

HYDROMÉGA SERVICES INC.

Aménagement Magpie Projet hydroélectrique du barrage Magpie

*Réponses aux questions
complémentaires du ministère de
l'Environnement du Québec*

RSW INC.
800, boulevard René-Lévesque ouest, bureau 2600
Montréal (Québec) Canada H3B 1Z1

P48-0192 (E124) DOC

Mars 2004

Téléphone : 514 878 2621

Télécopieur : 514 397 0085

Courriel : rsw@rswinc.com

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Hydroméga Services inc.

Jacky Cerceau, ing. M.B.A., Président
Pierre Marcoux, ing., Directeur de projet
Stéphane Boyer, ing., Chargé de projet, Environnement

RSW inc.

Éric McNeil, ing. M.Sc.A., Directeur de projet
Marie-Claire Bouillon, ing., M.Sc.A.
Bernard Mahé, ing.
Carola Alfaro

Alliance Environnement inc.

Sylvain Lacasse, biol. chargé de projet
Claudia Cossette, biol.

Référence à citer :

RSW INC., Aménagement Magpie, Projet hydroélectrique du barrage Magpie, Réponses aux questions complémentaires du ministère de l'Environnement du Québec. 39 pages et 5 annexes. Mars 2004.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1. INTRODUCTION	1
2. RÉPONSES AUX QUESTIONS COMPLÉMENTAIRES	2
2.1 Description du bief aval et du bras gauche de la rivière	2
2.2 Anguille.....	12
2.3 Saumon atlantique - bief aval.....	13
2.4 Impacts et mesures d'atténuation	14
2.4.1 <i>BIEF AVAL</i>	14
2.4.2 <i>BIEF AMONT</i>	21
2.4.3 <i>MORTALITE DES POISSONS DANS LES TURBINES</i>	23

Liste des tableaux

- Tableau RQC-1.1 : Comparaison entre les conditions actuelle et future sur une base mensuelle du niveau d'eau en différents points du tronçon situés en aval du barrage Magpie
- Tableau RQC-10.1 : Débits turbinés et vitesses à la sortie des turbines et de l'aspirateur pour le débit d'équipement, le Q_{50} et le Q_{90} des mois de juillet et août
- Tableau RQC-12.1 : Tableau tiré de Therrien et Bourgeois (2000) indiquant le taux moyen de mortalité associé au passage dans les turbines Kaplan et Francis

Liste des annexes

ANNEXE RQC-1

Résultats des simulations numériques d'écoulement

ANNEXE RQC-4

Courbes des débits turbinés classés de juin à octobre

ANNEXE RQC-7

Courbes des profondeurs d'eau et du périmètre mouillé en fonction du débit transitant par le tronçon court circuité.

ANNEXE RQC-8

Simulation visuelle du débit esthétique

ANNEXE RQC-9

Vitesses d'écoulement le long du tronçon aval

Liste des photos

- Photo RQC 1 Écoulement dans le bras gauche lors d'une crue (6 juin 1003)
- Photo RQC 1.1 Portion amont du bras gauche juste en aval de l'ancien canal de fuite (vue vers l'amont)
- Photo RQC 1.2 Portion centrale du bras gauche (vue vers l'amont)
- Photo RQC 1.3 Portion aval du bras gauche (vue vers l'aval)
- Photo RQC 1.4 Seuil à creuser (à l'avant-plan) pour permettre aux poissons d'avoir accès à la fosse située à l'arrière (vue vers l'aval)
- Photo RQC 11.1 Section la plus abrupte de la deuxième chute (vue vers l'amont)
- Photo RQC 11.2 Rapides au pied de la deuxième chute (vue vers l'aval)

1. INTRODUCTION

Ce document regroupe les réponses aux questions complémentaires du ministère de l'Environnement du Québec. Il constitue un complément d'information au document de réponse à la première série de questions et de commentaires.

2. RÉPONSES AUX QUESTIONS COMPLÉMENTAIRES

2.1 DESCRIPTION DU BIEF AVAL ET DU BRAS GAUCHE DE LA RIVIÈRE

QC-1 *L'initiateur mentionne, à la page 26, que l'habitat dans le bras gauche de la rivière ne sera pas amélioré par le projet. Ce qu'on comprend de l'orientation du canal de fuite, c'est que la quantité d'eau dans ce secteur de la rivière (bras gauche) sera probablement moins importante que présentement compte tenu qu'un maximum de 210 m³/s va désormais transiter par le canal de fuite. Et comme celui-ci sera « calé » dans le roc, on peut même présumer que le bras gauche sera exondé de façon permanente.*

- *Suite à l'aménagement proposé, l'initiateur n'a pas fait la démonstration que le bras gauche de la rivière sera inondé en permanence. Selon les résultats des inventaires, cette section constitue un habitat important pour les juvéniles d'ombles de fontaine. Cependant, compte tenu que le débit d'équipement est de 210 m³/s, on peut penser que la quantité d'eau qui va désormais transiter par le bras droit sera beaucoup plus importante que présentement. L'initiateur devra donc caractériser le bras gauche de la rivière en terme d'habitat pour l'omble de fontaine en condition d'exploitation.*
- *L'initiateur devra fournir les conditions hydrauliques mensuelles (vitesse et débit) dans les bras droit et gauche de la rivière avant et après aménagement. Des figures mensuelles, comme celles présentées à l'annexe RQC-46, sont requises.*
- *Considérant ces nouvelles conditions, l'initiateur devra préciser si le front salin pourrait pénétrer plus en amont dans ce secteur.*

RQC-1 *Tel que spécifié à la réponse RQC-46 de la première série de questions et commentaires, la répartition du débit entre les bras gauche et droit ne sera pas modifiée de façon significative en condition projetée par rapport à la situation actuelle. L'orientation du canal de fuite minimise les modifications au niveau de cette répartition. En ce qui a trait à la « quantité d'eau » dans le secteur de la rivière correspondant au bras gauche, elle ne sera pas moins importante que présentement. De fait, la superficie mouillée de même que le débit transitant par le bras gauche (pour les débits de la rivière Magpie supérieurs au débit seuil à partir duquel une partie du débit transite par le bras gauche plutôt qu'en totalité par le bras droit) s'avéreront, de façon systématique, légèrement supérieurs dans les conditions futures par rapport à ce qui prévaut en conditions actuelles. L'écart, en ce qui a trait au débit transitant dans le bras*

gauche, n'est pas suffisant pour déclarer une modification significative de répartition du débit entre les bras gauche et droit.

En effet, la « quantité d'eau » dans le bras gauche ou le débit qui y transite, selon que le débit de la rivière est inférieur ou supérieur au débit seuil susmentionné, dépend essentiellement de deux paramètres :

- le niveau d'eau qui prévaut à l'extrémité amont de l'île qui divise les bras gauche et droit (point C en se référant à la figure RQC-1.1 en annexe);
- ainsi que la configuration bathymétrique qui prévaut le long du bras gauche.

Or, le tableau RQC-1.1 lequel décrit les niveaux d'eau en différents points le long du tronçon aval de la rivière Magpie pour différentes conditions de débits et de marées, montre clairement que le niveau d'eau à l'extrémité amont de l'île (le point C pour faire référence à la figure RQC-1 en annexe) s'avérera toujours supérieur en conditions futures par rapport aux conditions actuelles¹. Le rehaussement en question ne s'avérera toutefois pas suffisant pour maintenir un écoulement permanent dans le bras gauche tel que spécifié dans la réponse à la question 46 de la première série de questions et de commentaires (RSW, 2004). C'est dans ce sens qu'il a été préféré de ne pas tenir compte de ce phénomène pour déclarer un impact positif relativement à la disponibilité d'habitat le long du bras gauche dans le cadre de la réponse à la question 46 de la première série de questions et de commentaires.

Les niveaux décrits au tableau RQC-1 ont été obtenus à partir de simulations d'écoulement réalisées pour les conditions actuelles et futures pour les différents débits moyens mensuels qui caractérisent le régime hydrologique de la rivière Magpie. Les résultats de ces simulations sont présentés, sous forme de figure, à l'annexe RQC-1 en réponse à la seconde sous-question. En plus

¹ Ce phénomène peut s'expliquer en vertu de la théorie des écoulements à surface libre. De fait, dans les conditions actuelles, l'élévation de la surface libre au point C (en se référant à la figure RQC-1.1) correspond approximativement à l'élévation de la surface libre qui prévaut au point B. L'élévation de la surface libre au point B correspond, quant à elle, à la somme du niveau de la marée qui prévaut à l'extrémité aval de la rivière (point A) et des pertes de charge encourues par l'écoulement entre les points A et B. La masse d'eau présente dans le secteur du point C, lorsque le débit de la rivière n'est pas suffisant pour qu'une portion du débit transite par le bras gauche, est associée à un refoulement de l'écoulement qui transite par le point B. Ce phénomène est indépendant des conditions bathymétriques au point C pour peu que l'élévation du lit de la rivière au point C soit inférieur au niveau d'eau au point B. C'est la raison pour laquelle on ne peut pas présumer que, parce que le canal de fuite sera « calé », le bras gauche sera exondé de façon permanente.

des simulations associées à chaque mois de l'année en condition de marée moyenne, des simulations ont été réalisées en conditions de marée haute pour une gamme de débit autour du débit moyen annuel de même que pour certains débits caractéristiques de conditions d'hydraulicité élevée.

Tel que spécifié en réponse à la question 38 de la première série de questions et de commentaires, l'ensemble de la surface en eau a été inventorié en juin et octobre 2003 à l'aide de pêches à l'électricité dans l'ancien canal de fuite et la partie amont du bras gauche, ce qui représente une superficie totale d'environ 300 m². D'après les résultats de pêche obtenus, il est évalué que cette superficie abritait une trentaine d'ombles de fontaine juvéniles au total. L'affirmation à l'effet qu'il s'agit d'un habitat important doit être mise en perspective par rapport à ce nombre.

Lors des inventaires, la portion amont du bras gauche était partiellement submergée sur une longueur d'environ 50 m (photo RQC-1.1). Par la suite, le bras gauche était totalement exondé sur une longueur d'environ 100 m dans sa portion centrale (photo RQC-1.2). Ce secteur exondé est largement colonisé par la végétation riveraine, principalement des aulnes, ce qui confirme que le bras gauche de la rivière n'est pas fréquemment inondé au cours de l'année. Enfin, la portion aval du bras gauche était submergée sur une longueur d'environ 100 m jusqu'au pont de la route 138 (photo RQC-1.3). Ce dernier secteur, au sein duquel le roc prédomine comme substrat, demeure submergé en tout temps.

Tableau RQC-1.1 Comparaison, entre les conditions actuelle et future sur une base mensuelle, du niveau d'eau en différents points du tronçon situés en aval du barrage Magpie¹

Condition de marée	mois	Débit moyen mensuel (m ³ /s)	Conditions actuelles						Conditions futures							
			Élévation de la surface libre (m)			Débit transitant par le bras droit (m ³ /s)	Débit transitant par le bras gauche (m ³ /s)	Figure correspondante	Débit moyen turbiné (m ³ /s)	Débit transitant par le tronçon court-circuité (m ³ /s)	Élévation de la surface libre (m)			Débit transitant par le bras droit (m ³ /s)	Débit transitant par le bras gauche (m ³ /s)	Figure correspondante
			A	B	C						A	B	C			
moyenne	janvier	59	0,14	0,21	exondé	59,0	0,0	RQC-1.1a	56	3	0,14	0,21	0,23	59,0	0,0	RQC-1.1b
	février	47	0,14	0,19	exondé	47,0	0,0	RQC-1.2a	44	3	0,14	0,19	0,20	47,0	0,0	RQC-1.2b
	mars	40	0,14	0,17	exondé	40,0	0,0	RQC-1.3a	37	3	0,14	0,17	0,18	40,0	0,0	RQC-1.3b
	avril	60	0,14	0,22	exondé	60,0	0,0	RQC-1.4a	57	3	0,14	0,22	0,24	60,0	0,0	RQC-1.4b
	mai	432	0,14	2,31	2,36	430,4	1,6	RQC-1.5a	210	222	0,14	2,53	2,54	428,5	3,5	RQC-1.5b
	juin	507	0,14	2,70	2,75	499,5	7,5	RQC-1.6a	210	297	0,14	2,98	2,99	494,1	12,9	RQC-1.6b
	juillet (jour)	224	0,14	0,97	exondé	224,0	0,0	RQC-1.7a	199	25	0,14	1,03	1,17	224,0	0,0	RQC-1.7b
	juillet (nuit)	224	0,14	0,97	exondé	224,0	0,0	RQC-1.8a	210	14	0,14	1,02	1,13	224,0	0,0	RQC-1.8b
	août (jour)	161	0,14	0,64	exondé	161,0	0,0	RQC-1.9a	136	25	0,14	0,67	0,72	161,0	0,0	RQC-1.9b
	août (nuit)	161	0,14	0,64	exondé	161,0	0,0	RQC-1.10a	158	3	0,14	0,66	0,73	161,0	0,0	RQC-1.10b
	septembre	164	0,14	0,67	exondé	164,0	0,0	RQC-1.11a	161	3	0,14	0,67	0,80	164,0	0,0	RQC-1.11b
	octobre	187	0,14	0,76	exondé	187,0	0,0	RQC-1.12a	184	3	0,14	0,80	0,95	187,0	0,0	RQC-1.12b
novembre	146	0,14	0,57	exondé	146,0	0,0	RQC-1.13a	143	3	0,14	0,57	0,68	146,0	0,0	RQC-1.13b	
décembre	87	0,14	0,30	exondé	87,0	0,0	RQC-1.14a	84	3	0,14	0,30	0,34	87,0	0,0	RQC-1.14b	
haute	juillet	224	1,20	1,53	1,55	224,0	0,0	RQC-1.15a	210	14	1,20	1,62	1,69	224,0	0,0	RQC-1.15b
	septembre	164	1,20	1,38	1,39	164,0	0,0	RQC-1.16a	161	3	1,20	1,42	1,47	164,0	0,0	RQC-1.16b
	octobre	187	1,20	1,43	1,44	187,0	0,0	RQC-1.17a	184	3	1,20	1,49	1,55	187,0	0,0	RQC-1.17b

Note 1 : Les points en questions sont illustrés à la figure RQC-1

Tableau RQC-1.2 Comparaison, entre les conditions actuelle et future pour différents débits caractéristiques de forte hydraulité, du niveau d'eau en différents points du tronçon situés en aval du barrage Magpie¹

Condition de marée	mois	Débit moyen mensuel (m ³ /s)	Conditions actuelles						Conditions futures							
			Élévation de la surface libre (m)			Débit transitant par le bras droit (m ³ /s)	Débit transitant par le bras gauche (m ³ /s)	Figure correspondante	Débit moyen turbiné (m ³ /s)	Débit transitant par le tronçon court-circuité (m ³ /s)	Élévation de la surface libre (m)			Débit transitant par le bras droit (m ³ /s)	Débit transitant par le bras gauche (m ³ /s)	Figure correspondante
			A	B	C						A	B	C			
moyenne		400	0,14	2,09	2,13	399,5	0,5	RQC-1.18a	210	190	1,20	2,32	2,34	398,3	1,7	RQC-1.18b
	crue 1:2 ans	857	0,14	4,38	4,39	793,3	63,7	RQC-1.19a	210	647	1,20	4,66	4,64	775,8	81,2	RQC-1.19b
	6 juin 2003	1005	0,14	5,00	4,89	906,7	98,3	RQC-1.20a	210	795	1,20	5,20	5,18	886,7	118,3	RQC-1.20b

Note 1 : Les points en questions sont illustrés à la figure RQC-1



Photo RQC-1.1 : Portion amont du bras gauche, juste en aval de l'ancien canal de fuite (vue vers l'amont).



Photo RQC-1.2 : Portion centrale du bras gauche (vue vers l'amont).



Photo RQC-1.3 : Portion aval du bras gauche (vue vers l'aval).

Le secteur susceptible d'être utilisé pour l'élevage de l'omble de fontaine dans la portion amont du bras gauche (photo RQC-1.1) va subsister suite à l'excavation du nouveau canal de fuite. L'élargissement du canal de fuite empiètera légèrement sur ce secteur. Par ailleurs, ce secteur sera rendu accessible en tout temps aux poissons durant la phase d'exploitation, via le nouveau canal de fuite, alors qu'il est actuellement isolé du reste de la rivière périodiquement, ce qui peut être interprété comme un effet positif du projet.

L'excavation superficielle du seuil montré à la photographie RQC-1.4 permettrait de donner accès aux poissons à une zone de 15 m de longueur par 15 m de large actuellement inaccessible lorsque le débit de la rivière ne s'avère pas suffisant pour assurer qu'une portion de l'écoulement transite par le bras gauche.

Enfin, comme l'exploitation de la centrale ne modifiera pas de façon significative les conditions d'écoulement dans la portion aval du bras gauche, le front salin ne pénétrera pas plus en amont dans ce secteur.



Photo RQC-1.4 : Seuil (à l'avant-plan) bloquant l'accès à la fosse située en aval)

QC-2 *Au premier paragraphe de la page 49, l'initiateur indique qu'il y aura « des modifications locales d'écoulement à la confluence du canal de fuite... ».*

➤ *L'initiateur devra préciser comment il intègre cette affirmation avec celle déjà citée à l'effet que les conditions hydrauliques à l'aval du bief court-circuité ne seraient pas modifiées.*

RQC-2 Les conditions hydrauliques réfèrent à la profondeur et à la vitesse d'écoulement. L'examen comparatif des figures illustrant les résultats de simulations hydrauliques présentées à l'annexe RQC-1 montre que les profondeurs ne seront pas modifiées, à toutes fins utiles, par rapport à celles qui prévalent dans les conditions actuelles. À l'échelle locale, les vitesses d'écoulement seront modifiées. En conditions actuelles, une voie principale d'écoulement, au sein du bras droit en aval du tronçon court-circuité, se dessine, toujours en se référant aux figures susmentionnées, le long de l'île créant ainsi une large zone de recirculation de l'écoulement en rive droite. Dans les conditions projetées, la restitution du débit turbiné fait en sorte que la voie principale d'écoulement et la zone de recirculation sont respectivement déplacées vers la rive gauche et aux abords de l'île. La vitesse moyenne, à

l'échelle de la section d'écoulement, demeure toutefois la même puisque le débit qui transitera en aval du tronçon court-circuité demeurera le même et que la profondeur ne sera pas modifiée de façon significative par rapport à ce qui prévaut actuellement (application directe du principe de la conservation de la masse²).

Commentaires 1 *La représentativité des sites sélectionnés n'a pas été réalisée de façon adéquate. À cet effet, nous tenons à formuler les commentaires qui suivent.*

- *L'initiateur fait référence, entre autres, à Picard (1998) pour démontrer que les conditions de profondeur et de vitesse auxquelles ont été faites les pêches électriques se rapprochent des conditions optimales pour l'élevage des alevins et des tacons de saumons. Picard (1998) mentionne que pour les alevins les conditions optimales pour la variable profondeur se situent entre 0,1 et 0,2 m. Sur les 11 sites échantillonnés sur la Magpie, deux sites seulement se retrouvent à l'intérieur de cet intervalle. Toujours en ce qui concerne la profondeur, mais pour les tacons, l'optimum se situe entre 0,3 et 0,4 m. Encore ici, deux sites se retrouvent à l'intérieur de cet intervalle.*
- *En ce qui concerne la vitesse, Picard (1998) n'a pas considéré cette variable dans l'élaboration de son modèle. L'auteur devra présenter les courbes de préférence pour cette variable qui démontrent que les vitesses nulles sont optimales pour les juvéniles de saumon.*
- *Les références au calcul des indices de qualité d'habitat (IQH) du tableau RQC-32.1 devront être mentionnées. Cette formule ne correspond pas à la formule d'IQH employée par la Société de la faune et des parcs. De plus, les résultats d'IQH présentés dans ce tableau ne sont pas les mêmes que ceux présentés dans la figure 3 de la partie 8 de l'annexe 2. Dans cette dernière figure, les indices de préférence sont ceux de Picard (Caron et al., 1999) et sont inférieurs à ceux présentés dans le tableau RQC-32.1.*

² Le débit (Q) transitant au droit d'une section d'écoulement donnée (transect) peut être décrit sous la forme du produit ($Q = V \times A$) de la vitesse moyenne à l'échelle de la section (V) et de l'aire de la section d'écoulement (A). Pour une section donnée, l'aire de la section est fonction de la profondeur d'écoulement. Comme l'exploitation de la centrale ne modifiera pas le débit transitant en aval du tronçon court-circuité et que la profondeur ne sera pas modifiée significativement, il s'ensuit que la vitesse moyenne d'écoulement à l'échelle de la section ne sera également pas modifiée de façon significative.

Il est vrai que la profondeur optimale selon Picard (1998) se situe entre 10 et 20 cm chez les alevins et entre 30 et 40 cm chez les tacons et que, par conséquent, la plupart des sites échantillonnés ne présentent pas les conditions de profondeur optimales pour les alevins et tacons. Néanmoins, les sites échantillonnés présentent tout de même de bonnes conditions de profondeur pour l'élevage (d'après les courbes de préférence de Picard, 1998) puisque les indices de qualité pour les alevins sont compris entre 0,5 et 1,0 dans chacun des cas. En ce qui concerne les tacons, seulement deux sites sur 11 présentent un indice de qualité inférieur à 0,5 pour la profondeur d'après ce même auteur (soit les sites nos 27 et PE1 localisés dans l'ancien canal de fuite où la profondeur moyenne est inférieure à 20 cm).

Les courbes de préférence retenues pour le calcul des indices de qualité chez les alevins et les tacons dans le cadre de la réponse à la question QC-32 de la première série de questions et de commentaires provenaient des auteurs suivants :

Alevins :

- Vitesse : Stanley et Trial (1995)
- Profondeur : Stanley et Trial (1995), Scruton et LeDrew (1996) et Picard (1998)
- Substrat : Stanley et Trial (1995) et Picard (1998)

Tacons :

- Vitesse : Stanley et Trial (1995)
- Profondeur : Stanley et Trial (1995), Scruton et LeDrew (1996) et Picard (1998)
- Substrat : Stanley et Trial (1995), Picard (1998) et Lévesque et Boudreault (1996)

Dans le cas des vitesses, les modèles considérés sont ceux de Stanley et Trial (1985). Selon ces auteurs, une vitesse nulle correspond à un indice de qualité de 0,8, alors qu'une vitesse de 10 à 30 cm/s correspond à des conditions optimales d'habitat (indice de 1,0), autant chez les alevins que chez les tacons de saumon. Les courbes de préférence de Stanley et Trial (1985) sont présentées à la figure suivante.

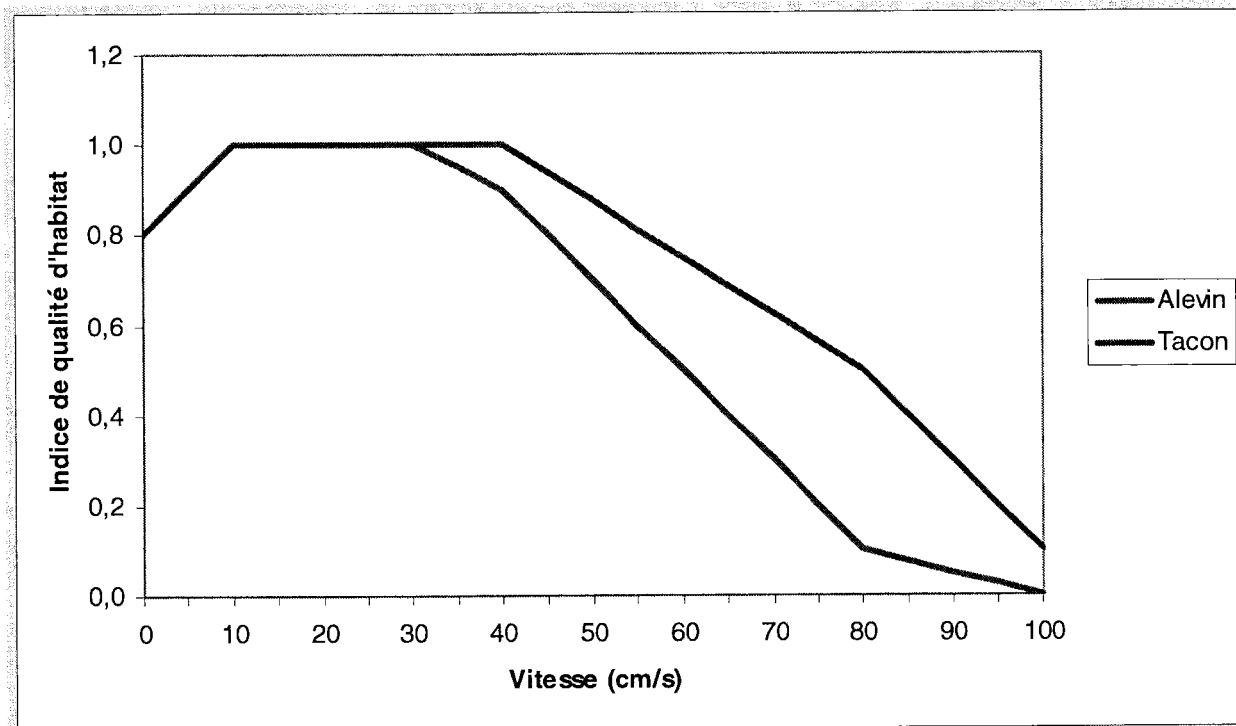


Figure RQC-2 : Courbe de préférence d'habitat pour les vitesses d'écoulement chez les alevins et les tacons de saumon (Stanley et Trial, 1995).

Le modèle de Picard (Caron *et al.*, 1999), appliqué à l'annexe 8 du rapport d'étude d'impact pour qualifier les habitats des saumons juvéniles dans le bief aval, a été développé pour la gestion de la ressource salmonicole au Québec. Ce modèle se base sur trois descripteurs, soit le faciès d'écoulement, la largeur du cours d'eau et l'indice granulométrique, pour évaluer la qualité des méso-habitats utilisés par les saumons juvéniles. Cette approche est utile pour décrire les habitats du saumon à l'échelle d'unité homogène de plusieurs centaines de mètres carrés de rivière.

Cependant, lorsqu'on veut évaluer la représentativité des sites de pêche à l'électricité, l'échelle d'analyse n'est plus la même puisque la superficie des sites échantillonnés est généralement inférieure à 100 m². Dans ce cas, l'application de modèles d'habitat est basée sur des descripteurs plus précis, soit la vitesse d'écoulement, la profondeur et le pourcentage de recouvrement de chaque type de substrat est mieux adaptée. Les modèles de micro-habitats ont été appliqués dans de nombreuses études par le passé. Ces modèles sont plus précis que celui de Picard lorsqu'on veut qualifier les habitats dans une

surface de taille réduite. Les sites de pêche échantillonnés peuvent donc présenter un indice de qualité élevé à l'échelle du micro-habitat, en dépit du fait que les indices de qualité sont plus faibles à l'échelle du méso-habitat, tel qu'illustré à la figure 3 de l'annexe 8 du rapport d'étude d'impact.

2.2 ANGUIILLE

QC-3 *Sur la planche RQC-49.1, l'initiateur illustre le système de montaison de l'anguillette qui sera adjacent au canal de fuite. À l'analyse de cette planche, on comprend que l'anguillette en montaison devra transiter par le canal de fuite afin d'atteindre la fosse de repos au pied du système de montaison.*

- *Sachant que des débits pouvant atteindre 210 m³/s transiteront par le canal de fuite et surtout que les vitesses pourront atteindre 1,5 à 2,0 m/s, l'initiateur devra préciser si les conditions qui prévaudront permettront aux anguilletes d'atteindre la base du système de montaison.*

RQC-3 Les valeurs évoquées dans la question correspondent à une vitesse moyenne à l'échelle de la section d'écoulement. Compte tenu que le canal de fuite sera excavé dans le roc, la rugosité des parois fera en sorte de créer des zones de recirculation sur une faible largeur le long des parois. Il en résultera des conditions de vitesse qui faciliteront la montaison des anguilletes. Il convient de mentionner que des anguilletes remontent les canaux de fuite de la centrale Beauharnois.

Ceci dit, du point de vue plus large du choix de la localisation de l'entrée du système de montaison, l'initiateur et ses consultants ont toujours été bien conscients de la difficulté de déterminer, avant la mise en exploitation de la centrale, à quels endroits précis où les anguilletes auront tendance à se concentrer. C'est une des principales raisons, tel que décrit à la réponse 49 à la première série de questions et de commentaires, qui a motivé le choix du système de montaison retenu, lequel peut être déplacé, et à proposer un suivi environnemental de l'adéquation du système de montaison.

L'entrée du système aurait pu être placée à l'aval du canal de fuite. Cette option n'a pas été retenue en raison du risque que les anguilletes poursuivent directement leur migration le long du canal de fuite sans que la majorité ne perçoive le débit d'attrait du système. La position actuelle du système a été retenue en présumant que les anguilletes utiliseraient vraisemblablement la zone en retrait au sein de laquelle l'entrée du système est située comme zone de repos dans le cadre de leur montaison dans le canal de fuite. Il ne fait aucun doute que le débit d'attrait serait perçu adéquatement dans ces conditions. Une autre option qui a été considérée consisterait à placer le système de

montaison à l'extrémité amont du canal de fuite. Une zone de recirculation se formera en surface à la sortie des aspirateurs. Dans ce contexte, les abords du canal de fuite à cet endroit pourraient également constituer des zones de concentration d'anguillettes.

Les praticiens s'entendent à l'effet que le positionnement de l'entrée des systèmes de montaison d'anguillettes s'avère moins évident que celui de systèmes de montaison destinés à d'autres espèces. Le suivi proposé permettra de vérifier l'adéquation du système qui sera mis initialement en place et de le déplacer vers d'autres endroits si cet emplacement ne s'avérait pas adéquat. La possibilité qu'il soit requis de mettre en place plus d'un dispositif de montaison n'est pas exclue.

QC-4 *Dans le but de caractériser les conditions hydrologiques prévalant au cours de la période de montaison des anguillettes, l'initiateur a présenté la courbe des débits classés (annexe RQC-36).*

- *L'initiateur devra présenter la courbe des débits mensuels classés pour les débits turbinés pour les mois de juin à octobre, mois durant lesquels la montaison devrait avoir lieu, afin de mieux connaître la période pendant laquelle ces conditions seront favorables à la montaison des anguillettes.*

RQC-4 Les courbes de débits turbinés classés pour les mois de juin à octobre sont présentées à l'annexe RQC-4.

2.3 SAUMON ATLANTIQUE - BIEF AVAL

QC-5 *L'initiateur mentionne, au dernier paragraphe de la page 34, que « les modèles d'habitat appliqués pour le bief aval indiquent que les habitats d'élevage disponibles pour les saumons juvéniles sont de piètre qualité dans ce secteur (indice de qualité moyen de 0,18 sur une échelle de 0 à 1, où 1 représente le milieu le plus favorable). » Or, à la page 40, en réponse à la question touchant la représentativité des sites échantillonnés, il est indiqué que « ces conditions de profondeur de vitesse et de substrat se rapprochent des conditions optimales pour l'élevage des alevins et des tacons de saumon. » « Ces résultats indiquent que les IQH varient entre 0,65 et 0,85 chez les alevins et entre 0,68 et 0,84 chez les tacons, ce qui représente de bonnes conditions d'habitats pour l'élevage des juvéniles. »*

- *L'initiateur devra expliquer l'apparente contradiction entre les deux réponses et préciser la valeur réelle de l'habitat du site aval pour les juvéniles de saumons.*

RQC-5 Comme on l'a mentionné précédemment en réponse aux commentaires de la question 2 de la présente série de questions et de commentaires, la qualité des habitats dans le bief aval a été évaluée à l'aide du modèle de méso-habitat de Picard (Caron *et al.*, 1999) dans le rapport d'étude d'impact, alors que la représentativité des sites de pêche échantillonnés a été évaluée en appliquant une approche de micro-habitat, laquelle est mieux adaptée à l'échelle des parcelles échantillonnées. Il n'y a donc pas de contradiction entre les deux affirmations puisque le bief aval, considéré dans son ensemble, présente une faible qualité à l'échelle du méso-habitat (valeur moyenne de 0,18), ce qui n'exclut pas qu'il puisse renfermer des micro-habitats dont la qualité se rapproche des conditions optimales pour l'élevage des alevins et des tacons de saumon. Ces micro-habitats de bonne qualité sont concentrés le long des rives, là où les profondeurs et les vitesses sont plus faibles. Dans la portion centrale du chenal d'écoulement, les vitesses et les profondeurs limitent la qualité d'habitat pour les juvéniles et il est peu probable que des alevins ou des tacons se maintiennent dans cette portion du chenal.

2.4 IMPACTS ET MESURES D'ATTÉNUATION

2.4.1 Bief aval

Réduction du débit dans le tronçon court-circuité

QC-6 *L'initiateur indique qu'en se référant aux courbes de préférence d'habitat pour le saumon, on peut constater que les vitesses moyennes qui prévalent dans le tronçon court-circuité excèdent les préférences pour la fraie du saumon de même que celles pour l'élevage et l'alimentation des ombles juvéniles et adultes.*

- *L'initiateur devra préciser si la fosse présente dans ce secteur pourrait constituer un lieu de repos pour les salmonidés adultes.*
- *L'initiateur indique aussi que la vitesse du courant dans le tronçon court-circuité est trop importante. L'initiateur devra donc préciser s'il a caractérisé la vitesse du courant en profondeur, où ce type d'habitat pourrait s'avérer intéressant pour les adultes, particulièrement en période d'étiage.*

RQC-6 Les vitesses qui ont été considérées pour être comparées aux modèles d'habitat associés à la fraie de même que l'élevage des juvéniles de saumon atlantique et de l'omble de fontaine correspondent effectivement, comme il se doit, à des vitesses moyennes. Les courbes de préférence associées aux vitesses d'écoulement qui ont été considérées décrivent la variation de l'indice de qualité en fonction de vitesses moyennes intégrées sur la verticale. Dans le cas du

tronçon court-circuité, la verticalité des parois fait en sorte qu'il n'y pas de différence significative entre la vitesse moyenne à l'échelle de la section et les vitesses moyennes intégrées sur la verticale.

Il n'y a pas eu de mesure de vitesse en profondeur. La vitesse y est sûrement plus faible que la vitesse moyenne à l'échelle de la section. Le type de substrat, essentiellement constitué de roc compte tenu des vitesses élevées qui prévalent à chaque année lors de la crue printanière, offre toutefois peu de zones de contre-courant (comme celles créées derrière les blocs en rivière ou à proximité du fond de lit de galets) dans lesquelles se placent généralement les adultes en repos. Ce type de conditions se retrouve davantage le long du bras droit où les profondeurs s'avèrent également suffisamment élevées pour constituer des zones de repos en conditions d'étiage. En fait, la qualité des sites en aval du tronçon court-circuité font en sorte qu'il n'y a pas d'intérêts réels, pour les adultes, d'utiliser le tronçon court-circuité comme zone de repos.

QC-7 *L'initiateur indique qu'aucune méthode n'a été retenue pour évaluer le débit réservé. Le principe de base qui a été appliqué est d'assurer la libre circulation des poissons.*

➤ *La politique de débit réservé ne semble pas avoir été prise en compte. En l'absence de caractérisation du bief court-circuité, la méthode écohydrologique ou toute autre méthode ne nécessitant pas de relevé de terrain dans le bief court-circuité pour la détermination du débit réservé devrait être appliquée. Considérant ces éléments, l'initiateur devra présenter les valeurs de débit réservé écologique calculées selon ce type de méthode.*

RQC-7 Contrairement à ce qui est indiqué dans la question, une caractérisation du tronçon court-circuité a été réalisée. Il en ressort, tel que mentionné à la fois dans le rapport d'étude d'impact et dans le document de réponse à la première série de questions et de commentaires (RSW, 2004), que les conditions de substrat (principalement du roc sur lequel reposent, en quelques endroits, des blocs de calibre important), de profondeur (profondeurs élevées en raison de la verticalité des parois du lit du cours d'eau) et de vitesse (voir tableaux RQC-9.1 du présent document et tableau RQC-44.1 de RSW, 2004) ne correspondent pas aux caractéristiques recherchées par le saumon de l'Atlantique ou l'omble de fontaine (aspects liés aux espèces ichtyologiques susceptibles d'être présentes en référence à la caractérisation biophysique décrite dans la Politique de débits réservés écologiques pour la protection du poisson et de ses habitats) pour le déroulement de l'une ou l'autre des phases de leur cycle vital (aspects liés aux périodes et aux fins biologiques, toujours en référence à la caractérisation biophysique de la politique susmentionnée). C'est d'ailleurs sur la base de cette caractérisation que le débit réservé a été défini en terme de la libre circulation

plutôt que pour le maintien de conditions visant la poursuite de phases du cycle vital du poisson. Ceci dit, l'approche qui a été suivie pour la détermination du débit réservé pour la libre circulation au sein du tronçon court-circuité correspond essentiellement à l'application de la méthode hydraulique pour la détermination d'un débit réservé écologique visant le maintien du déroulement d'une ou de plusieurs phases du cycle vital des espèces piscicoles concernées.

Les figures RQC-7.1 et RQC-7.2, en annexe, montrent respectivement la variation du périmètre mouillé et de la profondeur maximale en fonction du débit. Leur examen montre que ces paramètres ne varient que très peu en fonction du débit. Ceci tel que déjà spécifié à la réponse RQC-11 de RSW (2004), s'explique par la présence du seuil à l'extrémité aval du tronçon court-circuité.

L'application de la méthode hydraulique mène à retenir, en guise de débit réservé écologique, le débit en deçà duquel le périmètre mouillé (il s'agit de paramètre le plus fréquemment retenu) diminue drastiquement et au-dessus duquel il n'y a pas d'augmentation significative. L'examen de la figure RQC-7.1 montre clairement que la présence du seuil contribue à ce que la superficie mouillée le long du tronçon court-circuité est maintenue même pour des débits faibles. La même analyse s'applique également à la profondeur maximale.

QC-8 *En ce qui concerne le débit esthétique, tel qu'il s'est engagé dans ses réponses (RQC-11), l'initiateur présentera des simulations visuelles de ce débit.*

RQC-8 L'annexe RQC-8 présente une simulation visuelle du débit esthétique.

Modification des habitats du saumon atlantique et de l'omble de fontaine anadrome

QC-9 *Quoique l'initiateur ait fourni des résultats de simulation permettant d'apprécier certaines conditions d'écoulement, celles-ci devraient être fournies mensuellement. L'impact de la canalisation de presque tout le débit, en période de crue, dans le bras droit de la rivière n'a pas été évalué. Selon l'initiateur, à l'exception du tronçon court-circuité, le régime hydrologique de la rivière ne sera pas modifié et il n'y aura aucun effet sur la pêche puisque les conditions d'écoulement et la disponibilité d'habitats pour le poisson devraient demeurer les mêmes. Ceci est contredit par les figures RQC-46.3, 46.4 et 46.5, où sont illustrés les champs de vitesse d'écoulement superposés aux profondeurs.*

➤ *Tel que demandé précédemment, les simulations devront être fournies mensuellement. En plus, les données quantitatives de débit et de vitesse à la sortie du canal de fuite et dans le bief court-circuité devront être présentées.*

- *Tel que demandé précédemment, les simulations devront être fournies mensuellement. En plus, les données quantitatives de débit et de vitesse à la sortie du canal de fuite et dans le bief court-circuité devront être présentées.*
- *L'initiateur devra aussi discuter de l'impact de cette modification hydraulique sur les conditions de pêche dans les secteurs fréquentés par les pêcheurs.*

RQC-9 Il convient d'abord de rappeler, en vertu des éléments de la réponse RQC-1, dont notamment le tableau RQC-1.1, qu'il n'y aura pas de phénomène de « canalisation de presque tout le débit dans le bras droit de la rivière en période de crue ». Pour ce qui est du régime hydrologique de la rivière en aval du tronçon court-circuité, il ne sera effectivement pas modifié puisque le débit qui transite en conditions futures en aval du tronçon court-circuité, demeurera, à toutes fins utiles, le même après qu'avant l'aménagement tel qu'en témoignent les données du tableau RQC-1.1.

Il semble qu'il y ait confusion dans la formulation de la question relativement à la notion de régime hydrologique. Le régime hydrologique réfère à la fluctuation, au cours d'une période de temps donnée, du débit au droit d'une section transversale d'un cours d'eau. Il semble que la question s'articule plutôt autour des modifications du régime hydraulique, lesquels concernent effectivement les profondeurs et vitesses auxquelles réfère la question qui mentionne les champs de vitesse d'écoulement superposés aux profondeurs.

En réponse à la première sous-question, le tableau RQC-1.1 présente les données quantitatives de débit à la sortie du canal de fuite et transitant par le tronçon court-circuité. Les figures de l'annexe RQC-9 permettent d'apprécier visuellement les vitesses prévalant dans le secteur correspondant à la sortie du canal de fuite. Les vitesses élevées qui prévalent le long du tronçon court-circuité combinées au risque d'entraînement des embarcations au-dessus du seuil qui coïncide avec son extrémité aval n'ont pas permis d'acquérir suffisamment de données pour que des simulations bidimensionnelles puissent être appliquées de façon adéquate pour la caractérisation des conditions d'écoulement dans ce secteur. Suffisamment de données ont toutefois été acquises pour appliquer une approche de simulation unidimensionnelle localement. Les vitesses d'écoulement présentées à la réponse de la question 44 de la première série de questions et de commentaires ont été évaluées selon cette approche. Le tableau RQC-9.1 présente, pour les différents débits transitant dans le tronçon court-circuité qui apparaissent au tableau RQC-1, les vitesses qui prévaudront en conditions futures au droit des sections localisées à la figure RQC-44.1 présentée en

annexe du document de réponse à la première série de questions et de commentaires (RSW, 2004).

Les sites de pêche les plus fréquentés par les pêcheurs sportifs dans le bief aval sont identifiés à l'annexe RQC-9 (M. Réal Lebrasseur, Association de protection de la rivière Magpie, comm. pers.). Ces sites sont localisés sur la rive droite de l'île en amont du pont de la route 138, sur la rive gauche de l'île dans la portion aval du bras gauche, ainsi que sur les deux rives de l'estuaire de la Magpie. La zone où la pêche est interdite est également illustrée à l'annexe RQC-9. Ce sanctuaire de pêche s'étend sur une distance de 200 m en aval du barrage Magpie³. Il convient de mentionner qu'une discussion avec le maire de Rivière Saint-Jean confirme l'identification des sites fréquentés par les pêcheurs sportifs. L'examen comparatif des résultats des simulations numériques d'écoulement illustrés à l'annexe RQC-1 montre clairement qu'il n'y aura pas de modification de l'écoulement, localement ou à l'échelle des sections, au droit des secteurs fréquentés pour la pêche sportive.

³ Société de la Faune et des Parcs du Québec (FAPAQ). 2003. *La pêche au saumon au Québec. Principales règles 2003.*

Tableau RQC-9.1 Données quantitatives de débit et de vitesse transitant dans le tronçon court-circuité

Mois	Débit mensuel moyen (m ³ /s)	Débit turbiné (m ³ /s)	Débit transitant par le tronçon court-circuité (m ³ /s)	Vitesses en conditions actuelles (m/s)			Vitesses en conditions futures (m/s)		
				Section A	Section B	Section C	Section A	Section B	Section C
janvier	59	56	3	0,6	1,0	1,1	0,0	0,1	0,1
février	47	44	3	0,5	0,8	0,9	0,0	0,1	0,1
mars	40	37	3	0,4	0,8	0,9	0,0	0,1	0,1
avril	60	57	3	0,6	1,0	1,1	0,0	0,1	0,1
mai	432	210	222	2,9	3,5	3,5	1,7	2,3	2,3
juin	507	210	297	3,3	3,9	3,9	2,2	2,7	2,8
juillet - jour	224	199	25	1,7	2,3	2,3	0,3	0,6	0,7
juillet - nuit	224	210	14	1,7	2,3	2,3	0,2	0,4	0,4
août - jour	161	136	25	1,3	1,8	1,9	0,3	0,6	0,7
août - nuit	161	158	3	1,3	1,8	1,9	0,0	0,1	0,1
septembre	164	161	3	1,3	1,8	1,9	0,0	0,1	0,1
octobre	187	184	3	1,5	2,0	2,1	0,0	0,1	0,1
novembre	146	143	3	1,2	1,7	1,8	0,0	0,1	0,1
décembre	87	84	3	0,8	1,2	1,3	0,0	0,1	0,1

QC-10 *La discussion relative à la problématique du passage des poissons dans le canal de fuite est nettement plus élaborée que dans l'étude d'impact. L'initiateur convient notamment que les saumons seront attirés par l'appel d'eau très important en provenance du canal de fuite. Toutefois, la conclusion à l'effet que même si les saumons peuvent y être attirés, on n'anticipe pas d'impact sur cette espèce puisque les risques de mortalité ou de confinement seraient inexistantes n'est pas documentée.*

➤ *L'initiateur devra préciser s'il est physiquement possible que des poissons atteignent les turbines par le canal de fuite.*

RQC-10 L'étude de Thorstad *et al.* (2003), qui a été citée comme exemple dans le premier volet de réponse, ne soulignait aucune mortalité de saumons dans le canal de fuite, ni aucun cas ayant remonté jusqu'aux turbines. Ici, il faut rappeler que les conditions de débit observées dans l'étude de Thorstad *et al.* (2003) étaient très semblables à celles qui seront rencontrées à la centrale Magpie. Cependant, l'étude indique que les saumons font des incursions dans l'aspirateur, sans toutefois remonter jusqu'aux turbines et que des blessures aient été observées.

Au Québec, aucun cas de saumon ayant pénétré dans les turbines n'a été relevé dans les centrales de la rivière Jacques-Cartier (Valérie Bujold, FAPAQ, comm. pers.). Sur la rivière Mitis, des saumons ont été capables de remonter jusqu'aux turbines à une seule occasion. Cet événement s'est produit lors d'un étiage estival sévère à la centrale Mitis-2 (Jean-Pierre Lebel, FAPAQ, comm. pers.). Cette centrale possède un débit d'équipement de 25 m³/s, soit 12,5 m³/s pour chaque turbine. Lors de cet événement, les débits turbinés se situaient entre 1 et 2 m³/s, soit un débit turbiné maximal équivalent à environ 16 % du débit d'équipement. Cette situation ne risque toutefois pas de se produire dans le cas de la centrale Magpie puisque les débits d'équipement sont de 105 m³/s pour chaque turbine et que les débits turbinés ne peuvent être inférieurs à 20 % du débit d'équipement, c'est-à-dire 21 m³/s. Le tableau 1 présente les débits turbinés et les vitesses d'écoulement à la sortie des turbines et de l'aspirateur de la centrale Magpie pour les mois d'été caractérisés par des hydraulicités plus faible. Il convient également de noter que la présence du lac Magpie, avec l'effet de régularisation qu'il a sur les apports, limite la sévérité des étiages.

Tableau RQC-10.1 – Débits turbinés et vitesses à la sortie des turbines et de l'aspirateur pour le débit d'équipement, le Q₅₀ et le Q₉₀ des mois de juillet et août.

	Débit turbiné dans les 2 turbines (m ³ /s)		Débit pour une seule turbine (m ³ /s)		Vitesse à la turbine (m/s)		Vitesse à la sortie de l'aspirateur (m/s)	
	Juillet	Août	Juillet	Août	Juillet	Août	Juillet	Août
Q équipement	210	210	105	105	9,8	9,8	1,9	1,9
Q ₅₀	186	142	93	71	8,6	6,6	1,7	1,3
Q ₉₀	114	87	57	44	5,3	4,0	1,0	0,8

Les saumons dont la longueur excède 90 cm sont dotés d'une vitesse de pointe susceptible d'atteindre 7,5 m/s (8,4 LT/s où LT correspond à la longueur du poisson, Beamish dans Lavoie, 1983). Cette vitesse ne pourrait pas être maintenue sur la totalité du parcours menant jusqu'aux pales de la turbine. La vitesse de nage soutenue des saumons de 90 cm est de l'ordre de 3,8 m/s (4,2 LT/s).

2.4.2 Bief amont

QC-11 *L'initiateur indique à la page 18 que : « Malgré les changements, les faciès d'écoulement présents entre la 1^{re} et la 2^e chute ne seront pas modifiés puisque les bassins vont demeurer des bassins, alors que le chenal séparant les bassins va demeurer un chenal ». La photo aérienne de l'annexe RQC-16 montre que le faciès reliant les deux bassins serait plutôt un seuil ou un rapide. Sur cette même photo, ainsi que sur celle de la page 24, on voit la section de rapides localisée immédiatement en aval de la deuxième chute. Comme cette chute sera noyée par le futur réservoir, il serait étonnant que ces rapides demeurent des rapides, comme l'initiateur semble vouloir le prétendre.*

➤ *Dans ce contexte, le promoteur devrait discuter de la possibilité que ces faciès d'écoulement seront modifiés et mesurer les pertes d'habitats encourues, en particulier pour l'omble de fontaine.*

RQC-11 En ce qui concerne le chenal séparant les deux bassins, il s'agit bel et bien d'un chenal présentant une grande profondeur (> 10 m) et un écoulement laminaire. Cet aspect a d'ailleurs fait l'objet d'une validation au terrain.

Pour ce qui est des rapides situés au pied de la deuxième chute, ceux-ci ont été considérés comme faisant partie intégrante de la deuxième chute dans le rapport d'étude d'impact puisqu'ils présentent un dénivelé relativement important. En effet, d'après les relevés effectués à l'aide d'une station totale à la fin du mois de juin 2003, le dénivelé de ces rapides est de 3,5 m sur une

distance de 136 m (photo RQC-11.2). La section plus abrupte de la deuxième chute présente pour sa part un dénivelé de 4,9 m sur une distance de 25 m (photo RQC-11.1). Au total, la dénivellation de la deuxième chute, incluant la zone de rapides, atteint donc 8,4 m.

La deuxième chute sera partiellement noyée par le projet, ce qui inclut la zone de rapides en aval. Ces rapides présentent un écoulement très turbulent et se composent essentiellement d'eau blanche. Le substrat est vraisemblablement dominé par le roc et les gros blocs à cet endroit. Compte tenu des vitesses élevées dans ces rapides, il est peu probable que les poissons fréquentent ce secteur dans les conditions actuelles, sauf peut-être le long des rives. De plus, ces vitesses élevées limitent la capacité de production de ce secteur pour le benthos, puisque peu d'organismes benthiques sont susceptibles de s'y retrouver. Suite à l'enneigement partiel de la deuxième chute, l'écoulement va demeurer assez rapide dans ce secteur puisque les berges de la rivière sont très encaissées à cet endroit, mais il ne sera plus aussi turbulent que dans les conditions actuelles. Ce ralentissement des vitesses devrait favoriser la fréquentation de ce secteur par les poissons et l'implantation d'un plus grand nombre d'organismes benthiques. Ainsi, on peut anticiper un gain d'habitat pour les poissons dans l'actuelle zone de rapides située au pied de la deuxième chute.



Photo RQC-11.1 : Section la plus abrupte de la deuxième chute (vue vers l'amont)



Photo RQC-11.2 : Rapides au pied de la deuxième chute (vue vers l'aval)

2.4.3 Mortalité des poissons dans les turbines

QC-12 *À la page 50, l'initiateur n'a pas répondu à la question touchant la mortalité potentielle des poissons dévalant dans la centrale.*

- *L'initiateur devra préciser les mortalités théoriques attendues en fonction du type de turbines utilisées ainsi que des autres conditions en présence (hauteur de chute, vitesses, pression, morphologie des espèces présentes, etc.).*

RQC-12 Les turbines qui seront installées sont de type Kaplan. La hauteur de chute nette (compte tenu des pertes de charges) se chiffrera aux environs de 20 m et variera relativement peu autour de cette valeur.

- **Taux de mortalité théorique dans les turbines**

- **Taux de mortalité théorique dans les turbines**

Le taux de mortalité théorique des poissons passant dans les centrales est fonction de la taille des poissons, de la hauteur de chute, du type de turbine, du nombre de pales et de la distance entre les pales (Franke *et al.* 1997; Larinier et Travade, 1999).

Quelques modèles prédictifs existent pour estimer le taux de mortalité des poissons entraînés dans les turbines et ce, en fonction du type de turbine et des espèces de poissons. Ici, un modèle a été retenu, soit celui élaboré pour l'anguille adulte et les salmonidés juvéniles et adultes. Ce modèle n'est applicable qu'aux turbines Kaplan, telles que celles qui seront installées à la future centrale Magpie.

Larinier et Dartiguelongue (1989), cité dans Therrien et Bourgeois (2000), présentent une équation pour estimer la mortalité des salmonidés et des anguilles passant par les turbines, expliquant 94 % de la variance observé dans la mortalité :

$$\text{Mortalité (\%)} = (\text{SIN}[12,2 + 72,7 \cdot (TL^{1,125}/esp^{0,843}) \text{ degrés}])^2 \cdot 100$$

où *TL* est la longueur totale du poisson (m) et *esp* est l'espacement inter-pales (2,42 m). La figure RQC-12.1 illustre graphiquement les taux de mortalité obtenus par l'équation précédente. Ainsi, pour la petite anguille adulte, les taux de mortalité estimés varient entre 27% et 42 %, alors que pour les grandes anguilles, ils varient de 42% à 73 % (figure 1). Chez les salmonidés juvéniles et adultes, le taux de mortalité serait inférieur à 15 % si l'on se base sur la taille des ombles de fontaine capturées dans la rivière Magpie en juin 2003 (figure 1).

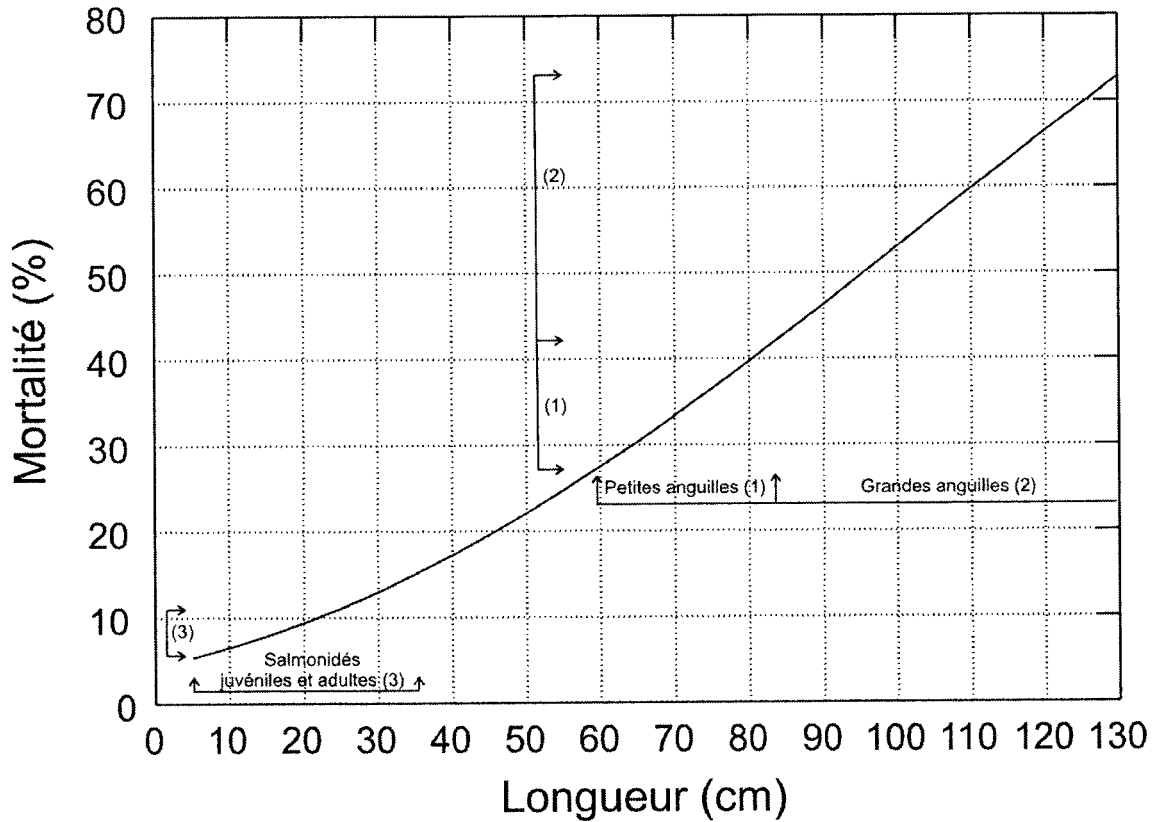


Figure RQC-12.1 – Estimation des taux de mortalité en fonction de la longueur chez les salmonidés juvéniles et adultes et les anguilles adultes

- **Mortalité observée dans les turbines Kaplan**

Les études menées dans les années 80 indiquaient que les taux de mortalité induits par les turbines de type Kaplan chez les juvéniles de salmonidés pouvaient varier entre 6 et 32 % (Bell, 1981). Cependant, au cours des dernières années, les nouvelles techniques de marquage ont permis d'isoler la mortalité directement causée par les turbines Kaplan, notamment à l'aide des « balloon tags » (Coutant et Whitney, 2000). Pour ce faire, les salmonidés juvéniles sont relâchés directement dans le canal d'amenée, récoltés dans le canal de fuite à la sortie des turbines et ensuite maintenus dans des bassins afin d'évaluer la mortalité causée par les turbines⁴. Les études ont noté des taux de mortalité de 5,2 % et 7 % (RMC et Skalski, 1995; Mathur *et al.*, 1996). Les taux de mortalité associés au passage dans les turbines sont donc faibles pour les juvéniles de salmonidés (ombles, truites et saumons).

Une évaluation de l'entraînement des poissons dans les turbines de la centrale hydroélectrique de la Chute-Bell (turbines Kaplan) a montré que c'était essentiellement les spécimens de petite taille qui étaient affectés (longueur médiane de 62 mm) et que 95 % des captures avaient moins de 167 mm (Therrien et Lemieux, 2000a). Les taux de mortalité variaient entre les saisons, passant de 5 % à 14 % entre le printemps (petits spécimens) et l'automne (plus gros spécimens). Ces taux de mortalité touchaient principalement l'éperlan arc-en-ciel (qui est un poisson de forme semblable aux salmonidés) et la lamproie de l'Est.

Selon les taux de mortalité théoriques et observés chez les salmonidés, il est donc raisonnable d'affirmer que le taux de mortalité des ombles de fontaine qui transiteraient éventuellement par les turbines projetées sera faible (moins de 15 %).

Une étude a également porté sur le taux de mortalité de l'anguille adulte lors de leur passage à travers les turbines Kaplan de la centrale hydroélectrique de St-Lambert (Therrien, 1999). Le taux de mortalité global était de 15,1 %, plus précisément de 9,5 % pour les petites anguilles mesurant entre 59,0 et 83,5 cm et de 20,7 % pour les grandes anguilles. Ces taux de mortalité sont plus faibles que les estimations théoriques indiqués à la figure RQC-12.1. Ces mortalités ont été observées pour des turbines Kaplan dont l'espacement inter-pales est de 3,22 m.

⁴ Les juvéniles passant à travers les turbines sont comparés à un groupe témoin qui a été marqué et relâché dans le canal de fuite, afin d'isoler réellement la mortalité causée par le passage dans les turbines.

- **Autres espèces de poissons résidentes du bief amont (meuniers et cyprins)**

Les espèces migratrices (saumons, truites anadromes et anguilles) ont un comportement de migration vers l'aval essentiel pour compléter leur cycle vital. Cependant, les espèces résidentes en rivière sont adaptées pour résister au courant et au débit rencontrés dans le milieu et demeurent dans leur habitat (Coutant et Whitney, 2000). Ainsi, les poissons les plus susceptibles d'être entraînés dans les turbines sont les migrateurs (Génivar, 2002).

Des études réalisées en France et au Québec, sur les rivières des Prairies et Mitis, ont démontré que les espèces résidentes des cours d'eau étaient nettement moins portées à dévaler et à transiter par les centrales (Couillard et Guay, 1989; Carry et al. 1996). Ceci s'explique par le fait que les déplacements de ces espèces pour la recherche de sites d'alimentation, d'élevage ou de reproduction se font sur de plus petites distances que les déplacements effectués par les espèces migratrices pour les mêmes besoins (Génivar, 2002). Seule une mince portion des populations de poissons résidentes serait entraînée dans les centrales.

Des suivis menés au complexe La Grande (Brouard et Doyon, 1991) et sur la rivière Rouge (Therrien et Lemieux, 2000b) ont observé que les espèces résidentes les plus vulnérables à l'entraînement vers les turbines étaient celles effectuant des déplacements reliés à la reproduction (e.g. grand corégone) ou dont les jeunes dévalent massivement vers l'aval (e.g. éperlan arc-en-ciel). En comparaison, des espèces telles le grand brochet, les meuniers et les cyprins, dont les longs déplacements sont rares, sont moins sujettes à l'entraînement dans les turbines.

Le tableau 2 présente les taux de mortalités observés pour différentes espèces. Pour les meuniers et les cyprins, seules des observations de mortalité dans les turbines Francis ont été notées. Les pourcentage de mortalité sont inférieurs à 25 %. Les turbines Francis sont reconnues pour causer plus de mortalité que les turbines Kaplan.

AMÉNAGEMENT MAGPIE
PROJET HYDROÉLECTRIQUE DU BARRAGE MAGPIE
Réponses aux questions complémentaires
du ministère de l'Environnement du Québec

2. Réponses aux questions complémentaires

Tableau RQC-12.1 – Tableau tiré de Therrien et Bourgeois (2000), indiquant les taux moyens de mortalité associés au passage dans les turbines Kaplan et Francis

SPECIES OR GROUP OF SPECIES	AVERAGE MORTALITY RATE (%)	
	<i>Kaplan Turbine</i>	<i>Francis Turbine</i>
<i>Resident</i> ¹		
Wild	6.3	5.8
Introduced ²	30.2	37.0
<i>Migratory species</i> ³		
Salmonids (salmon, trout)	7.6	18.2
Clupeids (shad, alewife)	- adult	3.6
	- juvenile	19.1
Centrarchids (crappie, bass)	8.5	11.7
Percids (walleye, darter, perch)	--	23.6
Esocids (northern pike)	--	22.3
Catostomids (suckers)	--	24.0
Cyprinids (shiner)	--	20.0
Ictalurids (bullhead)	11.3	--

(From Winchell *et al.*, 1992)

- 1 Unspecified species
- 2 Hatchery fish injected in the turbine for the test
- 3 Includes true migratory fish and species doing only migration within a watershed

QC-13 *L'initiateur mentionne que d'autres systèmes d'évitement de la prise d'eau seront mis en place si la barrière lumineuse visant à éloigner les anguilles dévalantes s'avérait inefficace.*

- *Un plan d'une grille inclinée apparaît à l'annexe RQC 52. L'initiateur indiquera quelles seront les caractéristiques de cette grille (espacements des barreaux, vitesses de courant, période d'installation, etc.) et s'il sera possible d'intégrer cet élément au projet hydroélectrique après la construction.*

RQC-13 L'espacement prévu entre les barreaux est de 15 mm. La vitesse maximale d'écoulement au droit de la grille s'élève à 0,24 m/s et correspond à la situation où un débit de 210 m³/s est turbiné et que le niveau du bief amont est maintenu à l'élévation 22,0 m. Compte tenu de l'inclinaison de la grille, la vitesse normale à la grille est réduite à 0,15 m/s. La période au cours de laquelle ou desquelles les grilles seront mises en place dépendront des résultats de suivis. Elles seraient notamment en place durant la période de dévalaison de l'anguille si les résultats des suivis indiquaient l'inadéquation de la barrière lumineuse.

En ce qui a trait à la possibilité d'intégrer la grille inclinée à l'aménagement après la construction, cet aspect a été analysé et validé avant de considérer cette option. À titre informatif, l'initiateur a retenu d'intégrer l'échancrure montrée sur le dessin de l'annexe RQC-52 de RSW (2004) dans l'aménagement initial en l'obstruant à l'aide de poutrelles. Il serait possible de construire cette échancrure après la construction; cependant, il s'avère possible de l'intégrer initialement plutôt qu'ultérieurement dans l'éventualité où ce système serait installé.

RÉFÉRENCES

- BELL, M.C. 1981. *Updated compendium on the success of passage of small fish through turbines*. U.S. Army Corps of Engineers, Portland, Oregon.
- BELL, M.C. 1991. *Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria*. Fish Passage Development and Evaluation Program. U.S. Army Corps of Engineers, North Pacific Division, Portland, Oregon.
- BROUARD, D. et J.-F. DOYON. 1991. *Recherches exploratoires sur le mercure au complexe La Grande (1990)*. Rapport du Groupe Environnement Schooner inc. à la Vice-présidence Environnement, Hydro-Québec. 33 p. et annexes.
- CARON, F., P.M. FONTAINE et S.É. PICARD. 1999. *Seuil de conservation et cible de gestion pour les rivières à saumon (Salmo salar) du Québec*. Faune et Parcs Québec, Direction de la faune et des habitats. 48 p.
- CARRY, L., CHANSEAU, M., CROZE, O., GALIAY, E. et M. LARINIER. 1996. *Expérimentation d'un dispositif de dévalaison pour les juvéniles de saumon atlantique*. Usine hydroélectrique de Camon (Garonne-31) GHAAPE, RA96.07, 31 p. et annexes.
- COUILLARD, M. et G. GUAY. 1989. *Rivière-des-Prairies. Suivi de l'aloise savoureuse 1988*. Rapport préparé pour le service Recherches en environnement et santé publique, vice-présidence Environnement, Hydro-Québec par Environnement Illimité inc. 80 p. et annexes.
- COUTANT, C.C. et R.R. WHITNEY. 2000. *Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: A review*. Transactions of the American Fisheries Society. 129: 351-380.
- FRANKE, G.F., WEBB, D.R., FISHER, R.K. Jr., MATHUR, D., HOPPING, P.N., MARCH, P.A. HEADRICK, M.R., LACZO, I.T., VENTIKOS, Y. et F. SOTIROPOULOS. 1997. *Development of Environmentally advanced hydropower turbine system design concepts*. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory. 161 p. + annexes.

AMÉNAGEMENT MAGPIE
PROJET HYDROÉLECTRIQUE DU BARRAGE MAGPIE
Réponses aux questions complémentaires
du ministère de l'Environnement du Québec

Références

GENIVAR. 2002. Projet d'aménagement hydroélectrique d'Angliers : Étude d'impact sur l'environnement. Rapport présenté à la Régionale par le Groupe conseil GENIVAR inc. 119 p. et annexes.

LAVOIE, J.-G. 1983. Les aspects environnementaux reliés au franchissement des barrages par l'ichtyofaune. MENVIQ, dir. gén. de l'information et de la restauration du milieu aquatique. 220 p. et annexes.

LARINIER, M. et F. TRAVADE. 1999. "The development and evaluation of downstream bypasses for juvenile salmonids at small hydroelectric plants in France", Innovations in fish passage technology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. p 25-42.

LÉVESQUE, F. et A. BOUDREAU. 1996. Sommaire des études et du suivi environnemental réalisés de 1987 à 1995 sur la rivière Moisie. Rapport présenté à Hydro-Québec par le Groupe-Conseil Génivar inc. 68 p.

MATHUR, D., HEISEY, P.G., EUSTON, E.T., SKALSKI, J.R. et S. HAYS. 1996. Turbine passage survival estimation for Chinook salmon smolts (*Oncorhynchus tshawytscha*) at a large dam on the Columbia River. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 53: 542-549.

PICARD, S.-É. 1998. Élaboration d'un indice de qualité d'habitat (IQH) caractérisant les aires de croissance des juvéniles de saumon Atlantique (*Salmo salar*) pour les rivières du Québec. Rapport présenté à l'Université du Québec à Rimouski comme exigence partielle du programme de Maîtrise en gestion de la faune et de ses habitats. 81 p. et annexes.

RMC (RMC Environmental Services) and J.R. SKALSKI. 1994. Survival of yearling fall Chinook salmon smolts (*Oncorhynchus tshawytscha*) in passage through a fixed-blade Kaplan turbine at Rocky Reach Dam, Washington. Public Utility District No. 1 of Chelan County, Wenatchee, Washington.

RSW INC., Aménagement Magpie, Projet hydroélectrique du barrage Magpie, Réponses aux questions et commentaires du ministère de l'Environnement du Québec. 96 pages et 15 annexes. Janvier 2004.

SCRUTON, D.A., et L.J. LeDREW. 1996. A Retrospective Assessment of a Regulated Flow Regimen for a Newfoundland (Canada) River. Écohydraulique 2000, juin 1996, Québec, p. 533 à 546.

AMÉNAGEMENT MAGPIE
PROJET HYDROÉLECTRIQUE DU BARRAGE MAGPIE
Réponses aux questions complémentaires
du ministère de l'Environnement du Québec

Références

STANLEY, J.G. et J.G. TRIAL. 1995. Habitat Suitability Index Models : Nonmigratory Freshwater Life Stages of Atlantic Salmon. U.S. Department of the Interior, National Biological Service. Biological Science Report no 3. 18 p.

TERRIEN, J. 1999. Évaluation du taux de survie d'anguilles adultes passant par la centrale hydroélectrique de Saint-Lambert en 1998. Rapport réalisé par Groupe conseil GENIVAR inc. pour Hydraska (St-Lambert) Inc. 24 p. et annexes.

TERRIEN, J. et G. BOURGEOIS. 2000. Fish passage at small hydro sites. Report by Genivar Consulting Group for CANMET Energy Technology Centre, Ottawa. 114 p.

TERRIEN, J. et C. LEMIEUX. 2000a. Suivi de l'entraînement des poissons à la centrale hydroélectrique de la Chute-Bell en 2000. Rapport présenté à Hydro-Québec, Direction Production Beauharnois et Gatineau, par le Groupe conseil GENIVAR inc. 43 p. et annexes.

TERRIEN, J. et C. LEMIEUX. 2000b. Évaluation de la mortalité des poissons passant par la centrale hydroélectrique de la Chute-Bell (2000). Rapport présenté à Hydro-Québec, Direction Expertise et Support technique de production, par le Groupe conseil GENIVAR inc. 58 p. et annexes.

THORSTAD, E.B., OKLAND, F., KROGLUND, F. et N. JEPSEN. 2003. Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. Fisheries Management and Ecology, 10 : 139-146.