



Société d'énergie de la Baie James
Direction Ingénierie et Environnement

**Suivi écologique des milieux affectés
par l'aménagement du complexe hydroélectrique
La Grande, Phase II (1987-1995)**

Secteurs Brisay, Laforge 1 et Laforge 2
Qualité de l'eau, poissons et mercure

Rapport synthèse



SEBJ
ENVI
95
361.1

ICO

Montréal, décembre 1995
P33 451



Société d'énergie de la Baie James
Direction Ingénierie et Environnement

SEBJ
ENVI
95
361.1

**Suivi écologique des milieux affectés
par l'aménagement du complexe hydroélectrique
La Grande, Phase II (1987-1995)**

**Secteurs Brisay, Laforge 1 et Laforge 2
Qualité de l'eau, poissons et mercure**

Rapport synthèse



Entraco
Conseillers en environnement et
en aménagement du territoire

500, boul. René-Lévesque Ouest
Bureau 600
Montréal, Québec
Canada H2Z 1W7
Tél. : (514) 954-8800
Télécopieur : (514) 954-8818

Montréal, décembre 1995
P33 451

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Société d'énergie de la Baie James

Chef de service Écologie
Chargé de projet
Données hydrauliques

Michel Julien
Jean-Jacques Fournier
Thach Tran Van

Groupe-conseil Entraco inc.

Directeur de projet
Chargé de projet
Analyse et traitement de données
Traitement de textes
Infographie

André Tessieur, directeur
Dominique Roy, biologiste
Dominique Roy, biologiste
Jackie Cyr
Gilbert Sills

Hydro-Québec

Banque de données

Benoit Goulet

Génivar

Analyses statistiques du mercure

Gilles Tremblay
Jean-François Doyon

RÉSUMÉ

La Société d'énergie de la Baie James (SEBJ) a reçu le mandat de construire trois centrales entre les réservoirs Caniapiscau et La Grande 4 : Brisay, Laforge-2 et Laforge-1. Les deux premières centrales utilisent des biefs déjà existants, le réservoir Caniapiscau et le bassin Fontanges (Laforge 2 en 1996). Pour alimenter la dernière centrale, il a fallu élever le niveau de la retenue Vincelotte et ainsi former le réservoir Laforge 1. Les autorisations du ministère de l'Environnement du Québec sont assorties de l'obligation d'opérer un suivi environnemental de ces projets. Le présent rapport donne les grandes lignes de l'évolution de la qualité de l'eau, de la dynamique des poissons et de la bioaccumulation du mercure dans les chairs des poissons.

La qualité de l'eau le long de ce parcours est très largement tributaire des apports provenant de la dérivation de la rivière Caniapiscau. En effet, 98 % des débits qui transitent annuellement au site de Laforge-2 et 83 % de ceux qui passent à Laforge-1 proviennent du réservoir Caniapiscau. Les modifications consécutives à une mise en eau sont maintenant du domaine du passé presque partout car la plupart des inondations datent de 1981 à 1984. Même au réservoir Laforge 1, la station Laforge présente des données de qualité d'eau qui sont comparables à celles des milieux témoins ; cette station a été inondée en 1984 et est elle située dans le trajet préférentiel des eaux. Par contre, la décomposition de la matière organique et la consommation d'oxygène sont bien mises en évidence en hiver dans les deux stations situées dans les baies en retrait du réservoir.

Comme aux réservoirs de la phase I du complexe La Grande, le grand corégone et le grand brochet sont les premières espèces à occuper les nouveaux habitats. Les résultats des pêches indiquent que le grand corégone a atteint les plus grandes abondances relatives dans les milieux touchés par les aménagements de l'est du complexe après 7 à 9 ans, et le grand brochet, après 5 à 7 ans. Pour le grand corégone, ce fut moins rapide que dans les réservoirs de l'ouest du complexe où les meilleures abondances relatives étaient déjà notées après 3 à 4 ans et moins intense pour le grand brochet où les rendements relatifs atteignaient souvent près de 50 % de la récolte alors qu'ils ont rarement dépassé 25 % dans l'est. Le grand corégone domine en nombre presque partout et avec 2 ou 3 autres espèces, le meunier rouge, le grand brochet ou le touladi, il compose environ 90 % des captures. La situation est différente à la station Laforge où c'est le meunier rouge qui produit jusqu'à 75 % des captures. À cause de leur grande taille, le grand brochet et le touladi contribuent toujours à la moitié de la biomasse des pêches.

Dans le secteur à l'étude, les concentrations les plus fortes en mercure dans les chairs ont été notées, par ordre d'importance croissante, dans le grand corégone, le meunier rouge, le grand brochet et le touladi. La bioaccumulation du mercure est observée dès la deuxième ou la troisième année de la modification des habitats. Les concentrations maximales ont été enregistrées après 6 ans chez le grand corégone, un poisson insectivore et planctonivore, 9 ans chez le touladi, un piscivore et insectivore, 10 ans chez le meunier rouge, un poisson insectivore et fouisseur et 11 ans chez le grand brochet, une espèce strictement piscivore dans la région. Les concentrations maximales des espèces non prédatrices étaient semblables dans l'est et l'ouest du complexe mais étaient en général moins élevées dans l'est chez les espèces prédatrices. En général, les concentrations en mercure étaient plus élevées dans les poissons capturés en aval des ouvrages de contrôle des débits, les évacuateurs de crues et les centrales que dans les poissons capturés en amont de ces aménagements. L'abondance des petits poissons qui dévalent et un changement partiel de régime alimentaire en seraient responsables.

Compte tenu de toutes les études effectuées sur le territoire de la Baie James et des résultats obtenus dans le suivi environnemental des projets hydroélectriques du complexe la Grande, il est recommandé de réduire les fréquences des prélèvements sauf pour le mercure dans les régions exploitées par les pêcheurs. Beaucoup d'informations pertinentes à des projets hydroélectriques anciens et nouveaux peuvent encore être tirées des informations accumulées sur le complexe La Grande.

Mots clés : Qualité de l'eau, poissons, mercure, réservoir, détournement, complexe La Grande.

SUMMARY

The Société d'énergie de la Baie James (SEBJ) was given the mandate to build three generating stations, Brisay, Laforge 2 and Laforge 1, between the Caniapiscou and La Grande 4 reservoirs. The first two generating stations will use existing forebays: the Caniapiscou reservoir and the Fontanges basin. (Laforge 2 is scheduled to be in operation in 1996.) To supply the Laforge 1 generating station, the level of the Vincelotte impoundment had to be raised in order to create the Laforge 1 reservoir. Authorizations from the Ministère de l'Environnement du Québec involve the obligation to carry out environmental monitoring of these projects. This report summarizes changes in water quality, the dynamics of the fish populations, and the bioaccumulation of mercury in fish.

Water quality along these developments is largely dependent on the inflow from the Rivière Caniapiscou diversion. In fact, 98% of the water that flows through the Laforge 2 site and 83% of that flowing through Laforge 1 originate in the Caniapiscou reservoir. Modifications subsequent to impounding are no longer an issue given that most flooding took place between 1981 and 1984. Even with regard to the Laforge 1 reservoir, water-quality data from the Laforge station are comparable to those obtained at the control sites. This station was flooded in 1984 and is located in the normal flow path. However, the breakdown of organic matter and oxygen consumption are most apparent in winter in the two stations located in the bays that are further away from the main reservoir.

As in the case of the reservoirs constructed during Phase I of the La Grande complex, lake whitefish and northern pike were the first species to populate the new habitats. Fishing statistics indicate that lake whitefish reached the highest relative population densities in the sites affected by the developments in the eastern region some 7 to 9 years later and northern pike 5 to 7 years later. With regard to lake whitefish, repopulation occurred less rapidly than in the western reservoirs of the complex, where the highest relative population densities were observed 3 to 4 years later. In the case of northern pike, repopulation was even less intense and relative yields often accounted for close to 50% of the total harvest, while in the eastern reservoirs, this number rarely exceeded 25%. Lake whitefish were the most abundant species virtually everywhere, and, together with 2 or 3 other species—longnose sucker, northern pike and lake trout—made up approximately 90% of all catches. The situation was somewhat different at the Laforge station, where the longnose sucker made up more than 75% of the catches. Because of their large size, northern pike and lake trout always constitute more than half the biomass of fish harvests.

In the sector under study, the highest mercury concentrations were found, in ascending order, in lake whitefish, longnose sucker, northern pike and lake trout. Bioaccumulation of mercury was observed as early as the second or third year following modification of the habitats. Maximum concentrations were registered 6 years later in lake whitefish, an insectivorous and planktivorous species, 9 years later in lake trout, a fish-eating and insectivorous species, 10 years later in longnose sucker, an insectivorous and burrowing fish, and 11 later years in northern pike, a strictly fish-eating species found in the region. Maximum concentrations in non-predatory species were similar in both the eastern and western parts of the complex but in the east, concentrations were generally not as high for predatory species. In general, mercury concentrations were higher in fish caught downstream from the regulating structures, spillways, and generating stations than in fish caught upstream from these developments. This may be attributable to the abundance of small fish entrained downstream and some changes in diet.

Given all the studies carried out in the James Bay territory and the data obtained through the environmental monitoring of the hydroelectric projects in the La Grande complex, it is recommended that the frequency of sampling be reduced, except for mercury studies in areas where fishing is carried out. A great deal of information that is relevant to old and new hydroelectric projects can still be extracted from the data on the La Grande complex.

Key words: Water quality, fish, mercury, reservoir, diversion, La Grande complex

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE RÉALISATION	i
RÉSUMÉ	iii
SUMMARY	iv
1.0 INTRODUCTION	1
1.1 HISTORIQUE	1
1.2 OBJECTIFS DU RÉSEAU DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL	2
2.0 PRINCIPALES MODIFICATIONS PHYSIQUES	7
2.1 SOMMAIRE DES TRAVAUX D'INGÉNIERIE EN PHASE I DU COM- PLEXE	7
2.2 PROJETS BRISAY, LAFORGE-2 ET LAFORGE-1	8
2.3 MODIFICATIONS HYDRAULIQUES	11
2.3.1 Réservoir Caniapiscou	11
2.3.2 Bassin Fontanges et réservoir Laforge 2	12
2.3.3 Retenue Vincelotte et réservoir Laforge 1	12
2.3.4 Rivière Laforge	16
3.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES	17
3.1 STATIONS	18
3.2 MÉTHODOLOGIE	18
3.2.1 Qualité de l'eau	18
3.2.2 Poissons	19
3.2.3 Mercure dans les chairs des poissons	20
4.0 QUALITÉ DE L'EAU	23
4.1 ANALYSE DES RÉSULTATS À CHAQUE PLAN D'EAU	23
4.1.1 Réservoir Caniapiscou	23
4.1.2 Bassin Fontanges	25
4.1.3 Lac des Espoirs	26
4.1.4 Retenue Vincelotte et réservoir Laforge 1	26
4.1.5 Rivière Laforge en aval de la centrale Laforge-1	29
4.1.6 Station témoin	29
4.2 ANALYSE DES RÉSULTATS DE L'AMONT VERS L'AVAL	29
4.3 COMPARAISON AVEC LES PRÉVISIONS DES RAPPORTS D'IMPACTS	34
4.3.1 Projet Brisay	34
4.3.2 Projet Laforge-2	34
4.3.3 Projet Laforge-1	35
5.0 POISSONS	37
5.1 RÉSULTATS	37
5.1.1 Réservoir Caniapiscou	37
5.1.1.1 Rendement des pêches	37

5.1.2	Aval du réservoir Caniapiscou	39
5.1.2.1	Rendement des pêches	39
5.1.2.2	Croissance en longueur des grandes corégones	40
5.1.2.3	Condition des grands corégones	41
5.1.2.4	Croissance des grands brochets	42
5.1.2.5	Condition des grands brochets	43
5.1.3	Bassin Fontanges	44
5.1.3.1	Rendement des pêches	44
5.1.3.2	Croissance en longueur des grandes corégones	46
5.1.3.3	Condition des grands corégones	46
5.1.3.4	Croissance des grands brochets	46
5.1.3.5	Condition des grands brochets	47
5.1.4	Aval du site Laforge-2	47
5.1.4.1	Rendement des pêches	47
5.1.4.2	Croissance en longueur des grands corégones	48
5.1.4.3	Condition des grands corégones	48
5.1.4.4	Croissance des grands brochets	48
5.1.4.5	Condition des grands brochets	48
5.1.5	Réservoir Laforge 1	48
5.1.5.1	Rendement des pêches	49
5.1.5.2	Croissance des grands corégones	52
5.1.5.3	Condition des grands corégones	52
5.1.5.4	Croissance des grands brochets	55
5.1.5.5	Condition des grands brochets	55
5.1.6	Aval du réservoir Laforge 1	55
5.1.7	Rendement des pêches	55
5.2	COMPARAISON AVEC LES PRÉVISIONS DES RAPPORTS D'IMPACTS	56
5.2.1	Projet Brisay	56
5.2.2	Projet Laforge-2	56
5.2.3	Projet Laforge-1	56
6.0	MERCURE DANS LES CHAIRS DES POISSONS	59
6.1	RÉSULTATS	59
6.1.1	Meunier rouge	59
6.1.2	Grand corégone	63
6.1.3	Grand brochet	67
6.1.4	Touladi	73
6.1.5	Évolution temporelle des concentrations de mercure	79
6.2	COMPARAISON AVEC LES PRÉVISIONS DES RAPPORTS D'IMPACTS	82
6.2.1	Projet Brisay	82
6.2.2	Projet Laforge-2	82
6.2.3	Projet Laforge-1	83
7.0	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	85
7.1	CONCLUSIONS	85
7.2	RECOMMANDATIONS	87
	BIBLIOGRAPHIE	89

LISTE DES ANNEXES

Annexe A.	Moyennes estivales des paramètres physico-chimiques des eaux de surface.	
Annexe B.	Moyennes estivales des paramètres physico-chimiques des eaux mesurés près du fond.	
Annexe C.	Moyennes des paramètres physico-chimiques des eaux de surface mesurés à la fin de l'hiver.	
Annexe D.	Moyennes des paramètres physico-chimiques des eaux mesurés près du fond à la fin de l'hiver.	
Annexe E.	Abondance et rendements des pêches.	
Annexe F.	Évolution temporelle des teneurs en mercure du meunier rouge.	
Annexe G.	Évolution temporelle des teneurs en mercure du grand corégone.	
Annexe H.	Évolution temporelle des teneurs en mercure du grand brochet.	
Annexe I.	Évolution temporelle des teneurs en mercure du touladi.	
Annexe J.	Diagramme de dispersion des teneurs en mercure en fonction de la longueur du meunier rouge.	
Annexe K.	Diagramme de dispersion des teneurs en mercure en fonction de la longueur du grand corégone.	
Annexe L.	Diagramme de dispersion des teneurs en mercure en fonction de la longueur du grand brochet.	
Annexe M.	Diagramme de dispersion des teneurs en mercure en fonction de la longueur du touladi.	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Principales caractéristiques des centrales du complexe La Grande	7
Tableau 2.	Principales caractéristiques des réservoirs du complexe La Grande	8
Tableau 3.	Fréquence d'échantillonnage de l'eau (e) et des poissons (p)	17
Tableau 4.	Fréquence d'échantillonnage du mercure	17
Tableau 5.	Longueurs totales moyennes (mm) des grands corégones à l'âge de 4, 7 et 10 ans	41
Tableau 6.	Coefficients de condition des grands corégones aux longueurs de 300 mm et de 400 mm	42
Tableau 7.	Longueurs totales moyennes des grands brochets (mm) à l'âge de 3, 6 et 10 ans	43
Tableau 8.	Coefficients de condition des grands brochets aux longueurs de 500 mm et de 700 mm	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Le complexe La Grande	3
Figure 2.	Les aménagements hydroélectriques de la phase II dans la portion est du complexe La Grande	9
Figure 3.	Niveaux mensuels moyens du réservoir Caniapiscou depuis sa mise en eau en octobre 1981 jusqu'au mois de septembre 1995	13
Figure 4.	Variations mensuelles moyennes de la superficie du réservoir Caniapiscou entre 1981 et 1995	13

Figure 5.	Variations mensuelles moyennes du niveau du bassin Fontanges après l'arrivée des eaux en provenance du réservoir Caniapiscou	14
Figure 6.	Débits mensuels moyens évacués ou turbinés au site de Brisay	14
Figure 7.	Variations mensuelles moyennes du niveau de la retenue Vincelotte de 1984 à 1993 et du réservoir Laforge 1 de 1993 à 1995	15
Figure 8.	Évolution temporelle des cinq paramètres physico-chimiques qui ont enregistré les plus grandes modifications entre 1981 et 1995 aux stations Brisay, Fontanges, Vincelotte et Laforge 1	24
Figure 9.	Évolution temporelle des cinq paramètres physico-chimiques qui ont enregistré les plus grandes modifications entre 1981 et 1995 aux stations Jobert, des Oeufs, Arbour et du lac des Voeux	28
Figure 10.	Évolution en 1995 du pH, de l'alcalinité, de la saturation en oxygène dissous et de la couleur réelle dans le parcours des eaux entre la sortie du réservoir Caniapiscou jusqu'à son arrivée dans le lac Arbour (points reliés) ainsi que dans les stations inondées en périphérie du réservoir Laforge 1 et à la station témoin (lac des Voeux)	30
Figure 11.	Évolution en 1995 du carbone inorganique, du phosphore total, de l'azote Kjeldahl et de la chlorophylle dans le parcours des eaux entre la sortie du réservoir Caniapiscou jusqu'à son arrivée dans le lac Arbour (points reliés) ainsi que dans les stations inondées en périphérie du réservoir Laforge 1 et à la station témoin (lac des Voeux)	31
Figure 12.	Rendements numériques et pondéraux des pêches effectuées aux stations Brisay (CA 419) et Brisay aval (LA 118)	38
Figure 13.	Rendements numériques des pêches effectuées aux stations Fontanges (LA 901) et Vincelotte LA 116)	45
Figure 14.	Rendements numériques et pondéraux des pêches effectuées aux stations Laforge (LA 115) et Jobert (LA 119)	50
Figure 15.	Rendements numériques et pondéraux des pêches effectués aux stations des Oeufs (LA 134) et Arbour (G4 402)	53
Figure 16.	Rendements numériques et pondéraux des pêches effectués à la stations du lac des Voeux (G4 401)	54
Figure 17.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du meunier rouge (<i>Castostomus catostomus</i>) aux stations Brisay (CA 419), Brisay aval (LA 118), Fontanges (LA 901) et Vincelotte (LA 116)	61
Figure 18.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs de meunier rouge (<i>Castostomus catostomus</i>) aux stations Laforge (LA 115), Jobert (LA 119), des Oeufs (LA 134) et Rivière Vincelotte (LA 121)	62
Figure 19.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs de meunier rouge (<i>Castostomus catostomus</i>) aux stations Arbour (G4 402) et Lac des Voeux (G4 401)	64
Figure 20.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand corégone (<i>Coregonus clupeaformis</i>) aux stations Brisay (CA 419), Brisay aval (LA 118), Fontanges (LA 901) et Vincelotte (LA 116)	66

Figure 21.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand corégone (<i>Coregonus clupeaformis</i>) aux stations Laforge (LA 115), Jobert (LA 119), des Oeufs (LA 134) et Rivière Vincelotte (LA 121)	68
Figure 22.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand corégone (<i>Coregonus clupeaformis</i>) aux stations Arbour (G4 402) et Lac des Voeux (G4 401)	69
Figure 23.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 700 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand brochet (<i>Esox lucius</i>) aux stations Brisay (CA 419), Brisay aval (LA 118), Fontanges (LA 901) et Vincelotte (LA 116)	70
Figure 24.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 700 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand brochet (<i>Esox lucius</i>) aux stations Laforge (LA 115), Jobert (LA 119), des Oeufs (LA 134) et Rivière Vincelotte (LA 121)	72
Figure 25.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 700 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand brochet (<i>Esox lucius</i>) aux stations Arbour (G4 402) et Lac des Voeux (G4 401)	74
Figure 26.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 600 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du touladi (<i>Salvelinus namaycush</i>) aux stations Brisay (CA 419), Brisay aval (LA 118), Fontanges (LA 901) et Vincelotte (LA 116)	75
Figure 27.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 600 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du touladi (<i>Salvelinus namaycush</i>) aux stations Laforge (LA 115), Jobert (LA 119), des Oeufs (LA 134) et Rivière Vincelotte (LA 121)	77
Figure 28.	Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 600 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du touladi (<i>Salvelinus namaycush</i>) aux stations Arbour (G4 402) et Lac des Voeux (G4 401)	78
Figure 29.	Évolution des estimations des concentrations de mercure dans les chairs des meuniers rouges (400 mm), des grands corégonos (400 mm), des grands brochets (700 mm) et des touladis (600 mm) capturés dans les plans d'eau modifiés en 1981 et 1984 et en aval de ceux-ci	80
Figure 30.	Évolution des estimations des concentrations de mercure dans les chairs des meuniers rouges (400 mm), des grands corégonos (400 mm), des grands brochets (700 mm) et des touladis (600 mm) capturés dans les plans d'eau naturels (des Oeufs), en aval de la coupure de débit de la rivière Vincelotte ou inondés depuis 1992	81

1.0 INTRODUCTION

1.1 HISTORIQUE

Le complexe La Grande fournit actuellement plus de la moitié de l'énergie électrique produite au Québec. La phase I comprenait la construction de trois centrales (La Grande-2, La Grande-3 et La Grande-4) et de deux dérivations (Eastmain-Opinaca et Caniapiscau) qui ont permis de doubler le débit initial de La Grande Rivière (figure 1).

La phase II ajoute les centrales La Grande-2A, La Grande-1, Brisay, Laforge-1 et Laforge-2. Le projet Eastmain-1 a obtenu toutes les autorisations gouvernementales requises mais a été retardé à cause d'un surplus temporaire de production d'électricité.

Le juge Malouf avait accordé une injonction aux Autochtones de la Baie James en invoquant un niveau de connaissance incomplet et inadéquat du territoire de la Baie James par le promoteur (Malouf et Gagnon 1973). Lors des négociations menées avec les Autochtones (Cris et Inuit) par Hydro-Québec, la Société de développement de la Baie James et les gouvernements provincial et fédéral, la Société d'énergie de la Baie James (SEBJ) s'était engagée à acquérir les informations manquantes et pertinentes et promettait d'assurer un suivi des modifications qui résulteraient de la construction et de l'opération des ouvrages du complexe hydroélectrique. Le lecteur trouvera une partie des engagements de la SEBJ dans la Convention de la Baie James et du Nord québécois (Anonyme, 1976) ainsi que dans la Convention du Nord-est québécois (Anonyme, 1978).

Dès 1975, une équipe de la division Écologie de la SEBJ fut mise sur pied pour définir les grandes lignes d'un réseau de collecte et d'analyse des principaux paramètres physico-chimiques et biologiques des milieux aquatiques de l'ensemble du complexe La Grande. Après avoir passé en revue plusieurs centaines de rapports, d'articles scientifiques, de résumés bibliographiques et de comptes rendus de symposiums, les membres de cette équipe en ont retenu une centaine portant sur l'évaluation des impacts des réservoirs, les études sectorielles les plus pertinentes et les méthodes de prélèvements et d'analyse les plus appropriées. L'étude du réservoir Desaulniers d'une superficie de 8 km² a permis dès 1976 de faire des essais méthodologiques sur le terrain.

La SEBJ a par la suite réuni lors d'un atelier de travail des experts provenant de l'extérieur du Québec et du Canada; des chercheurs de cinq universités québécoises, des consultants et du personnel oeuvrant sur le territoire de la Baie James afin d'élaborer les grandes lignes du réseau de surveillance écologique. Bachand et Fournier (1977) ont défini les structures de ce réseau auquel on a greffé plus tard une simulation par modèles mathématiques (Thérien 1985). Un comité consultatif groupant quelques participants de cet atelier a eu pour mandat de suivre les progrès de ce réseau et, au besoin, a recommandé et approuvé les changements de méthodes qui s'étaient avérées nécessaires.

Lors d'un atelier de travail, la SEBJ a réuni des experts afin d'élaborer les grandes lignes du réseau de surveillance écologique.

Deux rapport synthèses (Roy et *al.* 1986 ; SEBJ 1987b) donnent les principales informations tirées des huit premières années d'opération de ce réseau. La responsabilité de continuer le suivi de la phase I fut par la suite confiée à la vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec. La SEBJ continue d'être responsable du suivi des centrales et des réservoirs de la phase II jusqu'à la remise de ces ouvrages à la société-mère.

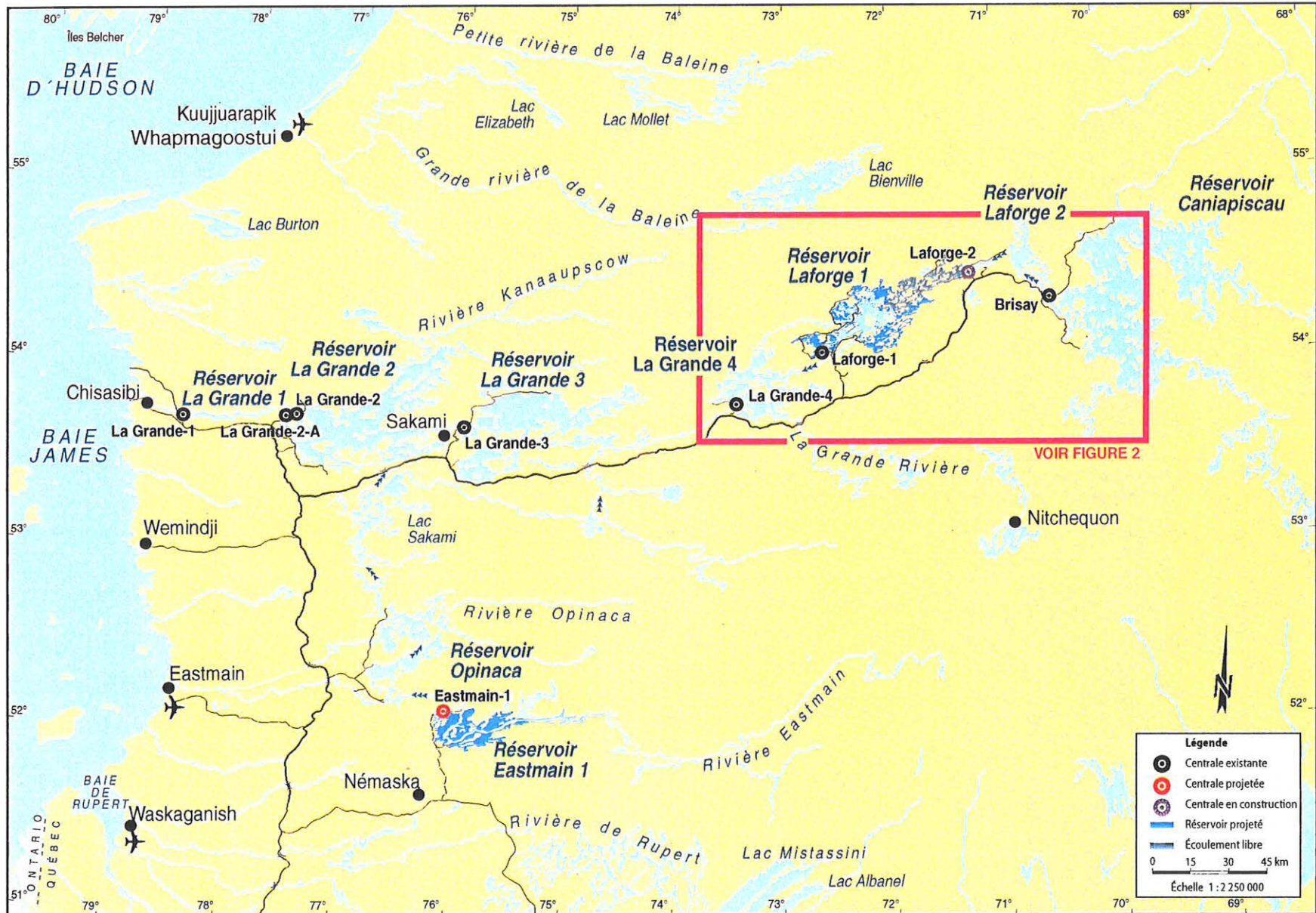
Après une analyse de la pertinence des prélèvements recueillis pendant la période de 1977 à 1985, il a été recommandé à Hydro-Québec de concentrer les efforts sur les paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau les plus sensibles aux modifications de l'environnement apportées par les projets, sur les communautés de poissons et sur le contenu en mercure des chairs des poissons. La même approche fut retenue par la SEBJ pour la phase II en tenant compte des modifications apportées par Hydro-Québec dans le but d'harmoniser les deux réseaux de suivi.

1.2 OBJECTIFS DU RÉSEAU DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Les objectifs poursuivis par le réseau de suivi environnemental de la phase II sont demeurés sensiblement les mêmes que ceux de la phase I (alors appelé réseau de surveillance écologique) soit :

1. Évaluer par une approche scientifique reconnue, les changements physiques, chimiques et biologiques des réservoirs ;
2. Utiliser ces informations en vue de rationaliser les aménagements correctifs et la gestion des réservoirs ;
3. Profiter de cette expérience pour améliorer les méthodes de prédiction d'impacts pour les projets futurs.

FIGURE 1 : Le complexe La Grande



La SEBJ s'était également imposé des objectifs qui dépassent un simple suivi environnemental car elle désirait connaître les changements susceptibles d'affecter les ressources fauniques liées à la pratique des activités traditionnelles par les populations résidentes du territoire.

Le réseau de surveillance écologique touche prioritairement le domaine aquatique. Ce n'est qu'un des programmes du suivi environnemental que la SEBJ a mis sur pied pendant les phases I et II. La présente synthèse des résultats du suivi du milieu aquatique de la phase II du complexe La Grande ne traite que de la région touchée à l'est du complexe La Grande, entre les réservoirs La Grande 4 et Caniapiscou. Les conditions prévalant avant la phase II ne sont présentées qu'à titre de conditions antérieures aux projets, le but premier étant de couvrir la période de 1986 à 1995.

2.0 PRINCIPALES MODIFICATIONS PHYSIQUES

Les travaux requis par les aménagements hydroélectriques apportent des changements majeurs à l'environnement. Ces travaux peuvent être temporaires comme pendant la phase de construction (sites de travaux, campements d'exploration, etc.) ou permanents pendant la période d'exploitation (centrales, réservoirs, dérivations de cours d'eau, etc.).

2.1 SOMMAIRE DES TRAVAUX D'INGÉNIERIE EN PHASE I DU COMPLEXE

La phase I du complexe La Grande a vu la construction de trois centrales hydroélectriques (SEBJ 1987a). Ce furent dans l'ordre chronologique les centrales La Grande-2, La Grande-3 et La Grande-4 (figure 1). À chacune de ces centrales sont annexés les réservoirs du même nom. Afin d'augmenter la capacité de ces centrales, environ 90 % des eaux des rivières Eastmain et Opinaca furent détournées vers le réservoir La Grande 2 via les lacs Boyd et Sakami et environ 40 % de celles de la rivière Caniapiscau vers le réservoir La Grande 4. Cette dernière dérivation emprunte les lacs Néret et de Fontanges, dans le bassin de la Grande rivière à la Baleine, et la rivière Laforge qui est un affluent de La Grande Rivière. Le module de La Grande Rivière a ainsi doublé à l'embouchure passant de 1700 à 3400 m³/s (SEBJ 1987a). Les tableaux 1 et 2 présentent les caractéristiques techniques de ces aménagements. Par la suite, la SEBJ a ajouté, en phase II, deux centrales dans la portion ouest du complexe : La Grande-2A près de la centrale La Grande-2 et La Grande-1 en aval de celle-ci, soit à 37 km de l'embouchure de La Grande Rivière.

Tableau 1. Principales caractéristiques des centrales du complexe La Grande

Centrales	Nombre de groupes	Puissance (MW)	Énergie ann. (TWh)	Débit moyen (m ³ /s)	Débit max. (m ³ /s)	Hauteur de chute (m)	Mise en service
La Grande-1	12	1368	7,4	3427	5950	27,1	1994-1995
La Grande-2	16	5328	35,8	3400	4300	137,2	1979-1981
La Grande-2A	6	2000	*	*	1600	137,2	1987-1993
La Grande-3	12	2304	12,3	2050	3262	79,2	1982-1984
La Grande-4	9	2650	14,1	1505	2520	116,7	1984-1985
Laforge-1	6	840	4,2	938	1542	58,4	1993-1994
Laforge-2	2	310	1,7	804	1200	26,9	1996
Brisay	2	446	2,3	788	1133	38,4	1993
Eastmain-1 ⁽¹⁾	3	550	2,9	594	897	65	-
Total	68	15796	80,7	-	-	-	-

* L'énergie annuelle garantie n'augmente pas avec le suréquipement de La Grande-2.

(1) Non construite.

Tableau 2. Principales caractéristiques des réservoirs du complexe La Grande

Réservoirs	Superficie (km ²)	Niveau max. (m)	Niveau min. (m)	Marnage max. (m)	Réserve utile (Mm ³)	Mise en eau (année)
La Grande 1	70,2	32	30,5	1,5	113	1993
La Grande 2	2835	175	168	7	19360	1978
La Grande 3	2420	256	244	12	25200	1981
La Grande 4	765	377	366	11	7200	1983
Retenue Vincelotte	350	431	427	4	-	1983
Laforge 1 (incluant la retenue Vincelotte)	1288	439	431	8	4900	1993
Bassin Fontanges	260	481	479	2	390	1981
Caniapiscou	4275	535,5	522,6	12,9	39070	1981
Opinaca	1040	216	212	4	3400	1979
Eastmain 1 ^(*)	624	285	274	11	-	-

(*) Non mis en eau.

2.2 PROJETS BRISAY, LAFORGE-2 ET LAFORGE-1

Au cours de la phase II du développement du complexe, trois centrales (Brisay, Laforge-1 et Laforge-2) furent ajoutées entre les réservoirs Caniapiscou et La Grande 4 (figure 2). Le présent rapport traite spécifiquement du suivi de ces trois derniers projets.

La centrale Brisay est à la sortie du réservoir Caniapiscou et remplace l'ouvrage régulateur utilisé en phase I. La hauteur de chute maximale est de 38,4 m et le débit moyen à long terme est de 788 m³/s (tableau 1). Cette centrale est équipée de 2 groupes qui ont une puissance installée de 446 MW et une production annuelle de 2,3 TWh. Les travaux de construction de cette centrale ont débuté en 1989 et se sont poursuivis jusqu'en 1993.

Le réservoir Caniapiscou a une vocation interannuelle. Il est donc appelé à compenser pour les années de faible hydraulicité ou d'utilisation intensive des réservoirs situés en aval. Les niveaux maximum et minimum du réservoir Caniapiscou ne sont pas modifiés par l'addition de la centrale de Brisay. Comme ce réservoir est relativement peu profond, des changements de niveau de seulement une dizaine de mètres peuvent causer une grande variation du volume du réservoir et de sa surface inondée. Il faut noter que des coupures totales de débit à sa sortie furent nécessaires pendant la construction des centrales de Brisay, Laforge-1 et Laforge-2.

Les travaux de construction à la centrale Laforge-2 ont débuté en 1992 et seront terminés en 1996. Cette centrale utilisera une chute de 26,9 m et un débit moyen de 804 m³/s à la sortie du réservoir Laforge 2. Cet aménagement hydroélectrique sera à toutes fins pratiques au fil de l'eau et suivra l'opération de la centrale de Brisay. Il sera équipé de 2 turbines qui fourniront une puissance de 310 MW et une énergie annuelle de 1,7 TWh. Les variations de niveaux du réservoir Laforge 2 demeureront semblables à ce qui a été observé en phase I sauf pendant quelques mois d'été où il aura fallu abaisser le niveau pendant la construction de la centrale et de l'évacuateur de crues.

Enfin, la centrale Laforge-1 exploite la majorité de la dénivellation (54 m) qui existe entre les centrales Laforge-2 et La Grande-4. Elle est située sur la dérivation de la rivière Laforge, près du lac Arbour. Elle est équipée de 6 turbines et peut produire une puissance de 840 MW et une énergie annuelle de 4,2 TWh. Le détournement partiel d'un exutoire du lac Vincelotte a commencé en 1982 mais cette coupure ne fut complétée qu'en 1992. Les travaux de construction des digues et de la centrale ont débuté en 1989 pour se terminer en 1994. La capacité d'emménagement du réservoir Laforge 1 lui permet une certaine indépendance d'opération de la centrale Brisay, et ce malgré une faible contribution en eau (120 m³/s) du bassin de la rivière Laforge et de la dérivation du bassin résiduel de la rivière de la Grande Baleine qui se jette dans le bassin Fontanges. La surface de la retenue Vincelotte a triplé depuis 1993 pour devenir le réservoir Laforge 1.

2.3 MODIFICATIONS HYDRAULIQUES

La qualité de l'eau, la libération du mercure lié à la matière organique et la dynamique des populations de poissons dans les réservoirs sont grandement influencées par les caractéristiques du milieu aquatique. La synthèse du suivi environnemental de la phase I l'a démontré (Roy et al. 1985). Il faut donc connaître les variations de la surface des plans d'eau ainsi que du débit des affluents et des effluents qui se sont manifestées pendant la période du suivi de la phase II, à l'est du réservoir La Grande 4 pour comprendre l'évolution du milieu.

2.3.1 Réservoir Caniapiscou

Le remplissage du réservoir Caniapiscou a débuté le 21 octobre 1981. Le niveau maximal a presque été atteint en décembre 1984 (figure 3). Depuis ce temps, les variations ont été fonction de la demande énergétique du complexe La Grande. Une hydraulicité faible et une utilisation d'eau supérieure au débit de la rivière Caniapiscou ont causé une baisse de 11,41 mètres de 1987 à 1990. Par la suite, une utilisation plus mitigée de la réserve d'eau en vue de l'optimisation du complexe en phase II a permis de revenir à des niveaux et à des marnages considérés comme moyens.

Le réservoir Caniapiscou a une superficie de 4 275 km² à sa cote maximale d'opération et une profondeur maximale d'environ 55 m. La réduction du niveau mentionnée précédemment a ramené la superficie du réservoir à 1 875 km², ce qui correspond à 43,9 % de sa surface maximale (figure 4). La baisse du niveau en 1990 n'a laissé que 7,0 % de la réserve utile et 32,4 % du volume total du réservoir. Il faudra donc tenir compte des changements de niveau, de volume et de temps de renouvellement des eaux lors de l'analyse des résultats du suivi des eaux et des poissons.

2.3.2 Bassin Fontanges et réservoir Laforge 2

Le bassin Fontanges était nécessaire pour rehausser le niveau de l'eau afin de permettre le transfert des eaux du réservoir Caniapiscou vers un affluent de La Grande Rivière, la rivière Laforge. Il n'était pas destiné à assurer une réserve pour le complexe La Grande mais il peut ajouter 390 hm³, soit 1 % de la réserve utile de Caniapiscou.

Le remplissage du bassin Fontanges a débuté avec la construction des premières digues sur des affluents de la rivière Grande Baleine. Ce n'est qu'en janvier 1984 que son niveau minimum (479 m) fut atteint, après l'ouverture de l'ouvrage régulateur de Brisay (figure 5). Par la suite, ce sont les variations de débit en provenance de Brisay qui ont modulé les niveaux au seuil déversant situé au site Laforge-2 (figure 6). La cote atteinte lorsque le débit à Brisay est de 1 130 m³/s pendant quelques jours est de 481,2 m. Les marnages seront encore moindres après la mise en opération de la centrale Laforge-2 actuellement en construction.

2.3.3 Retenue Vincelotte et réservoir Laforge 1

Afin de concentrer dans la rivière Laforge le débit provenant du réservoir Caniapiscou, la SEBJ a construit un barrage sur la rivière Vincelotte, le second exutoire du lac Vincelotte. Elle a doté ce barrage d'un tuyau permettant de laisser passer un débit résiduel d'environ 8 m³/s dans cette rivière. Quelques digues ont aussi été érigées afin de limiter la surface inondée de la retenue Vincelotte. Avec le débit maximum de 1 130 m³/s à Brisay, le niveau atteint 431 m en hiver mais revenait souvent à moins de 429 m lors des coupures de débit prolongées à Brisay (figure 7).

Afin de fournir une plus grande capacité d'emménagement au réservoir Laforge 1, des digues ont été construites plus à l'ouest, la coupure de la rivière Vincelotte a été complétée et le niveau maximum a été rehaussé à 439 m. La superficie du réservoir Laforge 1 est maintenant de 1 288 km². Le remplissage du réservoir s'est effectué entièrement en 1993 sauf pour la région du lac des Oeufs où la mise en eau a débuté en 1991 avec la construction d'une digue sur ce lac. Le niveau minimum, prévu seulement pour les périodes de faible hydraulité, est fixé à 431 m et la superficie du réservoir sera alors de 350 km².

Figure 3. Niveaux mensuels moyens du réservoir Caniapiscou depuis sa mise en eau en octobre 1981 jusqu'au mois de septembre 1995.

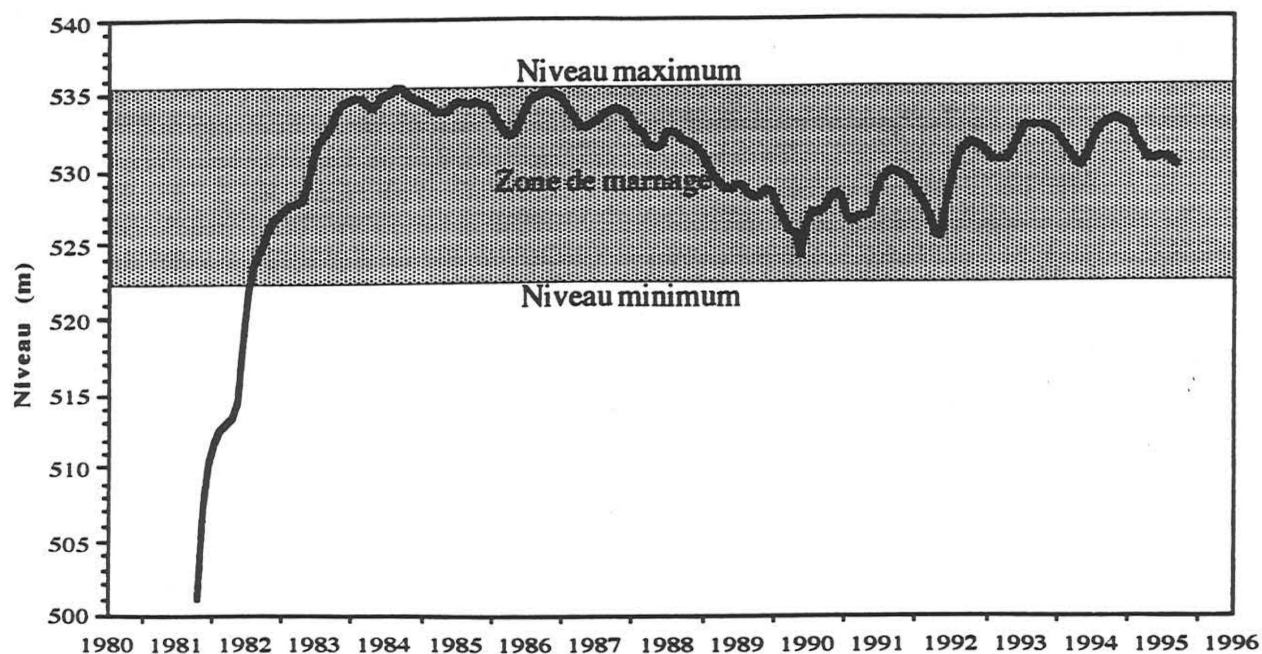


Figure 4. Variations mensuelles moyennes de la superficie du réservoir Caniapiscou entre 1981 et 1995.

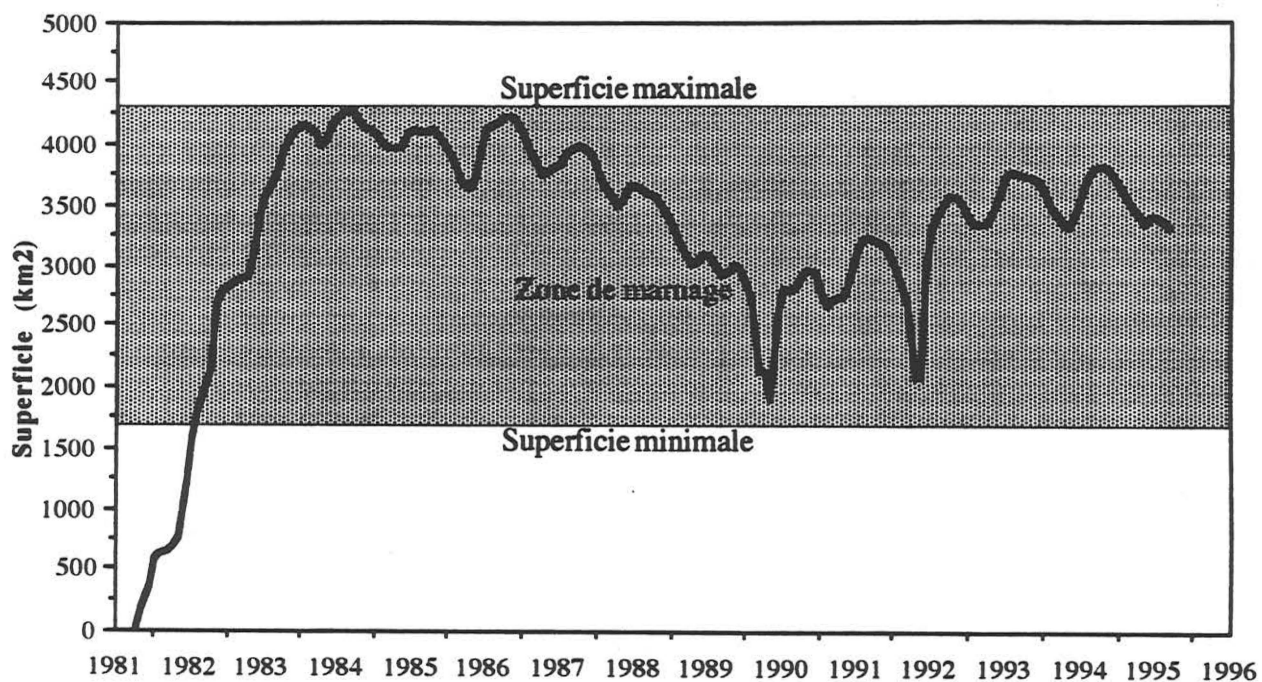


Figure 5. Variations mensuelles moyennes du niveau du bassin Fontanges après l'arrivée des eaux en provenance du réservoir Caniapiscou.

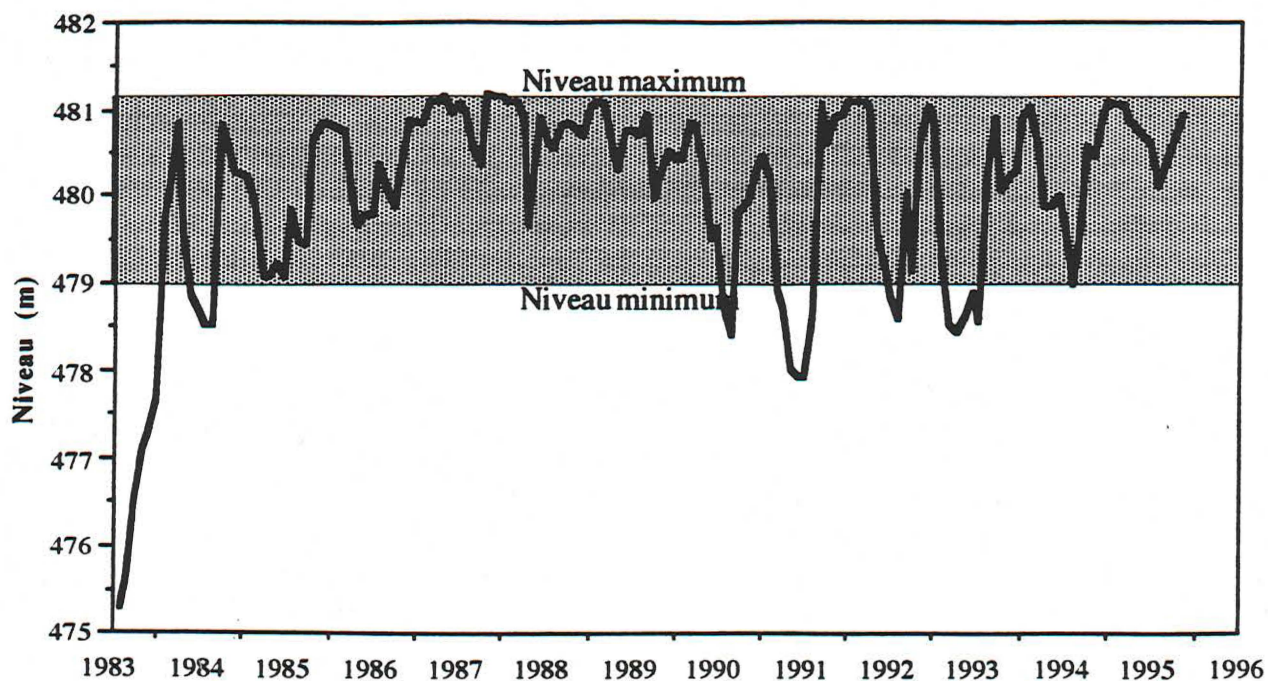


Figure 6. Débits mensuels moyens évacués ou turbinés au site de Brisay.

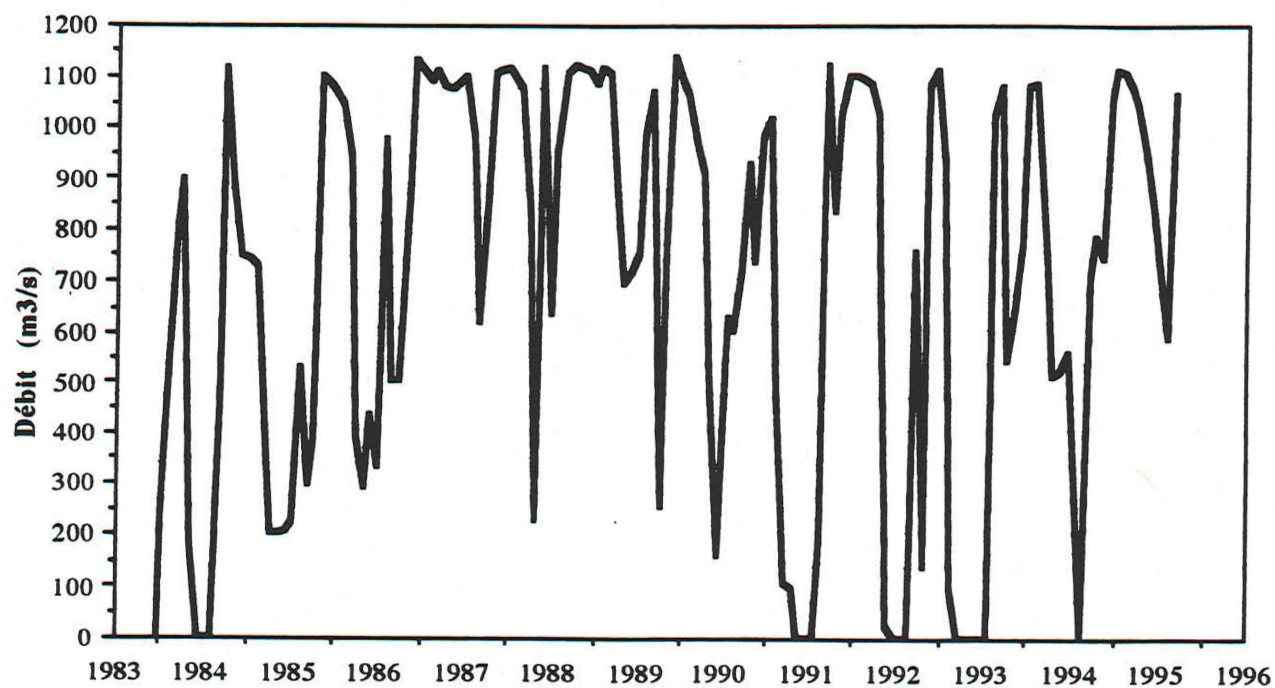
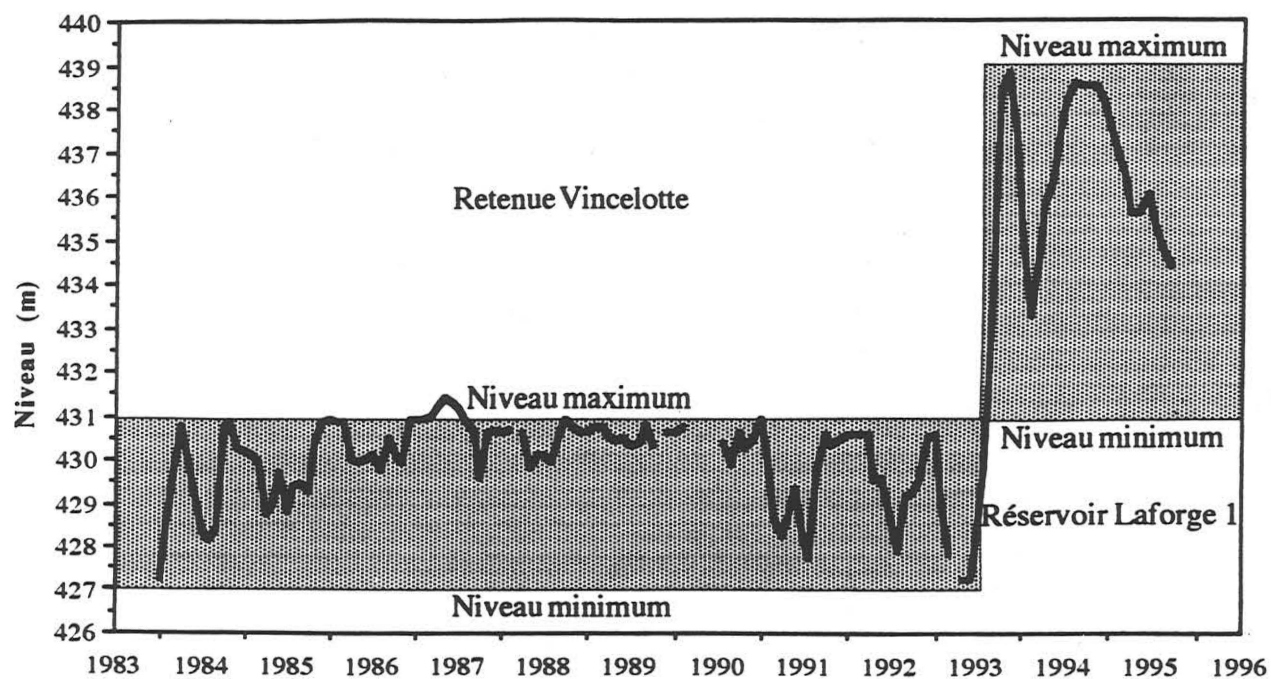


Figure 7. Variations mensuelles moyennes du niveau de la retenue Vincelotte de 1984 à 1993 et du réservoir Laforge 1 de 1993 à 1995.



2.3.4 Rivière Laforge

Le parcours central de la rivière Laforge a été utilisé pour la dérivation des eaux du bassin supérieur de la rivière Caniapiscau vers la retenue Vincelotte. Les eaux, partiellement canalisées par les digues Mallard, suivent depuis 1984 un écoulement libre et anastomosé jusqu'à la retenue Vincelotte, maintenant le réservoir Laforge 1.

À la sortie de la retenue Vincelotte, le parcours inférieur de la rivière Laforge conduisait directement les eaux jusqu'au réservoir La Grande 4. Depuis 1993, les eaux sont dérivées sur une courte distance vers la centrale Laforge-1 et se jettent dans le lac Arbour pour revenir par la suite dans le tronçon aval de la rivière Laforge et le réservoir La Grande 4.

3.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les connaissances des milieux aquatiques acquises pendant les inventaires exécutés entre 1973 et 1977 et pendant la phase I du réseau de surveillance (1980 à 1984) ont permis de raccourcir à un an la période d'étude préalable à une mise en eau. Les prélèvements pour la qualité de l'eau et pour les poissons ont été faits chaque année ou à tous les deux ans suivant les besoins (tableau 3). Les pêches pour l'analyse du mercure dans les chairs des poissons ont été faites en 1980 dans le but d'établir le niveau naturel et par la suite à tous les deux ans de 1987 à 1995 après la mise en eau du réservoir Caniapiscou, de la retenue Vincelotte et des réservoirs Laforge 1 et Laforge 2 (tableau 4).

Tableau 3. Fréquence d'échantillonnage de l'eau (e) et des poissons (p)

Stations		Années										
		1980	1981	1982	1983	1984	1987	1989	1991	1993	1994	1995
Brisay	CA 419	e	e	e + p		e	e + p	e	e + p	e + p		e + p
Brisay aval	LA 118						p		p	p		
Fontanges	LA 901							e	p	e + p	e	e + p
Vincelotte	LA 116			e	e	e		e		e	e	e
Laforge	LA 115			e	e		e + p		p	e + p	e	e + p
Jobert	LA 119						p		p	e + p	e	e + p
Des Oeufs	LA 134			e	e					e + p	e	e + p
R. Vincelotte	LA 121						p		p			
Arbour	G4 402									e + p	e	e + p
L. des Voeux	G4 401								p	e + p	e	e + p

Tableau 4. Fréquence d'échantillonnage du mercure

Stations		Années									
		1980	1981	1982	1983	1984	1987	1989	1991	1993	1995
Brisay	CA 419	x				x	x	x	x	x	x
Brisay aval	LA 118						x	x	x	x	x
Fontanges	LA 901							x	x	x	x
Vincelotte	LA 116						x	x	x	x	x
Laforge	LA 115						x	x	x	x	x
Jobert	LA 119						x		x	x	x
Des Oeufs	LA 134									x	x
R. Vincelotte	LA 121						x		x	x	
Arbour	G4 402									x	x
L. des Voeux	G4 401								x	x	x

3.1 STATIONS

Les stations ont d'abord été distribuées le long du parcours des eaux entre la sortie du réservoir Caniapiscou et l'entrée dans le réservoir La Grande 4. Par la suite, à mesure que les projets démarraient, des stations étaient placées aux endroits stratégiques.

Les stations en réservoir étaient réparties de façon à mesurer ce qui se produisait près de l'affluent et de l'effluent principal ainsi que dans les régions critiques sur le pourtour du réservoir. La figure 2 montre la répartition de toutes les stations utilisées dans le suivi. L'emplacement de chacune de ces stations est identifié par des coordonnées dans la banque de données informatisées d'Hydro-Québec.

Une station témoin (Lac des Voeux) assurait que les variations notées dans le milieu aquatique étaient causées par les aménagements hydroélectriques et non uniquement par des facteurs naturels.

3.2 MÉTHODOLOGIE

Sauf pour la mesure du carbone inorganique et de l'alcalinité, les méthodes analytiques sont identiques à celles utilisées pendant la phase I. Avant de changer de méthodologie, les responsables se sont assurés que les deux méthodes donnaient des résultats similaires. Le lecteur qui désire un résumé plus détaillé des méthodologies en phase II consultera SEBJ et Hydro-Québec (1993).

3.2.1 Qualité de l'eau

Une étude de la sensibilité des variables physico-chimiques mesurées pendant la phase I a permis de ramener le nombre de paramètres suivis à ceux qui étaient les plus informatifs. C'est ainsi que les anions majeurs (chlorures et sulfates), les cations (sodium, potassium, calcium, magnésium, manganèse, fer), certains éléments nutritifs (azote ammoniacal, nitrates-nitrites), les tanins et lignines ont été abandonnés. La turbidité n'a été retenue qu'aux stations susceptibles de subir des changements de transparence dus à l'érosion des rives ou du lit des cours d'eau.

À chacune des stations, on a effectué *in situ* la lecture de la température, de l'oxygène dissous, de la conductivité, du pH et parfois du potentiel d'oxydo-réduction. Ces mesures ont été faites de la surface jusqu'au fond au moyen d'un appareil à sondes multiples de type Hydrolab.

Un échantillon d'eau intégré provenant des dix premiers mètres à partir de la surface a permis d'analyser sur le terrain ou en laboratoire la température, le pH, l'oxygène dissous, la conductivité, l'alcalinité, les bicarbonates, l'azote ammoniacal, l'azote Kjeldahl total, le phosphore total, le carbone inorganique total, le carbone organique total, la silice réactive, la turbidité, la couleur et les pigments chlorophylliens.

Enfin, un échantillon recueilli à un mètre du fond a aidé à caractériser les zones profondes des plans d'eau. Les paramètres analysés ont été la température, le pH, l'oxygène dissous, la conductivité, les bicarbonates, l'alcalinité, l'azote Kjeldahl total, le phosphore total, le carbone inorganique total et le carbone organique total et parfois le potentiel d'oxydo-réduction.

Tous ces paramètres étaient mesurés une fois à la fin de l'hiver et une ou deux fois par mois pendant la période libre de glaces.

Les bouteilles d'eau étaient traitées suivant les spécifications du laboratoire et expédiées à l'intérieur des délais recommandés par le MENVIQ 1986. Jusqu'en 1984, le laboratoire de la SEBJ a fait les analyses de la qualité de l'eau. Par la suite, les laboratoires SM (1987), Analex (1989 à 1995) et Zénon (1995) ont été mandatés. Les techniques analytiques en laboratoire sont conformes à celles présentées dans APHA, AWWA, WPCF (1989) et décrites dans le rapport de Fréchette (1980) et de SOMER (1992).

Des tests ont été faits à chaque changement de laboratoire afin d'assurer la fiabilité des résultats. Un filtrage des résultats a aussi été fait afin de détecter les valeurs erronées qui se seraient glissées au laboratoire ou au moment de la transcription dans la banque de la qualité de l'eau d'Hydro-Québec.

Les compilations ont été faites pour chaque station et pour toutes les années de prélèvements. Comme la matrice des paramètres comportait de nombreux vides et que souvent les variations dépendaient des fluctuations du niveau du réservoir Caniapiscau, la méthode d'analyse par composantes principales fut abandonnée et remplacée par une analyse des tendances temporelles.

3.2.2 Poissons

À chacune des stations de pêche, quatre filets en multifilaments de nylon de 45 m de longueur et de 1,8 m de hauteur ont été utilisés. Chacun des deux filets expérimentaux (mailles étirées variant de 2,5 à 10,0 cm) était accouplé à l'un des deux filets aux mailles uniformes de 7,5 ou de 10,0 cm. En général, ces filets ont été tendus à tous les mois pendant la période d'eau libre pour une durée de 48 heures pendant les deux premières années de mise en eau mais relevés à toutes les 24 heures. Par la suite, les périodes de pêche furent réduites à 24 heures par mois.

Les pêcheurs ont déterminé sur chaque poisson la longueur totale et à la fourche, la masse, le sexe et indiqué la maturité sexuelle. Les opérations à suivre sont dans le document de Fréchette (1980) et d'Hydro-Québec (1993). En 1995, l'identification des grands corégones à croissance normale ou à croissance naine découlait du degré de maturité des gonades et de l'âge des poissons (Environnement Illimité inc. (1995).

Lorsque les effectifs le permettaient, on a calculé les rendements numériques et pondéraux de tous les poissons capturés, la courbe de croissance et les variations du coefficient de condition des deux espèces pionnières soit le grand corégone (*Coregonus clupeaformis*) et le grand brochet (*Esox lucius*). Les autres espèces ont été négligées car elles réagissent plus lentement aux variations de leur habitat.

Le coefficient de condition est un indice d'embonpoint fréquemment utilisé pour caractériser le bien-être des poissons dans un habitat. Avant de tirer des conclusions trop hâtives, il faut tenir compte de la taille des individus de l'échantillon car la plupart des espèces prennent une forme de plus en plus trapue avec l'âge. De plus, la période de capture et le niveau de maturité des gonades peuvent grandement influencer la valeur du coefficient de condition des poissons. En effet, les ovaires peuvent compter pour plus de 15 % de la masse de certaines espèces de poissons quelques jours avant la fraye ; il y a donc perte de ce poids peu de temps après la fraye et, dans le cas des espèces qui frayent en automne, une perte supplémentaire due à un jeûne hivernal. Ce ne sera donc que pour des échantillons comparables qu'on indiquera s'il y a une tendance à une augmentation ou à une diminution de cet indice sans toutefois en faire une analyse statistique car il y a trop d'inconnues.

3.2.3 Mercure dans les chairs des poissons

Chez trente poissons ou moins par station de chacune des espèces retenues pour l'analyse du mercure soit le grand corégone, le meunier rouge (*Catostomus catostomus*), le grand brochet et le touladi (*Salvelinus namaycush*), on a aussi prélevé et congelé des échantillons de chair des muscles latéraux pour analyse ultérieure en laboratoire. Lorsque les pêches le permettaient, on ne retenait que cinq ou six individus de chacune des classes de longueur déterminées par Brouard et *al.* (1987) afin d'assurer une meilleure distribution des poissons.

Des triplicata de filets ont été expédiés sur environ 10 % des individus pour fins de contrôle de qualité. Le laboratoire devait aussi effectuer des mesures en triplicata sur 10 % des échantillons qu'il avait reçus. La détermination des teneurs en mercure total a été effectuée par les laboratoires Analex inc. et Zénon inc. selon la méthode NAQUADAT no 80601 mise au point par Environnement Canada. La méthode et le contrôle de qualité sont résumés dans Analex inc. (1994).

Les structures osseuses utilisées pour la détermination de l'âge de ces quatre espèces (écailles, otolithes, cleithrum ou rayons de nageoires pectorales) ont été recueillies et la lecture d'âge a été faite à la fin de la saison de pêche.

Une régression simple décrivant la relation entre la longueur des poissons et leur contenu en mercure était utilisée pour déterminer les concentrations à une longueur dite standard (Messier et *al.* 1985). Cette méthode était la plus simple car elle permettait aussi de comparer des droites entre elles. Elle avait

toutefois le désavantage de décrire par une droite un ensemble de points qui avaient souvent une distribution curviligne.

Hydro-Québec a procédé récemment à une révision de la démarche d'analyse statistique des données afin de mieux décrire l'évolution spatio-temporelle des teneurs en mercure dans les poissons. La régression multiple avec variables indicatrices s'est avérée la plus intéressante puisqu'elle permet non seulement de comparer des courbes de différentes formes mais aussi des teneurs estimées à la longueur standard, ce que ne pouvait faire l'analyse de covariance basée sur les régressions linéaires utilisées antérieurement. Cette méthode permet aussi l'analyse statistique d'un plus grand nombre d'échantillons qui ne pouvait être résolue par la méthode utilisée depuis 1982. La SEBJ harmonise donc le traitement de ses données avec celui préconisé par Hydro-Québec.

La démarche méthodologique comprend trois parties. La première valide les données qui seront analysées ; cette opération se fait non seulement au niveau du terrain et du laboratoire mais aussi par un filtrage des erreurs possibles des données enregistrées dans la banque informatisée.

L'analyse statistique commence par la construction d'une matrice qui nécessite le centrage des longueurs et l'ajout de variables indicatrices binaires, une pour chaque sous-échantillon, sauf pour l'état de référence où toutes les variables binaires sont égales à 0. Il a souvent fallu transformer les données pour pouvoir rencontrer les critères de normalité et d'homogénéité requis par la méthode. On a alors utilisé la transformation logarithmique pour le grand corégone et le touladi, la racine carrée pour le grand brochet tandis que, pour le meunier rouge, on a pu utiliser les valeurs brutes telles quelles. Ces opérations permettent d'estimer les valeurs de mercure à la longueur standard de tous les échantillons de plus de 10 individus et de comparer ces échantillons entre eux.

Dans une troisième étape, les résultats sont présentés sous forme de tableaux et de figures qui résument ou illustrent les résultats obtenus par le modèle statistique utilisé. La plupart de ces produits sont présentés en annexe.

Le lecteur qui désire de plus amples explications sur la méthode pourra consulter le rapport produit par Tremblay et Doyon (1996) pour Hydro-Québec.

4.0 QUALITÉ DE L'EAU

L'inondation de milieux terrestres et les modifications des conditions hydrauliques peuvent causer pendant les premières années d'exploitation d'un projet hydroélectrique des modifications dans la qualité de l'eau. Comme les plans d'eau en aval sont tributaires des caractéristiques des eaux qu'ils reçoivent, une comparaison spatiale s'imposera aussi.

4.1 ANALYSE DES RÉSULTATS À CHAQUE PLAN D'EAU

C'est le débit provenant du réservoir Caniapiscau qui a contrôlé la qualité de l'eau de 1984 à 1995 pour le trajet principal du détournement Laforge. Des modifications supplémentaires se sont fait sentir en périphérie du réservoir Laforge 1 peu de temps après le remplissage de ce réservoir.

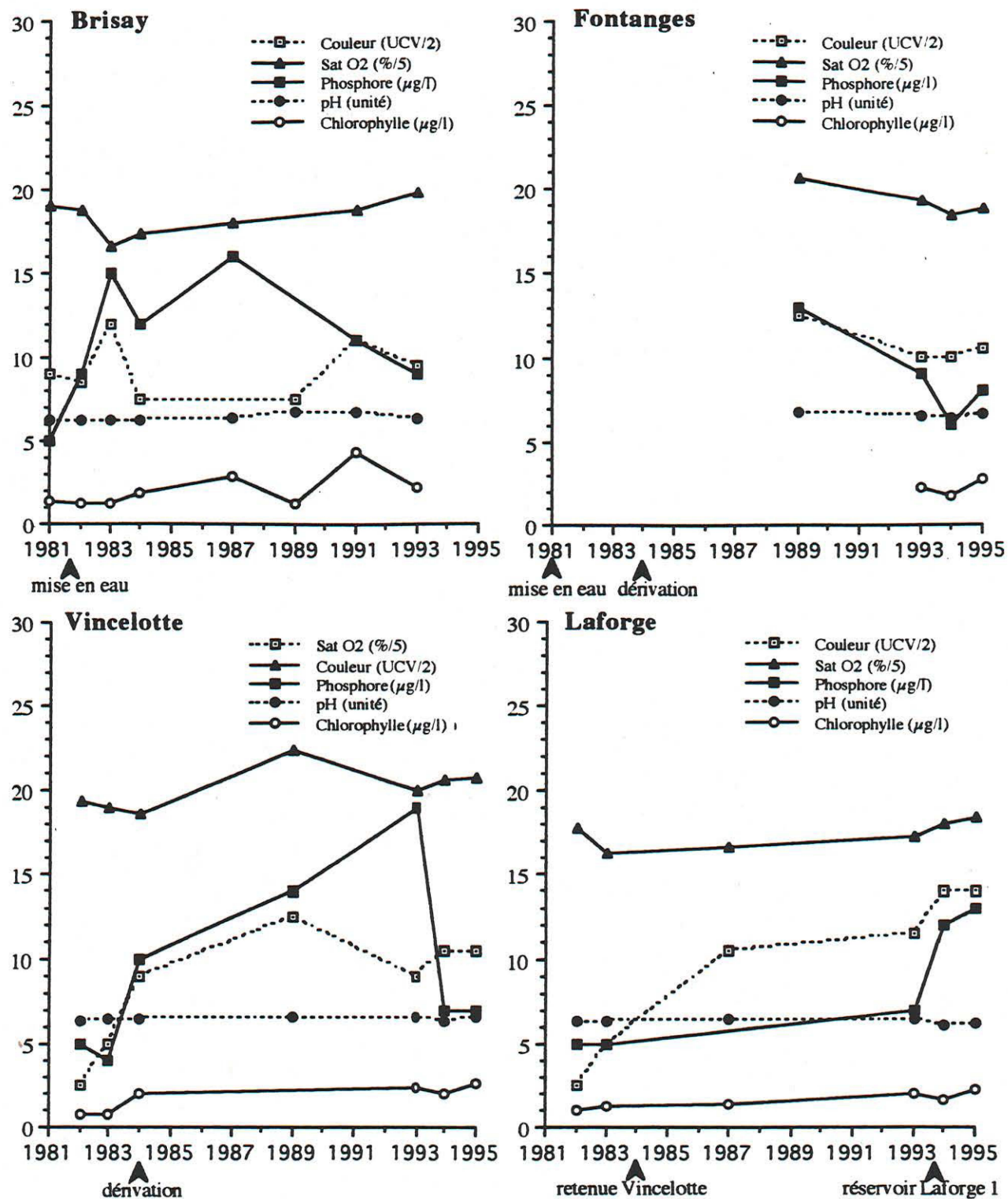
4.1.1 Réservoir Caniapiscau

Il ne nous appartient pas, dans le cadre du suivi de la phase II, de décrire et d'analyser la qualité des eaux du réservoir Caniapiscau dans son ensemble. Il faut toutefois connaître les caractéristiques de celles-ci à la sortie de ce réservoir (station Brisay) car 98 % des apports de Laforge 2 et 83 % de ceux de Laforge 1 proviennent du bassin de la rivière Caniapiscau.

Les valeurs des paramètres ont peu évolué au cours de la mise en eau (octobre 1981) et de l'exploitation (figure 8, annexe A-1). Les paramètres sensibles au lessivage des sols et à la décomposition des matières végétales inondées comme la saturation en oxygène dissous, la conductivité, le phosphore total, le carbone inorganique, le carbone organique, les tanins, la couleur réelle, le fer, ont changé pendant la mise en eau à la station Brisay (1983 et 1984) mais souvent, les valeurs se sont limitées aux limites supérieures ou inférieures des concentrations mesurées entre 1980 et 1995.

L'effet d'enrichissement observé s'est parfois prolongé jusqu'en 1995, tout en s'atténuant avec le temps, pour les paramètres qui sont reliés à la production primaire (phosphore total, chlorophylle a et silice). Les concentrations les plus faibles de saturation en oxygène dissous (45 %) se sont produites en profondeur en 1983 (annexe D1). Par la suite, le grand volume d'eau évacué en hiver a empêché d'atteindre des déficiences en oxygène comme ce fut le cas pour certaines autres stations en retrait du courant principal. Les données fragmentaires obtenues en 1987 et 1991 à l'aval immédiat de l'ouvrage régulateur de Brisay ont fourni les mêmes valeurs sauf pour la concentration en oxygène dissous qui s'est

Figure 8. Évolution temporelle des cinq paramètres physico-chimiques qui ont enregistré les plus grandes modifications entre 1981 et 1995 aux stations Brisay, Fontanges, Vincelotte et Laforge.



approchée de 100 % à la suite de la grande turbulence à la sortie du réservoir Caniapiscou. Le retour graduel à des valeurs comparables aux lacs naturels de la région a été perturbé par les grandes variations de surface et de volume du réservoir Caniapiscou et la diminution du temps de séjour des eaux dans ce plan d'eau.

Dans l'ensemble, les eaux de surface du réservoir Caniapiscou peuvent être caractérisées comme transparentes, légèrement colorées, légèrement acides mais peu tamponnées, peu chargées en matières dissoutes et peu productives. Les variations en valeur relative des paramètres physico-chimiques des eaux peuvent parfois sembler élevées mais demeurent faibles en valeurs absolues. À titre d'exemple, la concentration moyenne des eaux en phosphore total a plus que triplé après la mise en eau mais les moyennes n'ont pas dépassé 16 $\mu\text{g}/\ell$.

4.1.2 Bassin Fontanges

La qualité de l'eau du bassin Fontanges, qui deviendra plus tard le réservoir Laforge 2, a été mesurée pour la première fois au printemps 1984, au début de la dérivation des eaux du réservoir Caniapiscou, et ensuite en automne 1989 pour l'étude d'impact de la centrale Laforge-2 (figure 8, annexe A-2). Ce n'est qu'en février 1984, à plus de 15 mètres de profondeur qu'on a noté un faible contenu en oxygène dissous. Ces concentrations sont toutefois comparables à celles rencontrées dans les lacs naturels comme le lac des Voeux (annexe D-8).

Les mesures prises depuis 1993 indiquent que les valeurs de tous les paramètres mesurés entre les mois de juin et octobre sont sensiblement les mêmes que celles observées à la station Brisay aux mêmes années. Les forts débits relâchés à la sortie du réservoir Caniapiscou et le faible pouvoir de rétention du bassin Fontanges expliquent ce phénomène. De plus, on n'observe aucune modification des paramètres sensibles à la décomposition dans ce plan d'eau car les débits principaux se font en hiver, la période où se remarquent habituellement les plus fortes concentrations en phosphore total et les plus faibles concentrations en oxygène dans les autres stations situées en retrait du courant principal.

Un échantillonnage de la qualité de l'eau effectué en 1991, à l'occasion de la caractérisation des habitats des poissons entre la sortie de l'ouvrage régulateur de Brisay et l'entrée dans le réservoir Fontanges, a montré que, même après deux mois de coupure de débit au site de Brisay, le taux d'oxygène dissous demeurait autour de 100 % et le pH entre 6,5 et 6,8 unités (Guay et Gauthier 1991). Ces données se comparent donc à celles du mois de juillet prises la même année au réservoir Caniapiscou et au bassin Fontanges.

4.1.3 Lac des Espoirs

La station Vincelotte est située dans le lac Des Espoirs, à la sortie du bassin Fontanges. L'inondation des rives, surtout en hiver, ne fut que de quelques mètres depuis le mois de janvier 1984, date qui correspond au début de la dérivation des eaux de la rivière Caniapiscou dans la rivière Laforge.

Les seuls paramètres qui ont présenté des concentrations supérieures à celles du bassin Fontanges sont la turbidité et le phosphore total et les valeurs individuelles les plus élevées ont été mesurées au moment où s'effectuaient des excavations au site Laforge-2 (figure 8, annexe A-3). La chute de l'eau dans l'évacuateur de Fontanges et la grande turbulence dans le canal qui mène au lac des Espoirs provoquent une légère sursaturation de l'eau en oxygène dissous. Ces concentrations sont cependant trop faibles pour laisser supposer une sursaturation en azote qui pourrait être néfaste aux poissons.

4.1.4 Retenue Vincelotte et réservoir Laforge 1

La station Laforge est située dans le courant principal des eaux et sur les rives du lac Vincelotte. Elle a été inondée en 1984, à l'arrivée des eaux de la dérivation Caniapiscou, et son niveau a fluctué surtout en fonction des débits évacués à l'ouvrage régulateur de Brisay. Comme les eaux transitaient rapidement et que la surface nouvellement mise en eau était restreinte, elle a suivi de 1984 à 1993 les modifications de la qualité de l'eau du bassin Fontanges et du réservoir Caniapiscou (figure 8, annexe A-4) ; ce dernier plan d'eau présentait alors une surface 12 fois plus grande que celle de la retenue Vincelotte. Au début du transfert des eaux en 1984, l'érosion du lit des cours d'eau a mis en suspension des particules minérales fines comme l'indique la hausse temporaire de la turbidité.

L'accroissement de la superficie et un nouvel ennoiment de la végétation lors de la mise en eau du réservoir Laforge 1 en 1993 ont causé une augmentation des concentrations estivales de l'acidité de l'eau, du phosphore total, de la couleur et de la chlorophylle a ainsi qu'une légère baisse de la conductivité mais à un degré moindre que dans les stations situées en périphérie du réservoir Laforge 1. Comme les plus forts débits sont observés en hiver, on n'a pas observé de baisse du niveau d'oxygène pendant cette saison.

Le temps de séjour moyen des eaux dans le réservoir Laforge 1 est d'environ trois mois mais il n'est au plus que de quelques semaines dans le chenal préférentiel où se trouve la station Laforge ; il est donc normal que la qualité des eaux s'apparente plutôt à celle rencontrée aux stations Vincelotte et Brisay.

La mise en eau de la région du lac Jobert a débuté à la fin du mois d'août 1993. Les effets se sont surtout fait sentir à partir de l'hiver suivant. Cette station, comme celle des Oeufs, est située en retrait du courant principal, dans un lac peu profond et une région où de nombreuses pessières ont été inondées.

La décomposition de la matière organique a rapidement causé en été une hausse des matières humiques reflétée par la couleur réelle, une augmentation du phosphore total, de l'azote Kjeldahl et de la production primaire (chlorophylle a) ainsi qu'une baisse concomitante de la silice (figure 9, annexe A-5). Ces valeurs sont les mêmes au fond car il n'y a pas de thermocline en été. On peut vraisemblablement supposer que les milieux qui ont présenté les mêmes caractéristiques ont subi les mêmes modifications de la qualité de l'eau qu'à cette station.

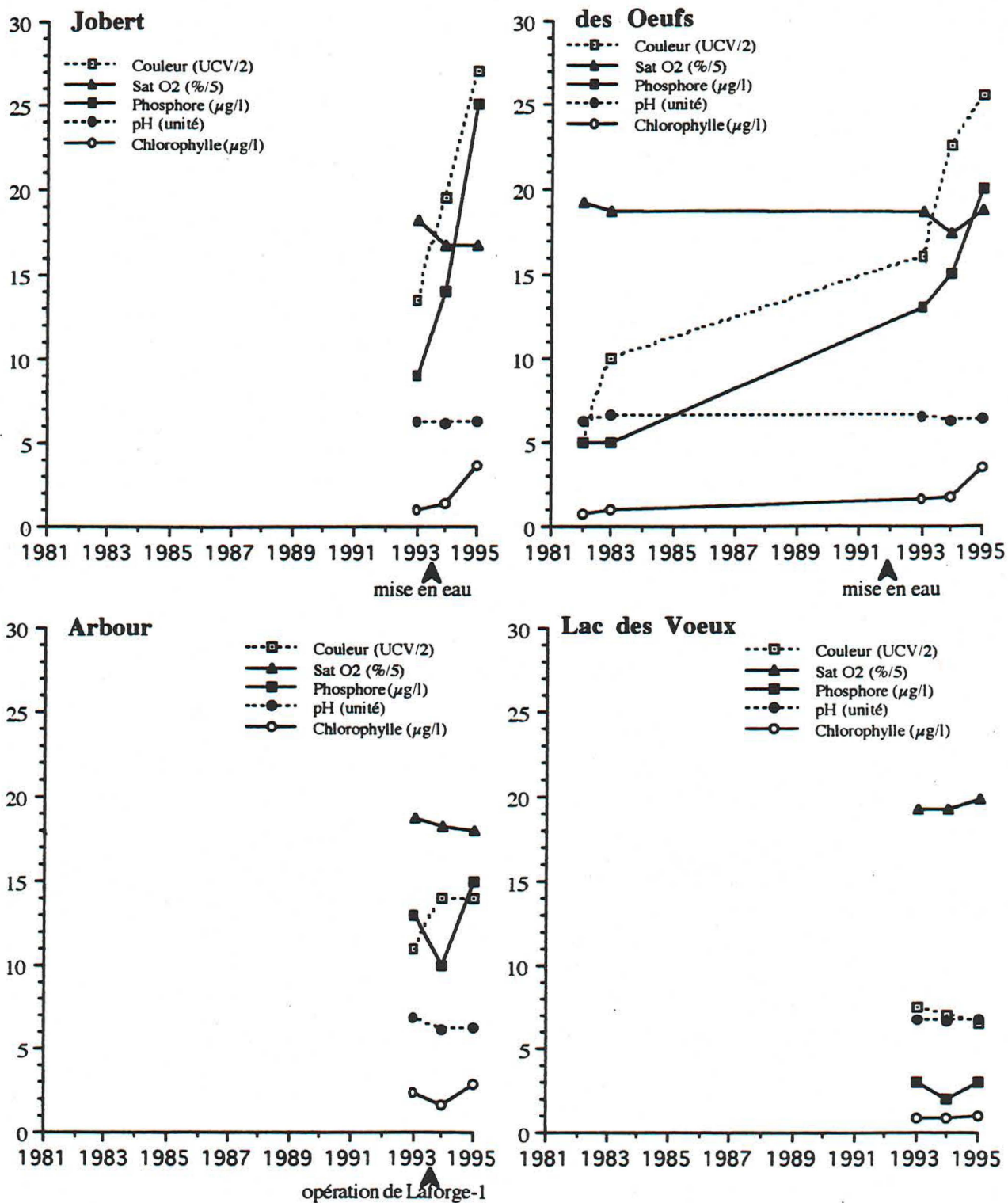
Par contre, sous la glace, les conséquences de la décomposition s'amplifient en 1994 et 1995, indiquant que les processus sont intenses (annexes C-5 et D-5). À la fin de l'hiver, les taux d'oxygène dissous baissent au point de devenir presque nuls près du fond. La conductivité augmente au point de doubler au fond (13 à 22,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et la couleur atteint jusqu'à 59 UCV. La production de gaz carbonique, reflétée par les fortes concentrations de carbone inorganique (jusqu'à 17 mg/ℓ), provoque une baisse du pH jusqu'à 5,5 unités près du fond. Cela conduit à un enrichissement des eaux reflété par les fortes concentrations du phosphore total et de l'azote Kjeldahl. Comme le volume des eaux touché par ces phénomènes est petit, la concentration de ces paramètres se rétablit rapidement au niveau estival après la fonte des glaces, le retournement printanier et le brassage par les vents.

Une digue a coupé le lac des Oeufs en deux parties en 1992 ; celle de l'est a subi une inondation progressive et a été intégrée au réservoir Laforge 1 en 1993. La situation de cette station en périphérie du réservoir, loin du passage des eaux de dérivation de Caniapiscou en font, avec la station du Jobert, des sites d'observation des conditions extrêmes qui ont pu se produire au réservoir Laforge 1. L'intensité de la décomposition se manifeste par une augmentation de la couleur, du phosphore total et de la chlorophylle a (figure 9, annexe A-6).

C'est à la fin de l'hiver, en 1994 et 1995, et près du fond que les valeurs extrêmes sont rencontrées : couleur de 100 UCV, carbone inorganique de 8 mg/ℓ , carbone organique de 5,5 à 5,7 mg/ℓ , phosphore total de 30 $\mu\text{g}/\ell$, oxygène dissous nul ou presque nul et pH de 5,6 et 5,7 unités (annexes C-6 et D-6).

Comme cette région est bien exposée aux vents et que la faible profondeur permet un brassage des eaux jusqu'au fond du lac, les variations enregistrées aux paramètres mentionnés ci-dessus s'atténuent en été au point que, sauf pour la couleur, le phosphore total et la chlorophylle a, les autres paramètres sont comparables à ce qui avait été observé en 1982 et 1983, en conditions naturelles.

Figure 9. Evolution temporelle des cinq paramètres physico-chimiques qui ont enregistré les plus grandes modifications entre 1981 et 1995 aux stations Jobert, des Oeufs, Arbour et du lac des Voeux.



4.1.5 Rivière Laforge en aval de la centrale Laforge-1

La station immédiatement en aval de la centrale Laforge-1 est située dans le lac Arbour. Ce lac était originellement en retrait de la rivière Laforge. Pendant les travaux de construction de la centrale et le creusement du canal de fuite, il y eut une augmentation de matières fines en suspension dans le lac en 1993 (figure 9, annexe A-7). Il s'ensuivit une hausse de la turbidité, du pH, de l'alcalinité, des bicarbonates, de la conductivité, du phosphore total et de la silice. Avec l'addition du courant provenant du réservoir Laforge 1 en automne 1993, ces sédiments en suspension ont été rapidement évacués vers le réservoir La Grande 4 et la qualité de l'eau est devenue comparable à celle enregistrée à la station Laforge sauf pour un léger enrichissement en phosphore total provenant du bassin entre la station Laforge et la sortie du réservoir.

4.1.6 Station témoin

Les modifications de la qualité de l'eau ne peuvent être attribuées aux conditions naturelles des trois dernières années. En effet, la station située au lac des Voeux, le témoin de la région Laforge, a présenté une grande stabilité de la qualité de l'eau depuis 1993 (figure 9, annexe A-8). Les modifications observées à toutes les stations, surtout aux stations en périphérie du réservoir Laforge 1, sont donc le reflet d'un lessivage des sols la première année et de la décomposition des matières organiques submergées lors du remplissage de ce réservoir.

4.2 ANALYSE DES RÉSULTATS DE L'AMONT VERS L'AVAL

Il faut rappeler que le réservoir Caniapiscau fournit 98 % des apports au bassin Fontanges et au futur réservoir Laforge 2 ainsi que 83 % de ceux de la retenue Vincelotte et du réservoir Laforge 1. Comme le temps de séjour des eaux entre la sortie du réservoir Caniapiscau et le réservoir La Grande 4 est relativement court, surtout en hiver dans le chenal principal, les caractéristiques physico-chimiques des eaux des quatre stations situées le long de cet axe seront celles du réservoir Caniapiscau. Les deux autres, Jobert et des Oeufs, placées dans des baies retirées, ont mieux reflété les effets locaux qui se sont produits pendant les deux ou trois premières années de l'existence du réservoir Laforge 1.

Les stations Brisay, Fontanges, Vincelotte, Laforge et Arbour sont situées dans le cours principal des eaux. Les annexes A à D donnent les valeurs des paramètres mesurés dans les eaux de surface (0-10 mètres) et près du fond à chacune de ces stations. Les figures 10 et 11 illustrent les variations dans l'espace des huit paramètres qui ont le plus évolué à la fin de l'hiver et à la fin du mois d'août en 1995. Ces périodes correspondent aux variations maximales observées antérieurement dans les réservoirs du

Figure 10. Evolution en 1995 du pH, de l'alcalinité, de la saturation en oxygène dissous et de la couleur réelle dans le parcours des eaux entre la sortie du réservoir Caniapiscou jusqu'à son arrivée dans le lac Arbour (points reliés) ainsi que dans les stations inondées en périphérie du réservoir Laforge 1 et à la station témoin (lac des Voeux).

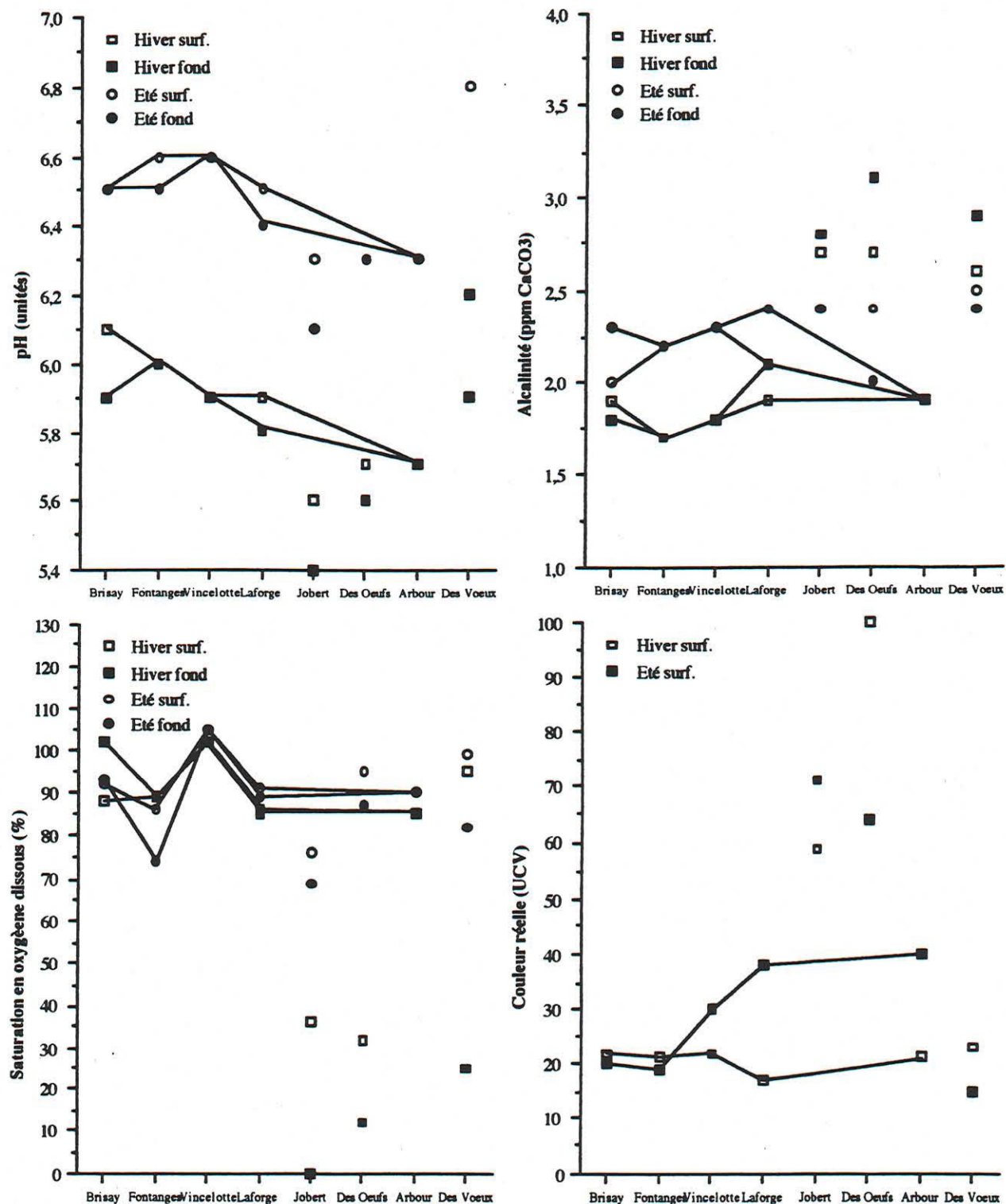
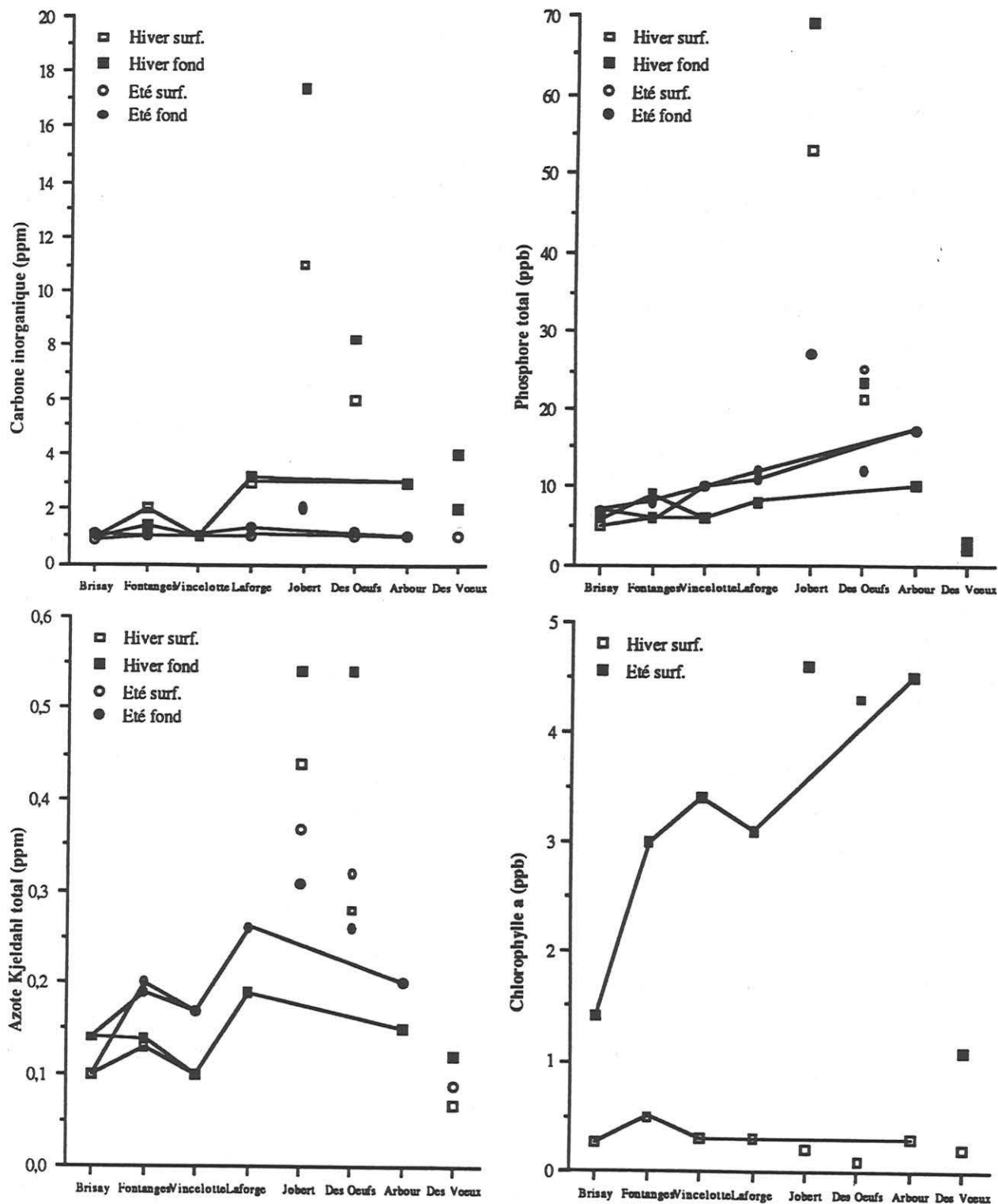


Figure 11. Evolution en 1995 du carbone inorganique, du phosphore total, de l'azote Kjeldahl et de la chlorophylle dans le parcours des eaux entre la sortie du réservoir Caniapiscau jusqu'à son arrivée dans le lac Arbour (points reliés) ainsi que dans les stations inondées en périphérie du réservoir Laforge 1 et à la station témoin (lac des Voeux).



complexe La Grande soit à la deuxième ou la troisième année après la mise en eau et pendant les stratifications thermiques, s'il y en avait eu. Pour faciliter la compréhension, les stations du parcours des eaux sont reliées entre elles, permettant de les comparer plus facilement avec les deux stations périphériques (Jobert et des Oeufs) et la station témoin (lac des Voeux).

Le pH se situe entre 6,5 et 6,6 unités en été jusqu'à la station Laforge où les effets commencent à se faire sentir. Il atteint 6,3 unités à la sortie du réservoir Laforge 1 (station Arbour), soit une baisse minime de 0,2 unité. Les valeurs estivales des stations périphériques varient de 6,1 à 6,3 unités, indiquant que les effets de la décomposition sont plus évidents mais que le vent agit sur ces milieux peu profonds. Le lac des Voeux présente un pH d'environ 6,8 en surface et de moins de 6,3 près du fond, sous la thermocline. C'est en hiver que les valeurs sont les plus basses avec 5,9 à 6,1 unités dans le secteur amont, une baisse supplémentaire de 0,1 unité à la station Laforge et une valeur de 5,7 à la sortie de la centrale Laforge-1. Aux stations périphériques, le pH varie de 5,6 à 5,7 sous la glace et descend à 5,4 près du fond à Jobert en 1995 et à 5,2 à des Oeufs en 1994. Malgré les faibles températures, la décomposition de la matière organique est intense et ses effets se conservent bien à l'abri du couvert de glace. Des variations de même amplitude ont été observées antérieurement aux stations retirées du réservoir La Grande 2 et Opinaca (Schetagne et Roy 1985). À la station témoin, le pH fut de 6,3 sous la glace et de 5,9 unités près du fond.

L'alcalinité et les bicarbonates ont une grande influence sur les variations du pH. Ordinairement les deux évoluent dans le même sens comme on peut le voir à la station témoin et dans le parcours des eaux. Cependant, lorsque la décomposition libère de grandes quantités de gaz carbonique, une partie de celui-ci peut se transformer en bicarbonates et en carbonates. C'est alors en hiver, sous couverture de glace, que les bicarbonates et l'alcalinité sont les plus élevés malgré les niveaux de pH les plus bas.

Le long du parcours principal des eaux, la concentration en oxygène dissous est toujours près du point de saturation tant en été qu'en hiver ; elle est la plus élevée en aval de l'évacuateur à la sortie du bassin Fontanges. La concentration la plus basse (75 %) a été enregistrée en été, près du fond, à la station Fontanges mais elle est comparable à ce qui est noté au lac témoin à la même période.

Aux stations périphériques, en été, les concentrations en surface et en profondeur vont de 70 à 95 %, ce qui s'approche des valeurs de la station témoin. Par contre, en hiver, les taux de saturation vont de 0 à 35 %, indiquant encore que l'oxygène contenu dans la colonne d'eau est fortement utilisé pendant les sept mois de couverture de glace. Cette situation peut se rencontrer dans les lacs naturels sous la stratification thermique en hiver mais les concentrations sont ordinairement près du point de saturation au-dessus de cette couche.

La couleur réelle est un bon indicateur de la matière humique et de la décomposition de la matière organique. Elle est près de 20 UCV le long du chenal principal en hiver tout comme au lac témoin. Les eaux ne sont donc pas beaucoup affectées par les produits de la décomposition lors des apports les plus élevés en provenance du réservoir Caniapiscou. En été, grâce à des apports restreints et une contribution des stations périphériques, les concentrations aux stations Laforge et Arbour doublent leurs valeurs. Les eaux de Jobert et des Oeufs sont cependant plus foncées avec des niveaux de 60 à 100 UCV.

Le carbone inorganique dissous évolue de la même façon que la couleur réelle, les bicarbonates et l'alcalinité mais de façon inverse avec le degré de saturation en oxygène dissous et l'acidité des eaux (pH). Les concentrations sont stables et faibles dans le chenal principal en été (1 à 2 ppm) et un peu plus élevées en hiver (3 à 4 ppm), ce qui est comparable au lac témoin. Dans les stations périphériques, le gaz carbonique s'échappe facilement en été dans l'atmosphère comme l'indiquent les faibles concentrations (1 à 2 ppm). Par contre, sous couverture de glace, il s'accumule à des concentrations de 6 à 18 ppm et contribue à la baisse du pH, ainsi qu'à la hausse des bicarbonates et des carbonates.

La décomposition de la matière organique, en plus de consommer de l'oxygène dissous et de libérer du gaz carbonique, relâche aussi des composés phosphorés et azotés qui agissent comme agents nutritifs. La figure 11 montre bien que l'enrichissement des eaux en phosphore est lent entre le réservoir Caniapiscou et l'entrée du réservoir Laforge 1 (entre 5 et 10 ppb) et un peu plus rapide au centre et à la sortie de ce dernier réservoir (entre 8 et 18 ppb). Cet enrichissement en phosphore est dû à la décomposition de la matière organique qui, lorsque non masqué par les débits en provenance de Brisay, atteint jusqu'à 55 et 70 ppb en hiver à la station Jobert. La station témoin a des concentrations en phosphore très faibles en tout temps de l'année ; cette pauvreté en nutriments se reflète par de faibles concentrations en chlorophylle a et de faibles productions de poissons.

Les mêmes tendances que pour le phosphore s'observent aussi pour l'azote Kjeldahl total. Les concentrations en amont de la station Laforge sont comprises entre 0,10 et 0,20 ppm et elles atteignent entre 0,15 et 0,27 ppm à Laforge et Arbour. Les concentrations sont supérieures dans les stations périphériques mais, comme pour le phosphore total et le carbone inorganique, leur accumulation est freinée par la consommation par le phytoplancton. En hiver, la production phytoplanctonique étant faible, les concentrations atteignent jusqu'à 0,55 ppm.

La concentration en chlorophylle a est faible en hiver à cause du faible taux de luminosité sous la glace. En été, la biomasse phytoplanctonique reflétée par la chlorophylle a augmente le plus dans les milieux les plus riches en phosphore total et en azote Kjeldahl mais pas nécessairement de façon proportionnelle. Schetagne et Roy (1985) ont montré que la croissance phytoplanctonique est freinée alors par d'autres nutriments qui deviennent alors limitants, entre autres, par la silice qui est presque épuisée au mois d'août.

4.3 COMPARAISON AVEC LES PRÉVISIONS DES RAPPORTS D'IMPACTS

4.3.1 Projet Brisay

Le rapport d'impact du projet Brisay (Hydro-Québec et SEBJ 1988b) prévoyait que, comme le mode d'opération du réservoir Caniapiscou était inchangé, les eaux turbinées à la centrale de Brisay auraient la même qualité que l'eau à la sortie de l'ouvrage régulateur. Cette prévision s'est avérée exacte. Le lessivage des sols, la décomposition de la matière organique submergée, les variations de volume et de surface du réservoir Caniapiscou, et non l'implantation d'une centrale à la sortie de ce réservoir, ont été responsables des modifications de la qualité de l'eau pendant les premières années d'existence. Au moment de la mise en service de la centrale Brisay, le niveau du réservoir se maintenait entre 530 et 533 mètres, ce qui était supérieur aux trois années précédentes mais encore quelques mètres sous le niveau maximum.

4.3.2 Projet Laforge-2

Pendant les premières années de la mise en eau du bassin Fontanges, l'évolution de la qualité de l'eau a été la même que dans les nouveaux réservoirs du complexe La Grande : consommation intense d'oxygène dissous, baisse du pH, etc. Depuis 1984, 98 % du débit qui transite dans le bassin Fontanges provient du réservoir Caniapiscou et les eaux sont rapidement devenues semblables.

La centrale Laforge-2 est actuellement en construction et sera opérationnelle à la fin de l'année 1996. Dans la phase II, le réservoir Laforge 2 maintiendra un niveau plus constant que dans la phase I. Excepté dans la zone de marnage où il y a eu une faible colonisation, il n'y aura pas de nouvelle végétation terrestre ennoyée, le niveau supérieur étant le même dans les deux phases. À la lumière de l'expérience acquise aux autres réservoirs, il faut donc prévoir, comme dans le rapport d'impact de la centrale Laforge-2, que les modifications physico-chimiques reliés à un nouveau mode d'opération du réservoir Laforge 2, initialement le bassin Fontanges, seront imperceptibles (Hydro-Québec 1990). Les matériaux des berges étant relativement stables et l'érosion des matériaux fins ayant déjà eu lieu dans la phase I, il ne faut pas prévoir une augmentation de la turbidité ou des matériaux en suspension.

Le rapport d'impact laissait supposer que la stabilisation des niveaux du réservoir Laforge 2 pourrait augmenter la production primaire, la densité et la diversité des macro-invertébrés par rapport à l'opération à long terme de ce plan d'eau. À date, rien ne laisse entrevoir qu'un mode d'opération ou l'autre pourrait être plus rentable biologiquement dans le futur.

4.3.3 Projet Laforge-1

Le rapport d'impact Laforge-1 indiquait que, dans la phase I, l'eau traverserait la retenue Vincelotte sans y subir de modifications importantes car le temps de séjour était court : de 1 à 8 semaines selon les débits et les niveaux. Il a dû y avoir des baies retirées qui ont enregistré temporairement des baisses importantes d'oxygène dissous mais elles étaient peu nombreuses et ne semblaient pas avoir influencé de façon notable les mesures de l'ensemble du réservoir.

On a estimé qu'un séjour de l'eau plus long dans le réservoir Laforge 1 (plus de trois mois au module et à la cote maximale) serait suffisant pour que les processus de décomposition de la végétation submergée puissent influencer certains paramètres de la qualité de l'eau (Hydro-Québec et SEBJ 1988a). Les prédictions de la qualité de l'eau ont été faites en utilisant la méthodologie basée sur les données recueillies dans l'ensemble des réservoirs de la phase I du complexe La Grande. Ces réservoirs, sauf Opinaca et Desaulniers, étaient profonds, soumis à des marnages de plusieurs mètres et bien exposés aux vents. Ces facteurs assuraient un bon mélange des eaux surtout en période des retournements printaniers et automnaux et des grands vents.

Le réservoir Laforge 1 n'est profond que dans la partie aval du corridor d'écoulement des eaux ; la qualité de l'eau à la station Laforge suit bien ces prévisions (tableau 15, annexe A-4 et C-4). On a en effet enregistré de 1993 à 1995 une turbidité égale ou inférieure à 1,0 UTN, un taux de saturation moyen plus élevé que prévu dans la zone photique (0-10 m) soit plus de 80 % à la fin de l'hiver et en période libre de glace ; même en profondeur, le taux de saturation en oxygène est toujours demeuré supérieur aux prévisions (50 %). Dans le trajet du parcours des eaux, le pH est demeuré plus élevé que les prévisions (5,9 à 6,0 vs 5,8 à 5,9 en hiver et 6,1 à 6,5 vs 6,0 à 6,2 en été). Les teneurs en phosphore total et en chlorophylle a ont suivi les prévisions du modèle utilisé dans le rapport d'impact.

Les zones périphériques du réservoir Laforge 1 sont peu profondes, séparées les unes des autres par des seuils souvent recouverts d'arbres immergés. Ces régions isolées réagissent donc indépendamment et, comme les volumes d'eau sont restreints, présentent en hiver des baisses d'oxygène dissous et de pH comparables à ce qui a déjà été observé dans des milieux similaires au réservoir Desaulniers, à la station Toto et dans les stations complémentaires du réservoir de La Grande 2 en 1979 (Schetagne et Roy 1985). Les figures 10 et 11 montrent qu'en 1995, les taux de saturation en oxygène dissous (0 à 36 %) et les pH (5,4 à 5,7) sont, en hiver, inférieurs aux prévisions du rapport d'impact tandis que les concentrations en phosphore total (0,14 à 0,69) y sont supérieures. Les fortes teneurs en carbone inorganique reflètent d'ailleurs un niveau de CO₂ dissous et un taux de décomposition particulièrement élevés.

En été, l'oxygène ainsi que la plupart des autres paramètres de la qualité de l'eau se régénèrent mais des concentrations en phosphore total, toujours relativement élevées, indiquent bien que la décomposition des matières végétales immergées n'est pas terminée.

Les deux stations du réseau qui ont présenté les plus grandes variations de la qualité de l'eau sont celles des Oeufs et de Jobert. Cependant, à la fin de la stratification estivale, à un mètre du fond, les concentrations des paramètres de la qualité de l'eau se comparent à celles des stations situées dans le trajet préférentiel du parcours des eaux et souvent, à celles de la station témoin de la région (lac des Voeux).

Dans l'ensemble du réservoir, la moyenne mathématique des mesures des paramètres enregistrées jusqu'en 1995 est comparable aux prévisions du rapport d'impact. On devrait donc observer dans quelques années des concentrations qui s'approcheront des valeurs observées dans les lacs de la région.

5.0 POISSONS

Pour les besoins de l'analyse, les rendements des pêches dans les lacs naturels ne seront considérés que lorsque l'effort de pêche aura été suffisant et que les filets employés seront comparables à ceux utilisés dans le suivi des poissons fait par la SEBJ ou Hydro-Québec. Les formes naines et normales du grand corégone n'ayant été séparées systématiquement qu'en 1995, ces deux formes seront regroupées pour l'analyse des pêches. Les résultats détaillés des pêches sont présentés aux annexes E-1 à E-10.

Les données sur les âges des poissons de la région à l'étude sont surtout disponibles pour les espèces suivantes : le grand corégone, le grand brochet, le meunier rouge et le touladi. Les deux premières espèces réagissent plus rapidement aux modifications des milieux et des conditions trophiques que les espèces plus longévives et à croissance plus lente comme le meunier rouge et le touladi. C'est donc chez le grand corégone et le grand brochet que seront suivis l'évolution de la croissance et de la condition avant et après les modifications de l'habitat causées par les aménagements pour fins hydroélectriques.

5.1 RÉSULTATS

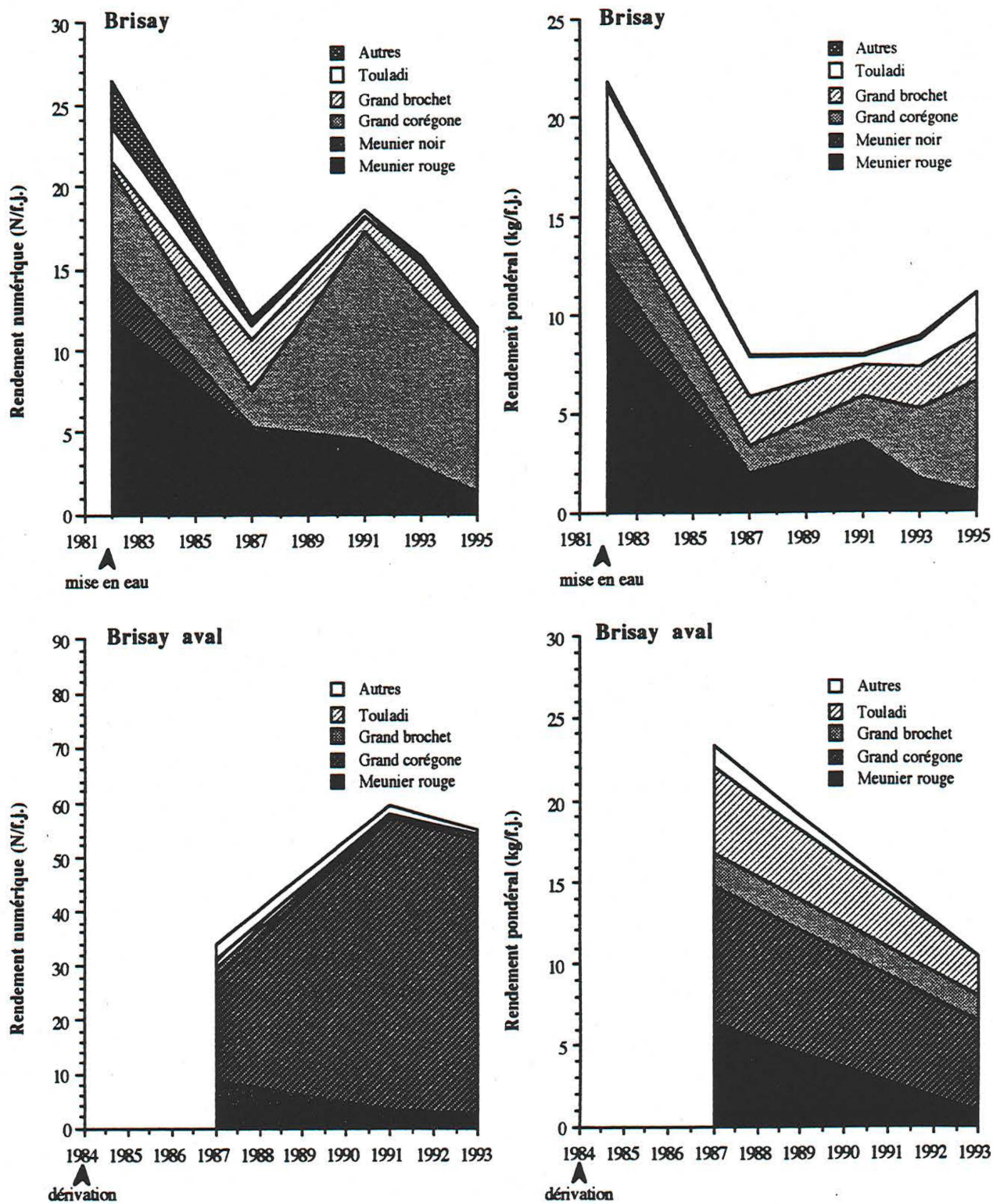
5.1.1 Réservoir Caniapiscou

La station Brisay est située près de la sortie du réservoir Caniapiscou. Le niveau initial du lac Brisay étant presque à la cote minimale du réservoir, les grandes variations de celui-ci ont donc eu une répercussion sur la disponibilité des habitats des poissons à cette station. Comme le but de ce rapport n'est pas d'expliquer les facteurs qui ont influencé l'évolution des espèces de poissons dans le réservoir Caniapiscou, on se bornera à une brève description des résultats des pêches.

5.1.1.1 Rendement des pêches

Comme au réservoir La Grande 2 (Boucher et Roy 1985), il y a eu dilution des densités des poissons pendant la mise en eau et probablement aussi pendant les premières années de l'opération du réservoir (figure 12, annexe E-1). Toutes les espèces avaient des rendements numériques plus bas en 1987 sauf le grand brochet qui avait légèrement augmenté sa contribution.

Figure 12. Rendements numériques et pondéraux des pêches effectuées aux stations Brisay (CA 419) et Brisay aval (LA 118).



Seul le grand corégone a contribué majoritairement aux rendements numériques depuis 1991 avec 66 à 75 % des captures. Les rendements pondéraux de cette espèce se sont maintenus entre 28 et 50 % des pêches à la sortie du réservoir Caniapiscau depuis 1991. On peut remarquer que les rendements les plus élevés en grand corégone se rencontrent lorsque les niveaux sont les plus bas et que le lac Brisay a presque retrouvé son niveau initial.

Pendant ce temps, le grand brochet n'a fourni que 4 à 12 % des rendements numériques (0,8 à 1,9 poisson/filet-jour) et que 19 à 23 % des rendements pondéraux contrairement à ce qui avait été observé aux réservoirs La Grande 2 et Opinaca où, pendant de nombreuses années, des rendements de 6 poissons par filet-jour (N./f.j.) étaient observées après la mise en eau. DesLandes et *al.* (1994) notent qu'au réservoir Caniapiscau, peu de jeunes brochets de 2 et 3 ans se rencontrent dans les captures jusqu'en 1993. Compte tenu de l'altitude et de la latitude de la région, le brochet s'approche de sa limite nordique de distribution et recherche les lacs peu profonds, là où l'eau se réchauffe rapidement. Sur ce point, le réservoir Caniapiscau ressemble maintenant à un lac profond comme le lac des Voeux (figure 16) où les rendements numériques sont de l'ordre de 0,5 brochet par filet-jour.

Comme au réservoir de La Grande 2 après la mise en eau, les effectifs des meuniers ont diminué progressivement de 1982 à 1995. Cette baisse est probablement due à une baisse d'efficacité de reproduction ou à une migration vers d'autres milieux ; à d'autres stations du réservoir Caniapiscau, le nombre de meuniers rouges demeure encore élevé (DesLandes et *al.* 1994).

Malgré la diminution des rendements numériques des pêches depuis 1991, il y a eu une légère augmentation des rendements pondéraux, ce qui laisse entrevoir une augmentation moyenne de la masse unitaire, surtout chez les grands corégonos. Cette même observation a été faite chez la plupart des espèces de poissons capturés dans La Grande Rivière avant 1992. Les bons succès de reproduction et de survie observés les premières années de l'existence des réservoirs sont causés en grande partie par la baisse de densité des prédateurs et l'enrichissement temporaire des eaux, du plancton et du benthos.

5.1.2 Aval du réservoir Caniapiscau

5.1.2.1 Rendement des pêches

Quoique neuf espèces de poissons aient été capturées dans les filets de 1987 à 1993 à l'aval des ouvrages de Brisay, le grand corégone est le plus fréquemment rencontré avec 58 à 92 % des captures (figure 12, annexe E-2). Ces poissons étaient petits car la masse moyenne des individus n'était que de 100 g en 1993. En 1991, les mêmes observations ont été faites dans le secteur à écoulement libre situé entre la station Brisay aval et le bassin Fontanges où les rendements des pêches (50,8 p/f.j.) étaient trois fois plus élevés que dans les milieux témoins et où les grands corégonos, en majorité des jeunes, formaient 55 %

du nombre des captures (Guay et Gauthier 1991). L'abondance de cette espèce, qui emprunte souvent un comportement pélagique, serait due en grande partie à la dévalaison au site de Brisay.

Quant au meunier rouge, il ne fournit 25 % des captures qu'en 1987, les autres années cette espèce n'étant présente que dans une proportion de 5 % des effectifs. Les autres espèces sont rares à ce site.

Le grand corégone constitue toujours la plus grande partie de la biomasse des captures (37 à 54 %). Le touladi (22 à 23 %), le meunier rouge (7 à 27 %) et le grand brochet (8 à 15 %) contribuent avec le grand corégone à plus de 94 % de la biomasse totale des prises entre 1987 et 1993.

Les pêches au filet sous-estiment la présence de la ouananiche (*Salmo salar ouananiche*). En 1990, les pêcheurs sportifs du campement Brisay ont contribué volontairement à l'échantillonnage en mercure de la chair de sept ouananiches capturées au même site (données SEBJ). Ces poissons mesuraient entre 400 et 748 mm et faisaient osciller la balance entre 0,670 et 5,215 kg. Une autre ouananiche plus grosse avait été capturée la même année mais les données n'ont pu être recueillies.

La présence de la ouananiche, non rencontrée antérieurement dans le bassin de la Grande rivière à la Baleine, et la grande quantité de grands corégonos rencontrés en aval des ouvrages de Brisay confirment que des poissons dévalent du réservoir Caniapiscau.

5.1.2.2 Croissance en longueur des grandes corégones

Les grands corégonos capturés à la station Brisay aval ont sensiblement les mêmes taux de croissance que ceux du bassin Fontanges et de la station Vincelotte au lac des Espoirs (tableau 5). Les effectifs annuels étant petits (souvent moins de 30), on ne peut que dégager les grandes tendances.

En 1987 et 1989, soit trois et cinq ans après le début du déversement des eaux, les grands corégonos de quatre ans sont légèrement plus longs que la moyenne dans les lacs naturels de la région. Par la suite, la croissance s'atténue et peut même devenir inférieure à celle des milieux naturels. La présence d'individus à croissance naine peut causer une estimation à la baisse des longueurs atteintes à quatre ans mais ne peut expliquer la tendance à la baisse observée de 1987 à 1995.

Les poissons de sept ans gagnent jusqu'à 15 % de plus en longueur pendant les cinq premières années montrant ainsi qu'ils ont profité de l'enrichissement des nouveaux milieux. Un retour au taux de croissance antérieur s'amorce toutefois dès la septième année du transfert des eaux et est complété en 1993. Quant aux individus de 10 ans, c'est plutôt une amélioration de 19 % qui est enregistrée les premières années mais cet effet devient nul en 1995.

À cette station, ce sont donc les poissons de sept ans (400 mm) et plus qui ont été favorisés. La diète devait contenir une bonne part de jeunes poissons qui dévalaient de l'ouvrage de contrôle et de la centrale au site de Brisay ; c'est aussi l'opinion de Brouard et *al.* (1990) qui se sont basés sur le contenu en mercure des chairs des grands corégones à ce site.

Tableau 5. Longueurs totales moyennes (mm) des grands corégones à l'âge de 4, 7 et 10 ans

Stations	Brisay aval (1)	Fontanges (2)	Vincelotte (3)	Moyenne (1, 2 et 3)	Laforge	Jobert et des Oeufs
4 ans						
Années						
Cond. nat.	301	301	301	301	301	301
1987	319	319	307	312	291	-
1989	337	295	304	280	297	-
1991	294	280	266	295	318	-
1993	242	328	315	295	318	296
1995	-	274	299	287	328	333
Moyenne	298	299	298	298	310	314
7 ans						
Cond. nat.	387	387	387	387	387	387
1987	445	445	414	435	380	-
1989	435	431	440	435	403	-
1991	410	399	398	402	409	-
1993	384	409	392	395	403	375
1995	-	376	381	379	404	409
Moyenne	419	412	405	409	400	392
10 ans						
Cond. nat.	441	441	441	441	441	441
1987	525	525	483	511	436	-
1989	497	518	526	514	470	-
1991	483	474	482	480	466	-
1993	474	461	442	459	457	425
1995	-	441	434	438	452	457
Moyenne	495	484	473	480	456	441

5.1.2.3 Condition des grands corégones

Les grands corégones utilisés pour déterminer les coefficients de condition sont plus nombreux mais contiennent les deux formes de croissance (naine et normale) ce qui rend difficile la comparaison des courbes de chaque année (tableau 6). Doyon (1995a, 1995b) ne donne aucune indication sur les caractéristiques morphométriques de ces deux formes. Il faudra donc considérer que la distribution des coefficients de condition n'a de valeur qu'à titre indicatif.

Pour des longueurs de 300 mm, les grands corégones de cette station avaient entre 1987 et 1993 des coefficients de conditions moyens de 0,76 qui étaient nettement inférieurs à ceux des lacs de la région de La Grande 2 et du réservoir La Grande 2 (0,9 et plus) après 5 années d'existence (Boucher et Roy 1985). À la longueur moyenne de 400 mm, ce coefficient devient 0,83. Il n'y a pas de tendance à la hausse ou à la baisse au cours de ces années.

Tableau 6. Coefficients de condition des grands corégones aux longueurs de 300 mm et de 400 mm

Stations	Brisay aval	Fontanges	Vincelotte	Laforge	Jobert et des Oeufs
Années					
	300 mm de longueur totale				
Cond. nat.	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
1987	0,76	-	0,76	0,82	-
1989	0,73	0,77	0,78	0,69	-
1991	0,76	0,75	0,76	0,76	-
1993	0,80	0,78	0,77	0,80	0,79
1995	-	0,81	0,82	0,96	0,89
Moyenne	0,76	0,78	0,78	0,81	0,84
	400 mm de longueur totale				
Cond. nat.	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
1987	0,83	-	0,88	0,87	-
1989	0,78	0,85	0,86	0,76	-
1991	0,84	0,83	0,84	0,83	-
1993	0,86	0,86	0,80	0,87	0,84
1995	-	0,89	0,88	1,01	0,96
Moyenne	0,83	0,86	0,86	0,87	0,88

5.1.2.4 Croissance des grands brochets

En général, en amont du réservoir Laforge 1, c'est avant 1989 que les meilleures croissances ont été enregistrées chez le grand brochet. Les observations sur les poissons provenant de Brisay aval ne font pas exception (tableau 7). Les longueurs à trois ans ont toutes été supérieures à celles des milieux naturels de la région. Pour les individus de six ans et dix ans, les moyennes de 1987 à 1993 sont légèrement supérieures à celle des lacs témoins mais on distingue une tendance à la baisse à partir de 1989. On peut donc en conclure que l'abondance des proies fut surtout élevée pendant les cinq premières années de la dérivation. Les mêmes tendances ont été observées dans le secteur ouest du complexe où il y a eu 5 à 10 % d'augmentation des longueurs moyennes pendant les premières années.

Tableau 7. Longueurs totales moyennes des grands brochets (mm) à l'âge de 3, 6 et 10 ans

Stations	Brisay aval	Fontanges	Vincelotte	Laforge	Jobert et des Oeufs
Années			3 ans		
Cond. nat.	380	380	380	380	380
1987	459	459	392	491	-
1989	620	414	432	417	-
1991	-	-	375	322	-
1993	492	-	297	-	345
1995	-	333	-	465	495
Moyenne	524	402	374	424	420
			6 ans		
Cond. nat.	670	670	670	670	670
1987	707	707	626	725	-
1989	715	678	630	685	-
1991	-	-	611	643	-
1993	658	563	583	578	592
1995	-	556	518	564	646
Moyenne	694	626	594	639	624
			10 ans		
Cond. nat.	804	804	804	804	804
1987	890	890	798	897	-
1989	786	873	775	883	-
1991	783	756	786	880	-
1993	781	806	793	809	773
1995	-	721	779	-	757
Moyenne	810	809	786	867	765

5.1.2.5 Condition des grands brochets

Il n'y a aucune différence significative dans les coefficients de condition à toutes les stations et à toutes les années. À la station Brisay aval, les coefficients les plus élevés sont rencontrés en 1987 et 1989. Comme la croissance en longueur fut aussi la meilleure à ces années, on doit en déduire que le grand brochet a bien profité des conditions édaphiques des cinq premières années de la dérivation Caniapiscou. C'est aussi ce qui a été observé aux réservoirs La Grande 2 et Opinaca (Boucher et Roy 1995).

Tableau 8. Coefficients de condition des grands brochets aux longueurs de 500 mm et de 700 mm

Stations	Brisay aval	Fontanges	Vincelotte	Laforge	Jobert et des Oeufs
Années					
	500 mm de longueur totale				
Cond. nat.	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
1987	0,65	0,62	0,63	0,63	-
1989	0,68	0,58	0,58	0,56	-
1991	-	0,55	0,55	0,55	-
1993	0,61	0,50	0,53	0,58	0,60
1995	-	0,55	0,61	0,60	0,62
Moyenne	0,65	0,56	0,58	0,59	0,61
	700 mm de longueur totale				
Cond. nat.	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
1987	0,67	0,62	0,66	0,64	-
1989	0,64	0,61	0,60	0,59	-
1991	0,66	0,59	0,54	0,56	-
1993	0,62	0,54	0,57	0,60	0,62
1995	-	0,54	0,60	0,62	0,64
Moyenne	0,65	0,58	0,59	0,60	0,63

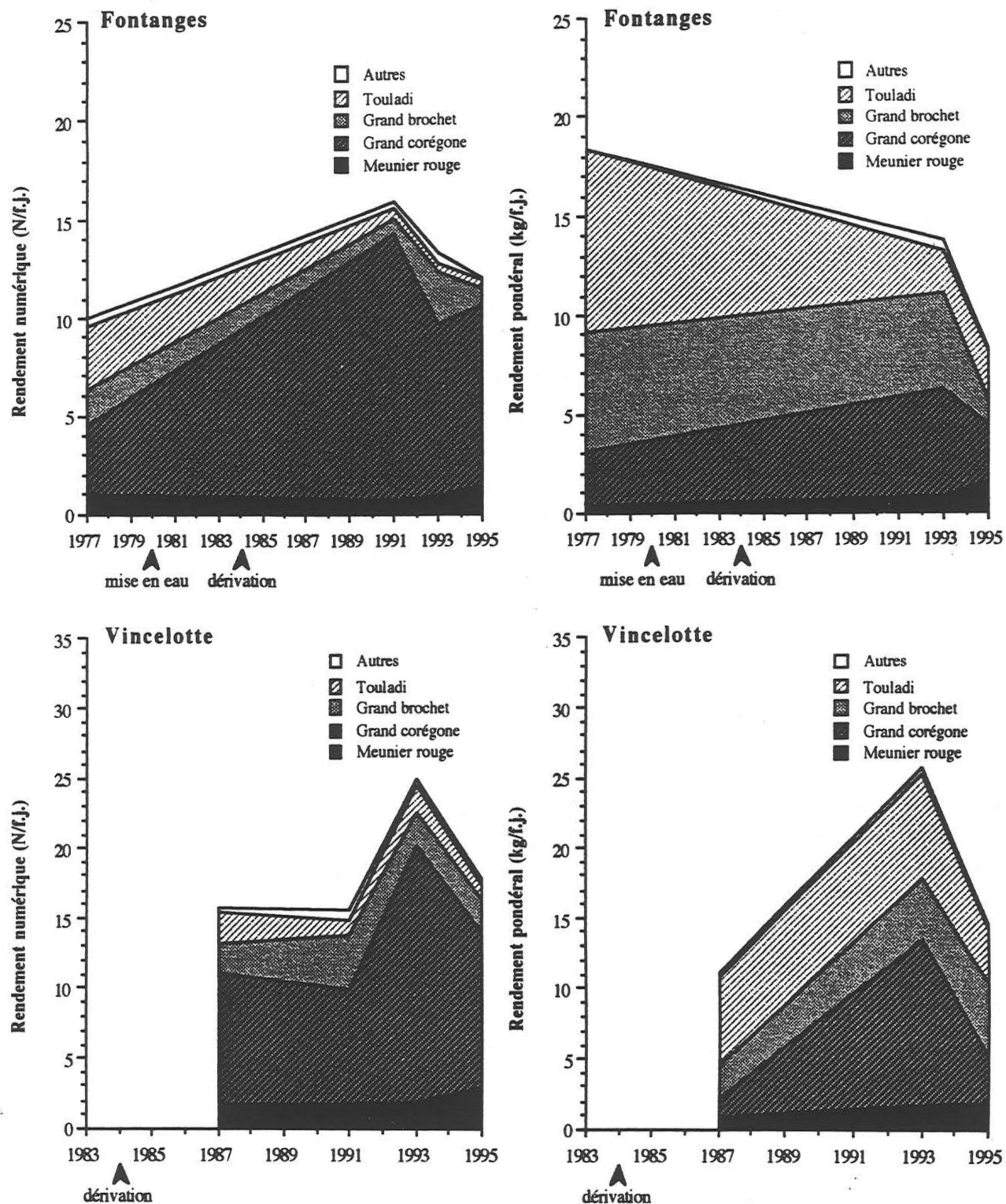
5.1.3 Bassin Fontanges

5.1.3.1 Rendement des pêches

Les captures effectuées en 1977, avant la mise en eau du bassin Fontanges reflétaient bien une population typique des lacs de la région (figure 13, annexe E-3). Le grand corégone formait 35 % des captures et les deux prédateurs, le touladi (33 %) et le grand brochet (18 %), composaient environ la moitié des pêches. En tout, ces trois espèces et le meunier rouge fournissaient 95 % des captures dans les lacs Néret et Fontanges. Comme les grands corégones sont en général plus petits que les deux prédateurs, ce sont le touladi avec 51 % des biomasses et le grand brochet avec 33 % qui influençaient les biomasses des captures. L'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) ne s'y rencontrait pas, cette espèce étant plutôt confinée aux cours d'eau rapides.

À la suite de l'inondation, le grand corégone est devenue l'espèce la plus abondante avec 66 à 86 % des captures entre 1991 et 1995 ; en 1989, les grands corégones ont composé 88 % des captures dans les pêches effectuées pour la détermination des teneurs en mercure. Selon le protocole suivi par Doyon (1995a), au moins 44 % des grands corégones appartenaient en 1995 à la forme naine. Plus de 93 % des captures sont obtenues entre 1991 et 1995 avec le grand corégone, le meunier rouge et le grand brochet.

Figure 13. Rendements numériques et pondéraux des pêches effectuées aux stations Fontanges (LA 901) et Vincelotte (LA 116).



Les rendements numériques des pêches pour ces années sont comparables à ceux du réservoir Caniapiscou et des lacs naturels de la région.

Les rendements en biomasse sont plus modestes pour le grand corégone mais demeurent toujours les plus élevés de toutes les espèces ; ils vont de 36 à 39 % pour les pêches de 1993 et 1995. Avec le grand brochet et le touladi, ces espèces composent 90 % de la biomasse des captures en 1993 et 80 % de celles-ci en 1995. La contribution des autres espèces est donc négligeable tant pour les rendements en nombre qu'en biomasse.

5.1.3.2 *Croissance en longueur des grandes corégones*

Le tableau 5 montre que les grands corégones qui ont vécu dans le bassin Fontanges avant 1986 ont profité des meilleures conditions de croissance en longueur. Par la suite, les longueurs moyennes à chaque âge se rapprochent de celles rencontrées dans les milieux naturels. L'évolution des taux de croissance des grands corégones est semblable à celle observée aux réservoirs La Grande 2 et Caniapiscou. Les longueurs moyennes à 10 ans y avaient augmenté de 50 à 100 mm suite à la mise en eau. Une fois l'enrichissement des eaux terminé et les densités augmentées par la reproduction, les taux de croissance étaient redevenus comparables à ceux des milieux témoins.

Dès 1987, on peut détecter dans les échantillons des individus à croissance naine. Cette année-là, un poisson était mature à trois ans et un autre du même âge n'avait que 174 mm de longueur. D'autres ont présenté les mêmes caractéristiques en 1989, 1991 et 1995.

5.1.3.3 *Condition des grands corégones*

Contrairement à ce qui avait été observé au réservoir La Grande 2, les droites de régression de la condition en fonction de la longueur totale ne montrent pas de différence entre les échantillons provenant du bassin Fontanges et ceux du milieu naturel (tableau 6). Les grands corégones du bassin Fontanges ont donc été en général moins trapus qu'au réservoir La Grande 2 et aux lacs naturels de la région de ce dernier réservoir.

5.1.3.4 *Croissance des grands brochets*

Quoique non prouvé statistiquement et malgré des effectifs restreints, il semblerait que les poissons nés entre 1977 et 1985 aient eu les meilleurs taux de croissance (tableau 7). Les hausses ne furent pas plus importantes qu'aux réservoirs La Grande 2 et Opinaca. Les années subséquentes, les longueurs moyennes aux âges 3, 6 et 10 ans furent toutes inférieures à celles des milieux témoins.

5.1.3.5 *Condition des grands brochets*

Les meilleurs coefficients de condition des grands brochets furent obtenus en 1987 et 1989 ; ces coefficients étaient comparables à ceux des poissons des lacs témoins. Les autres années, les poissons furent moins trapus ou plus maigres que la majorité des poissons capturés dans les milieux naturels et les autres réservoirs. Si l'on considère que la croissance en longueur fut aussi ralentie après 1986, il faut en déduire que la section est du bassin Fontanges n'est pas un très bon habitat pour cette espèce. Le soutirage d'eau plus froide dans le réservoir Caniapiscau et une plus grande profondeur moyenne des plans d'eau dans le bassin Fontanges pourraient peut-être expliquer ces résultats.

5.1.4 *Aval du site Laforge-2*

5.1.4.1 *Rendement des pêches*

La station Vincelotte est située à l'entrée du lac des Espoirs et près de la sortie du canal de restitution du bassin Fontanges. Ce lac ne fait pas partie du réservoir Laforge 1 mais est à la tête du secteur d'écoulement libre entre le bassin Fontanges et le réservoir Laforge 1. Au site de pêche de cette station, la vitesse du courant et le niveau ont varié en fonction des débits en provenance de l'ouvrage régulateur de Brisay.

C'est encore le grand corégone qui accapare entre 1987 et 1995 la plus grande proportion des captures allant de 52 à 72 % des poissons (figure 13, annexe E-4). L'abondance du grand corégone est probablement due à la dévalaison des poissons venant du bassin Fontanges car cette espèce compose ordinairement environ le tiers du nombre de poissons dans les pêches effectuées dans les lacs naturels de la région. Avec le grand brochet, le meunier rouge et le touladi, le grand corégone fournit plus de 96 % des captures. Même en 1989, avec une utilisation de filets à mailles de 75 et 100 mm, ces quatre espèces ont composé 93 % des captures. Le touladi, le grand brochet, le grand corégone et le meunier rouge ont formé à chaque année plus de 95 % de la biomasse des captures entre 1987 et 1995.

Les rendements en nombre (25,1 p/f.j) et en biomasse (25,7 kg/f.j.) furent les plus élevés en 1993, l'année où l'ouvrage régulateur de Brisay a été fermé pendant quelques mois durant l'été. Cela correspond à des augmentations de 60 à 100 % par rapport aux autres années. Toutefois, la composition relative des pêches n'est pas très différente de celles de 1987 et de 1995, années où les débits étaient élevés (figure 6).

5.1.4.2 Croissance en longueur des grands corégones

Les longueurs moyennes des grands corégones n'ont pas changé au cours des ans (tableau 5). Les longueurs des poissons de cette station sont comparables à ceux des lacs témoins pour les individus de quatre ans mais supérieures aux âges de sept et dix ans. La consommation occasionnelle de petits poissons en aval des évacuateurs, tel que mentionné dans Brouard et *al.* (1990), pourrait expliquer cette excellente croissance chez les gros individus. Les grands corégones provenant des stations Brisay aval, Fontanges et Vincelotte ont eu des taux de croissance comparables ; les longueurs moyennes de ces trois stations sont présentées au tableau 5.

5.1.4.3 Condition des grands corégones

Les coefficients de condition n'ont pas évolué entre 1987 et 1995 (tableau 6). Les valeurs de ce paramètre, quoique inférieures de 10 % de celles rencontrées à l'ouest du territoire de la Baie James sont toutefois comparables à celles de la région à l'étude. Les grands corégones à la station Vincelotte ont une meilleure croissance en longueur que dans les lacs environnants tout en restant aussi gras.

5.1.4.4 Croissance des grands brochets

Les grands brochets de trois et six ans ont été en général plus petits que ceux des milieux témoins (tableau 7). À ces âges, les longueurs les plus élevées ont été rencontrées en 1989 indiquant ainsi que les meilleures conditions de croissance se sont produites pendant les cinq premières années. Il y a par la suite une baisse graduelle jusqu'au niveau le plus bas rencontré dans la région. Les brochets de dix ans ne semblent pas avoir profité ni souffert des changements de niveau ou de débit car leurs longueurs moyennes sont demeurées stables entre 1987 et 1995.

5.1.4.5 Condition des grands brochets

Compte tenu des faibles effectifs, les variations annuelles des coefficients de condition ne sont pas significatives. Ces coefficients sont comparables à ceux des autres stations de pêche de la région (tableau 8) soit légèrement inférieurs à 0,60.

5.1.5 Réservoir Laforge 1

Le réservoir Laforge 1 s'est fait en deux phases. Dans la première, la retenue Vincelotte est née de la coupure partielle du second émissaire du lac Vincelotte, la rivière Vincelotte, et du rehaussement du niveau des eaux par l'ajout du débit en provenance du réservoir Caniapiscou. La seconde phase,

complétée en 1993, fut initiée par la fermeture complète de la rivière Vincelotte et la construction de nombreuses digues permettant le rehaussement des eaux de huit mètres.

La qualité de l'eau et la concentration en mercure des chairs des poissons permettent de séparer les stations du réservoir Laforge 1 en deux groupes. Le premier, qui ne comprend que la station Laforge, a été influencé depuis 1984 par les débits qui transitent entre le réservoir Caniapiscau et le réservoir La Grande 4. Le second groupe est composé des stations périphériques nouvellement mises en eau en 1992 et 1993 ; les stations des Oeufs et Jobert en sont des exemples. Ces groupes seront traités séparément.

5.1.5.1 Rendement des pêches

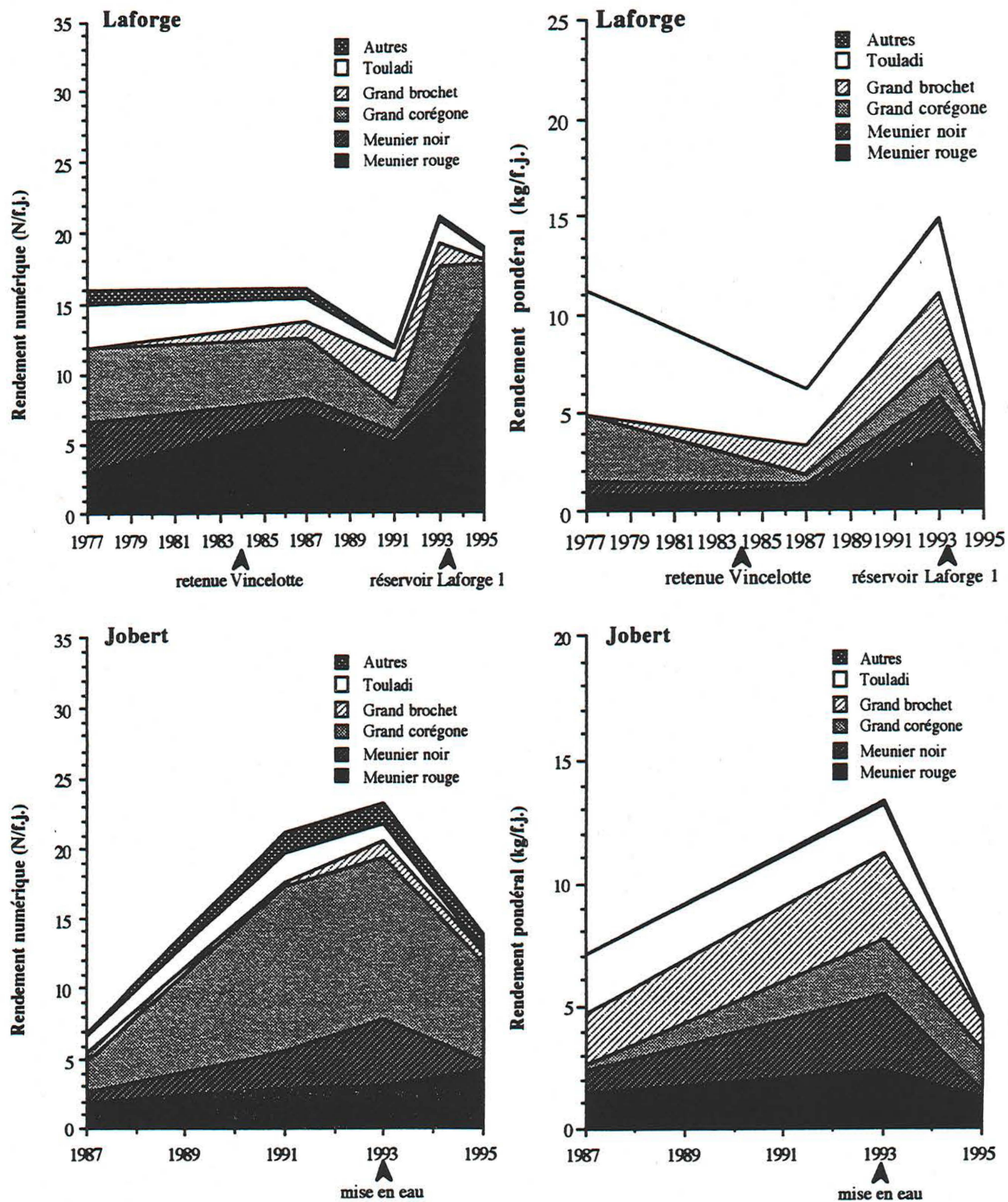
Les rendements obtenus en 1977 à la station Laforge concordent bien avec ceux des grands lacs profonds de la région. Le grand corégone compose environ le tiers des prises en nombre et avec les meuniers, il forme 75 % des prises totales (figure 14, annexe E-5). Le touladi est moins abondant mais contribue à la moitié de la biomasse des poissons.

Les rendements numériques ont subi une baisse en 1991 mais ils se sont relevés lors de la création du réservoir Laforge 1. Il en fut ainsi pour le rendement en masse des pêches sauf pour 1995 où la taille moyenne des poissons et le rendement pondéral ont faibli.

Contrairement à ce qui a été observé aux réservoirs La Grande 2 et Caniapiscau ainsi qu'au bassin Fontanges, la proportion des grands corégones n'augmente pas après l'inondation de la retenue Vincelotte mais laisse la place au meunier rouge (environ 44 % des prises). La mise en eau du réservoir Laforge 1 voit un retour du grand corégone (37 % des prises) mais il est vite rattrapé en 1995 par le meunier rouge qui impose sa domination (75 %). Cette abondance des meuniers rouges est d'autant plus remarquable que les effectifs du meunier rouge comprennent de nombreux poissons de petite taille, ce qui indiquerait un bon taux de reproduction pour cette espèce à cette station ou en amont de ce site de pêche. Il faut rappeler que contrairement à cette station, les meuniers sont devenus de plus en plus rares dans les réservoirs du secteur ouest du complexe.

Autour de la station Laforge, l'occupation des nouvelles niches par le brochet s'est faite graduellement et n'a été que temporaire. L'augmentation de la profondeur moyenne à cette station et le refroidissement de la masse des eaux contribuent à la détérioration de l'habitat de cette espèce d'eau tiède et amène le retour aux faibles densités. Le touladi enregistre une baisse graduelle en nombre et en masse depuis le début de l'inondation. Toutefois, grâce à leur grande taille, les prédateurs forment toujours environ la moitié de la biomasse des prises.

Figure 14. Rendements numériques et pondéraux des pêches effectuées aux stations Laforge (LA 115) et Jobert (LA 119).



Les pêches effectuées en 1987, avant l'inondation du lac Jobert, avaient la même composition que celles du lac Vincelotte et des autres grands lacs de la région. Le grand corégone formait le tiers des prises et les meuniers complétaient la biomasse des poissons non prédateurs à environ 75 % des prises totales (figure 14, annexe E-6). Les prédateurs, le touladi et le grand brochet formaient la moitié de la biomasse des poissons. Les rendements totaux en nombre et en poids étaient comparables cette année-là à ceux du lac des Voeux, le lac témoin de la région (annexe E-10). Les rendements obtenus en 1991 et 1993 sont beaucoup plus près de ceux rencontrés dans les lacs peu profonds de la région et concordent mieux avec les caractéristiques de ce lac avant ou au début de l'inondation du réservoir Laforge 1.

Les rendements numériques de 1995 sont intermédiaires entre ceux de 1987 et ceux de 1991. Le meunier rouge (31 %) et le grand corégone (50 %) dominent les rendements numériques après la mise en eau mais le meunier noir (*Catostomus commersoni*), amorce une diminution comme partout ailleurs dans tous les réservoirs du complexe. Le grand corégone, avec ses deux formes de croissance, agit toujours comme une espèce pionnière en occupant rapidement les nouveaux habitats disponibles. Les faibles taux d'oxygène dissous à la fin de l'hiver sont certainement responsables de la baisse du nombre de captures chez certaines espèces, dont le touladi, qui ont quitté momentanément les lieux pour n'y revenir qu'au printemps, lorsque les conditions de l'eau sont plus favorables ; un tel comportement avait été observé à la station Toto dans la première phase du complexe (Boucher et Roy 1985). C'est ce qui explique partiellement qu'en 1993 et 1995, il ne suffit que de 3 espèces pour former plus de 87 % des rendements numériques.

La répartition des rendements en masse ne suit pas celle des nombres. En 1987, les meuniers, le brochet et le touladi composent à eux seuls 95 % de la biomasse des captures ; la masse du grand corégone est marginale. En 1993, cinq espèces dominantes contribuent chacune entre 15 et 27 % de la masse totale ; en 1995, il ne faudra que trois espèces, le meunier rouge, le grand corégone et le grand brochet, pour former plus de 90 % de la biomasse. La faible contribution du touladi s'explique par la baisse du nombre de captures et par l'absence des spécimens âgés ; la masse moyenne est passée de 2,0 à 0,26 kg/poisson. Les rendements pondéraux ont atteint un niveau (4,5 kg/f.j.) rarement observé dans des lacs naturels lequel est ordinairement voisin de 10 kg/f.j.

La portion du lac des Oeufs incluse dans le réservoir Laforge 1 était peu profonde et le rehaussement de 1992 et de 1993 ne fut que de quelques mètres. À ces deux stations, le taux d'oxygène dissous a baissé à un point tel qu'il était nul ou presque nul près du fond en hiver et qu'il n'atteignait 50 % et plus qu'à un ou deux mètres sous la surface de la glace.

Les rendements numériques sont demeurés élevés après la mise en eau de la station des Oeufs avec une moyenne d'environ 30 p./f.j. Plus de 86 % de ce rendement est dû à deux espèces, le meunier rouge et surtout le grand corégone (figure 15 et annexe E-7). Cette dernière espèce était représentée par de nombreux jeunes, probablement de la forme à croissance normale car en 1995, on n'a pu déceler que 10 % des individus qui avaient les caractéristiques de la forme à croissance naine.

Les rendements en masse sont plus équilibrés avec 4 espèces qui composent plus de 93 % de la biomasse des captures : le meunier rouge, le grand corégone, le grand brochet et le touladi. Contrairement à ce qui a été noté à Jobert, les prédateurs ne semblent pas s'être éloignés du milieu car les masses moyennes de ces deux espèces sont demeurées autour de 2 kg/poisson, comme dans les lacs naturels de la région. Il ne semble pas y avoir eu de recrutement par une immigration en provenance des milieux adjacents car l'augmentation de la biomasse de l'espèce la plus importante, celle du grand corégone, est passée en deux ans de 130 à 340 g par poisson, ce qui correspond à une croissance normale dans un nouveau réservoir.

5.1.5.2 *Croissance des grands corégones*

La croissance des grands corégones de la station Laforge est comparable à celle des milieux témoins. Les meilleures conditions de croissance ont probablement été rencontrées pendant les cinq premières années car c'est en 1989 que les longueurs moyennes sont les plus élevées. En général, les modifications de niveau et de débit n'ont pas beaucoup influencé la croissance de cette espèce même pendant les deux dernières années (tableau 5).

Aux deux stations périphériques (Jobert, des Oeufs) où l'enrichissement des eaux fut intense, les longueurs pour tous les âges ont augmenté d'environ 5 % pendant les deux premières années d'inondation ; ce phénomène se poursuivant ordinairement pendant cinq ans, il y aura lieu de prévoir un accroissement substantiel pendant cette période.

5.1.5.3 *Condition des grands corégones*

Le coefficient de condition des grands corégones capturés à la station Laforge sont du même ordre de grandeur que ceux des lacs témoins (tableau 6). Les poissons recueillis en 1989 semblent faire exception mais les pêches ne furent pas effectuées pendant la même saison. La deuxième année du réservoir Laforge 1, ce coefficient fait un bond de 20 à 25 % par rapport aux valeurs de la retenue Vincelotte, indiquant par là que les conditions édaphiques s'étaient grandement améliorées comme le montrent les concentrations de phosphore et de chlorophylle a dans l'eau (annexe A-4).

Figure 15. Rendements numériques et pondéraux des pêches effectuées aux stations des Oeufs (LA 134) et Arbour (G4 402).

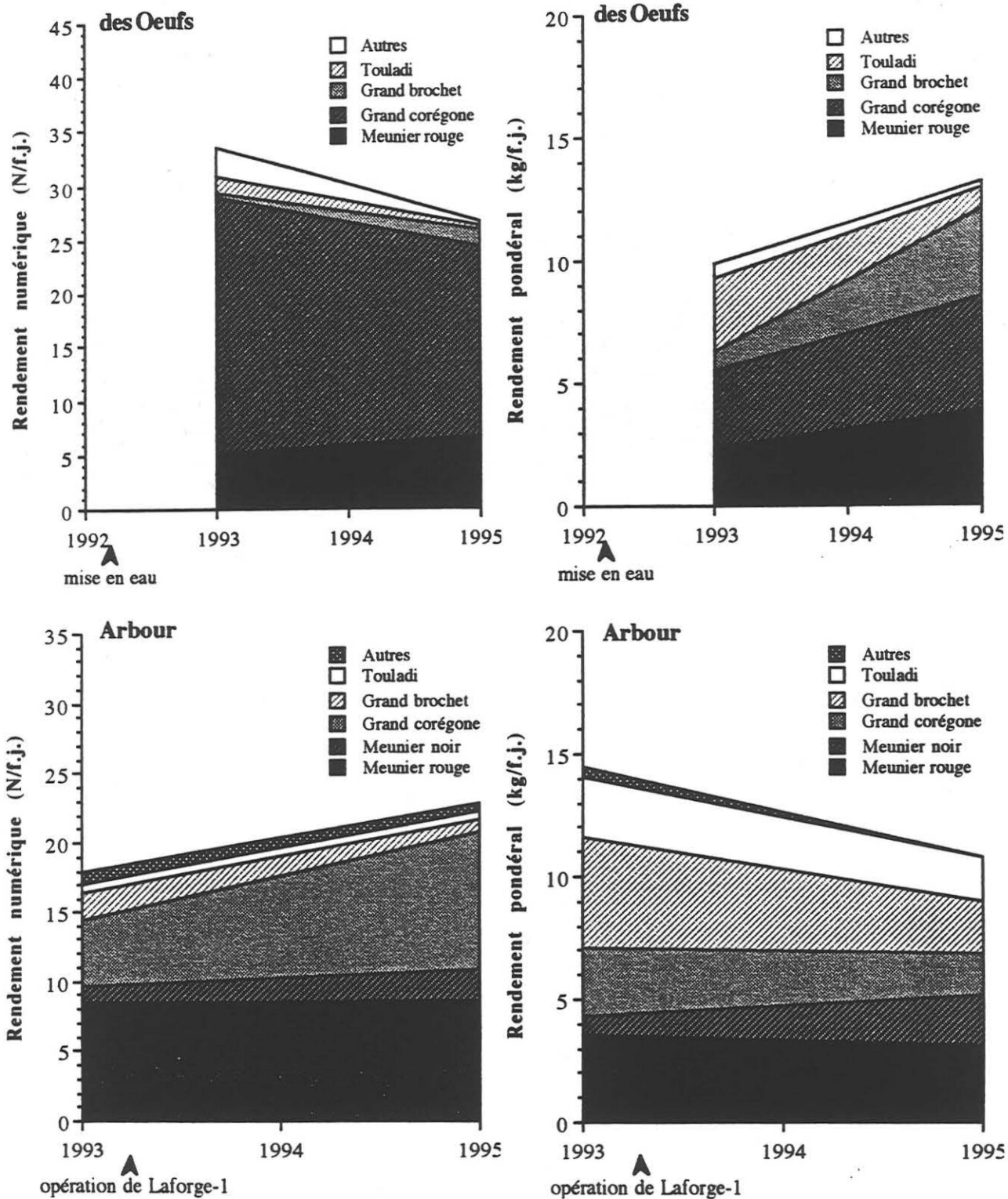
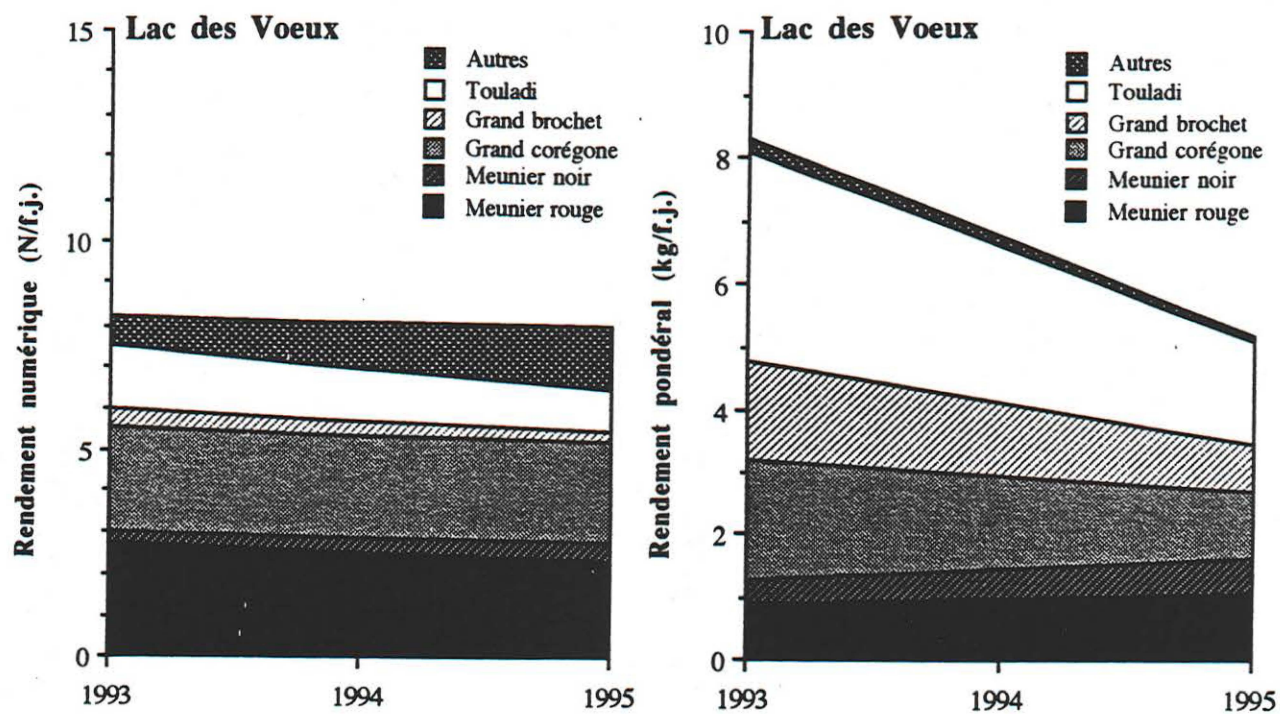


Figure 16. Rendements numériques et pondéraux des pêches effectuées à la station du lac des Voeux (G4 401).



Les coefficients de condition ont aussi augmenté pour toutes les tailles (15 %) aux deux stations périphériques. Ces habitats sont très favorables à cette espèce car on observe en même temps des hausses de densité, du taux de croissance et de l'embonpoint.

5.1.5.4 Croissance des grands brochets

Les meilleures conditions de croissance en longueur à la station Laforge furent rencontrées pendant les premières années de la retenue Vincelotte (tableau 7). Les individus de tous les âges ne les montraient déjà plus en 1991. La création du réservoir Laforge 1 en 1993 n'a eu des répercussions sur la croissance en longueur que sur les jeunes poissons de trois ans en 1995.

5.1.5.5 Condition des grands brochets

Quoique les courbes décrivant l'évolution du coefficient de condition ne soient pas significatives pour les stations Laforge, Jobert et des Oeufs, la tendance fut une augmentation peu de temps après la mise en eau de la retenue Vincelotte, une diminution après quelques années et une remontée après la création du réservoir Laforge 1 (tableau 8). Les variations furent toutefois faibles.

5.1.6 Aval du réservoir Laforge 1

5.1.7 Rendement des pêches

Les poissons capturés à la station Arbour proviennent de l'amont du réservoir La Grande 4. Comme pour le réservoir Caniapiscou, seuls les rendements des pêches seront abordés.

Le meunier rouge et le grand corégone composent 75 % des captures effectuées en 1993 et 80 % de celles de 1995. À ces deux espèces s'ajoutent le grand brochet en 1993 pour un total de 86 % des prises en 1993 et le meunier noir en 1995 pour 90 %. Les rendements numériques sont comparables à ceux de Laforge avec 17,9 p/f.j. en 1993 et 22,8 en 1995.

Les rendements pondéraux sont bien équilibrés en 1993 car les deux poissons proies, le meunier rouge et le grand corégone forment 44 % de la biomasse des pêches et les prédateurs importants, 48 % ; ces quatre espèces fournissent donc 92 % de la masse récoltée. L'augmentation du rendement numérique en 1995 ne se traduit pas par une masse plus grande (10,8 kg/f.j.). La présence d'un grand nombre de petits corégonos cette année-là indique bien que de nombreux poissons ont dévalé à la centrale Laforge-1. Les meuniers composent maintenant la moitié de la masse des pêches ; le grand corégone (15 %), le grand brochet (19 %) et le touladi (17 %) s'ajoutent pour composer 99 % des prises totales.

5.2 COMPARAISON AVEC LES PRÉVISIONS DES RAPPORTS D'IMPACTS

5.2.1 Projet Brisay

Les opérations de la centrale Brisay ont débuté en 1993. Le rapport d'impact de ce projet ne prévoyait aucun changement chez les populations de poissons du réservoir Caniapiscou (Hydro-Québec et SEBJ 1988a). Les quelques variations enregistrées sont attribuables aux grandes fluctuations du niveau et de la superficie du réservoir qui se sont produites depuis 1987.

Comme annoncé dans le rapport d'impact, la dévalaison des poissons à la centrale Brisay se produit comme au site de l'ouvrage de contrôle. Elle explique la présence d'un grand nombre de petits corégones en aval immédiat de la centrale et celle de gros prédateurs comme le grand brochet et le touladi. Un indice supplémentaire de la dévalaison est la présence de la ouananiche en aval de la centrale, là où cette espèce n'était pas rencontrée avant la dérivation des eaux du réservoir Caniapiscou. Les taux de croissance et les coefficients de condition des grands corégones et des grands brochets en aval de la centrale ne sont pas disponibles pour 1995 mais ils doivent suivre la tendance observée les années précédentes, soit un retour graduel vers les valeurs typiques des milieux naturels.

5.2.2 Projet Laforge-2

Le bassin Fontanges ne deviendra le réservoir Laforge 2 qu'en 1996. Depuis la création de ce plan d'eau, la dynamique des populations de poissons favorise la dominance en nombre du grand corégone, une diminution du nombre et de la masse du touladi en faveur du grand brochet et une diminution de la masse du grand corégone due probablement à une présence accrue de la forme naine. Toutefois, ce plan d'eau ne présente pas un habitat de grande qualité car le grand corégone et le grand brochet, une fois passé l'enrichissement dû à l'inondation, ont, ces dernières années, des taux de croissance et des coefficients de condition qui sont inférieurs à ceux des milieux naturels. Contrairement à ce qui avait été annoncé, il n'y a pas lieu de prévoir une amélioration des conditions de nourriture et de reproduction après le début des opérations de la centrale Laforge-2 (Hydro-Québec 1990).

5.2.3 Projet Laforge-1

Comme indiqué antérieurement, il faut considérer le réservoir Laforge 1 comme une entité formée de deux parties. La première, correspondant grossièrement à la retenue Vincelotte ; a conservé un taux de renouvellement des eaux relativement rapide. La composition de la population de poissons est demeurée sensiblement la même quoique le meunier rouge y occupe plus de place. Les taux de croissance et les coefficients de condition du grand corégone et du grand brochet montrent une amélioration chez les jeunes depuis 1993 mais ne changent pas chez les individus de tailles moyennes et fortes. Les valeurs de ces

paramètres de croissance ne rejoindront pas celles rencontrées au réservoir La Grande 2 comme le rapport d'impact le laissait supposer (Hydro-Québec et SEBJ 1988b).

La seconde comprend la plupart des milieux peu profonds récemment ennoyés situés en périphérie du réservoir. Les deux espèces pionnières, comme le grand corégone et le grand brochet, y sont favorisées tant pour la nutrition que pour la reproduction. Le meunier rouge demeure abondant quoique la reproduction n'a pas été mise en évidence. Le touladi n'y trouve pas son compte pendant les premières années probablement à cause du faible taux d'oxygène dissous pendant une bonne partie de l'année. Comme à la station Laforge, les jeunes corégonos et les jeunes brochets indiquent par leur abondance, leur embonpoint et leur croissance que le nouveau milieu leur est favorable comme le prévoyait le rapport d'impact. Cela ne semble malheureusement pas encore le cas pour les individus de tailles moyennes ou fortes où aucune amélioration n'est détectée en 1995. L'enrichissement des eaux du réservoir Laforge 1 n'a pas eu des effets spectaculaires sur la croissance des poissons et tout indique que ce sera le cas aussi dans le futur.

Comme dans tous les réservoirs du complexe La Grande, la présence de l'omble de fontaine a été marginale sinon nulle.

6.0 MERCURE DANS LES CHAIRS DES POISSONS

La relation entre la longueur totale des poissons et la concentration en mercure dans les chairs des poissons à l'aide de régressions simples donnait parfois des résultats non interprétables au point de vue statistique. La méthode développée par Tremblay et Doyon (1996) permet de déterminer l'évolution de la concentration du mercure en fonction de la longueur des poissons, de trouver les meilleures estimations de cette concentration aux longueurs standardisées et enfin de les comparer entre elles. Les résultats sont d'abord présentés par espèce de poissons et ensuite en suivant l'ordre des stations le long du parcours des eaux.

Les annexes F (meunier rouge, *Catostomus catostomus*), G (grand corégone, *Coregonus clupeaformis*), H (grand brochet, *Esox lucius*) et I (touladi, *Salvelinus namaycush*) présentent les caractéristiques des échantillons pour chaque espèce.

La section a) de chacune de ces annexes donne les statistiques descriptives et les tests de comparaison multiples. La section b) présente la taille des effectifs, les courbes de distribution du mercure total en fonction de la longueur totale ainsi que les points de similitude de ces courbes en fonction de la position et de la forme. Les courbes ont la même position ou la même forme si elles ont en commun au moins une lettre. Deux ou plusieurs courbes sont similaires si les positions et les formes sont communes ; si l'une ou l'autre diffère, elles sont statistiquement différentes au niveau de probabilité de 95 %. La section c) présente le tableau et la figure des estimations et les intervalles de confiance (95 %) de la concentration en mercure des chairs des poissons à la longueur standardisée au cours des années. Les lettres du tableau indiquent les points de similitude des estimations. Ainsi, toutes les estimations qui sont caractérisées par un a sont semblables (a, ab, ac), toutes celles qui ont un b (b, ab, bc) aussi, et ainsi de suite.

Enfin, les annexes J à M donnent les diagrammes de dispersion des couples longueur-mercure dans le même ordre des espèces de poissons et des stations visitées en 1995.

6.1 RÉSULTATS

6.1.1 Meunier rouge

Pour suivre facilement l'évolution temporelle des teneurs en mercure du meunier rouge en éliminant l'influence de la longueur du poisson, toutes les concentrations en mercure des chairs sont présentées pour une longueur standardisée de 400 mm.

À la station Brisay, la plus forte teneur en mercure (0,57 mg/kg) fut obtenue en 1993, le onzième été après le début de la mise en eau du réservoir Caniapiscou (figure 17). Un retour à de plus faibles concentrations est amorcé en 1995 mais les intervalles à 95 % sont toujours en dehors de la zone des moyennes des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels. Les niveaux de similitude entre les concentrations en mercure et entre les courbes de distribution des valeurs individuelles sont donnés à l'annexe F-1.

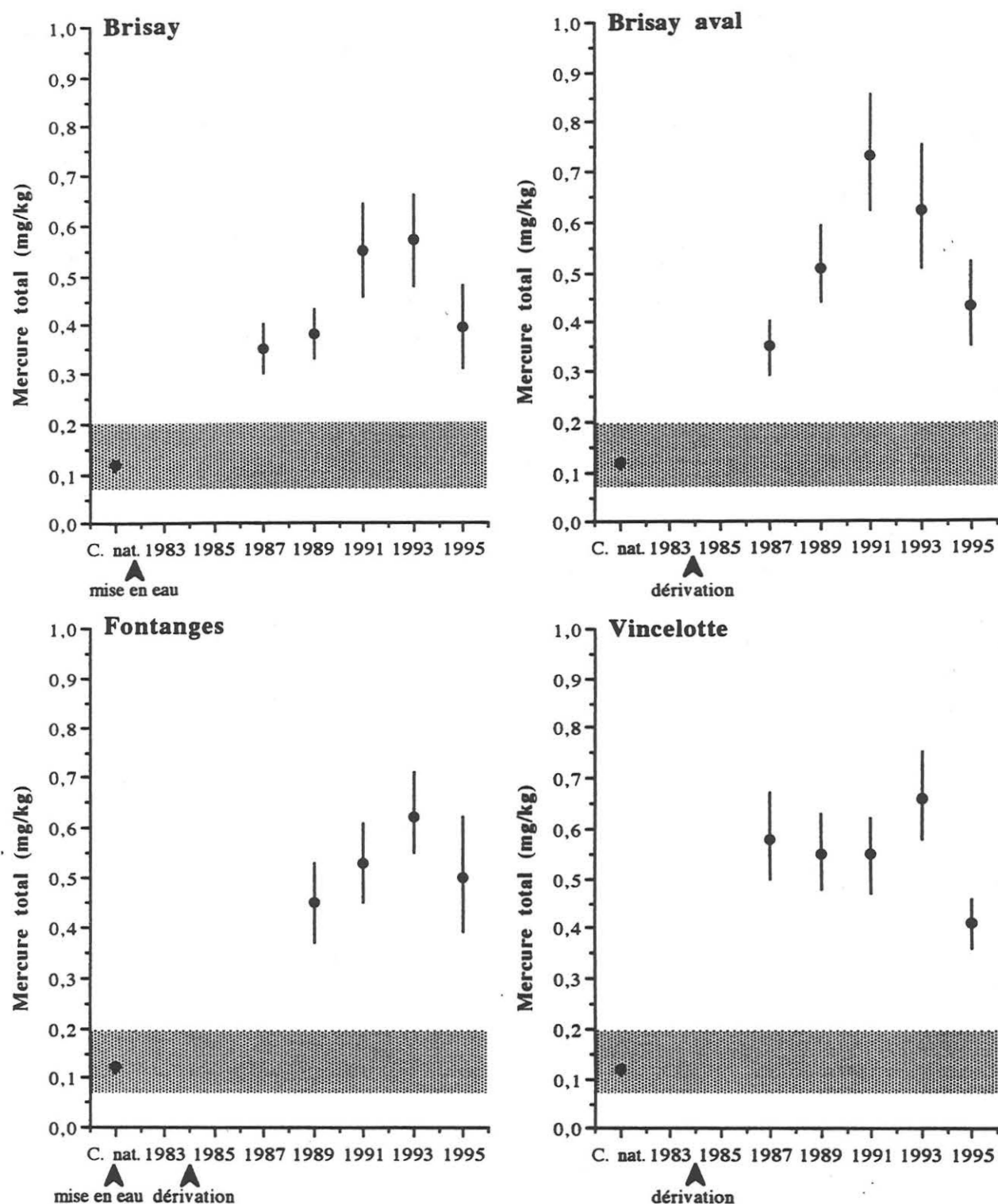
La station Brisay aval était à la sortie soit de l'ouvrage de contrôle de Brisay jusqu'en 1993, soit en aval de la centrale et de l'évacuateur de crues depuis l'opération de cette centrale. La plus forte teneur en mercure (0,73 mg/kg), probablement due à un changement de diète, fut obtenue en 1991, le neuvième été après le début de la mise en eau du réservoir Caniapiscou et le septième été de la dérivation de la rivière du même nom (figure 17). Un retour à de plus faibles concentrations est amorcé en 1993 mais les intervalles à 95 % sont toujours en dehors de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe F-2).

À la station Fontanges, en aval de la section d'écoulement libre entre le réservoir Caniapiscou et le bassin Fontanges, la plus forte teneur en mercure (0,62 mg/kg) fut obtenue en 1993, le onzième été après la mise en eau du bassin Fontanges et le neuvième été après le début de la dérivation de la rivière Caniapiscou (figure 17). Un retour à de plus faibles concentrations est amorcé en 1995 mais les intervalles à 95 % sont toujours loin de la zone des concentrations moyennes à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe F-3).

À la sortie du bassin Fontanges, la plus forte teneur en mercure (0,57 mg/kg) fut obtenue en 1993, le neuvième été après le début de la dérivation de la rivière Caniapiscou (figure 17). Un retour à de plus faibles concentrations à la station Vincelotte est amorcé en 1995 mais les intervalles à 95 % sont toujours en dehors de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe F-4).

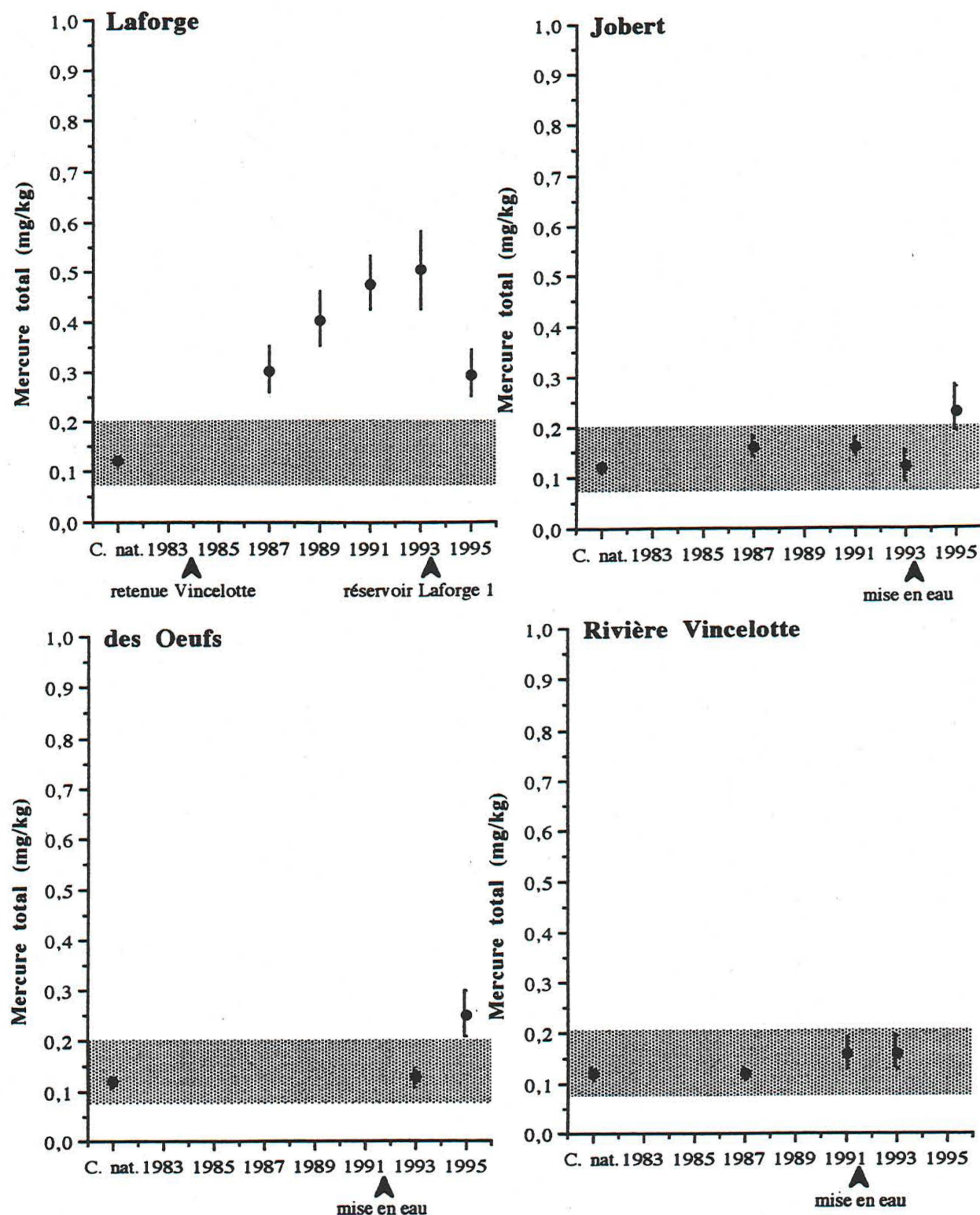
La plus forte teneur en mercure à la station Laforge (0,50 mg/kg) a été rencontrée en 1993, le neuvième été après la mise en eau de la retenue Vincelotte et la dérivation des eaux de la rivière Caniapiscou (figure 18). Un retour à de plus faibles concentrations est fortement amorcé en 1995 mais les intervalles à 95 % sont toujours en dehors de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe F-5). Cette station est la seule à avoir subi deux hausses de niveau : la première en 1984 pour la retenue Vincelotte et la seconde lors de la création du réservoir Laforge 1.

Figure 17. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du meunier rouge (*Castostomus catostomus*) aux stations Brisay (CA 419), Brisay aval (LA 118), Fontanges (LA 901) et Vincelotte (LA 116).



Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

Figure 18. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du meunier rouge (*Castostomus catostomus*) aux stations Laforge (LA 115), Jobert (LA 119), des Oeufs (LA 134) et Rivière Vincelotte (LA 121).



Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

À la station Jobert, une station située en périphérie du réservoir Laforge 1, la plus forte teneur en mercure à la longueur de 400 mm (0,23 mg/kg) fut obtenue en 1995, le deuxième été après la mise en eau de ce réservoir (figure 18). Ce fut la première année que les concentrations quittaient la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels indiquant ainsi que le processus d'assimilation et de bioaccumulation était amorcé (annexe F-6).

Comme à la station précédente, une teneur en mercure de (0,25 mg/kg) à la station des Oeufs fut notée en 1995, le troisième été après la mise en eau de cette partie du réservoir Laforge 1 (figure 18). Cette concentration est aussi à l'extérieur de la zone des moyennes des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels ; la bioaccumulation est donc initiée comme à l'autre station périphérique, la station Jobert (annexe F-7).

Le débit de la rivière Vincelotte a été partiellement coupé vers 1982. Toutes les concentrations à la longueur de 400 mm sont semblables à celle des conditions naturelles, même en 1993 où, pour la deuxième année, cette station était incorporée définitivement au réservoir Laforge 1 (figure 18, annexe F-8).

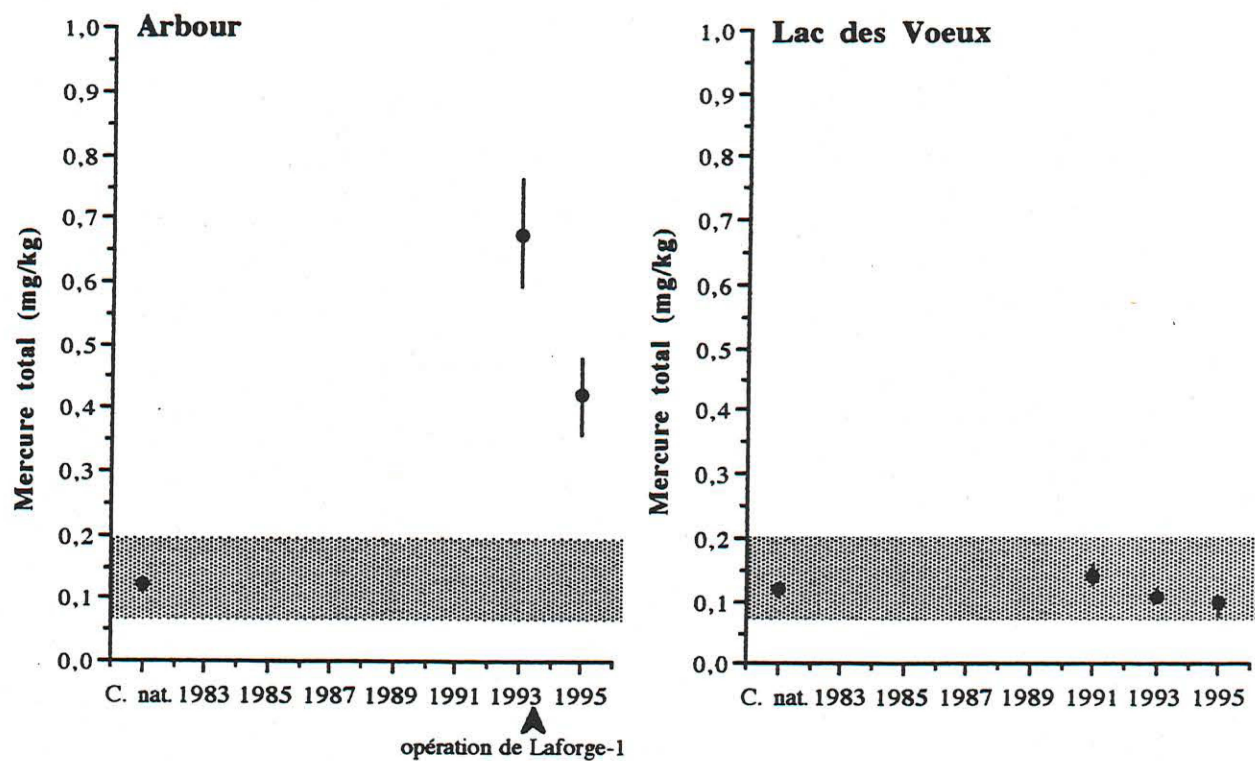
La station Arbour est située immédiatement en aval de la centrale Laforge-1. Une teneur en mercure relativement élevée (0,67 mg/kg) fut obtenue en 1993 (figure 19) ; ce fut la plus forte estimation entre les années 1987 et 1995 pour cette région du réservoir La Grande 4. Un retour à de plus faibles concentrations est amorcé en 1995 mais les intervalles à 95 % sont toujours en dehors de la zone des moyennes des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe F-9).

Enfin, à la station témoin des réservoirs Laforge 1 et Laforge 2, toutes les concentrations estimées à la longueur de 400 mm sont à l'intérieur de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (figure 19). Quoique les estimations ne diffèrent au plus que de 0,04 entre 1991 et 1995, les intervalles sont si restreints que la valeur de 1991 est significativement différente des deux autres (annexe F-10). Cette faible différence n'est probablement due qu'aux aléas des pêches.

6.1.2 Grand corégone

Toutes les moyennes des concentrations en mercure des chairs des grands corégonos sont présentées pour des individus de 400 mm de longueur totale.

Figure 19. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du meunier rouge (*Castostomus catostomus*) aux stations Arbour (G4 402) et lac des Voeux (G4 401).



C'est en 1991 que la plus forte teneur en mercure (0,55 mg/kg) fut obtenue à la station Brisay, soit le neuvième été après la mise en eau du réservoir Caniapiscou (figure 20). Un retour à de plus faibles concentrations est amorcé en 1993. Les moyennes et les intervalles à 95 % de probabilité des teneurs de 1993 et de 1995 entrent dans la zone des moyennes des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe G-1).

Immédiatement en aval de Brisay, la plus forte teneur en mercure des grands corégones (0,56 mg/kg) fut obtenue en 1989, le cinquième été après la mise en eau du réservoir Caniapiscou (figure 20). Le retard d'environ deux ans noté à la station Brisay aval par rapport à la station précédente est probablement dû à l'addition dans la diète de petits poissons blessés ou morts lors du passage dans les ouvrages de génie. Les intervalles de confiance des concentrations à 95 % et la moyenne de 1995 atteignent la zone des moyennes des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe G-2).

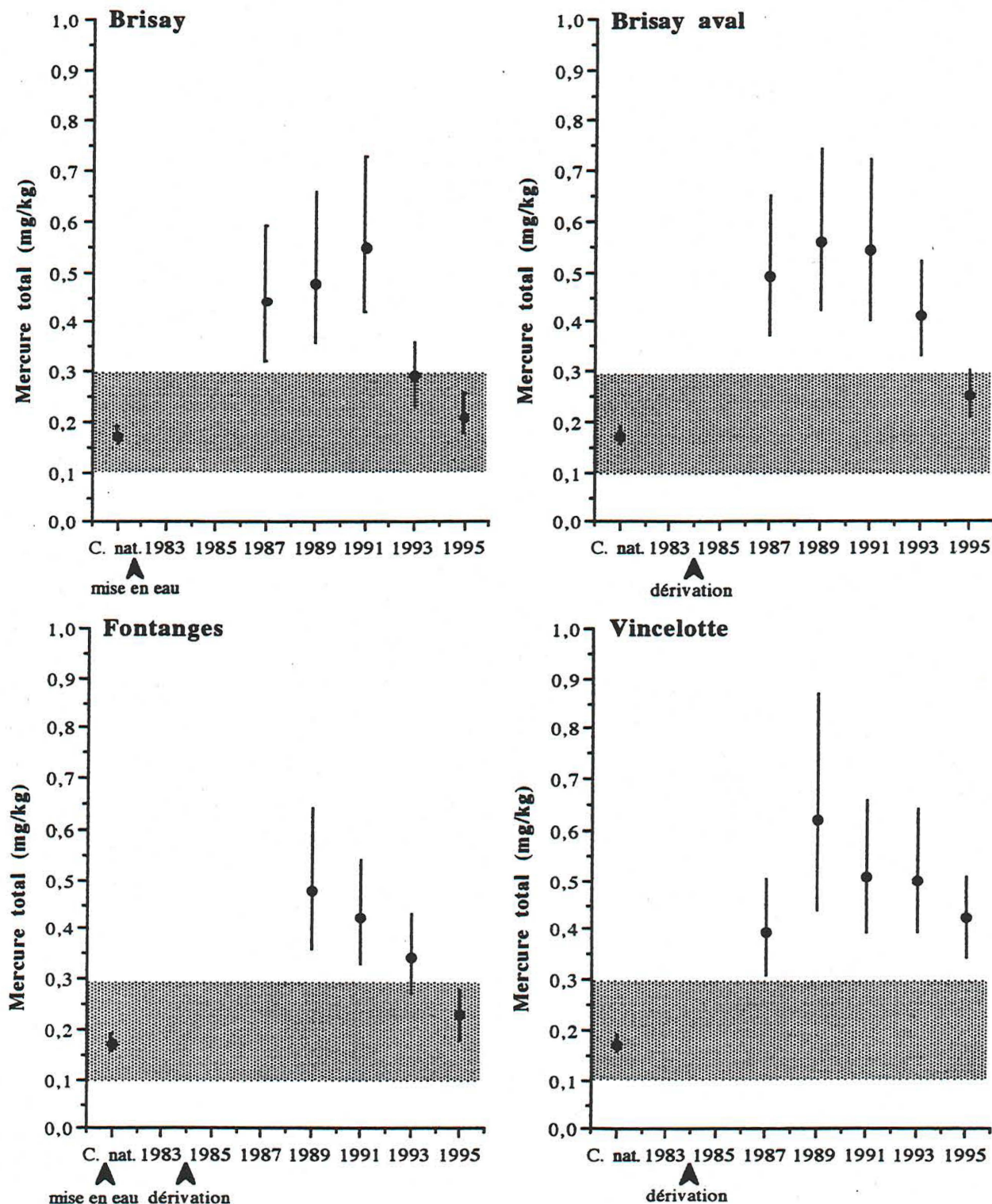
La plus forte teneur en mercure calculée à la station Fontanges (0,48 mg/kg) fut obtenue en 1989, le septième été après la mise en eau du bassin Fontanges (figure 20) ; compte tenu de l'absence d'informations avant cette année, il est possible que la valeur maximale ait été atteinte antérieurement. Les intervalles à 95 % de 1993 et même l'estimation de la moyenne de 1995 sont inclus dans la zone des moyennes des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe G-3).

À la station Vincelotte, la concentration maximale (0,62 mg/kg) fut observée en 1989, le cinquième été après le début de la dérivation de la rivière Caniapiscou (figure 20). Le lent retour aux concentrations naturelles est probablement conditionné par un régime composé occasionnellement par de petits poissons entraînés en aval de l'évacuateur du bassin Fontanges. Les intervalles à 95 % sont toujours plus élevés que la limite supérieure des moyennes des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe G-4).

C'est en 1989, le cinquième été après la mise en eau de la retenue Vincelotte et la dérivation des eaux de la rivière Caniapiscou que fut observée la teneur la plus élevée soit (0,38 mg/kg). Les intervalles à 95 % de probabilité obtenues de 1987 à 1995 sont toutes en dedans de la zone des moyennes des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (figure 21). De plus, la moyenne de 1995 et son intervalle des concentrations de mercure sont complètement inclus dans la zone des moyennes en milieu naturel. Cependant, à cause de la faible variabilité attribuée à la mesure de la moyenne du témoin retenu, les estimations de 1987 à 1995, en sont différentes (annexe G-5).

À la station Jobert, la teneur en mercure est demeurée stable soit 0,30 mg/kg rencontré en conditions naturelles et en 1995, après la mise en eau du réservoir Laforge 1 (figure 21). Le processus d'assimilation et de concentration du mercure dans les chairs ne s'était donc pas encore manifesté (annexe G-6).

Figure 20. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand corégone (*Coregonus clupeaformis*) aux stations Brisay (CA 419), Brisay aval (LA 118), Fontanges (LA 901) et Vincelotte (LA 116).



Il en fut ainsi à la station des Oeufs où la plus forte teneur en mercure (0,19 mg/kg), fut obtenue le troisième été après la mise en eau de cette partie du réservoir Laforge 1 (1995). Toutes les concentrations annuelles en mercure du grand corégone provenant de cette station sont demeurées à l'intérieur de la zone des moyennes des concentrations à la longueur standardisée et des milieux naturels. La bioaccumulation n'était donc pas encore initiée (figure 21, annexe G-7).

À la station rivière Vincelotte, à l'exception de l'année 1987, toutes les concentrations de mercure sont semblables à celle des conditions naturelles, même en 1993 où cette station fut incorporée au réservoir Laforge 1 pour la deuxième année (figure 21). Toutes les moyennes et les intervalles des concentrations en mercure sont compris dans la zone des moyennes des concentrations en mercure dans les milieux naturels (annexe G-8).

En aval de la centrale Laforge-1, à la station Arbour, une teneur en mercure de 0,32 mg/kg à la longueur de 400 mm fut obtenue en 1993 (figure 22) ; de plus fortes estimations ont probablement été enregistrées entre les années 1987 et 1993 pour cette région du réservoir La Grande 4. Les intervalles à 95 % des années 1993 et 1995 sont compris dans la zone des moyennes des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels ; l'estimation de la moyenne pour 1995 est la même dans cette zone indiquant ainsi que cette station est comparable à plusieurs autres milieux non perturbés (annexe G-9).

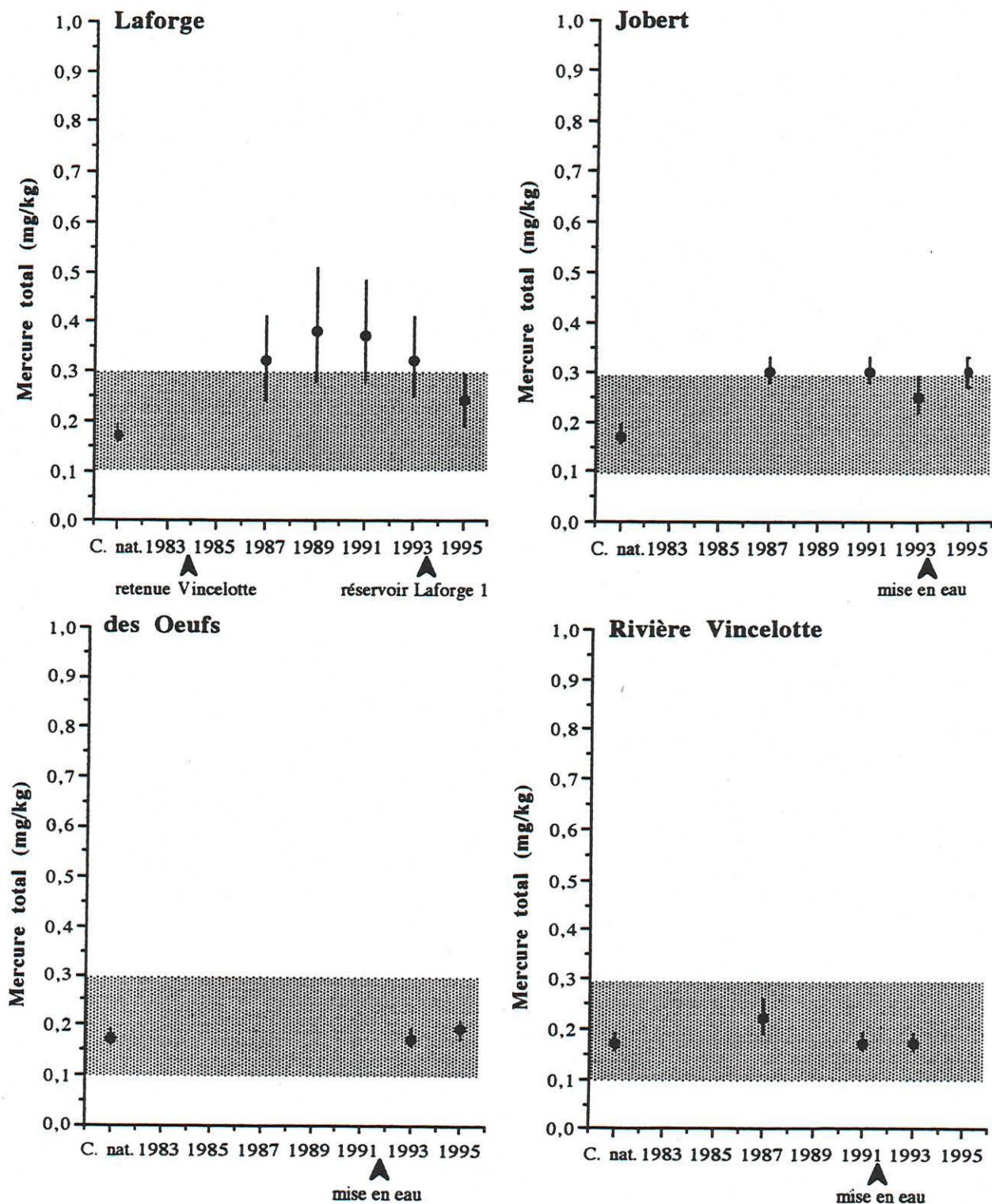
Toutes les concentrations estimées à la longueur de 400 mm (de 0,12 à 0,14 mg/kg) sont à l'intérieur de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels à la station témoin des réservoirs Laforge 1 et Laforge 2 (figure 22). Quoique les distributions des concentrations soient très proches, la courbe de l'année 1995 est statistiquement différente des deux autres années même si on est en droit de considérer que ce milieu est stable (annexe G-10).

6.1.3 Grand brochet

À la sortie du réservoir Caniapiscou, la plus forte teneur en mercure à la longueur de 700 mm (2,08 mg/kg) fut obtenue en 1995, le treizième été après la mise en eau de ce réservoir (figure 23). Le retour à de plus faibles concentrations n'est pas encore amorcé en 1995 (annexe H-1).

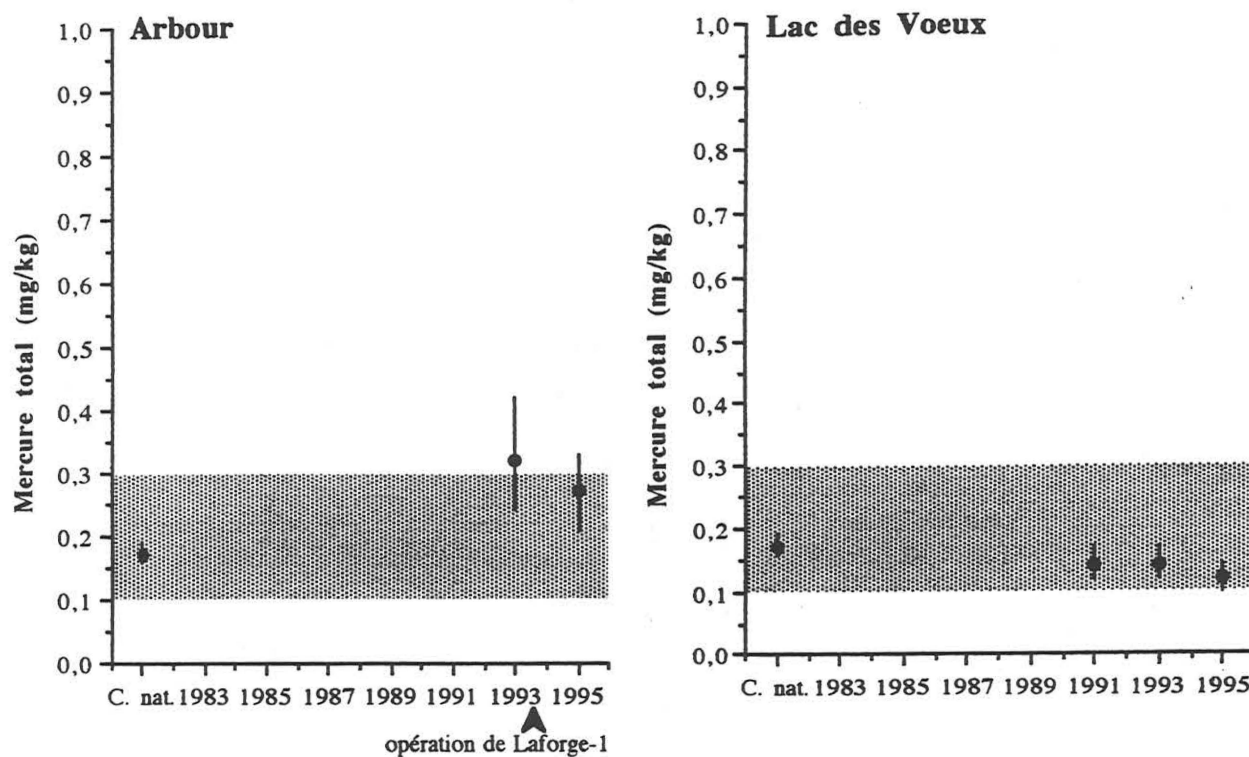
En aval de la station Brisay, la plus forte teneur en mercure à la longueur de 700 mm (2,33 mg/kg) fut obtenue en 1995, le treizième été après la mise en eau du réservoir Caniapiscou (figure 23). Un retour à de plus faibles concentrations n'est pas encore amorcé en 1995. Les concentrations de mercure enregistrées à cette station sont en général plus élevées que dans le réservoir (annexe H-2).

Figure 21. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand corégone (*Coregonus clupeaformis*) aux stations Laforge (LA 115), Jobert (LA 119), des Oeufs (LA 134) et Rivière Vincelotte (LA 121).



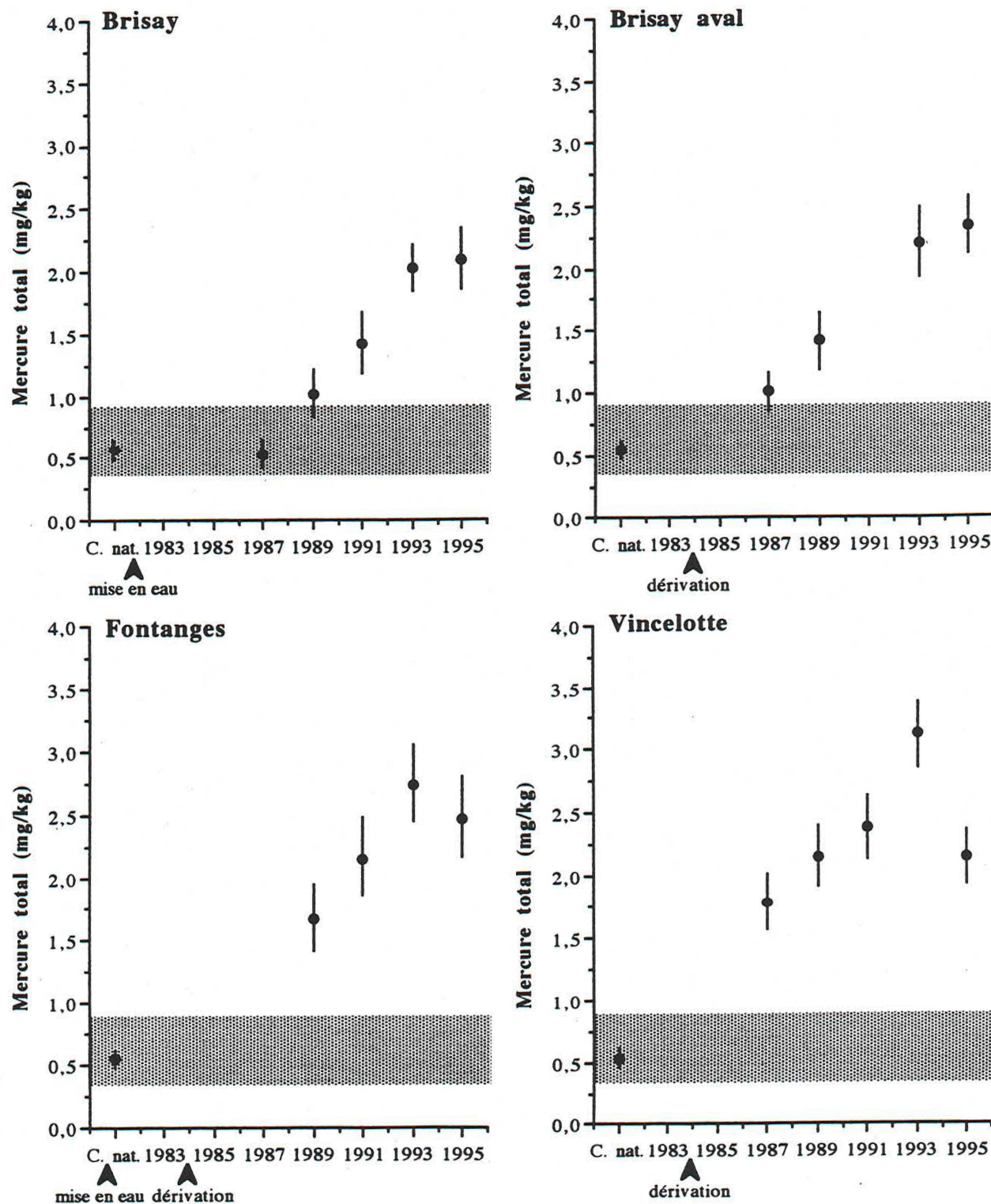
 Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

Figure 22. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 400 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand corégone (*Coregonus clupeaformis*) aux stations Arbour (G4 402) et Lac des Voeux (G4 401).



 Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

Figure 23. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 700 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand brochet (*Esox lucius*) aux stations Brisay (CA 419), Brisay aval (LA 118), Fontanges (LA 901) et Vincelotte (LA 116).



Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

À la station Fontanges, la plus forte teneur en mercure (2,73 mg/kg) fut obtenue en 1993, le onzième été après la mise en eau du bassin Fontanges (figure 23). Un retour à de plus faibles concentrations est amorcé en 1995 mais les moyennes de cette année sont significativement semblables à celles de 1993 et les intervalles à 95 % de 1995 sont toujours loin de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe H-3).

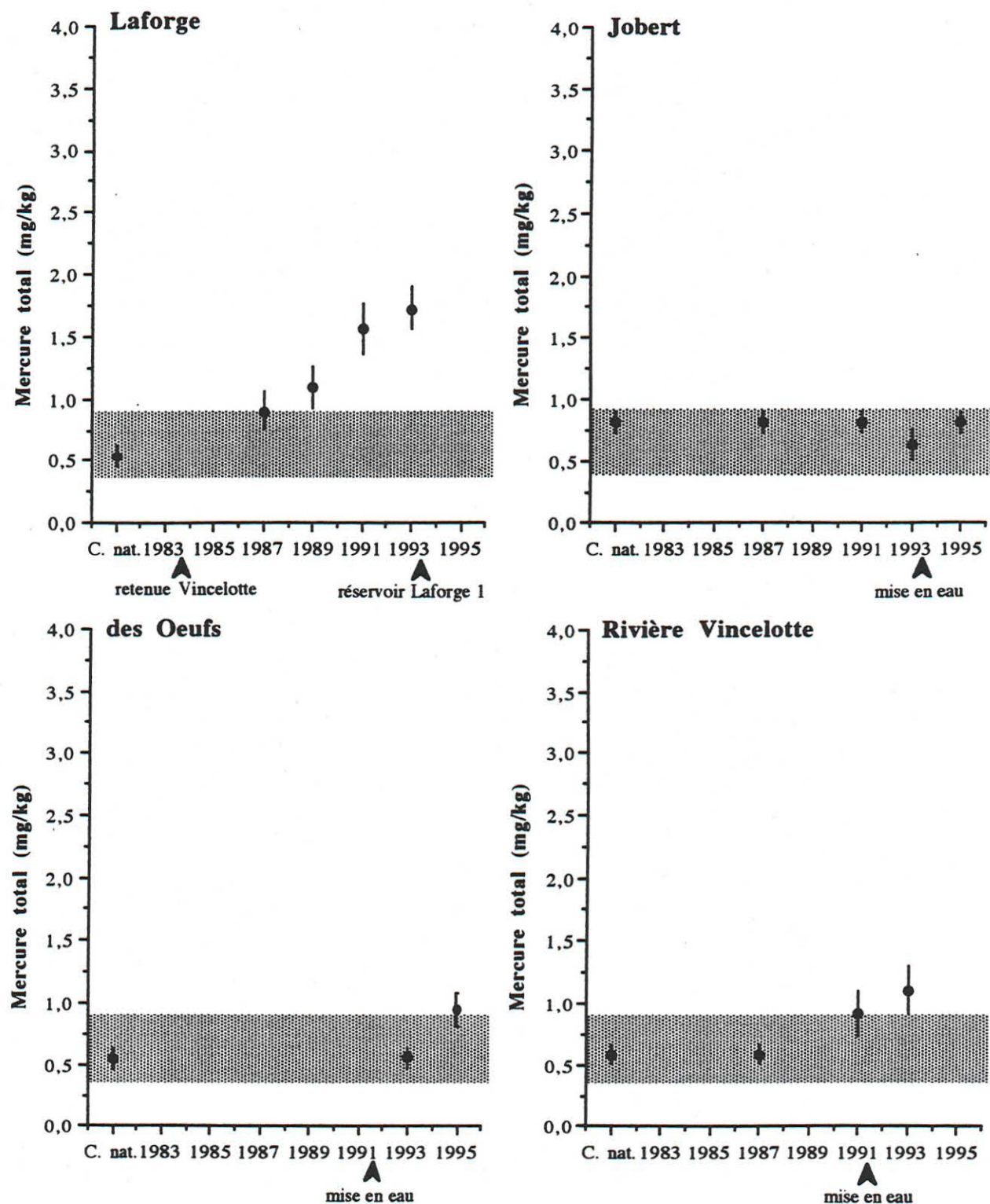
En aval du bassin Fontanges, à la station Vincelotte, la plus forte teneur en mercure à la longueur de 700 mm (3,11 mg/kg) fut obtenue en 1993, le neuvième été après le début de la dérivation de la rivière Caniapiscou (figure 23). Toutes les estimations de la moyenne des concentrations à la longueur standardisée des années 1989, 1991 et 1995 sont considérées semblables. On peut noter que les concentrations en mercure des brochets de la station Brisay à la station Vincelotte augmentent de l'amont à l'aval, tendance qui ne se reproduira plus par la suite (annexe H-4).

À la station Laforge, la plus forte teneur en mercure à la longueur de 700 mm (1,72 mg/kg) fut obtenue en 1993, le neuvième été après la mise en eau de la retenue Vincelotte et la dérivation des eaux de la rivière Caniapiscou (figure 24). Un retour à de plus faibles concentrations est probablement amorcé en 1995 mais les faibles effectifs des captures à cette station ne permettaient pas une analyse statistique. Les estimations calculées pour les années 1987 et 1989 étaient semblables tout comme celles de 1991 et 1993 (annexe H-5).

À la station Jobert, la plus forte teneur en mercure (0,82 mg/kg) fut obtenue avant les modifications et en 1995, le deuxième été après la mise en eau du réservoir Laforge 1 (figure 24). La bioaccumulation du mercure due à la mise en eau de cette station n'avait donc pas débuté en 1995. Les courbes de distribution longueur-mercure décrivant l'évolution du mercure en 1987, 1991 et 1995 sont semblables, celle de 1993 différant seulement par la forme (annexe H-6).

À la station des Oeufs, la plus forte teneur en mercure à la longueur de 700 mm (0,95 mg/kg) fut obtenue en 1995, le troisième été après la mise en eau de cette partie du réservoir Laforge 1 (figure 24). L'estimation de cette concentration est à l'extérieur de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels quoique l'intervalle des concentrations en mercure soit partiellement dans la zone des moyennes des concentrations rencontrées dans les milieux naturels ; la bioaccumulation du mercure dans ses chairs des grands brochets est donc initiée à cette station (annexe H-7).

Figure 24. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 700 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand brochet (*Esox lucius*) aux stations Laforge (LA 115), Jobert (LA 119), des Oeufs (LA 134) et Rivière Vincelotte (LA 121).



Les concentrations à la longueur de 700 mm sont semblables à celle des conditions naturelles à la station Rivière Vincelotte sauf pour 1993, la deuxième année où cette station fut incorporée au réservoir Laforge 1 ; cette station a été abandonnée en 1995 (figure 24). Cette station n'a pas enregistré de modifications dans les concentrations de mercure dans les poissons avant 1991 car elle était située à l'aval de la digue qui coupait presque complètement le débit de la rivière Vincelotte. Les courbes décrivant l'évolution du mercure sont semblables pour les conditions naturelles et 1987 mais différent en 1991 et 1993 par la forme ou la position (annexe H-8).

À la station Arbour, en aval de la centrale Laforge-1, une teneur en mercure à la longueur de 700 mm (1,59 mg/kg) fut obtenue en 1993 (figure 25) ; ce ne fut peut-être pas la plus forte estimation entre les années 1987 et 1995 pour cette région du réservoir La Grande 4. Les intervalles à 95 % sont toujours en dehors de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels mais on peut distinguer une nette tendance à la baisse (annexe H-9).

À la station témoin des réservoirs Laforge 1 et Laforge 2, toutes les concentrations estimées à la longueur de 700 mm (0,55 mg/kg) sont à l'intérieur de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (figure 23, annexe H-10)).

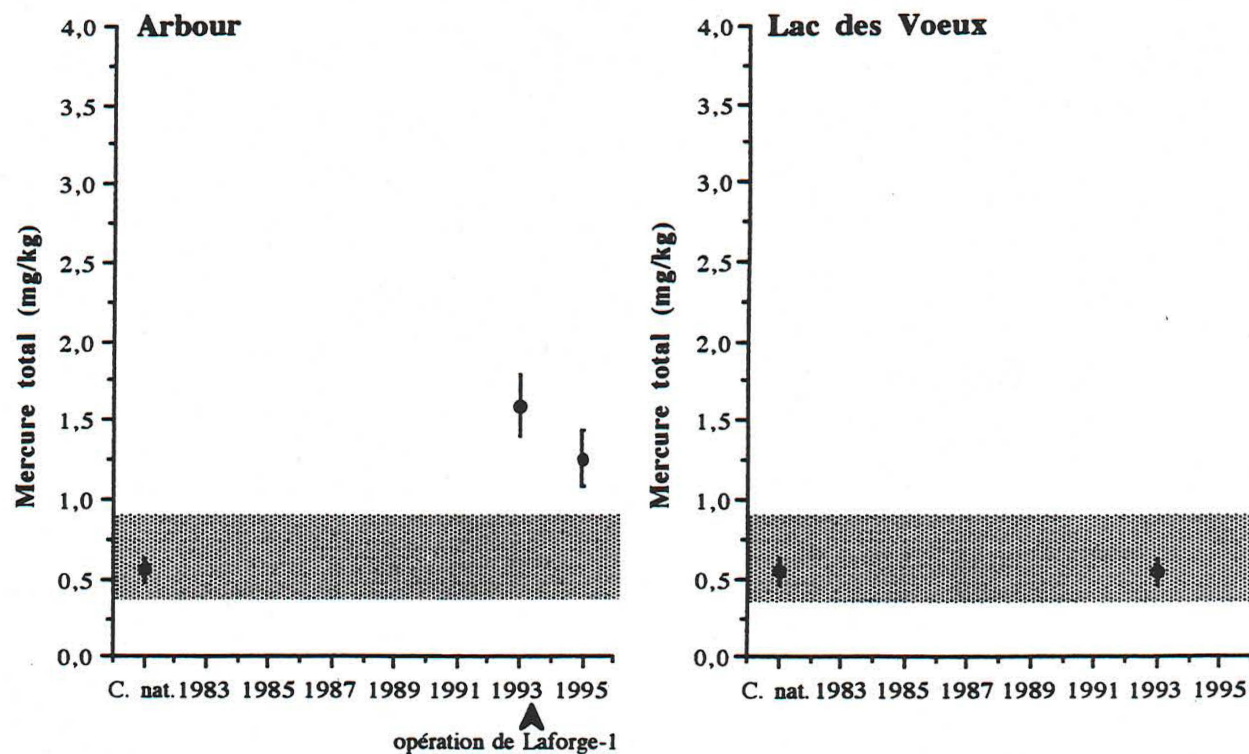
6.1.4 Touladi

La plus forte teneur en mercure à la longueur de 600 mm (1,55 mg/kg) fut obtenue en 1995 à la station Brisay, le onzième été après la mise en eau du réservoir Caniapiscou (figure 26). Les faibles valeurs de 1987 et de 1989 montrent que le touladi, contrairement aux trois autres espèces, est lent à réagir à la bioaccumulation. Les intervalles à 95 % de probabilité de l'année 1993 sont en dehors de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels. Les effectifs sont souvent trop petits pour définir la tendance de la bioaccumulation du mercure à cette station (annexe I-1).

À l'aval de Brisay, la plus forte teneur en mercure à la longueur de 600 mm (2,81 mg/kg) fut obtenue en 1989, le septième été après la mise en eau du réservoir Caniapiscou et le début de la dérivation des eaux de la rivière du même nom ; une autre forte valeur fut enregistrée quatre ans plus tard (figure 26). On ne peut affirmer avec certitude qu'un retour à de plus faibles concentrations est amorcé après 1993 car les données de 1995 sont rares (annexe I-2).

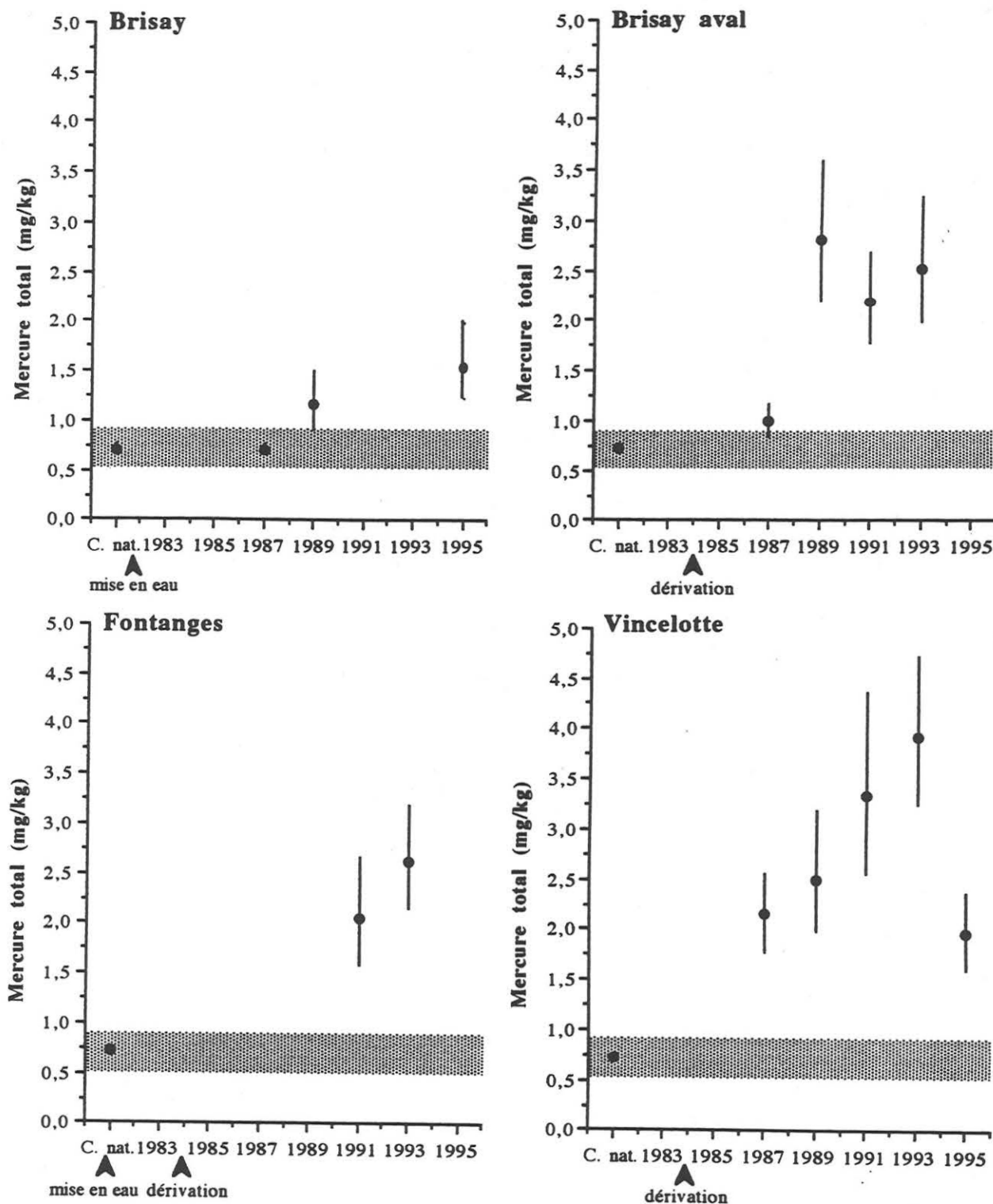
Peu de données temporelles sont disponibles à la station Fontanges ; la plus forte teneur en mercure (2,62 mg/kg) fut obtenue en 1993, le onzième été après la mise en eau du bassin Fontanges (figure 26). On ne peut déterminer avec précision l'évolution temporelle de la bioaccumulation à cette station. Les courbes décrivant l'évolution du mercure à chaque année montrent que les concentrations sont similaires pour 1991 et 1993 (annexe I-3).

Figure 25. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 700 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du grand brochet (*Esox lucius*) aux stations Arbour (G4 402) et lac des Voeux (G4 401).



Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

Figure 26. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 600 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du touladi (*Salvelinus namaycush*) aux stations Brisay (CA 419), Brisay aval (LA 118), Fontanges (LA 901) et Vincelotte (LA 116).



À la station Vincelotte, la plus forte teneur en mercure à la longueur de 600 mm (3,92 mg/kg) fut obtenue en 1993, le neuvième été après le début de la dérivation de la rivière Caniapiscou (figure 26). Un retour à de plus faibles concentrations est évident en 1995 mais les intervalles à 95 % sont toujours en dehors de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels. Comme pour le grand brochet, il semble y avoir un gradient positif des concentrations de mercure chez le touladi Brisay vers Vincelotte (annexe I-4).

Dans le secteur de renouvellement rapide des eaux, à la station Laforge, la plus forte teneur en mercure (2,85 mg/kg) fut obtenue en 1991, le septième été après la mise en eau de la retenue Vincelotte et la dérivation des eaux de la rivière Caniapiscou (figure 27). Un retour à de plus faibles concentrations est fortement amorcé en 1993 et 1995 mais les intervalles à 95 % sont toujours en dehors de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels (annexe I-5).

À la station Jobert, la plus forte teneur en mercure à la longueur de 600 mm (0,85 mg/kg) fut obtenue en conditions naturelles et en 1995, le deuxième été après la mise en eau du réservoir Laforge 1 (figure 27). Il n'y a donc aucun indice que la bioaccumulation soit amorcée en 1995 (annexe I-6).

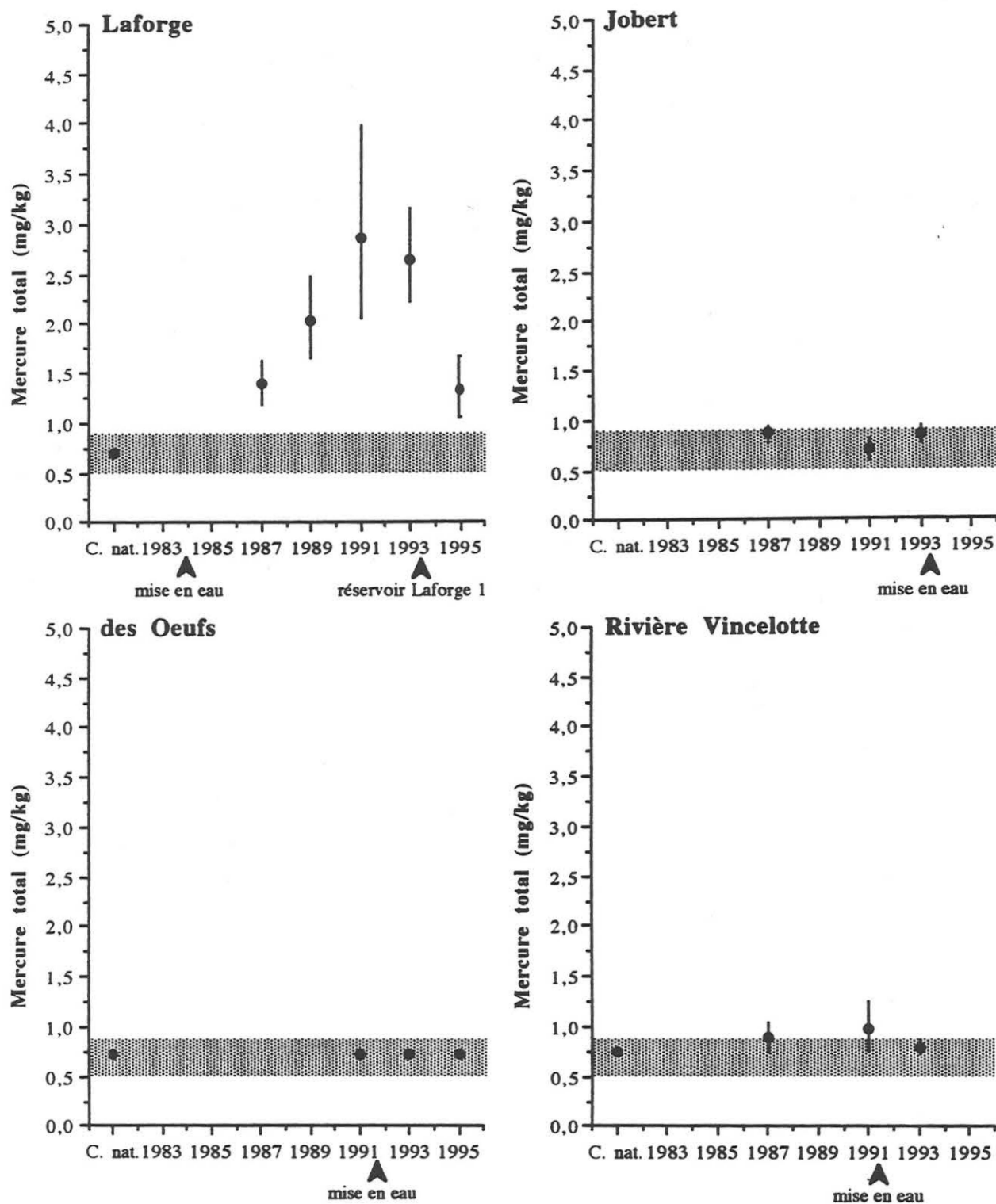
À la station des Oeufs, aucune modification de la teneur en mercure à la longueur de 600 mm (0,72 mg/kg) ne fut détectée même en 1995, le troisième été après la mise en eau de cette partie du réservoir Laforge 1 (figure 27). Ces concentrations sont à l'intérieur de la zone des concentrations à la longueur standardisée de 1993 et des milieux naturels ; la bioaccumulation n'est donc pas initiée comme à l'autre station périphérique, la station Jobert. Ces deux dernières stations semblent confirmer, comme à Brisay, que le touladi accumule plus lentement le mercure que le grand brochet et surtout le meunier rouge. Les courbes décrivant l'évolution du mercure à chaque année sont significativement semblables pour toutes les années (annexe I-7).

À la station Rivière Vincelotte, toutes les concentrations à la longueur de 600 mm sont semblables à celle des conditions naturelles, même en 1993 où cette station fut incorporée au réservoir Laforge 1 pour la deuxième année (figure 27, annexe I-8).

En aval de la centrale Laforge-1, à la station Arbour, une teneur en mercure de 1,53 mg/kg à la longueur de 600 mm fut obtenue en 1995 (figure 28). Les courbes décrivant l'évolution du mercure à chaque année sont significativement différentes (annexe I-9).

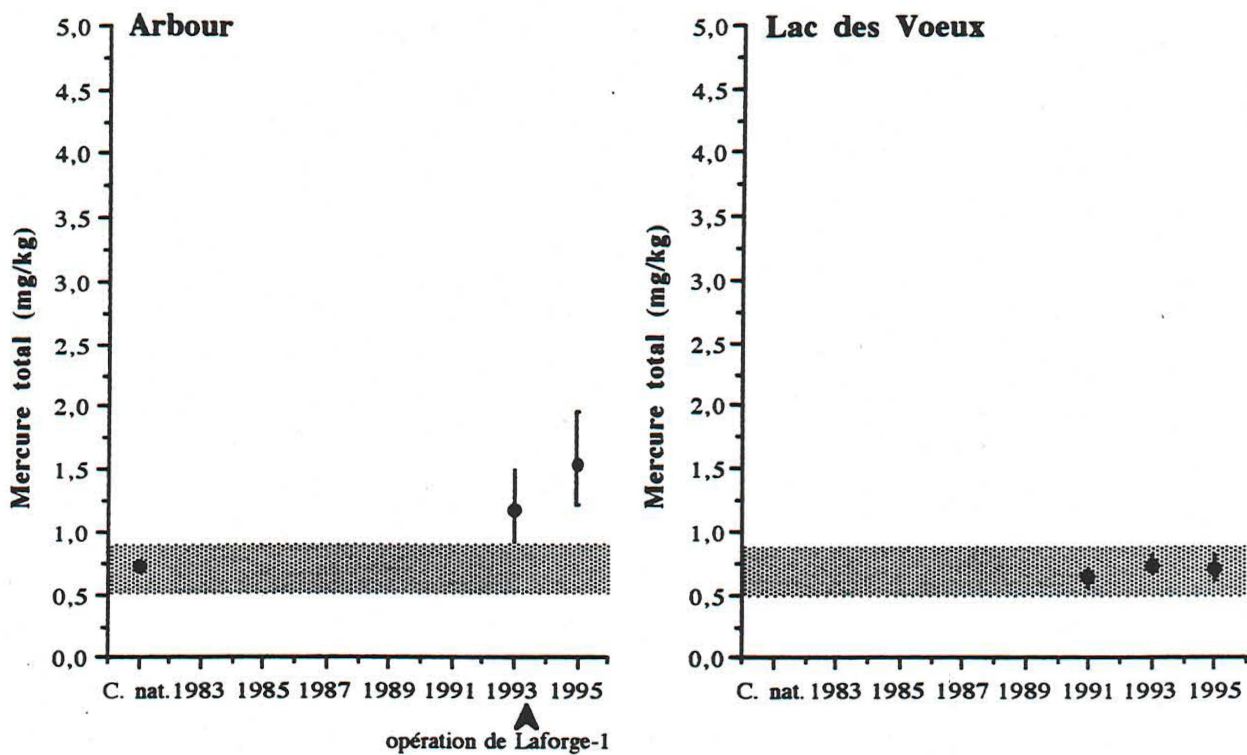
Toutes les concentrations estimées à la longueur de 600 mm sont à l'intérieur de la zone des concentrations à la longueur standardisée des milieux naturels à la station témoin des réservoirs Laforge 1 et Laforge 2 (figure 28, annexe I-10).

Figure 27. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 600 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du touladi (*Salvelinus namaycush*) aux stations Laforge (LA 115), Jobert (LA 119), des Oeufs (LA 134) et Rivière Vincelotte (LA 121).



Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

Figure 28. Moyennes et intervalles de confiance (95 %), à la longueur standard de 600 mm, des concentrations de mercure dans les chairs du touladi (*Salvelinus namaycush*) aux stations Arbour (G4 402) et lac des Voeux (G4 401).



 Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

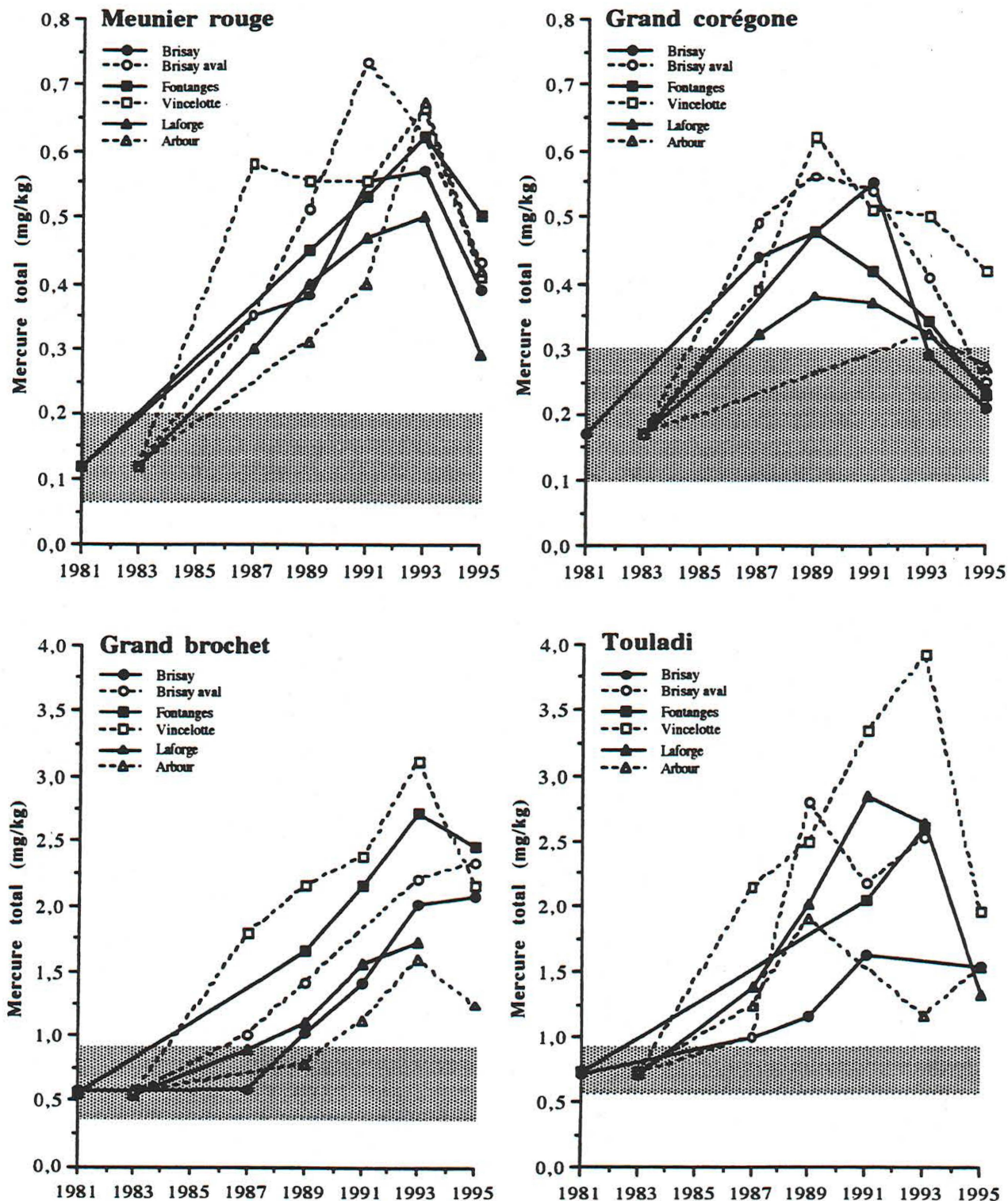
6.1.5 Évolution temporelle des concentrations de mercure

Les concentrations maximales en mercure du meunier rouge ont été rencontrées en 1993 et en 1991, soit 7, 9 ou 11 ans après les mises en eau des plans d'eau et le détournement des eaux du réservoir Caniapiscou (figure 29). On assiste en 1995 à un retour progressif vers les teneurs des lacs naturels. Le début de la bioaccumulation du mercure s'amorce lentement la première année mais devient très évident la seconde et la troisième année. Les concentrations des meuniers rouges provenant de Laforge, l'une des stations les plus en aval des trois projets, montrent qu'on ne peut soutenir l'hypothèse d'un accroissement cumulatif d'amont-aval. Les valeurs enregistrées chez cette espèce à l'aval des ouvrages de génie sont habituellement plus élevées par environ 0,1 mg/kg que dans les plans d'eau situés plus en amont. Ce phénomène est attribué à la consommation occasionnelle de poissons ou de parties de poissons qui proviendraient du passage dans les turbines ou les évacuateurs. Le meunier rouge accumule rapidement le mercure (figure 30) et le conserve longtemps. Son comportement alimentaire de filtreur et de fouisseur le rend vulnérable à une intoxication par le mercure des sédiments et des macro-invertébrés ; les teneurs de mercure atteintes et le temps de retour aux concentrations des lacs naturels sont donc plus grands que pour le grand corégone.

Une première analyse (Messier et al. 1985) a montré que les petits des grands corégonides du réservoir Caniapiscou avaient des concentrations plus élevées que celles observées au réservoir de La Grande 2. Par la suite, une étude de la croissance et de la maturité sexuelle des poissons de cette espèce a mis en évidence deux formes de croissance. La première est caractéristique des grands corégonides présents dans la plupart des milieux : la croissance est normale, la diète est composée principalement d'insectes et de zooplancton, la maturité sexuelle est atteinte vers six ans et ils peuvent vivre jusqu'à trente ans dans la région. La seconde forme, plus rare au début des études, est composée d'individus qui ont, comme le cisco de lac, un comportement plus pélagique, un régime plus concentré en zooplancton, une croissance plus lente, une maturité hâtive et une durée de vie d'environ dix ans ; ils dépassent rarement une taille de 250 mm de longueur totale. L'évolution du mercure dans les figures 29 et 30 ne concerne que les concentrations rencontrées dans les poissons de plus de 300 mm, soit la forme à croissance normale.

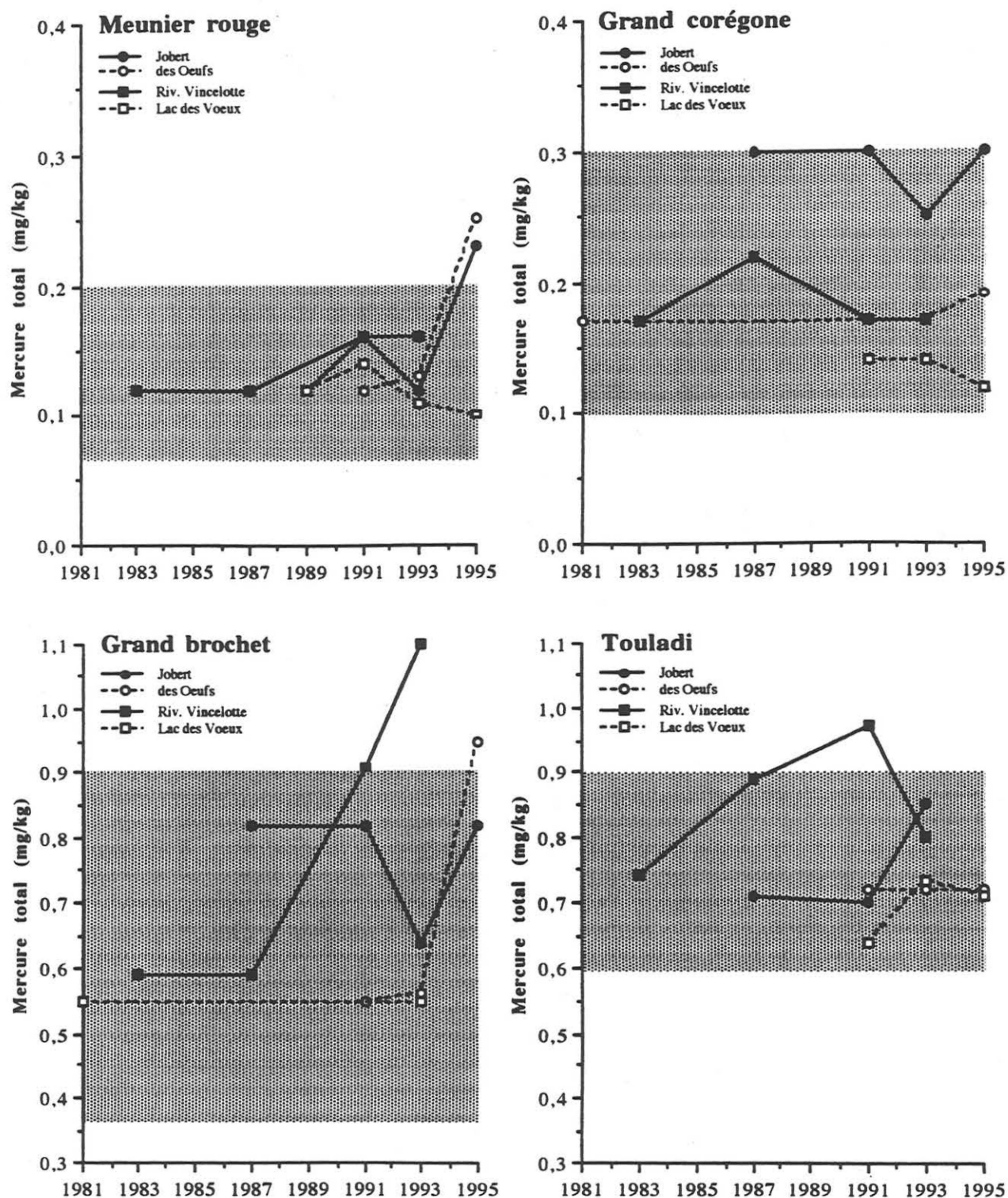
Les valeurs maximales chez le grand corégone sont rencontrées en 1989 et 1991, soit 5 et plus rarement 7 ans après les modifications d'habitats. Comme pour le meunier rouge et pour les mêmes raisons, les concentrations en aval des ouvrages sont plus élevées qu'immédiatement en amont. Les taux d'augmentation des concentrations en mercure des grands corégonides sont sensiblement les mêmes que ceux des meuniers rouges mais ils durent moins longtemps, ce qui permet d'atteindre des concentrations maximales moins élevées et d'amorcer plus rapidement un retour vers les concentrations observées dans les milieux naturels. En 1995, cinq des six stations touchées en 1982 et 1984 avaient retrouvé des moyennes qui s'inséraient dans la zone des moyennes des milieux naturels. Les faibles concentrations

Figure 29. Evolution des estimations des concentrations de mercure dans les chairs des meuniers rouges (400 mm), des grands corégones (400 mm), des grands brochets (700 mm) et des touladis (600 mm) capturés dans les plans d'eau modifiés en 1981 et 1984 et en aval de ceux-ci.



Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

Figure 30. Evolution des estimations des concentrations de mercure dans les chairs des meuniers rouges (400 mm), des grands corégones (400 mm), des grands brochets (700 mm) et des touladis (600 mm) capturés dans les plans d'eau naturels (des Oeufs), en aval de la coupure de débit de la rivière Vincelotte ou inondés depuis 1992 ou 1993.



Intervalle des concentrations moyennes en mercure des milieux naturels de la région.

enregistrées à la station Laforge indiquent, comme pour les trois autres espèces, qu'il n'y a pas d'effet cumulatif le long d'une série d'aménagements hydroélectriques en cascade. L'évolution de la bioaccumulation dans cette espèce suit bien les prévisions du modèle mathématique de la SEBJ et d'Hydro-Québec.

Le grand brochet est le prédateur le plus répandu dans le complexe La Grande. Les valeurs maximales à la longueur de 700 mm, comparables à celles des réservoirs de l'ouest du complexe, semblent être atteintes autour de 9 à 11 ans. Les grands brochets de cette taille commencent à accumuler plus de mercure à partir de la seconde année mais cela devient plus évident la troisième année (figure 30). Cela correspond bien aux prévisions du modèle mathématique. L'écart relatif entre les concentrations de mercure en amont et en aval des ouvrages est moins prononcé que pour les espèces non prédatrices comme le meunier rouge et le grand corégone.

Les effectifs des touladis dans les pêches étant souvent restreints, la représentation de l'évolution temporelle semble moins évidente. Sauf à la station Fontanges, les concentrations maximales sont comparables à celles du brochet. Cependant, le touladi semble amorcer un retour à de faibles concentrations plus rapidement que le grand brochet ; sur ce point, la période de retour s'apparente plutôt à celle du meunier rouge, une espèce non prédatrice (figure 29).

6.2 COMPARAISON AVEC LES PRÉVISIONS DES RAPPORTS D'IMPACTS

6.2.1 Projet Brisay

Comme prévu au rapport d'impact de Brisay (Hydro-Québec et SEBJ 1988a), les taux de mercure dans la chair des poissons en amont et en aval de la centrale Brisay ont été tributaires de l'évolution du mercure dans le réservoir Caniapiscou. Toutefois, rappelons qu'à l'aval de Brisay, certains poissons résidants et en particulier le grand corégone et le meunier rouge ont modifié leur régime alimentaire pour se nourrir de poissons morts ou blessés comme cela a été observé en aval de La Grande 2 (figure 29). Pour cette raison, sauf quelques exceptions, les concentrations en mercure des quatre espèces sont légèrement supérieures en aval des ouvrages de Brisay. Ce comportement, comme prévu, n'a pas changé après la mise en service de la centrale.

6.2.2 Projet Laforge-2

L'opération de la centrale Laforge-2 aura pour effet de maintenir de façon constante, après 1996, le niveau du réservoir Laforge 2 à son niveau maximal actuel de 481 m. Il ne s'agit donc pas d'une grande inondation additionnelle de sols forestiers (0,32 km²), mais bien du maintien du niveau des eaux à un niveau constant déjà atteint en phase I (Hydro-Québec 1990). En tenant compte du rehaussement moyen

de 1 m, le différentiel de la bioaccumulation du mercure dans le réservoir Laforge 2 sera certainement inférieur au degré de précision de la méthode analytique du dosage du mercure. De 1987 à 1995, les concentrations dans le bassin Fontanges, quoique supérieures à celles de la station Brisay, sont toutefois inférieures à celles rencontrées immédiatement en aval. Le même phénomène se serait produit aux stations Vincelotte et Brisay aval, deux stations situées en aval des évacuateurs ou d'une centrale hydroélectrique.

6.2.3 Projet Laforge-1

La mise en eau du réservoir fera augmenter la concentration du mercure dans la chair des poissons (Hydro-Québec et SEBJ 1988b). En effet, la décomposition des végétaux submergés libère dans le milieu une quantité additionnelle de mercure surtout sous sa forme méthylée qui est assimilable par les organismes vivants.

Le modèle de transfert du mercure dans les poissons développé par la SEBJ considérait le réservoir Laforge 1 dans son ensemble. Il sera valable dans ces conditions mais avec une dynamique plus lente. Pendant que les concentrations de mercure dans les poissons continueront de diminuer dans le secteur à écoulement plus rapide, comme à la station Laforge, ces concentrations augmenteront dans les milieux nouvellement inondés par la création du réservoir Laforge 1 à des valeurs semblables à ce qui avait été noté antérieurement lors de la mise en eau de la retenue Vincelotte. Ainsi se superposeront deux courbes, le premier maximum étant atteint entre 1989 et 1993 dans les milieux inondés en 1984 (figure 29) et le second, entre 1998 et 2002 dans les habitats périphériques comme Jobert et des Oeufs (figure 30). Les observations faites sur les complexes La Grande, Churchill Falls et Churchill-Nelson confirment que les concentrations en mercure du grand corégone seront revenues aux teneurs des milieux naturels 20 ans après le début des modifications locales et dans moins de 30 ans pour les autres espèces.

7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

7.1 CONCLUSIONS

Les milieux qui ont subi des modifications physiques entre 1981 et 1984 avaient déjà presque retrouvé en 1987 une qualité d'eau comparable à celle des milieux naturels. Cette tendance s'est maintenue jusqu'en 1995 sauf pour les stations Laforge et Arbour qui ont de nouveau été sollicitées en 1993.

Le facteur le plus important qui peut expliquer ce retour aux conditions antérieures est la durée de l'enrichissement temporaire des eaux. Comme dans le secteur ouest du complexe La Grande, les principales modifications de la qualité de l'eau causées par le lessivage des terres nouvellement ennoyées et la décomposition rapide de la matière organique étaient résorbées après cinq à six ans.

Le second concerne le taux de renouvellement des eaux. Le débit à la sortie du futur réservoir Laforge 2 ayant été multiplié par 49 et à l'exutoire de Laforge 1, par 5 fois, le renouvellement des eaux s'en est trouvé accéléré. Une partie des produits de la décomposition a donc été rapidement transférée vers l'aval empêchant ainsi l'obtention de fortes concentrations des paramètres les plus sensibles.

Le troisième concerne le changement de régime hydraulique. Le débit minimum se rencontre maintenant du printemps à l'automne dans le détournement Laforge. Pendant cette période, les plans d'eau sont ordinairement libres de glaces et le mélange des eaux est favorisé par les vents et les retournements printaniers et automnaux. Pendant l'hiver, la période où les changements de la qualité de l'eau sont les plus critiques, les débits sont élevés et ils favorisent le renouvellement des eaux, son oxygénation dans quelques zones libres de glace et la dilution des substances dissoutes dans l'eau.

Les mêmes facteurs agissent sur la qualité de l'eau des stations périphériques, comme Jobert et des Oeufs, mais les effets de la décomposition surpassent nettement ceux de la dilution par l'augmentation des débits. Les concentrations extrêmes sont obtenues au cours des deux ou trois premières années comme l'ont montré les stations Toto et Noyé dans les réservoirs La Grande 2 et Opinaca. Des valeurs comparables à celles des milieux témoins ont été observées huit ou neuf ans après la mise en eau. Les taux de renouvellement des eaux sont pratiquement nuls dans les stations périphériques lorsque les marnages sont faibles. C'est pourquoi les concentrations des paramètres de la qualité de l'eau évoluent tellement en hiver et relativement peu en été, période où les vents et les retournements saisonniers des eaux sont toujours actifs.

L'analyse de la qualité de l'eau de l'ensemble du réservoir Caniapiscau doit tenir compte des conséquences de la baisse de niveau et de la réduction de volume de ce réservoir entre 1986 et 1990 et

de son rétablissement partiel depuis 1992. Un tel phénomène ne s'est pas encore présenté au réservoir Laforge 1 mais il serait possible d'obtenir un marnage de 9 m les années de faible hydraulicité ou de forte demande d'eau. Le réservoir Laforge perdra alors les trois quarts de sa superficie et sera réduit à la taille de la retenue Vincelotte. Si ces conditions se produisaient avant 1998, on pourrait alors assister à un retour accéléré aux conditions naturelles à toutes les stations.

Les rendements numériques les plus élevés des espèces de poissons non prédatrices sont ordinairement atteints trois ou quatre années après la mise en eau des réservoirs et ceux des espèces prédatrices après huit ou neuf ans. Ces rendements reviennent ensuite progressivement à des valeurs comparables à celles notées dans les milieux naturels. Aux stations périphériques du réservoir Laforge 1, les grands corégones abondent déjà en 1995 mais les grands brochets se font encore rares. Les stations Fontanges, Vincelotte et Laforge présentent en 1995 des rendements qui s'apparentent à ceux des grands lacs de la région. Aucune espèce de poissons n'est en danger ; les variations des rendements rendent compte de l'ajustement des différentes espèces aux nouveaux milieux.

La prolifération de la forme à croissance lente du grand corégone est due en grande partie à l'augmentation des superficies des plans d'eau et à l'enrichissement en plancton. Cette forme était déjà présente dans la région et elle a rapidement occupé la même niche écologique que celle du cisco de lac dans la région ouest du complexe. La grande quantité de corégones de petite taille et la présence de la ouananiche à l'aval des ouvrages de Brisay confirment que les poissons dévalent à ce site. Les rendements des meuniers ont subi un déclin partout sauf à la station Laforge où le meunier rouge est l'espèce la plus abondante. Cette espèce a toujours montré un bon succès de reproduction dans les secteurs fluviaux ou en aval de ceux-ci.

Dans le secteur ouest du complexe La Grande, l'enrichissement des eaux et la grande disponibilité de nourriture ont entraîné une bonne croissance des espèces de poissons pionnières. Les taux de croissance modérés et les faibles coefficients de condition des grands corégones et des grands brochets observés dans la région est du complexe indiquent bien que les habitats y sont de qualité inférieure.

Les concentrations maximales de mercure atteintes dans les chairs des poissons du secteur d'étude sont rencontrées, par ordre ascendant, dans le grand corégone à croissance normale (0,38 à 0,62 mg/l), le meunier rouge (0,50 à 0,73 mg/l), le grand brochet (1,72 à 3,11 mg/l) et le touladi (1,64 à 3,92 mg/l). Les concentrations maximales en mercure pour ces espèces sont comparables à celles observées aux réservoirs La Grande 2 et Opinaca. Toutefois, elles sont inférieures à celle des grands corégones et des meuniers rouges résidants de La Grande Rivière en aval du réservoir La Grande 2. Le grand corégone à croissance lente aurait des concentrations comparables à celles du cisco de lac dans l'ouest du territoire, soit supérieures à celles du meunier rouge.

Le début de la bioaccumulation du mercure commence la deuxième ou la troisième année dans le secteur à l'étude. Les maximums à toutes les stations ont été atteints après 6,2 ans pour le grand corégone à croissance normale, 9,0 ans pour le touladi, 9,8 ans pour le meunier rouge et 11,0 ans pour le grand brochet. Ces périodes sont identiques pour les grands corégonos, les meuniers rouges et les grands brochets capturés aux réservoirs La Grande 2, La Grande 3 et Opinaca. La période de retour aux conditions naturelles du meunier rouge, comparable à celle d'une espèce prédatrice, pourrait découler de son mode d'alimentation et des sédiments ingérés.

Les concentrations en mercure sont en général plus grandes en aval des ouvrages de génie que dans les plans d'eau en amont. La principale raison invoquée est la consommation de poissons morts ou blessés qui ont été entraînés par le courant.

7.2 RECOMMANDATIONS

Compte tenu du peu d'impacts observés dans les projets Brisay et Laforge-2 ainsi que de la similitude des paramètres de l'eau du réservoir Caniapiscou avec celle des stations situées dans le parcours préférentiel des eaux de la dérivation Caniapiscou, il serait justifié de réduire les fréquences du suivi de la qualité de l'eau entre la sortie du réservoir Caniapiscou jusqu'à l'entrée du réservoir Laforge-1. On pourrait même envisager d'éliminer complètement le suivi de la qualité de l'eau dans ce tronçon car les paramètres seraient amplement décrits à la station Brisay.

L'inondation du réservoir Laforge 1 a amorcé des modifications mitigées dans le cours principal des eaux et plus sévères en périphérie. La fréquence des visites a été fixée à tous les deux ans. Cependant, elle pourrait même être encore réduite après 1997 car l'évolution des principaux paramètres suit les mêmes règles et les concentrations atteignent sensiblement les mêmes teneurs que dans toutes les stations périphériques des réservoirs de la phase I.

Les taux de réussite des espèces de poissons dans la région à l'étude sont connus et facilement prévisibles. Dans le contexte d'un suivi environnemental, les pêches entre les réservoirs Caniapiscou et La Grande 4 pourraient être ramenées à tous les quatre ans. Le jumelage des méthodologies du suivi des poissons et du mercure permettrait de limiter les efforts et fournirait peut-être les informations recherchées.

Grâce aux nombreuses études faites sur le sujet, l'évolution du mercure dans la plupart des espèces présentes dans le territoire est suffisamment connue. Il serait pertinent de songer à limiter le suivi du mercure dans les poissons aux sites régulièrement utilisés par les pêcheurs entre les réservoirs Caniapiscou et La Grande 4.

Le modèle développé par la SEBJ et Hydro-Québec est suffisant pour prévoir les impacts des projets sur la bioaccumulation du mercure chez les poissons recherchés par les pêcheurs. Des ajustements mineurs pourraient être apportés pour décrire l'évolution du mercure chez les poissons en aval des ouvrages de génie (tendance accentuée à la prédation) et chez les espèces majoritairement planctonivores.

L'utilisation de grands marnages quelques années après la création d'un réservoir a été avancée comme moyen de réduire l'intensité et la durée de la bioaccumulation du mercure. L'étude des effets des marnages observés aux réservoirs La Grande 2 et Caniapiscou ainsi qu'à celui de Laforge 1, si cela se produisait, pourraient prouver ou infirmer cette hypothèse.

BIBLIOGRAPHIE

- APHA, AWWA, WPCF. 1989 *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Am. Public Health Assoc. 17ième édition.
- Analex inc. 1994. *Analyse de la teneur en mercure dans la chair des poissons*. Rapport de contrôle de qualité 1993. Rapport présenté par Analex inc. à la vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec. 23 p. et annexes.
- Anonyme. 1976. *La Convention de la Baie James et du Nord québécois*. Éditeur officiel du Québec. Québec. 486 p.
- Anonyme. 1978. *La Convention du Nord-est québécois*. Éditeur officiel du Québec. Québec. 243 p.
- Bachand, C.-A. et J.-J. Fournier. 1977. *Réseau de surveillance du complexe La Grande*. Division Écologie, service Environnement, Société d'énergie de la Baie James. Montréal. 145 p.
- Boucher, R. et D. Roy. 1995. *Poissons. Réseau de surveillance écologique du complexe La Grande 1978-1984*. Direction Ingénierie et Environnement, Société d'énergie de la Baie James. Montréal. 119 p.
- Brouard, D., R. Verdon et P. Legendre. 1987. *Réseau de surveillance écologique du complexe La Grande. Stratégie d'échantillonnage et processus d'analyse des données de mercure dans la chair des poissons*. Service Études et Recherches écologiques, Direction Environnement, Hydro-Québec. 10 p.
- Brouard, D., C. Demers, R. Lalumière, R. Schetagne et R. Verdon. 1990. *Évolution des teneurs en mercure des poissons du complexe hydroélectrique La Grande, Québec (1978-1989)*. Rapport conjoint vice-présidence Environnement. Hydro-Québec et Groupe Environnement Shooner inc. 100 p.
- DesLandes, J.-C., S. Guenette et R. Fortin. 1994. *Évolution des communautés de poissons de milieux affectés par l'aménagement du complexe La Grande, Phase I (1977-1992) : Rapport synthèse*. Présenté par le Département des Sciences biologiques, Université du Québec à Montréal à la Vice-présidence Environnement, Hydro-Québec. 89 p.
- Doyon, J.-F. 1995a. *Réseau de suivi environnemental du complexe La Grande, Phase I (1993). Suivi des communautés de poissons et comparaison des grands coréogones nains et normaux (secteur est du territoire)*. Rapport présenté par le Groupe Environnement Shooner à la Vice-Présidence Environnement d'Hydro-Québec. 57 p et annexes.
- Doyon, J.-F. 1995b. *Réseau de suivi environnemental du complexe La Grande, Phase I. Recherches exploratoires sur le mercure (1992)*. Rapport présenté par le Groupe Environnement Shooner à la Vice-présidence Environnement Hydro-Québec. 61 p. et annexes.
- Environnement Illimité inc. 1995. *Suivi des milieux touchés par les réservoirs Laforge 1 et Laforge 2 (1995)*. Rapport présenté par Environnement Illimité inc. à la direction Ingénierie et Environnement de la Société d'énergie de la Baie James. 76 p et 9 annexes.

- Fréchette, J.-L. 1980. *Cahier de méthodologie du Réseau de surveillance écologique*. Direction Environnement, Société d'énergie de la Baie James. Montréal. 172 p.
- Guay, G. et F. Gauthier. 1991. *Étude des poissons de la section Brisay-Vipart*. Rapport présenté par Environnement Illimité inc. à la direction Ingénierie et Environnement de la Société d'énergie de la Baie James. 42 p. et annexes.
- Hydro-Québec. 1990. *Centrale Laforge-2. Rapport d'avant projet. Justification, études technico-économiques, étude d'impact sur l'environnement, communication*. 196 p. et annexes.
- Hydro-Québec. 1993. *Réseau de suivi environnemental du complexe La Grande. Démarche méthodologique relative au suivi des teneurs en mercure des poissons*. Document de travail présenté au sous-comité Environnement du comité de la Baie James sur le mercure. 14 p. et annexes.
- Hydro-Québec et SEBJ. 1988a. *Centrale Laforge 1. Rapport sur les études d'avant-projet, Vol 3. Répercussions sur l'environnement*. 273 p.
- Hydro-Québec et SEBJ. 1988b. *Centrale de Brisay. Rapport sur les études d'avant-projet, Vol 3. Répercussions sur l'environnement*. 155 p.
- Malouf, A. et A. Gagnon. 1973. *La Baie James indienne*. Texte intégral du jugement du juge Albert Malouf. Édition du Jour. Montréal. 211 p.
- MENVIQ. 1986. *Accréditation des laboratoires d'analyses, Programme de l'assurance de la qualité*. Direction des laboratoires, Ministère de l'Environnement, Québec.
- Messier, D., D. Roy et R. Lemire. 1985. *Réseau de surveillance écologique du complexe La Grande 1978-1984. Évolution du mercure dans la chair des poissons*. Direction Ingénierie et Environnement, Société d'énergie de la Baie James. 170 p. et annexes.
- Roy, Dominique. 1995. *Rapport synthèse. Suivi écologique des milieux affectés par l'aménagement du complexe hydroélectrique La Grande, Phase II (1987-1995). Secteurs Brisay, Laforge-1 et Laforge-2*. Rapport présenté par Entraco pour le service Écologie de la Société d'énergie de la Baie James. p. et annexes.
- Roy, D., J. Boudreault, R. Boucher, R. Schetagne et N. Thérien. 1976. *Synthèse des observations. Réseau de surveillance écologique de Complexe La Grande 1978-1984*. Direction Ingénierie et Environnement, Société d'énergie de la Baie James. Montréal. 74 p.
- Schetagne, R. et D. Roy. 1985. *Physico-chimie et pigments chlorophylliens. Réseau de surveillance écologique de Complexe La Grande 1978-1984*. Direction Ingénierie et Environnement, Société d'énergie de la Baie James. Montréal. 137 p.
- SEBJ, 1987a. *Le Complexe hydroélectrique de La Grande Rivière. Phase I*. Société d'énergie de la Baie James, Montréal.
- SEBJ, 1987b. *Le Complexe hydroélectrique de La Grande Rivière. Le défi environnemental*. Société d'énergie de la Baie James, Montréal.

- SEBJ et Hydro-Québec. 1993. *Harmonisation des programmes de suivi du complexe La Grande (milieux aquatique et riverain). Projets Laforge 1, Laforge-2 et Brisay.*
- SOMER. 1992. *Guide méthodologique des relevés de la qualité de l'eau.* Pour Hydro-Québec, vice-présidence Environnement, 79 p. et annexes.
- Thérien, N. 1985. *Synthèse des activités de modélisation et de simulation appliquées aux réservoirs hydroélectriques du territoire de la Baie James.* Faculté des Sciences appliquées, Université de Sherbrooke. Sherbrooke. 151 p.
- Tremblay, Gilles et J. F. Doyon. 1996. *Réseau de suivi environnemental du complexe La Grande. Démarche méthodologique relative au suivi des teneurs en mercure des poissons.* Rapport présenté par le Groupe-conseil Génivar inc. à la vice-présidence Environnement et Collectivité, Hydro-Québec. 30 p. et annexes.

FIGURE 2 : Les aménagements hydroélectriques de la phase II dans l'est du complexe La Grande

