Il en résulte une nouvelle carte, sur laquelle on peut distinguer 15 régions écohydrologiques (Figure 5).

On remarque que certaines régions écologiques chevauchent plusieurs régions hydrologiques, comme la région écologique 1a, qui englobe les régions hydrologiques H-9, H-10 et une petite partie de la région H-7. C'est aussi le cas de la région 1b, qui correspond aux régions H-1 et H-2. À l'inverse, certaines régions hydrologiques peuvent contenir plusieurs régions écologiques, comme la région H-3, qui renferme les régions 2a et 2b.

FIGURE 4  
RÉGIONS HYDROLOGIQUES HOMOGÈNES  
DANS LE QUÉBEC MÉRIDIONAL

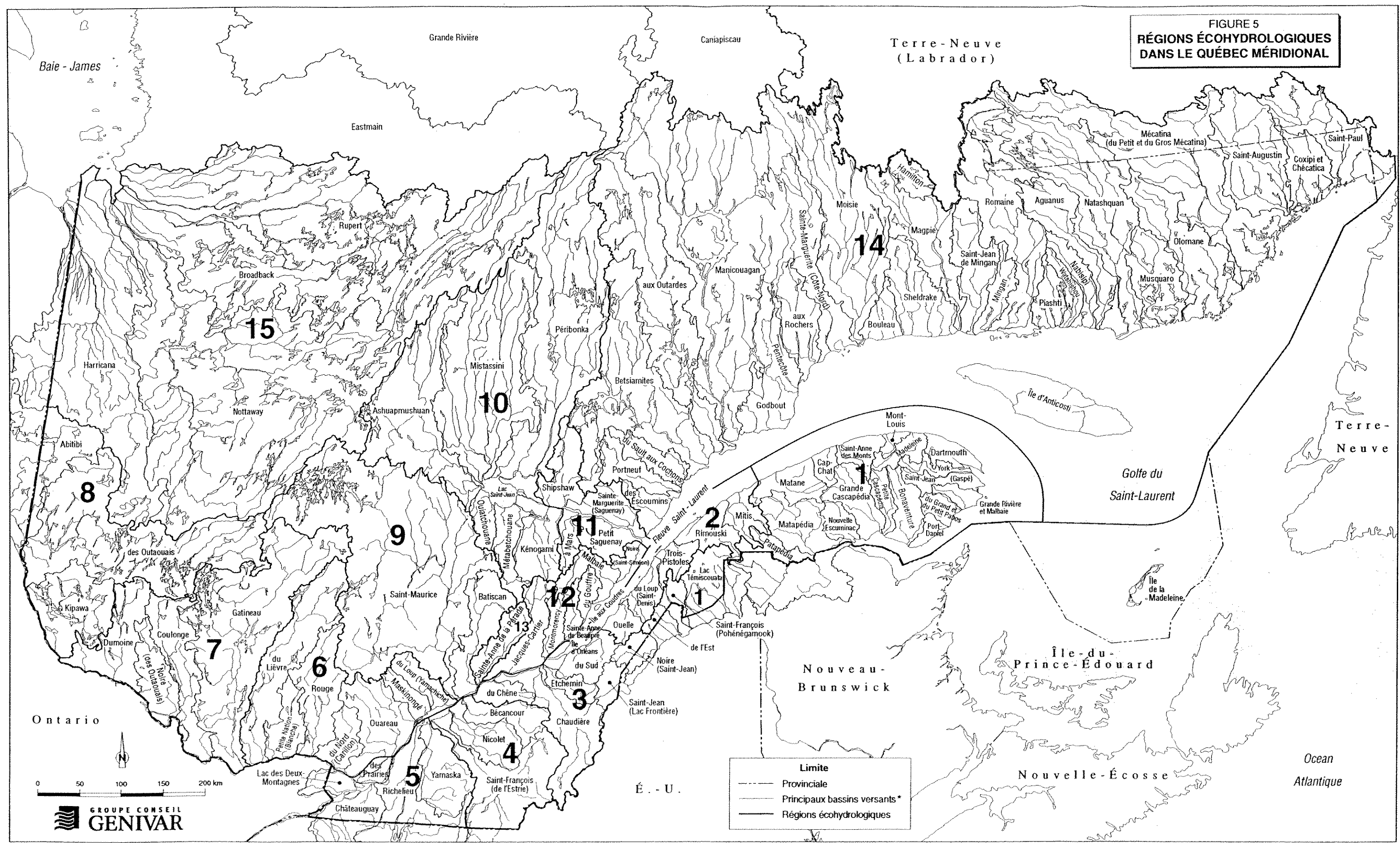


\* Source: Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 1981.





**FIGURE 5**  
**RÉGIONS ÉCOHYDROLOGIQUES**  
**DANS LE QUÉBEC MÉRIDIONAL**



**Limite**  
 - - - - - Provinciale  
 ——— Principaux bassins versants\*  
 ——— Régions écohydrologiques

0 50 100 150 200 km  
**GROUPE CONSEIL**  
**GENIVAR**

\* Source: Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 1981.

---

Dans un seul cas, une région écologique coïncide exactement avec une région hydrologique. Il s'agit de la région écologique 3a qui correspond à la région hydrologique H-4.

#### 5.4 Analyse régionale des débits réservés

Le débit réservé sur un cours d'eau donné peut être estimé à l'aide de l'équation de régression multiple suivante:

$$Q_r = e^k \times S^a \times L^b \times P^c \times PTA^d \times F^e \times Lac^f$$

où

- $Q_r$  : le débit réservé en m<sup>3</sup>/s (calculé en utilisant, selon la région écologique et la période critique à protéger, l'une ou l'autre des méthodes suivantes : 0,25 QMA, 0,3 QMA, 0,5 QMA, 0,5 QMP, Q50 août, Q50 sept.);
- $e$  : 2,71828
- $S$  : la superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>);
- $L$  : la longueur du cours d'eau (km);
- $P$  : la pente moyenne du cours d'eau (m/km);
- $PTA$  : la précipitation totale annuelle (mm);
- $F$  : le pourcentage de forêt sur le bassin versant;
- $Lac$  : le pourcentage de lacs et de marais sur le bassin versant.

Par ailleurs,  $k$  représente l'ordonnée à l'origine (exprimée en logarithme népérien) et les exposants  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ , et  $f$  sont les coefficients de régression partielle rattachés respectivement à la superficie du bassin versant, à la longueur et à la pente moyenne du cours d'eau, à la précipitation totale annuelle, au pourcentage de forêt et au pourcentage de lac et de marais.

Les tableaux 8 à 13 donnent pour chaque type de débit réservé (0,25 QMA, 0,3 QMA, etc.) et pour chaque région hydrologique, la valeur des paramètres de la droite de régression et celle des statistiques rattachées au modèle prédictif. Les mêmes tableaux établissent la correspondance entre les régions hydrologiques, les régions écologiques et les régions écohydrologiques.

TABLEAU 8. Formules régionales pour la détermination du «0,5 QMA»\*

Région écohydrologique <sup>1</sup>	Région écologique <sup>2</sup>	Région hydrologique <sup>3</sup>	k	a	b	c	d	e	(R <sup>2</sup> ) <sup>4</sup>	F-ratio	P≤ <sup>5</sup>	n <sup>6</sup>
1	1b	H-1	-5,25	1,072		0,180			0,98	257,3	0,00001	14
			-4,73	1,038			0,97	359,6	0,00001	14		
2	1b	H-2	-4,40	0,965					0,99	280,3	0,0005	5
3, 4	2a, 2b	H-3	-6,92	1,129				0,385	0,97	259,6	0,00001	15
			-5,04	1,079		0,96	333,9		0,00001	15		
5	3a	H-4	-5,21	1,031					0,99	766,0	0,0227	3
6	2c	H-5	-4,73	0,997					0,98	414,0	0,00001	7
7, 8	2d, 3b	H-6	-4,76	0,977					0,99	490,4	0,00001	7
9, 10, 11	1a, 1c, 2c	H-7	-15,05	1,069			1,44		0,98	465,0	0,00001	19
			-4,56	0,995		0,97		571,0	0,00001	19		
12, 13	1d, 2c	H-8	-11,82	1,027			1,041		0,98	149,7	0,00001	8
			-3,78	0,930		0,96		171,9	0,00001	8		
14	1a	H-9 et H-10	-10,66	0,959			0,952		0,98	540,6	0,00001	17
			-4,09	0,966		0,98		871,0	0,00001	17		
15	2d	H-11	-5,22	1,056					0,99	1261,3	0,00001	14

\* 0,5 QMA = e<sup>k</sup> x S<sup>a</sup> x L<sup>b</sup> x P<sup>c</sup> x PTA<sup>d</sup> x F<sup>e</sup> x Lac<sup>f</sup> (voir le texte pour la définition des variables)

<sup>1</sup> voir figure 5

<sup>2</sup> voir figure 2

<sup>3</sup> voir figure 4

<sup>4</sup> coefficient de détermination

<sup>5</sup> seuil de probabilité (niveau de signification)

<sup>6</sup> nombre de rivières pour les périodes considérées

TABLEAU 9. Formules régionales pour la détermination du «0,3 QMA»\*

Région écohydrologique <sup>1</sup>	Région écologique <sup>2</sup>	Région hydrologique <sup>3</sup>	<i>k</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	(R <sup>2</sup> ) <sup>4</sup>	F-ratio	P≤ <sup>5</sup>	n <sup>6</sup>
3,4	2a, 2b	H-3	-7,44	1,129				0,385	0,97	259,6	0,00001	15
			-5,55	1,079					0,96	333,9	0,00001	15

\*  $0,3 \text{ QMA} = e^k \times S^a \times L^b \times P^c \times \text{PTA}^d \times F^e \times \text{Lac}^f$  (voir le texte pour la définition des variables)

<sup>1</sup> voir figure 5

<sup>2</sup> voir figure 2

<sup>3</sup> voir figure 4

<sup>4</sup> coefficient de détermination

<sup>5</sup> seuil de probabilité (niveau de signification)

<sup>6</sup> nombre de rivières pour les périodes considérées

TABLEAU 10. Formules régionales pour la détermination du «0,25 QMA»\*

Région écohydrologique <sup>1</sup>	Région écologique <sup>2</sup>	Région hydrologique <sup>3</sup>	k	a	b	c	d	e	(R <sup>2</sup> )	F-ratio	P <sub>≤</sub> <sup>5</sup>	n <sup>6</sup>
1	1b	H-1	-5,94	1,072		0,180			0,98	257,3	0,00001	14
			-5,42	1,038			0,97	359,6	0,00001	14		
2	1b	H-2	-5,09	0,965					0,98	280,3	0,0005	5
3, 4	2a, 2b	H-3	-7,62	1,129			0,385		0,97	259,6	0,00001	15
			-5,73	1,079		0,96		333,9	0,00001	15		
5	3a	H-4	-5,90	1,031				0,99	666,0	0,0367	3	
6	2c	H-5	-5,42	0,997				0,98	414,0	0,00001	7	
7,8	2d, 3b	H-6	-5,45	0,977				0,99	490,4	0,00001	7	
9, 10, 11	1a, 1c, 2c	H-7	-15,7	1,069		1,440		0,98	465,0	0,00001	19	
			-5,25	0,995			0,97	571,0	0,00001	19		
12, 13	1d, 2c	H-8	-12,5	1,027		1,041		0,98	149,7	0,00001	8	
			-4,48	0,93			0,96	171,9	0,00001	8		
14	1a	H-9 et H-10	-11,36	0,959		0,952		0,99	540,6	0,00001	17	
			-4,78	0,966			0,98	871,0	0,00001	17		
15	2d	H-11	-5,91	1,056				0,99	1261,3	0,00001	14	

\* 0,25 QMA = e<sup>k</sup> x S<sup>a</sup> x L<sup>b</sup> x P<sup>c</sup> x PTA<sup>d</sup> x F<sup>e</sup> x Lac<sup>f</sup> (voir le texte pour la définition des variables)

<sup>1</sup> voir figure 5

<sup>2</sup> voir figure 2

<sup>3</sup> voir figure 4

<sup>4</sup> coefficient de détermination

<sup>5</sup> seuil de probabilité (niveau de signification)

<sup>6</sup> nombre de rivières pour les périodes considérées

TABLEAU 11. Formules régionales pour la détermination du «0,5 QMP»\*

Région écohydrologique <sup>1</sup>	Région écologique <sup>2</sup>	Région hydrologique <sup>3</sup>	k	a	b	c	d	e	(R <sup>2</sup> ) <sup>4</sup>	F-ratio	P≤ <sup>5</sup>	n <sup>6</sup>
1	1b	H-1	-6,61	0,966				0,752	0,98	283,6	0,00001	14
			-3,42	0,999						0,97	382,2	0,00001
2	1b	H-2	-3,96	1,043					0,96	88,3	0,0026	5
3, 4	2a, 2b	H-3	-4,22	1,103					0,87	114,5	0,00001	18
5	3a	H-4	-5,58	1,124					0,99	2287,7	0,0131	3
6	2c	H-5	-10,33	1,012				1,425	0,99	1088,5	0,00001	8
			-3,99	1,012						0,98	516,8	0,00001
7, 8	2d, 3b	H-6	-4,25	0,990					0,96	135,0	0,0001	7
9, 10, 11	1a, 1c, 2c	H-7	-3,60	0,960					0,86	105,0	0,00001	18
12, 13	1d, 2c	H-8	-2,76	0,905					0,97	248,7	0,00001	9
14	1a	H-9 et H-10	-3,33	0,991					0,97	601,6	0,00001	17
15	2d	H-11	-4,25	0,981		-0,235			0,98	281,9	0,00001	14

\*  $0,5 \text{ QMP} = e^k \times S^a \times L^b \times P^c \times \text{PTA}^d \times F^e \times \text{Lac}^f$  (voir le texte pour la définition des variables)

<sup>1</sup> voir figure 5

<sup>2</sup> voir figure 2

<sup>3</sup> voir figure 4

<sup>4</sup> coefficient de détermination

<sup>5</sup> seuil de probabilité (niveau de signification)

<sup>6</sup> nombre de rivières pour les périodes considérées

TABLEAU 12. Formules régionales pour la détermination du «Q<sub>50</sub> août»\*

Région écohydrologique <sup>1</sup>	Région écologique <sup>2</sup>	Région hydrologique <sup>3</sup>	k	a	b	c	d	e	(R <sup>2</sup> ) <sup>4</sup>	F-ratio	P≤ <sup>5</sup>	n <sup>6</sup>
1	1b	H-1	-8,23	1,431		0,339			0,93	85,4	0,00001	14
			-7,26	1,367			0,91	133,1	0,00001	14		
2	1b	H-2	-6,20	1,104					0,82	19,1	0,0222	5
3, 4	2a, 2b	H-3	-10,57	1,306				0,783	0,90	66,5	0,00001	15
			-6,73	1,204		0,86	89,0		0,00001	15		
5	3a	H-4	-9,85	1,493					0,99	486,1	0,0285	3
6	2c	H-5	-56,00	1,314			5,563	2,268	0,99	274,3	0,00001	8
			-6,74	1,220		0,94			104,1	0,0001	8	
7, 8	2d, 3b	H-6	-7,46	1,316					0,96	154,4	0,0001	7
9, 10, 11	1a, 1c, 2c	H-7	-21,90	1,275			2,240		0,95	179,8	0,00001	19
			-5,59	1,160		0,93		251,9	0,00001	19		
12, 13	1d, 2c	H-8	-18,10	1,076			1,906		0,96	103,4	0,00001	9
			-3,45	0,912		0,91		84,3	0,00001	9		
14	1a	H-9 et H-10	-5,31	1,152					0,97	468,8	0,00001	17
15	2d	H-11	-6,30	1,274		0,414			0,96	169,4	0,00001	14
			-6,19	1,218			0,95	245,9	0,00001	14		

\* Q<sub>50</sub> août = e<sup>k</sup> x S<sup>a</sup> x L<sup>b</sup> x P<sup>c</sup> x PTA<sup>d</sup> x F<sup>e</sup> x Lac<sup>f</sup> (voir le texte pour la définition des variables)

<sup>1</sup> voir figure 5

<sup>2</sup> voir figure 2

<sup>3</sup> voir figure 4

<sup>4</sup> coefficient de détermination

<sup>5</sup> seuil de probabilité (niveau de signification)

<sup>6</sup> nombre de rivières pour les périodes considérées

TABLEAU 13. Formules régionales pour la détermination du «Q<sub>50</sub> septembre»\*

Région écohydrologique <sup>1</sup>	Région écologique <sup>2</sup>	Région hydrologique <sup>3</sup>	k	a	b	c	d	e	(R <sup>2</sup> ) <sup>4</sup>	F-ratio	P≤ <sup>5</sup>	n <sup>6</sup>
1	1b	H-1	-9,40	1,550		0,508			0,92	79,5	0,00001	14
			-7,94	1,454			0,88	99,7	0,00001	14		
2	1b	H-2	-5,19	0,972					0,81	17,7	0,0246	5
3, 4	2a, 2b	H-3	-6,44	1,205					0,89	115,3	0,00001	15
5	3a	H-4	-9,10	1,410					0,98	134,9	0,0539	3
6	2c	H-5	-22,42	1,147				3,644	0,98	215,8	0,00001	8
			-6,19	1,145		0,93	100,7		0,0001	8		
7, 8	2d, 3b	H-6	-5,51	1,702	-1,041				0,98	177,0	0,0001	7
			-6,10	1,131			0,96	148,2	0,0001	7		
9,10, 11	1a, 1c, 2c	H-7	-24,80	1,326			2,603		0,93	115,5	0,00001	19
			-5,87	1,193		0,90		171,2	0,00001	19		
12, 13	1d, 2c	H-8	-17,40	1,054			1,838		0,96	98,6	0,00001	9
			-3,32	0,896		0,91		84,8	0,00001	9		
14	1a	H-9 et H-10	-5,00	1,120					0,97	602,2	0,000001	17
15	2d	H-11	-5,49	1,206		0,530			0,98	312,1	0,00001	14
			-5,35	1,135			0,95	249,6	0,00001	14		

\* Q<sub>50</sub> sept. = e<sup>k</sup> x S<sup>a</sup> x L<sup>b</sup> x P<sup>c</sup> x PTA<sup>d</sup> x F<sup>e</sup> x Lac<sup>f</sup> (voir le texte pour la définition des variables)

<sup>1</sup> voir figure 5

<sup>2</sup> voir figure 2

<sup>3</sup> voir figure 4

<sup>4</sup> coefficient de détermination

<sup>5</sup> seuil de probabilité (niveau de signification)

<sup>6</sup> nombre de rivières pour les périodes considérées



---

On remarque que les régions hydrologiques H-9 et H-10 partagent les mêmes ordonnées à l'origine et les mêmes coefficients de régression partielle. La raison en est que ces deux régions ont été groupées lors de l'analyse régressionnelle, car la région H-9 était représentée par un trop faible nombre de stations pour que les corrélations entre les débits réservés et les variables physiques et climatiques soient fiables. Le nombre de stations de la région hydrologique H-4 était également faible, mais les spécificités géographiques territoriales interdisaient leur fusion avec d'autres entités régionales. Pour cette raison, le problème a été résolu en utilisant uniquement la superficie du bassin à titre de variable explicative du débit réservé.

Si on examine les coefficients de détermination ( $R^2$ ) apparaissant aux tableaux 8 à 13, on constate que la superficie du bassin versant explique, dans la grande majorité des cas, au delà de 90 % de la variance du débit réservé, quel que soit ce dernier. Cette observation ne surprend pas compte tenu de ce qui a été dit plus tôt, à savoir que les analyses régionales de débit effectuées à ce jour au Québec et au Canada l'ont fait ressortir comme étant, en règle générale, la meilleure variable explicative. À l'inverse, on notera que le pourcentage de lacs et marais ne ressort aucunement des modèles de régression. Une telle situation est normale et s'explique par le fait que cette variable conditionne principalement la pointe des crues et l'importance des étiages, qu'elle a tendance à atténuer (Rousselle *et al.*, 1990).

Ainsi, dans toutes les régions écohydrologiques, la connaissance de la superficie du bassin versant en amont du point où l'on veut estimer le débit réservé peut, à elle seule, suffire pour déterminer ce dernier. Les autres variables n'ajoutent que peu d'informations ou de précisions additionnelles à l'estimation. Il est à noter, à cet égard, que lorsqu'un coefficient n'apparaît pas pour une variable physique ou climatique donnée, celle-ci n'a pas d'influence significative sur la valeur prédite du débit réservé. Elle doit donc être exclue de la formule régionale de détermination des débits réservés.

Ceci signifie, par exemple, que si seulement les variables "superficie du bassin versant" et "pente moyenne du cours d'eau" sont requises, le débit réservé peut être estimé comme suit:

$$Qr = e^x \times S^a \times P^c$$

Par ailleurs, dans le cas où seulement la superficie du bassin versant est connue, l'équation devient plus simplement:

---

$$Q_r = e^k \times S^a$$

Les sous-sections suivantes donnent les procédures de calcul du débit réservé pour les trois types de situation pouvant se présenter, à savoir:

- l'estimation du débit réservé à la hauteur d'une station hydrométrique;
- l'estimation du débit réservé en amont ou en aval d'une station hydrométrique;
- l'estimation du débit réservé sur un cours d'eau non jaugé.

Un exemple d'application de chacune de ces procédures est donné au prochain chapitre.

Il est utile de rappeler ici la mise en garde émise à la fin du chapitre 4, selon laquelle le débit réservé, une fois calculé à l'aide des équations proposées ci-dessus, devrait, idéalement, être validé et, au besoin, ajusté, afin de tenir compte des spécificités hydrologiques du cours d'eau auquel il s'appliquerait.

#### 5.4.1 Estimation du débit réservé à une station hydrométrique

Estimer le débit réservé à une station hydrométrique est la situation la plus facile qu'un gestionnaire de la faune ou un promoteur puisse rencontrer, car il s'agit simplement d'appliquer l'une des formules mathématiques prescrites précédemment. Aucune mesure de variables physiques et climatiques n'est requise, ces dernières étant connues.

D'abord, il faut identifier la région écohydrologique dans laquelle se situe le site où l'on veut déterminer le débit réservé (Figure 5). Il faut également connaître la période critique de ou des espèces à protéger et choisir le débit réservé correspondant (Tableau 7).

Ensuite, il suffit de se reporter à l'un des tableaux 8 à 13 pour choisir la formule régionale appropriée et de consulter l'annexe 6 pour obtenir les caractéristiques physiques et climatiques nécessaires à son application.

S'il s'agit d'une station hydrométrique qui ne se trouve pas dans la liste des stations utilisées dans ce document, la procédure est la même, sauf pour ce qui est de l'obtention des caractéristiques physiques ou climatiques, qui n'apparaissent pas à

---

l'annexe 6. Il est alors conseillé dans ce cas de ne considérer que la superficie du bassin versant, laquelle est suffisante pour déterminer correctement les débits réservés. La superficie des bassins versants du Québec peut être obtenue auprès de la Direction du milieu hydrique du MEF ou en consultant les annuaires et les répertoires hydrologiques produits par cette dernière (MEF, 1994) ou par l'ancien ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ, 1986).

#### 5.4.2 Estimation du débit réservé en amont ou en aval d'une station hydrométrique

Il est possible de procéder à une estimation du débit réservé à des sites localisés à proximité d'une station hydrométrique, que ce soit en aval ou en amont de cette dernière. La première étape est de déterminer le débit réservé à la station hydrométrique selon la méthode exposée à la section précédente. La seconde étape consiste à transposer ce débit au site qui fait l'objet d'une estimation à l'aide de la relation suivante :

$$Qr_i = Qr_j (S_i / S_j)^a$$

où

- $Qr_i$  : Débit réservé à l'endroit non jaugé, site  $i$  ( $m^3/s$ );
- $Qr_j$  : Débit réservé estimé à la station hydrométrique ( $m^3/s$ );
- $S_i$  : Superficie du bassin versant à l'endroit non jaugé, site  $i$  ( $km^2$ );
- $S_j$  : Superficie du bassin versant à la station hydrométrique ( $km^2$ );
- $a$  : Coefficient de régression partielle rattaché à la superficie.

La valeur de  $a$  varie selon la région et le type de débit réservé à estimer. Elle s'obtient en consultant les tableaux 8 à 13.

Toutefois, il est préférable de n'utiliser cette relation que si le rapport  $S_i/S_j$  se situe entre 0,5 et 2,0. Dans le cas où ce rapport est inférieur ou supérieur à cette fourchette, il est recommandé de procéder à l'estimation du débit réservé comme s'il s'agissait d'un site se trouvant sur un cours d'eau non jaugé, ce qui fait l'objet du point suivant.

#### 5.4.3 Estimation du débit réservé sur un cours d'eau non jaugé

Comme dans le cas d'une station hydrométrique, il faut identifier, d'une part, la région échohydrologique à laquelle appartient le site où l'on veut estimer le débit réservé et

---

connaître, d'autre part, la période critique de la ou des espèces à protéger pour déterminer le type de débit réservé à prévoir. Une fois ces informations connues, la formule régionale appropriée est choisie à l'aide des tableaux 8 à 13.

Cependant, en ce qui a trait aux variables physiques et climatiques, il faut procéder à leur mesure selon les procédures décrites à l'annexe 7. Comme il s'agit là d'une opération qui peut être relativement longue et complexe, un compromis acceptable consiste à ne considérer que des caractéristiques faciles à calculer, comme la superficie du bassin versant, la pente ou la longueur du cours d'eau. Comme mentionné plus haut, il est aussi possible de s'en tenir uniquement à la superficie, puisque c'est la variable la plus déterminante.

---

## 6. EXEMPLES D'APPLICATION DE LA MÉTHODE

---

Quelques exemples d'application de la méthode sont donnés dans ce chapitre afin d'illustrer les trois types de situations identifiées à la section précédente. Il est à noter que, dans tous les cas, la procédure suivante doit être suivie :

- identifier les régions écologique et écohydrologique d'appartenance de la rivière étudiée, à l'aide des figures 2 et 5;
- déterminer, à l'aide du tableau 7, le type de débit réservé à appliquer, soit le 0,3 QMA, 0,25 QMA, 0,5 QMP, Q50 août ou le Q50 sept., en fonction de l'espèce cible et de la période critique retenues; dans le cas où il n'y a pas d'espèce cible ni de période critique particulière à considérer, le débit réservé proposé est le «0,5 QMA».
- trouver la valeur du coefficient  $k$  et celles des paramètres  $a$  à  $e$  de la formule correspondant à la région écohydrologique d'appartenance de la rivière étudiée, en consultant l'un ou l'autre des tableaux 8 à 13, selon le type de débit réservé devant être estimé.

Enfin, la dernière étape consiste à déterminer la valeur du débit réservé en appliquant la formule régionale appropriée. Cependant, il est essentiel, au préalable, de connaître les variables physiques ou climatiques nécessaires à l'application de cette formule. Le nombre et le type de variables à déterminer varient selon la région écohydrologique considérée et selon la précision que l'on cherche à obtenir. Toutefois, comme il a été mentionné précédemment, la connaissance de la superficie du bassin versant suffit, à elle seule, à l'application des formules avec un degré de précision élevée.

### 6.1 Estimation du débit réservé à une station jaugée

Supposons qu'il faille estimer le débit réservé dans la rivière Rimouski, pour protéger les habitats du saumon atlantique durant la période de reproduction à la hauteur de la station hydrométrique 022003, située à environ 4 km en amont de l'embouchure. Le cheminement, étape par étape, devant être suivi est celui-ci :

---

1) Identification des régions écologique et écohydrologique d'appartenance

La rivière Rimouski fait partie de la région écologique 1b (Figure 2) et de la région écohydrologique 2 (Figure 5).

2) Détermination du type de débit réservé à estimer

Le tableau 7 indique que le type de débit réservé recommandé pour les rivières de la région écologique 1b, durant la période de reproduction du saumon atlantique (1<sup>er</sup> septembre au 31 octobre), est le  $Q_{50}$  sept.

3) Détermination du coefficient et des paramètres de la formule régionale

Les formules régionales relatives au  $Q_{50}$  sept. sont données au tableau 13. Pour la région écohydrologique 2, la valeur du coefficient  $k$  est de -5,19 et celle du paramètre  $a$  est de 0,972. Ce dernier est rattaché à la superficie du bassin hydrographique et, dans le présent cas, il est le seul paramètre requis pour déterminer le débit réservé.

4) Détermination des variables physiques

Comme seul le paramètre  $a$  est requis pour appliquer la formule régionale, la superficie du bassin versant au site où l'on veut estimer le débit réservé est l'unique variable à connaître. Dans le présent cas, la superficie du bassin versant à la station 022003 est de 1586 km<sup>2</sup> (Annexe 6). Cette information aurait pu également être obtenue auprès de la direction du milieu hydrique du MEF ou encore en consultant l'annuaire ou le répertoire hydrologique du Québec (MENVIQ, 1986; MEF 1994).

5) Détermination de la valeur du débit réservé:

La formule mathématique régionale de détermination du débit réservé ( $Q_r$ ) étant:

$$Q_r = e^k \times S^a$$

---

c'est donc dire que:

$$Q_r = 2,71828^{(-5,19)} \times 1586^{(0,972)}$$

$$Q_r = 7,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 6.2 Estimation du débit réservé en amont ou en aval d'une station hydrométrique

Supposons cette fois que l'on veuille connaître le débit réservé sur la rivière Rimouski durant la période de reproduction du saumon atlantique, mais à un point situé en amont de la station de jaugeage 022003, où le bassin versant fait 900 km<sup>2</sup>.

Dans ce cas-ci, la première étape consiste à déterminer le débit réservé à la station de jaugeage la plus près, à savoir la station 022003, ce qui a déjà été fait à la section précédente.

La seconde étape est d'appliquer l'équation donnée à la section 5.4.2, c'est-à-dire:

$$Q_{r_i} = Q_{r_j} (S_i / S_j)^a$$

Le débit réservé au site non jaugé ( $Q_{r_i}$ ) est donc:

$$Q_{r_i} = 7,19 (900/1586)^{0,972}$$

$$Q_{r_i} = 4,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 6.3 Estimation du débit réservé sur une rivière non jaugée

Prenons le cas de la rivière Taoti, un affluent non jaugé de la rivière Moisie. Quel serait le débit réservé à maintenir à un site se trouvant à son embouchure (km 0) pour assurer la protection des habitats de l'omble de fontaine durant la période d'alimentation ? Tout comme dans le cas de la rivière Rimouski (section 6.1), les étapes de calcul sont les suivantes:

---

1) Identification des régions écologique et écohydrologique d'appartenance

La rivière Taoti fait partie de la région écologique 1a (Figure 2) et de la région écohydrologique 14 (Figure 5).

2) Détermination du type de débit réservé à estimer

Le tableau 7 indique que le type de débit réservé recommandé pour les rivières de la région écologique 1a, durant la période d'alimentation de l'omble de fontaine (1<sup>er</sup> juin au 30 septembre), est le  $Q_{50}$  août.

3) Détermination du coefficient et des paramètres de la formule régionale

Les formules régionales relatives au  $Q_{50}$  août sont données au tableau 12. Pour la région écohydrologique 14, la valeur du coefficient  $k$  est de -5,31 et celle du paramètre  $a$  est de 1,152. Ce dernier est associé à la superficie du bassin versant et, dans le présent cas, est le seul paramètre requis pour déterminer le débit réservé.

4) Détermination des variables physiques

Selon la direction du milieu hydrique du MEF, la superficie du bassin versant de la rivière Taoti est de 707 km<sup>2</sup>. Si cette information avait été inexistante, on aurait pu l'obtenir au moyen d'un planimètre électronique et de cartes topographiques à l'échelle 1 : 50 000.

5) Détermination de la valeur du débit réservé

La formule mathématique régionale de détermination du débit réservé ( $Q_r$ ) étant:

$$Q_r = e^k \times S^a$$

c'est donc dire que:

$$Q_r = 2,71828^{(-5,31)} \times 707^{(1,152)}$$

$$Q_r = 9,47 \text{ m}^3/\text{s}$$



---

## 7. SOMMAIRE ET CONCLUSION

---

Cette étude a permis de mettre au point une méthode écohydrologique visant à déterminer les débits réservés pour la protection des habitats du poisson dans les rivières du Québec et tenant compte des facteurs écologiques, hydrologiques et géographiques propres aux cours d'eau de notre province. Cette approche se veut un guide destiné aux analystes qui ne disposent pas d'outils pour estimer les débits minimums à laisser en rivière pour assurer en permanence la libre circulation des poissons et l'accomplissement des diverses phases de leur cycle vital.

D'abord, un sondage a été effectué auprès des diverses directions régionales du MEF afin d'identifier les objectifs de protection de la faune ichthyologique partout dans le Québec méridional (soit le territoire situé, approximativement, au sud du 52<sup>e</sup> parallèle). Dix régions "écologiques" ont été délimitées, chacune se distinguant par des espèces cibles particulières ainsi que par les phases critiques du cycle vital de ces dernières. Dans toutes les régions écologiques, on peut diviser l'année en deux, trois ou quatre grandes périodes biologiques à l'intérieur desquelles se déroulent les diverses phases critiques. De façon très grossière, ces périodes biologiques se superposent assez bien aux saisons, quoique les dates précises changent légèrement d'une région à l'autre. Ainsi, on distingue:

- le printemps et la première partie de l'été (d'avril à la fin de juillet) : émergence des alevins de salmonidés; dévalaison des saumonnes; reproduction et incubation des oeufs de l'éperlan arc-en-ciel, de la truite arc-en-ciel et de la plupart des espèces dites d'eaux fraîches et d'eaux chaudes (percidés, centrarchidés, ésofidés);
- l'été (de juin à septembre) : alimentation de toutes les espèces et migration des espèces anadromes et catadromes;
- l'automne (de septembre à novembre) : reproduction des salmonidés;
- la fin de l'automne, l'hiver et le début du printemps (d'octobre à mai) : incubation des oeufs des salmonidés.

---

Ensuite, une revue de la documentation scientifique a été entreprise en vue de répertorier les méthodes de détermination des débits réservés de type hydrologique et d'en présélectionner quelques-unes pour des fins de comparaison. Les débits réservés ont été calculés selon les méthodes retenues sur une quarantaine de rivières témoins représentatives des dix régions écologiques. Les valeurs de débits obtenues ont été comparées à partir de critères écohydrologiques.

Les méthodes finalement choisies varient selon les régions et les phases critiques considérées. Ainsi, si on considère l'année entière, le débit réservé le plus approprié est le "0,5 QMA" (la moitié du débit moyen annuel). C'est le débit recommandé lorsqu'il n'y a pas de spécifications quant aux espèces cibles et aux phases critiques.

Pour la période biologique coïncidant avec le printemps et le début de l'été, le "0,5 QMP" (la moitié du débit moyen de la période) est le débit qui conviendrait le mieux, tandis que pour celle correspondant à l'été, le "Q<sub>50</sub> août" (débit médian du mois d'août) est plus approprié. En ce qui a trait à la période d'automne, le meilleur débit réservé est le "Q<sub>50</sub> sept" (débit médian du mois de septembre), sauf dans certains cas où le "0,3 QMA" (30 % du débit moyen annuel) est plus recommandable.

Enfin, en ce qui concerne la période qui correspond à l'incubation des oeufs des salmonidés, qui s'étend de l'automne au printemps, le débit équivalant au "0,25 QMA" (25 % du débit moyen annuel) serait suffisant.

Par ailleurs, à la suite d'une régionalisation écohydrologique qui a consisté à délimiter les régions homogènes à la fois au plan hydrologique et au plan des objectifs de protection de la faune ichtyologique, le Québec méridional a été divisé en 15 grandes zones (ou régions "écohydrologiques"). Une analyse de régression multiple a démontré qu'il existe, pour chacune de ces régions et pour les diverses périodes biologiques, une relation mathématique fiable, au plan statistique, entre les débits réservés calculés sur les rivières jaugées et les caractéristiques physiques et climatiques de leurs bassins versants, comme la superficie, la pente, les précipitations, etc. À cet égard, la superficie des bassins versants s'est révélée la variable la plus déterminante.

Plusieurs équations de régression ont donc été développées pour les diverses régions et périodes, lesquelles sont extrapolables sur des cours d'eau non jaugés. Il est

---

maintenant possible de déterminer des débits réservés pour la protection des habitats du poisson en tous points des cours d'eau du Québec en ne connaissant que certaines caractéristiques physiques du bassin versant situé en amont. Toutefois, il est recommandé au gestionnaire de valider, dans la mesure du possible, le débit réservé et de l'ajuster, au besoin, afin de tenir compte des particularités hydrologiques du cours d'eau auquel il s'applique. Cette validation consiste à s'assurer, soit par le biais du calcul de la fréquence au dépassement, soit par le biais d'une comparaison avec les débits naturels prévalant dans le cours d'eau, que le débit réservé n'est ni trop bas, ni trop haut.

Enfin, il importe de rappeler que la démarche méthodologique proposée dans ce document n'a pas été élaborée dans le but de servir de norme rigide et incontournable. Toutefois, les autorités du MEF pourront décider, s'il y a lieu, d'instaurer une véritable politique des débits réservés basée sur les résultats de la présente étude.

---

## 8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- ANNEAR, T.C. et A.L. CONDER. 1983. Relative bias of several fisheries instream flow methods. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 4 : 531-539.
- BAURET, C. 1984. Débits réservés minimaux de la région Midi-Pyrénées. Rapport de stage. Service régional d'aménagement des Eaux de Midi-Pyrénées et École nationale supérieure d'hydraulique de Grenoble. 29 p.
- BEAUDELIN, P. et BÉRUBÉ, P. 1994. Cadre d'analyse des projets de petites centrales hydroélectriques. Ministère de l'Environnement et de la Faune (document de régie interne). 4 sections et 4 annexes.
- BÉCHARA, J., BELZILE, L., BOUDREAULT, A. et M. LECLERC. 1993. Aménagement hydroélectrique de l'Ashuapmushuan, avant-projet phase 1. Études environnementales, milieu biologique (faune ichthyenne). Débits proposés pour la ouananiche en période de mise en eau des réservoirs et d'exploitation hydroélectrique. Rapport présenté à la Vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec par l'INRS-Eau et le Groupe Environnement Shooner inc. 43 p. et 2 annexes.
- BELZILE, L. 1985. Validation de l'aménagement de la principale frayère à doré (*Stizostedion vitreum*) du lac Yasinkî, à la Baie James. Rapport préparé par Gilles Shooner et Associés inc. pour la Société d'Énergie de la Baie-James. 31 p. + annexes.
- BELZILE, L. et A. BOUDREAULT. 1996. Projet Sainte-Marguerite. Évaluation de la population de saumonneaux de la rivière Moisie en 1995. Rapport présenté à la Vice-présidence Ingénierie et Services d'Hydro-Québec par la division environnement du Groupe conseil Génivar inc. 30 p. et 2 annexes (Version préliminaire).
- BERGERON, J. F. et J. BROUSSEAU. 1983. Guide des poissons d'eau douce du Québec. direction générale de la faune, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Gouvernement du Québec. xvii + 2176 p.
- BERNATCHEZ, L. et M. GIROUX. 1991. Guide des poissons d'eau douce du Québec et leur distribution dans l'est du Canada. Éditions Broquet inc. 304 p.
- BIETZ, B., MARTIN, J., SCHIEFER, K. et P. CAMPBELL. 1985. Instream flow needs for fish below hydropower facilities in Canada: A management guide to assessment methods. Rapport n° 148 G 398 préparé pour l'Association canadienne de l'électricité. 90 p.
- BIZER, J.R. 1991. Techniques for balancing instream flow needs with project operation. Pages 113-121 in D. D. Darling (éd.). Proceedings of the international conference on hydropower, Denver, Colorado. 1991. Published by the American Society of Civil Engineers.

- 
- BOUDREAULT, A., M. LECLERC, J. F. BELLEMARE et G. SHOONER. 1989. *Projet Sainte-Marguerite. Étude des répercussions du détournement de la rivière aux Pékans sur les habitats salmonicoles de la rivière Moisie. Rapport présenté à la Vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec par Gilles Shooner Inc.* 120 p. et 4 annexes.
- BOVEE, K.D. 1982. *A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology.* U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., Instream Flow Information Paper no. 12 (FWS/OBS-82/26).
- BUREAU OF LAND MANGEMENT. 1979. *Instream flow guidelines.* NLM Lakewood, Colorado. 57 p.
- BURN, D.H. et I.C. GOULTER. 1991. *An approach to the rationalization of streamflow data collection networks.* J. Hydrol., 122 : 71-91.
- BURT, D.W. et J.H. MUNDIE, 1986. *Case histories of regulated stream flow and its effects on salmonids populations.* Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1477, 98 p.
- CAISSIE, D., EL-JABI, N. et D.R. ALEXANDER. 1994. *Données sur les débits réservés au Canada Atlantique.* Rapp. stat. can. sci. halieut. aquat. 946: 87 p.
- CAISSIE, D. et N. EL-JABI. 1995. *Comparison and regionalization of hydrologically based instream flow techniques in Atlantic Canada.* Can. J. Civ. Eng. 22 (WR2): 235-246.
- CHIANG, S. L. et F.W. JOHNSON. 1976. *Low flow criteria for diversion and impoundments.* J. Water Res. Plan. Manage. Div., Am. Soc. Civ. Eng. 102 : 227-238.
- ESTES, C.C. et J.F. ORSBORN. 1986. *Review and analysis of methods for quantifying instream flow requirements.* Water Resource Bulletin 22 (3): 389-398.
- EBERT, D.J., FILIPEK, S.P. et K.M. RUSSELL. 1990. *Stream habitat analysis and instream flow assessment: a state-federal effort in Arkansas.* Pages 43-44 in M. B. Bain (éd.) *Ecology and assessment of warmwater streams: workshop synopsis.* U.S. Fish Wildl. Serv., Biol. Rep. 90 (5). 44 p.
- FILIPEK, S.P., KEITH, W.E. et J. GIESE. 1987. *The status of the instream flow issue in Arkansas.* Proc. Ark. Acad. Sci. 41:43-48.
- FRASER, J.C. 1972. *Regulated discharge and stream environment.* Pages 263-286 dans R.T. Oglesby, C.A. Carlson and J.A. McCann 9 (éd.), *River ecology and man.* Academic press, New York.
- FREIRE FORMIGA, R.M. 1992. *Les conséquences des débits réservés règlementaires. Analyse de cas d'ouvrages hydroélectriques.* Mémoire de stage (DEA STE), École Nationale des Ponts et Chaussées, Université de Paris XII- Val de Marne. 50 p. et 3 annexes.

- 
- GAUDREAU, F. 1978. Quelques aspects du cycle vital du doré jaune *Stizostedion vitreum vitreum* (Mitchill) des lacs Nathalie et Hélène de la Baie James. Thèse de maîtrise. Université du Québec à Montréal. 103 p. + 24 tableaux.
- GEER, W.H. 1980. Evaluation of five instream flow needs methodologies and water quantity needs of three Utah trout streams. U.S. Fish and Wildlife Service et Utah Division of Wildlife Resources. Pub. 80-20. 194 p. et annexes.
- GENDRON, M. 1988. Étude comparative de différents aspects de la biologie des populations de grands corégones (*Coregonus clupeaformis*, Mitchill) nains et normaux du réservoir Outardes-2. Thèse de maîtrise. Université du Québec à Montréal. 127 p.
- GHANEM, A.H.M. 1995. Two-dimensional finite element modelling of flow in aquatic habitat. Thèse de doctorat. Université de l'Alberta. Alberta.
- GORE, J.A. et J.M. NESTLER. 1988. Instream flow studies in perspective. Regulated rivers 2 : 93-101.
- GROUPE ENVIRONNEMENT LITTORAL INC. 1993. Complexe NBR. L'ichtyofaune de la baie de Rupert. Rapport présenté à la Vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec, 167 p. et annexes.
- GROUPE ENVIRONNEMENT SHOONER INC. 1993. Étude de la communauté de poissons de l'estuaire de la rivière Eastmain, 12 ans après la réduction du débit fluvial. Rapport présenté à la Vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec. 100 p. et annexes.
- HAGEN, R.M. et E.B. ROBERTS. 1973. Ecological impact of water storage and diversion project. Pages 196-215 in C.R. Goldman, J. McEvoy and P.J. Richardson (éd.). Environmental quality and water development. W.H. Freeman, San Francisco.
- HAMILTON, R. et J.W. BUELL. 1976. Effects on modified hydrology on Campbell salmonids. Technical report No. PAC/T-76-20, Department of Environment, Fisheries and Marine Service, Habitat Protection Directorate, Vancouver, B.C. 156 p.
- HAZEL, P.P. et C. POMERLEAU. 1986. Ressources ichtyennes et activités halieutiques au lac Saint-Pierre. Bilan et analyse des connaissances en septembre 1985. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, direction de la faune aquatique, Service des espèces d'eau fraîche, Québec. Rapp. tech. 86-03. 108 p.
- HOANG, V.D. 1977. Estimation des débits journaliers de crue printanière des rivières du Québec méridional. Ministère des Richesses Naturelles du Québec. H.P.-40. 42 p.
- HOANG, V.D. et R. TREMBLAY. 1976. Estimation des débits d'étiage d'été des rivières du Québec méridional. Ministère des Richesses Naturelles du Québec. H.P.-37. 42 p.

- 
- HOLDEN, P.B. 1979. Ecology of riverine fishes on regulated stream system. Pages 57-74 dans J.V. Ward and J.A. Stanford (éd.). The ecology of regulated stream. Plenum press, New York.
- HOPPE, R.A. 1975. Minimum streamflows for fish. Paper distributed at Soils-Hydrology Workshop, USFS, Montana State University, Jan. 26-30, 1976. Bozeman, Montana. 13 p.
- INRS-Eau. 1971. Rationalisation du réseau hydrométrique du Québec. Tome 1. Rapport de l'Institut national de la recherche scientifique — Eau pour le ministère de l'Environnement du Canada.
- LAMB, B.L. 1989. Quantifying instream flows: matching policy et technology. Pages 23-40 in MacDonnell, L.J., T.A. Rice et S.J. Shupe (éd.). Instream flow protection in the West. Natural Resources Law Center. University of Colorado School of Law, University of Colorado at Boulder.
- LARAMÉE, P. 1984. Étude de l'utilisation printanière des rapides Lalement et du Cap-Saint-Jacques par les poissons. Projet Archipel de Montréal 1984. Étude réalisée par Gilles Shooner inc. pour le compte du Secrétariat Archipel. 184 p. + 14 annexes.
- LECLERC, M., BOUDREAU, P. et L. BELZILE. 1991. Aménagement hydroélectrique de l'Ashuapmushuan, avant-projet phase 1. Étude environnementale, faune ichthyenne. Volume 3: Modélisation numérique des habitats à ouananiche d'un tronçon représentatif de la rivière Ashuapmushuan (km 68). Rapport présenté à la Vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec par l'INRS-Eau et le Groupe Environnement Shooner inc. 78 p. et 3 annexes.
- LECLERC, M., BOUDREAU, P., BÉCHARA, J., BELZILE, L. et D. VILLENEUVE. 1994. Modélisation de la dynamique de l'habitat des jeunes stades de saumon atlantique (*Salmo salar*) de la rivière Ashuapmushuan (Québec, Canada). Bulletin français de pisciculture. Bull. Fr. Pêche Piscic. 332 : 11-32.
- LECLERC, M., BOUDREAU, A., BÉCHARA, J.A., et G. CORFA. 1995. Two-dimensional hydrodynamic modelling: a neglected tool in the Instream flow incremental methodology. Trans. Am. Fish. Soc. 124 (5) : 645-662.
- LEONARD, P.M., ORTH, D.J. et C.J. GOUDREAU. 1986. Development of a method for recommending instream flows for fishes in the Upper James River, Virginia. Virginia Water Resources Research Center. Project G938-02. Bull. 152.
- LÉVESQUE, F., BOURGEOIS, G., BELZILE, L., THÉBERGE, C. et A. BOUDREAU. 1995. Accroissement de la production salmonicole de la rivière Betsiamites. Rapport d'activités 1994. Rapport du Groupe Environnement Shooner inc. pour la Vice-présidence Environnement, Hydro-Québec. 112 p., annexes et carte en pochette.

- 
- LOAR, J. et M. SALE. 1981. Analysis of environmental issues related to small-scale hydroelectric development. V. Instream flow needs for fishery resources. Pub. 1829, Oak Ridge National Laboratory, Environmental Science Division, Oak Ridge, Tenn.
- McALLISTER, D.E. et E.J. CROSSMAN. 1979. Poissons de pêche sportive d'eau douce du Canada. Musée national des Sciences Naturelles, Ottawa, Canada. 91 p.
- MacDONNELL, L.J., RICE, T.A. et S.J. SHUPE (éd.). 1989. Instream flow protection in the West. Natural Resources Law Center. University of Colorado School of Law, University of Colorado at Boulder.
- McKENZIE, R.A. 1964. Smelt life history and fishery in the Miramichi, New-Brunswick. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin N° 144.
- MEF. 1994. Annuaire hydrologique 1992-1993. AH-34. Ministère de l'Environnement et de la Faune. direction du milieu hydrique. 148 p. + 8 cartes.
- MENVIQ. 1986. Répertoire hydrologique 1985. H.P.-60. Ministère de l'Environnement. 148 p.
- NEWCOMBE, C. 1981. A procedure to estimate changes in fish populations caused by changes in stream discharge. Trans. Am. Fish. Soc. 110 : 382-390.
- NORTHERN GREAT PLAINS RESOURCE PROGRAM. 1974. Instream needs subgroup report. Work Group C.—Water. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Service, Washington, DC. 35 p.
- ORTH, D.J. 1987. Ecological considerations in the development and application of instream flow-habitat models. Regulated rivers 1: 171-181.
- ORTH, D.J. et O.E. MAUGHAN. 1982. Evaluation of the incremental methodology for recommending instream flow for fishes. Trans. Am. Fish. Soc. 111 (4) : 413-445.
- ORTH, D.J. et P.M. LEONARD. 1990. Comparison of discharge methods and habitat optimization for recommending instream flows to protect fish habitat. Regulated rivers: research and management 5 : 129-138.
- RAILSBACK S. F., CADA, G. F., CHANG, L. H. et M. J. SALE. 1991. Review of mitigation methods for fish passage, instream flows, and water quality. Pages 209-218 in D. D. Darling (éd.). Proceedings of the international conference on hydropower, Denver, Colorado. 1991. Published by the American Society of Civil Engineers.
- RASMUSSEN, P., T. OUARDA et B. BOBÉE. 1995. Méthodologie de rationalisation du réseau hydrométrique du Québec. Rapport de recherche de l'INRS-Eau, n° R456. 99p.
- REED, S. E. et J. S. MEAD. 1988. Technical assistance throughout North Carolina's approach to recommending instream flows. Colorado State University, Instream Flow Chronicle 5 : 1-2.



- 
- REED, S. E. et J. S. MEAD. 1990. Use of multiple methods for instream flow recommendations. A state agency approach. Pages 40-42 in M. B. Bain (éd.) Ecology and assessment of warmwater streams: workshop synopsis. U.S. Fish Wildl. Serv., Biol. Rep. 90 (5). 44 p.
- REISER D. W., THOMAS, T. A. et C. ESTES. 1989. Status of instream flow legislation and practice in North America. Fisheries 14 (2): 22-29.
- ROBITAILLE, J.A. 1983. Étude de la dévalaison des saumonnettes dans la rivière Moisie en 1983. Rapport présenté au Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, direction de la Faune Aquatique, par Gilles Shoener inc., 60 p.
- ROUSELLE, J. (éd.) *et al.* 1990. Hydrologie des crues au Canada. Guide de planification et de conception. Conseil national de recherche scientifique du Canada. 277 p.
- RUGGLES, C.P. et W. D. WATT, 1975. Ecological change due to hydroelectric development on the Saint John River. J. Fish. Res. Board Can. 32: 161-170.
- RUSSELL, G.W. 1990. Determination of instream flow needs at hydroelectric project in the Northeast. Pages 36-37 in M. B. Bain (éd.) Ecology and assessment of warmwater streams: workshop synopsis. U.S. Fish Wildl. Serv., Biol. Rep. 90 (5). 44 p.
- SALE, M.J. 1985. Aquatic ecosystem response to flow modification: an overview of the issues. Pages 22-31 in F.W. Olson, R.G. White et R.H. Hamre (éd.). Proceedings of the symposium on small hydropower and fisheries. The American Fisheries Society.
- SCOTT, W. B. et E.J. CROSSMAN, 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 184: xi + 1026 p.
- SCOTT, W.B. et M.G. SCOTT. 1988. Atlantic fishes of Canada. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 219: 731 p.
- SOKAL, R. R. et F. J. ROHLF. 1981. Biometry, 2<sup>e</sup> édition. W.H. Freeman and Company, San Francisco. 859 p.
- STALNAKER, C.B. et J.T. ARNETTE (éd.). 1976. Methodologies for the determination of stream resource flow requirement: an assesment. Completion report. Utah State University, prepared for U.S. Fish and Wildlife Service.
- STANFORD, J.A. et J.V. WARD. 1979. Stream regulation in North America. Pages 215-236 in J.V. Ward and J.A. Stanford (éd.) The ecology of regulated stream. Plenum press, New York.
- TENNANT, D. L. 1976. Instreams Flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Pages 359-373 in J.F. Osborn and C. H. Allman (éd.), Proceedings of Symposium and Specialty Conference on Instream flow needs. Vol. II. American Fisheries Society, Bethesda, MD.

- 
- TESSIER, C. 1987. Relations intra et inter-spécifiques chez le doré jaune (*Stizostedion vitreum*), la perchaude (*Perca flavescens*) et le grand brochet (*Esox lucius*). SAEF, direction régionale de Trois-Rivières, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 37 p.
- TESSIER, D., C. GIGNAC, J. ROUSSELLE et V.D. HOANG. 1985. Caractéristiques physiographiques des petits bassins versants des régions de l'Estrie et des Bois-Francs. Rapport technique HP-58. Rapport du Ministère de l'Environnement et de la Faune, direction des relevés aquatiques. 28 p.+ cartes.
- TREMBLAY, G. 1995. Captures de saumonnetaux et de saumons noirs aux centrales Mitis-1 et Mitis-2 en 1995. Rapport du Groupe conseil Génivar inc., Division environnement Shooner, à la vice-présidence Environnement et Collectivités (Service milieu naturel) et à la région de Matapédia d'Hydro-Québec. 47 p. et 5 annexes.
- U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE. 1981. Interim regional policy for New England stream flow recommendations. U.S. Fish and Wildlife Service, Newton Corner, Massachusetts. 3 p.
- VANNOTE, R.L., MINSHALL, K.W., CUMMINGS, J.R.S. et C.E. CUSHING. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 37 : 130-136.
- VALENTINE, M. 1991. Aménagement hydroélectrique de l'Ashuapmushuan, avant-projet phase 1. Étude environnementale, faune ichthyenne. Volume 1: Synthèse des connaissances sur la ouananiche et les autres espèces de poissons. Rapport présenté à la Vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec par le Centre écologique du Lac-Saint-Jean inc. 76 p.
- WESCHE, T.A. et P.A. RECHARD, 1980. A summary of instream flow methods for fisheries and related research needs. Water Resources Research Institute, University of Wyoming. Laramie, Wyoming. 122 p.
- ZAR, J. H. 1984. Biostatistical analysis. Second edition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 718 p.