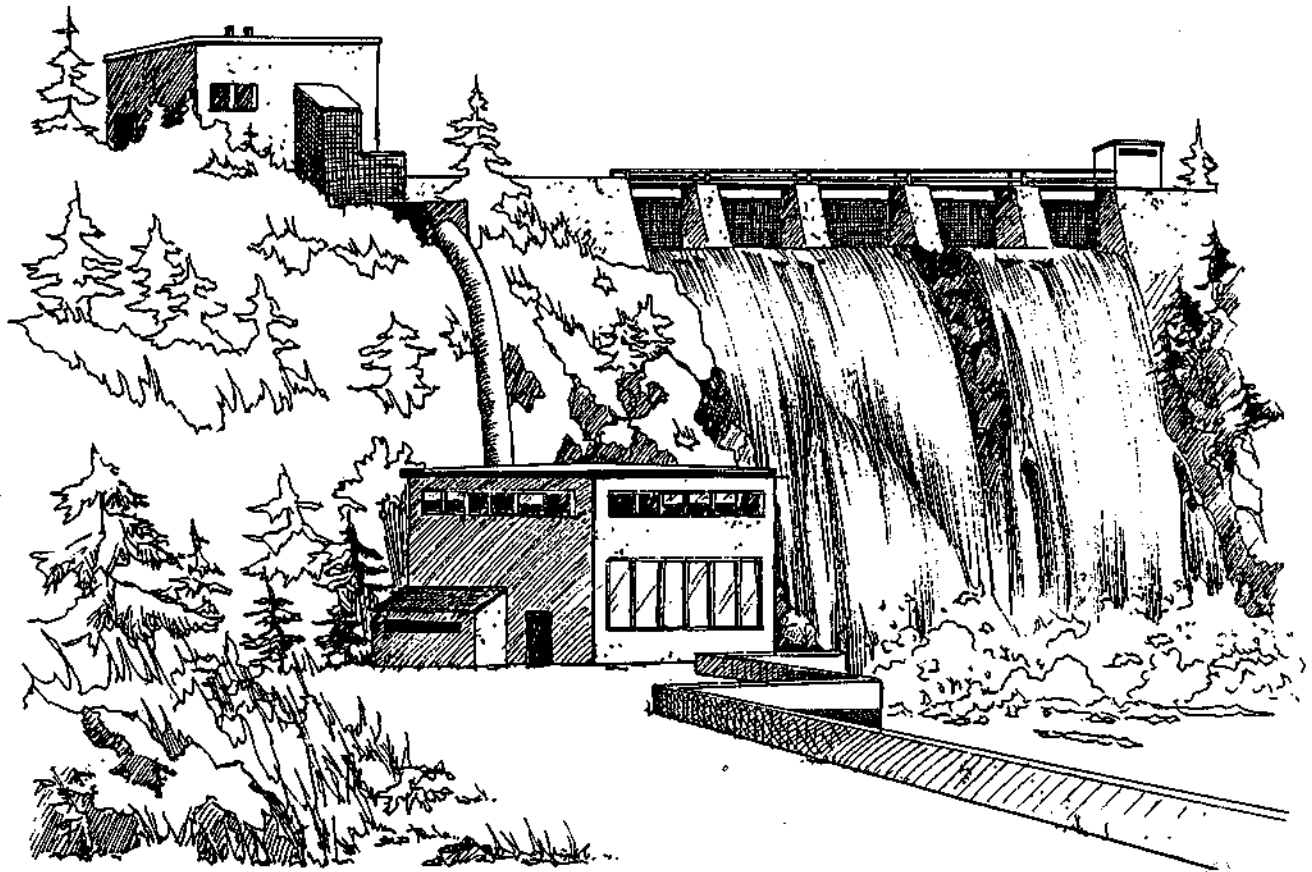


CADRE D'ANALYSE DES PROJETS DE PETITES CENTRALES HYDROÉLECTRIQUES

.....



.....

Ministère de l'Environnement et de la Faune

Document de régie interne

Juillet 1994

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Groupe de travail sur les petites centrales hydroélectriques:

Pierre Bérubé¹	<i>Coordonnateur de projet Direction de la faune et des habitats</i>
Patrice Beaudelin²	<i>Chargé de projet</i>
Jacques Perron¹	<i>Direction régionale 02</i>
Stan Georges¹	<i>Direction régionale 03</i>
Pierre Demers¹	<i>Direction régionale 05</i>
Michel Jean³	<i>Direction de la faune et des habitats</i>

¹ Biologistes.

² Ingénieur des sciences et techniques de l'eau mis à la disposition du gouvernement québécois (ministère de l'Environnement et de la Faune) par le gouvernement français (ministère de l'Environnement), de septembre 1992 à août 1993.

³ Technicien de la faune.

AVANT-PROPOS

En 1988, le gouvernement du Québec a annoncé qu'il entendait favoriser la production privée d'hydroélectricité et, depuis 1991, l'achat de l'électricité produite est garanti par Hydro-Québec. Dans ce contexte, le ministère des Ressources naturelles (M.R.N.) a inventorié une centaine de sites sur le domaine public représentant une puissance potentielle de 300 MW. Par ailleurs, depuis 1991, une trentaine de projets sur sites privés ont été déposés au ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF – secteur Environnement).

Dans cette conjoncture, le secteur Faune du MEF, récemment doté d'un pouvoir d'autorisation pour tout projet d'aménagement sur les cours d'eau du domaine public en vertu du règlement sur les habitats fauniques, est déjà et sera de plus en plus impliqué dans l'instruction de ces nouveaux projets.

Afin de faciliter et d'harmoniser la mise en oeuvre des projets dans l'ensemble des régions, la Direction de la faune et des habitats (DFH) et la Direction générale des opérations – Faune (DGO – Faune) ont mis en place en février 1993 un groupe de travail chargé de réaliser un cadre d'analyse et de faire toutes recommandations utiles à une meilleure prise en compte des diverses missions du MEF (secteur Faune).

Le présent document constitue un cadre d'analyse des projets de petites centrales hydroélectriques. Il s'attache à examiner les impacts hydrauliques et hydrobiologiques des petits aménagements hydroélectriques sur la faune aquatique et terrestre (populations et habitats), sur les sites patrimoniaux et sur les paysages, tout en souhaitant apporter un éclairage particulier sur la compétence «loisir» du MEF.

Le guide est divisé en quatre sections, lesquelles portent sur:

- l'implication du MEF (secteur Faune) dans la procédure d'analyse des projets d'aménagements hydroélectriques;
- les principales composantes d'un aménagement hydroélectrique;
- les modalités d'analyse des projets d'aménagements hydroélectriques;
- les principales méthodes utilisées pour la définition des débits réservés.

SECTION I

SECTION I

**IMPLICATION DU MEF (SECTEUR FAUNE) DANS
LA PROCÉDURE D'ANALYSE DES PROJETS
D'AMÉNAGEMENTS HYDROÉLECTRIQUES**

TABLE DES MATIÈRES

	Page
TABLE DES MATIÈRES	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
INTRODUCTION	iv
1. PROJET D'ÉQUIPEMENT HYDROÉLECTRIQUE SITUÉ SUR DES TERRES DU DOMAINE PUBLIC	1
1.1 Projet dont la puissance est supérieure à 10 MW	1
1.2 Projet dont la puissance est de 10 MW ou moins	2
2. PROJET D'ÉQUIPEMENT HYDROÉLECTRIQUE SITUÉ SUR DES TERRES DU DOMAINE PRIVÉ	2
2.1 Projet dont la puissance est supérieure à 10 MW	2
2.2 Projet dont la puissance est de 10 MW ou moins	2

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1. Procédure interne d'autorisations des projets	4

INTRODUCTION

La nouvelle politique du Québec en faveur du développement de la production privée d'hydroélectricité a suscité au cours des dernières années un regain d'intérêt pour les anciens sites exploités, qui sont aujourd'hui modernisés et remis en fonction. Parallèlement, les promoteurs s'intéressent également à des sites dont les potentialités hydrauliques n'avaient pas encore été développées.

En raison de son rôle de gestionnaire de la faune et de ses habitats, le secteur Faune du MEF se doit de tenir une place privilégiée dans l'analyse des demandes d'autorisation des aménagements hydroélectriques.

L'objet de la présente section est de préciser, pour chacune des procédures administratives actuellement en vigueur, les niveaux d'interventions du secteur Faune.

Deux critères permettent de distinguer les différentes procédures. Il s'agit:

- de la tenure du site (privée, publique);
- et de la puissance de l'équipement envisagé.

1. PROJET D'ÉQUIPEMENT HYDROÉLECTRIQUE SITUÉ SUR DES TERRES DU DOMAINE PUBLIC

En janvier de chaque année, le ministère des Ressources naturelles (MRN) transmet à différents organismes et ministères, dont le secteur Faune du MEF, une liste récapitulative des sites qui pourront être rendus disponibles dans le courant de l'année.

Avant le 1^{er} mars, chacun des ministères ou organisme consulté, doit faire parvenir au MRN ses réserves, commentaires ou conditions quant à la mise en disponibilité des sites. Il s'agit d'une étape importante au cours de laquelle un aménagement, ayant fait l'objet d'une objection motivée de la part du secteur Faune à cause des dommages qu'il pourrait causer à la faune et à ses habitats, peut être écarté de la liste des sites disponibles.

Une fois rendue publique, la liste des sites disponibles (maximum 15 par année) permet aux promoteurs intéressés de soumissionner sur un ou plusieurs d'entre eux et ce, à partir du début de juin. L'évaluation des soumissions a lieu chaque année entre la mi-septembre et la fin octobre. Pour chacun des sites proposés, seul le soumissionnaire retenu sera habilité à déposer un avis de projet.

Deux cas peuvent se présenter:

1.1 Projet dont la puissance est supérieure à 10 MW

Ce projet relèvera de la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (art. 31.1, Loi sur la qualité de l'environnement (L.Q.E.). C'est la Direction des évaluations environnementales des projets en milieux hydriques (DEEPMH) du MEF qui est responsable de l'analyse de la demande. Dans le cadre de cette procédure, le secteur Faune du MEF agit à titre d'aviseur auprès du secteur Environnement et c'est par le biais d'un «Avis faunique» qu'il fera connaître ses préoccupations.

Le secteur Environnement est responsable de l'élaboration de la recommandation qui sera envoyée au Conseil des Ministres pour son acceptation par décret. Par la suite, le certificat d'autorisation sera émis. Le secteur Environnement n'est pas lié par l'Avis faunique pour élaborer la recommandation.

1.2 Projet dont la puissance est de 10 MW ou moins

Les directions régionales du MEF (secteurs Environnement et Faune) analysent en parallèle la demande: le premier en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement et le second en vertu du Chapitre IV.1 de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune.

Pour être accepté, le projet nécessitera l'émission de certificats d'autorisation du Ministre de l'Environnement et de la Faune. Cependant, le secteur Faune a plein pouvoir d'exiger du promoteur toute action visant à protéger l'habitat du poisson et à assurer en permanence la libre circulation de ce dernier.

2. PROJET D'ÉQUIPEMENT HYDROÉLECTRIQUE SITUÉ SUR DES TERRES DU DOMAINE PRIVÉ

Le projet élaboré par le promoteur est directement déposé au secteur Environnement, responsable de l'étude de la demande d'autorisation. Deux cas peuvent se présenter.

2.1 Projet dont la puissance est supérieure à 10 MW

Ce projet relève de la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (art. 31.1, L.Q.E.). C'est la Direction des évaluations environnementales des projets en milieux hydriques (DEEPMH) du MEF qui est chargée de l'analyse et qui consulte le secteur Faune.

2.2 Projet dont la puissance est de 10 MW ou moins

Ce projet nécessite l'obtention d'un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la L.Q.E. Ce sont les directions régionales (secteur Environnement) qui sont chargées de l'instruction de la demande et qui consultent le secteur Faune.

Pour tout projet hydroélectrique situé sur des terrains privés, le secteur Faune agit seulement à titre d'aviseur auprès du secteur Environnement. Ce dernier n'est aucunement lié par les avis à caractère faunique. Il importe toutefois de souligner que l'avis faunique est souvent élaboré en tenant compte des provisions décrites dans la Loi fédérale des Pêches:

- débit minimum;
- protection des poissons en dévalaison;
- passe migratoire.

Il est à noter qu'un projet réglementaire visant la protection des habitats fauniques sur terrains privés est actuellement en élaboration au secteur Faune. Le tableau 1 illustre la procédure interne d'autorisations en vigueur au MEF pour les projets d'aménagements régionaux.

SECTION II

SECTION II

PRINCIPALES COMPOSANTES D'UN AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE

TABLE DES MATIÈRES

	Page
TABLE DES MATIÈRES	ii
LISTE DES FIGURES	iv
INTRODUCTION	v
1. LES GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES DES CENTRALES	
HYDROÉLECTRIQUES	1
1.1 Le débit d'équipement (ou débit aménagé)	1
1.2 La hauteur de chute	1
1.3 La puissance de l'aménagement	2
1.4 L'énergie électrique produite	2
2. PRINCIPALES COMPOSANTES D'UN AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE	3
2.1 Les ouvrages de prise d'eau	3
2.1.1 Les barrages-poids	5
2.1.1.1 Barrages rigides en béton	6
2.1.1.2 Barrages simples en terre ou en enrochement	7
2.1.1.2.1 Barrages en terre	8
2.1.1.2.2 Barrages en enrochements	9
2.1.2 Les barrages-voûtes	10
2.1.3 Barrages à contreforts	11
2.1.3.1 Barrages à voûtes multiples	11
2.1.3.2 Barrages-poids évidés	12
2.1.4 Autres barrages	13
2.1.4.1 Barrages mobiles (avec vannes)	13
2.1.4.2 Barrages à encoffrement en bois	14
2.1.4.3 Rideau de palplanches	14
2.1.5 Les ouvrages annexes des prises d'eau	15
2.1.5.1 Les évacuateurs de crues	15
2.1.5.2 Les ouvrages de vidange	17
2.1.5.3 Les passes à poissons	18
2.2 Les ouvrages d'amenée et de mise en charge	19
2.2.1 Canal d'amenée à écoulement libre	19
2.2.2 Conduite en charge	20
2.2.3 Conduite forcée	21
2.3 Les équipements de production	21
2.3.1 Les turbines	22
2.3.1.1 Les turbines à impulsion	23
2.3.1.1.1 La turbine Pelton (haute chute)	23
2.3.1.1.2 La turbine Turgo (haute chute)	24
2.3.1.1.3 La turbine Banki-Mitchell (moyenne chute)	24
2.3.1.2 Les turbines à réaction	25
2.3.1.2.1 La turbine Francis (moyenne chute)	27

2.3.1.2.2	La turbine hélice (basse chute)	27
2.3.1.2.3	La turbine Kaplan (basse chute)	28
2.3.1.2.4	Les groupes bulbes (basse chute)	29
2.3.1.3	Classement des turbines	30
2.3.2	Les équipements de production électrique et de régulation	31
2.3.2.1	Les générateurs de courant	31
2.3.2.2	Les systèmes de régulation	32
2.3.2.2.1	Régulation du débit d'eau absorbé (régulation hydraulique)	33
2.3.2.2.2	Régulation de la charge (régulation par absorption d'énergie)	33
2.4	Les ouvrages de restitution	33
3.	NOTIONS SOMMAIRES D'HYDROLOGIE	34
3.1	Définition des débits	34
3.2	Les courbes de débit	36

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Circuit hydraulique et hauteur de chute	2
Figure 2. Deux exemples d'aménagements hydroélectriques: la centrale en dérivation et la centrale de pied de barrage	4
Figure 3. Forces appliquées à un barrage-poids	6
Figure 4. Les barrages poids en béton	7
Figure 5. Écoulement à travers une digue en terre	7
Figure 6. Barrage en terre homogène	8
Figure 7. Barrage en terre à noyau	9
Figure 8. Barrage en enrochements à noyau central	10
Figure 9. Forces appliquées à un barrage-voûte	11
Figure 10. Barrage à voûtes multiples	12
Figure 11. Barrage mobile	13
Figure 12. Barrage à encoffrements	14
Figure 13. Barrage de palplanches	14
Figure 14. Évacuateur de crues à surface libre	16
Figure 15. Déversoir de digue	17
Figure 16. Les ouvrages d'amenée d'une centrale hydroélectrique (A: à écoulement libre; B: à écoulement en charge)	20
Figure 17. Schéma type d'une centrale	21
Figure 18. Schéma et coupe d'une turbine Pelton	23
Figure 19. Schéma et coupe d'une turbine Turgo	24
Figure 20. Schéma et coupe d'une turbine Banki-Mitchell	24
Figure 21. Schéma d'une turbine à réaction alimentée par une bâche spirale	26
Figure 22. Schéma et coupe d'une turbine Francis	27
Figure 23. Turbine Hélice dans une usine de faible chute	28
Figure 24. Schémas et coupes d'une turbine Kaplan	29
Figure 25. Abaque des plages de fonctionnement des principales turbines	31
Figure 26. Schéma type des équipements de production électrique en réseau connecté ou isolé	32
Figure 27. Feuille de relevé hydrologique de la rivière Batiscan (annuaire 1989-1990) ...	36
Figure 28. Exemple d'analyse du cycle hydrologique	37

INTRODUCTION

Une centrale hydroélectrique transforme en énergie électrique l'énergie produite par la chute d'un volume d'eau. Il est habituel de caractériser une centrale par sa puissance exprimée en kilowatts.

Le présent document s'attache plus particulièrement aux ouvrages référencés dans la rubrique petites centrales hydroélectriques. Toutefois il n'existe pas de classification bien établie des petites centrales. Ainsi, l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Électrique distingue trois catégories d'équipement:

- la micro-centrale (puissance installée < 500 kw)
- la mini-centrale (puissance installée < 2000 kw)
- la petite centrale (puissance installée < 8000 kw)

En revanche, au Québec, il semble que le terme de petite centrale puisse s'appliquer à des installations dont la puissance est supérieure à 8000 kw. Toutefois, quelle que soit la gamme de puissance dans laquelle on se situe, le principe de fonctionnement et les équipements sont de même nature.

Les notions qui sont développées par la suite s'appliquent aux petites centrales mais pourraient être utilisées dans l'étude de projets de plus grande envergure. La présente section rappelle successivement les grandeurs caractéristiques des centrales, les principales composantes de l'aménagement ainsi que quelques notions sommaires d'hydrologie. Le lecteur est avisé que lorsque le terme «petite centrale» est utilisé, il l'est dans un sens générique.

1. LES GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES DES CENTRALES HYDROÉLECTRIQUES

Quatre grandeurs caractéristiques permettent d'évaluer l'importance d'un aménagement hydroélectrique:

- le débit d'équipement
- la hauteur de chute
- la puissance de l'aménagement
- l'énergie électrique produite

1.1 Le débit d'équipement (ou débit aménagé)

Le débit d'équipement (Q_e) est le débit maximum susceptible d'être turbiné par la centrale, c'est-à-dire le débit maximum absorbé par toutes les turbines lorsque celles-ci fonctionnent ensemble à pleine puissance. Il est exprimé en m^3/s .

1.2 La hauteur de chute

On distingue:

- la hauteur de chute brute (H_b), c'est-à-dire la différence d'altitude exprimée en mètre entre la cote de la prise d'eau et celle du rejet de l'usine;
- la hauteur de chute nette (H_n) qui tient compte des pertes de charge hydrauliques dans les ouvrages d'aménée et d'évacuation.

Ces notions sont explicitées à la figure 1.

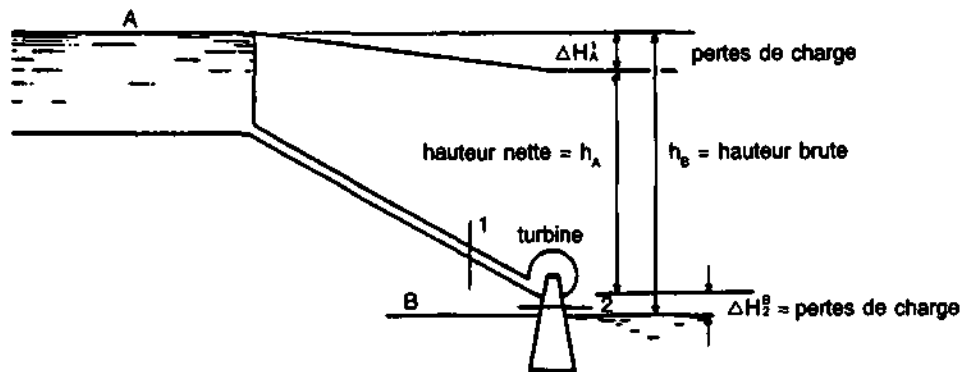


Figure 1. Circuit hydraulique et hauteur de chute.

1.3 La puissance de l'aménagement

La puissance est une fonction combinée du débit d'équipement et de la hauteur de chute. Elle est exprimée en kilowatts (kw). On distingue habituellement:

- la puissance maximale brute qui exprime la puissance potentielle de l'aménagement

$$PMB = 9,81 \times Q_e \times H_b$$
- la puissance installée qui représente la puissance effective de l'aménagement

$$P_{inst} = 9,81 \times Q_e \times H_n \times R$$

où R = rendement de l'ensemble «turbine-alternateur», lequel varie de 0,5 à 0,9

1.4 L'énergie électrique produite

Cette quatrième grandeur indique la capacité de production d'un aménagement hydroélectrique. Elle dépend de la puissance installée et du régime du cours d'eau. Elle est exprimée en kilowatt-heures (kwh)

$$W = P_{inst} \times t \times f$$

où t = durée de fonctionnement de l'aménagement en heures.

f = coefficient lié aux variations saisonnières de débit pour des installations au fil de l'eau.

2. PRINCIPALES COMPOSANTES D'UN AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE

Une petite centrale hydroélectrique est composée de quatre éléments principaux:

- les ouvrages de prise d'eau (digues, barrages);
- les ouvrages d'amenée et de mise en charge (canal d'amenée, conduite forcée);
- les équipements de production (turbines, générateurs, système de régulation);
- les ouvrages de restitution.

Selon la longueur des ouvrages d'amenée on pourra distinguer:

- la centrale en dérivation où une partie du débit du cours d'eau est dérivée sur quelques dizaines de mètres jusqu'à plusieurs kilomètres puis turbinée sous une hauteur de chute supérieure à la hauteur du barrage;
- la centrale de pied du barrage qui utilise uniquement la dénivelée créée par le barrage.

Le schéma ci-contre présente ces deux types d'aménagement (Figure 2).

2.1 Les ouvrages de prise d'eau

Dans la grande majorité des cas, une prise d'eau en rivière se présente sous la forme d'un barrage ou d'une digue dont le but est de créer une dénivelée ou une réserve d'eau qui pourra être utilisée pendant les périodes de forte demande en électricité (heures de pointe, saison froide).

Selon la nature des matériaux utilisés et leurs conditions d'emploi, on distingue différents types de barrages:

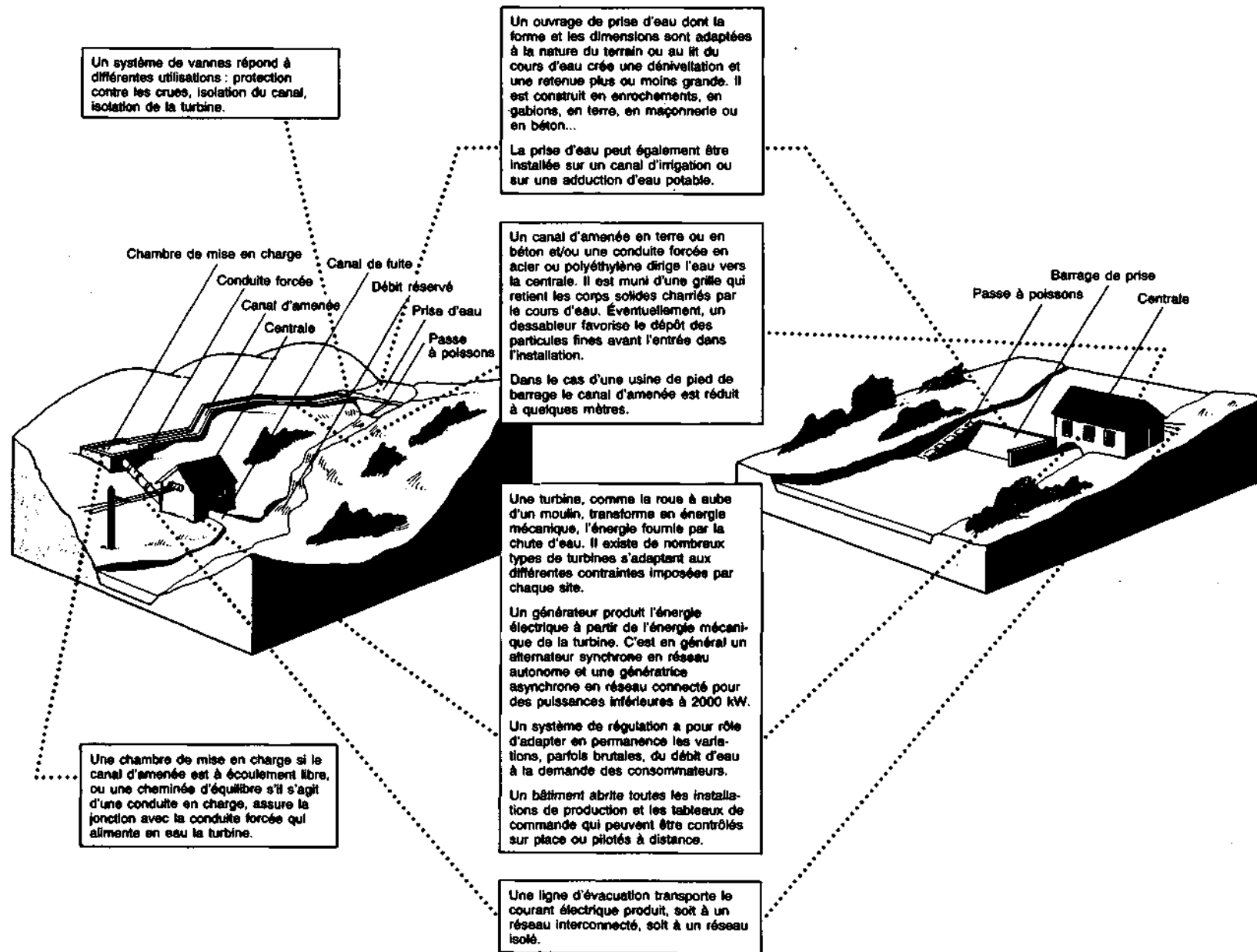
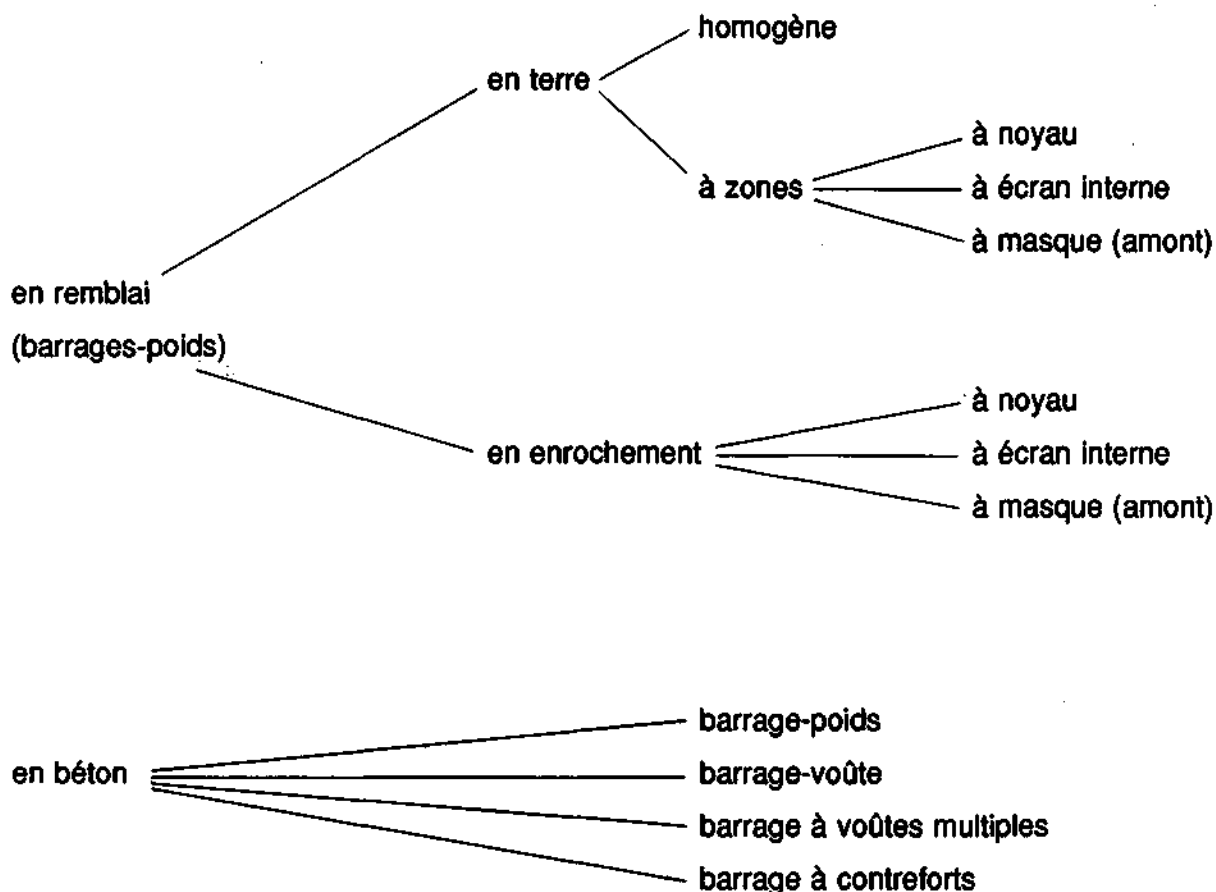


Figure 2. Deux exemples d'aménagements hydroélectriques: la centrale en dérivation et la centrale de pied de barrage.



2.1.1 Les barrages-poids

Le barrage-poids est un ouvrage de retenue qui résiste à la poussée de l'eau par son propre poids. Ce type de barrage est soumis à trois types de forces dirigées vers l'aval: le renversement, le glissement et l'érosion. La glace qui se forme à la surface du plan d'eau en hiver exerce elle aussi une poussée horizontale au voisinage du couronnement.

La forme la plus économique du profil en travers est celle d'un triangle rectangle dont le sommet de l'angle droit est au pied du parement amont et le sommet le plus élevé est à la cote de la retenue extrême (Figure 3).

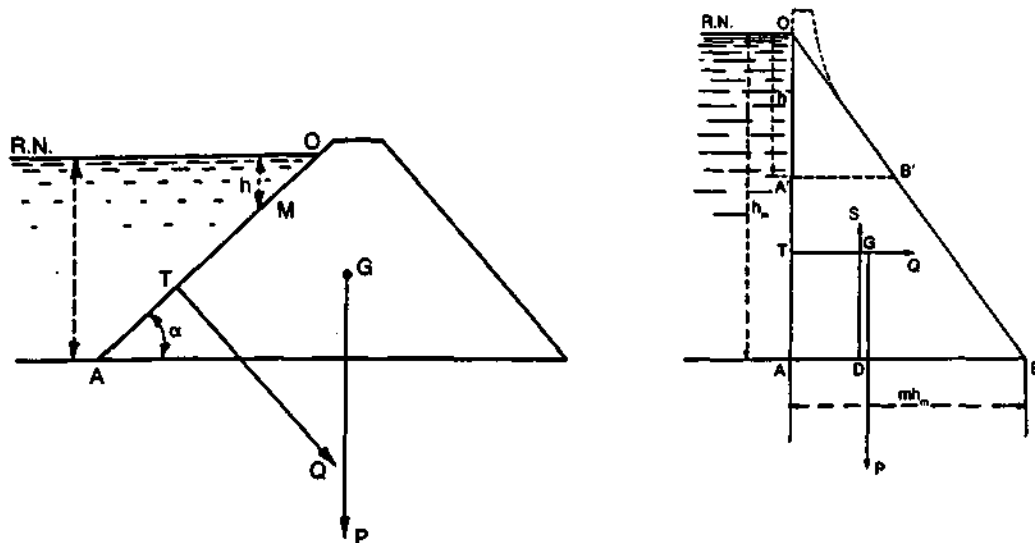


Figure 3. Forces appliquées à un barrage-poids.

2.1.1.1 Barrages rigides en béton

Ce type de barrage est illustré à la figure 4 et présente les caractéristiques suivantes:

- leur stabilité est faiblement liée à la résistance mécanique des rives;
- ils peuvent être employés quelle que soit la largeur de la vallée par rapport à la hauteur du barrage;
- ils doivent être construits seulement sur le roc;
- ils sont très sensibles à la surélévation du niveau de l'eau au-delà des limites de calcul du projet.

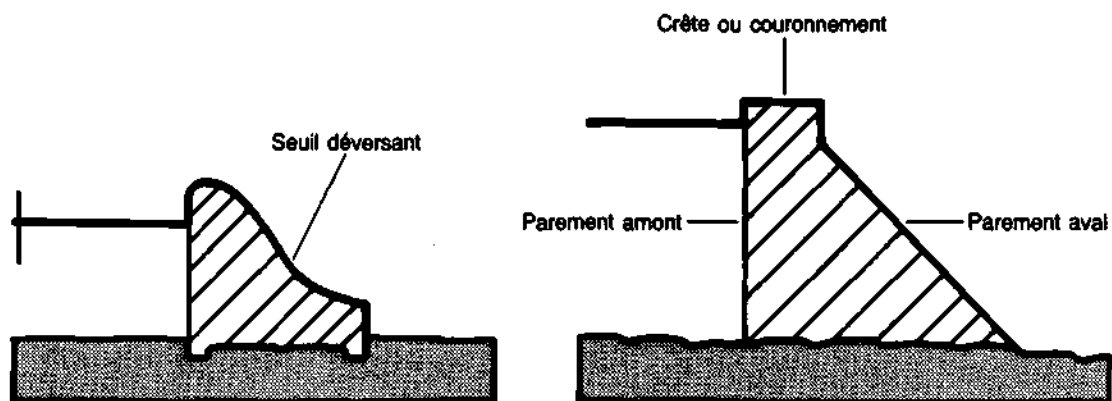


Figure 4. Les barrages-poids en béton.

2.1.1.2 Barrages simples en terre ou en enrochement

Ils sont constitués de matériaux meubles prélevés sur place; ils sont plus souples que les barrages-poids en béton mais toujours plus volumineux et plus lourds que ces derniers (poids de 4 à 10 fois supérieur). Des écoulements d'eau à l'intérieur du corps de l'ouvrage sont possibles sous réserve d'être contrôlés et maîtrisés (Figure 5).

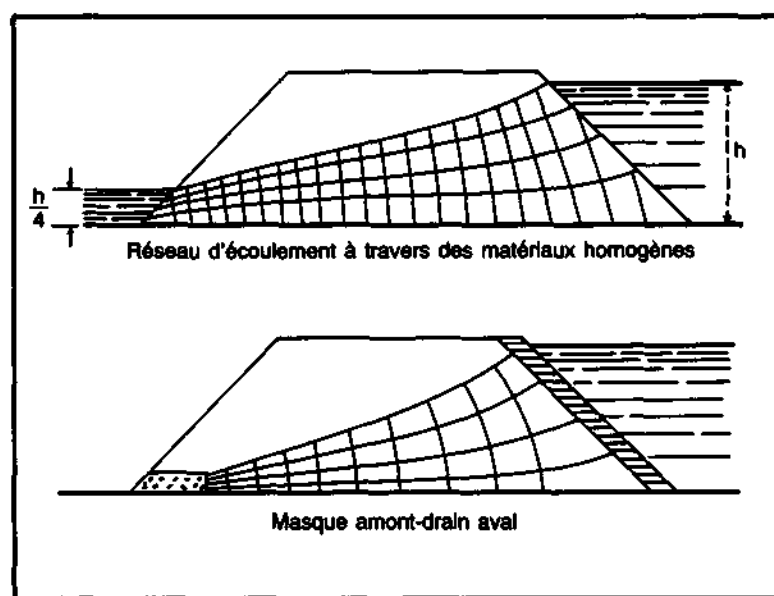


Figure 5. Écoulement à travers une digue en terre.

Les écoulements à travers un matériau meuble, homogène, suffisamment étanche, se répartissent suivant un ensemble de lignes de courant de surface parabolique. Il peut y avoir des suintements sur le talus aval au quart ou au tiers de la hauteur, d'où un risque de dégradation du pied aval qu'il convient de protéger par un système de drainage (tapis drainant, système de drain à l'intérieur du massif).

Dans le cas de digues en enrochements, ou en matériaux grossiers, un noyau étanche est disposé dans l'ouvrage ou un masque étanche peut être fixé sur le parement amont. La protection du pied aval est assurée dans tous les types de construction par un drainage efficace. Le noyau étanche peut être un noyau d'argile, mais un rideau de palplanche peut également être implanté au centre de la digue. Le masque amont peut être un corroi d'argile, des feuillets plastiques, du bitume, etc.

2.1.1.2.1 Barrages en terre

Ce type de barrage est illustré aux figures 6 et 7. Il présente les avantages et inconvénients suivants:

- ils peuvent être construits sur sols rocheux ou non rocheux;
- ils nécessitent une très grande quantité de matériaux;
- ils sont très vulnérables en cas de submersion par déversement et nécessitent en conséquence un bon dimensionnement de l'évacuateur de crue.

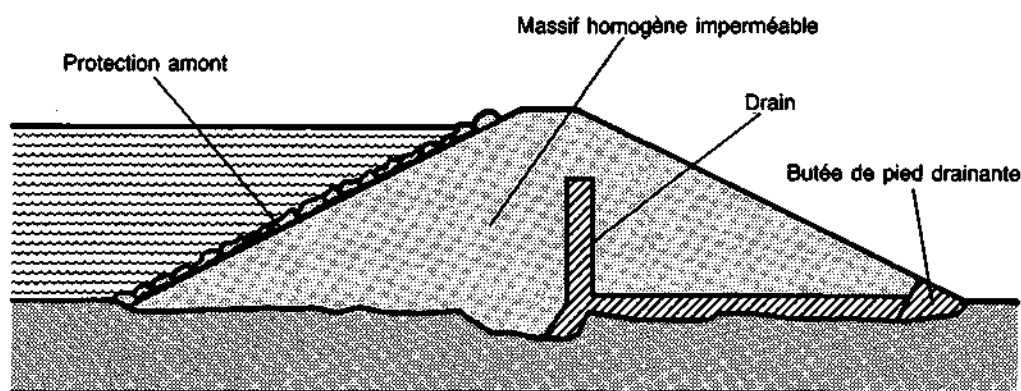
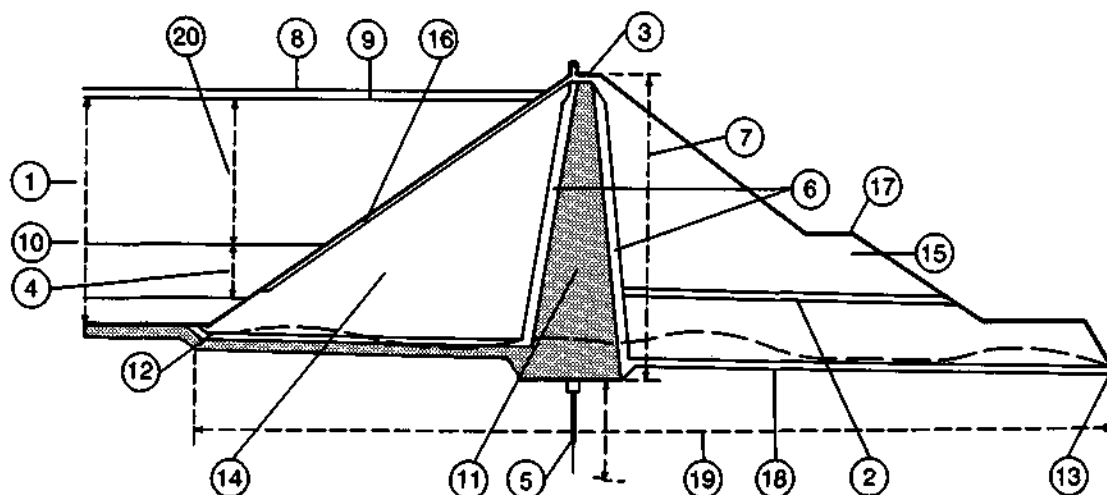


Figure 6. Barrage en terre homogène.



- | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. capacité totale de la retenue | 8. niveau maximal de la retenue | 15. recharge aval |
| 2. couche drainante | 9. niveau maximal d'exploitation | 16. riprap |
| 3. crête | 10. niveau minimal d'exploitation | 17. risberme |
| 4. culot vidangeable | 11. noyau | 18. tapis drainant |
| 5. écran d'injection | 12. pied amont | 19. terrain de fondation |
| 6. filtre | 13. pied aval | 20. volume utile |
| 7. hauteur maximale | 14. recharge amont | |

Figure 7. Barrage en terre à noyau

2.1.1.2.2 Barrages en enrochements

Les barrages en enrochements affichent les caractéristiques suivantes:

- ils peuvent être construits sur sols rocheux ou non rocheux;
- leur volume est 3 à 4 fois plus important que celui des matériaux employés;
- ils sont plus ou moins sensibles en cas de submersion.

La figure 8 montre un barrage en enrochements à noyau central.

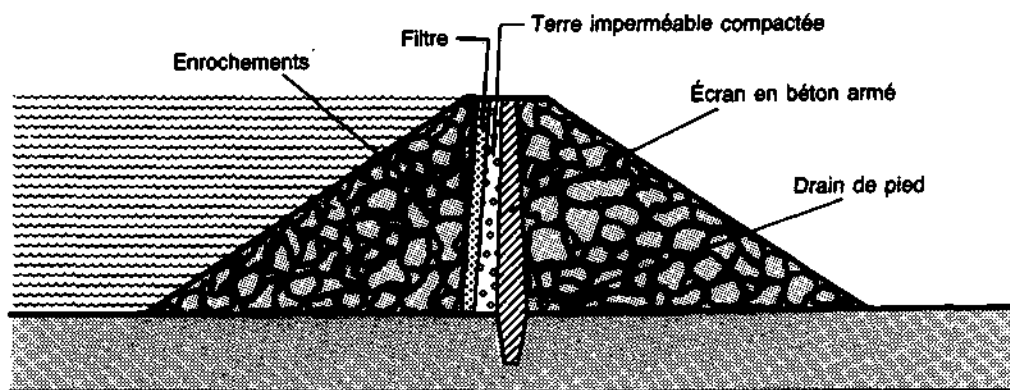


Figure 8. Barrage en enrochements à noyau central.

2.1.2 Les barrages-voûtes

Le barrage-voûte est un ouvrage en béton en forme d'arc qui résiste à la poussée de l'eau en prenant appui sur les rives; il se comporte comme un pont en arc. L'ouvrage est constitué par une voûte tournée vers l'amont dont l'épaisseur croît depuis le couronnement jusqu'à la base.

- il doit être construit sur le roc;
- il nécessite moins de béton que le barrage-poids;
- les coffrages sont complexes;
- ils sont adaptés aux vallées de faible largeur par rapport à la hauteur prévue du barrage (longueur de la crête < 5 à 6 fois la hauteur).

Les forces appliquées à un barrage-voûte sont montrées à la figure 9.

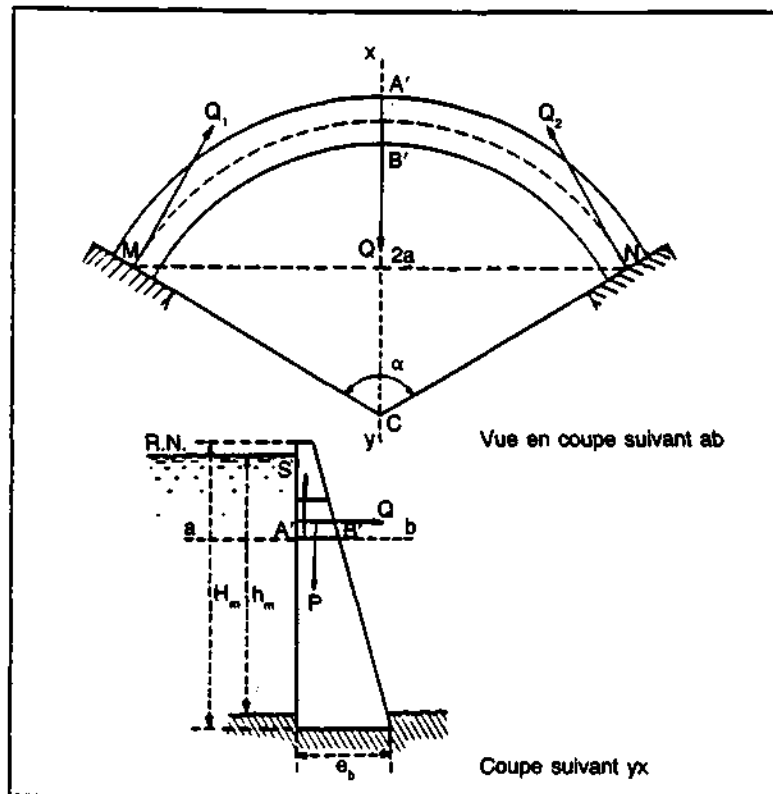


Figure 9. Forces appliquées à un barrage-voûte.

2.1.3 Barrages à contreforts

2.1.3.1 Barrages à voûtes multiples

Ce type de barrage est illustré à la figure 10. On note pour ces barrages les caractéristiques suivantes:

- ils doivent être construits sur le roc;
- ils nécessitent moins de béton que les barrages-poids massifs;
- ils permettent de bloquer des vallées très larges;
- ils présentent une résistance accrue aux séismes;
- la complexité de leur structure constitue leur principal inconvénient.

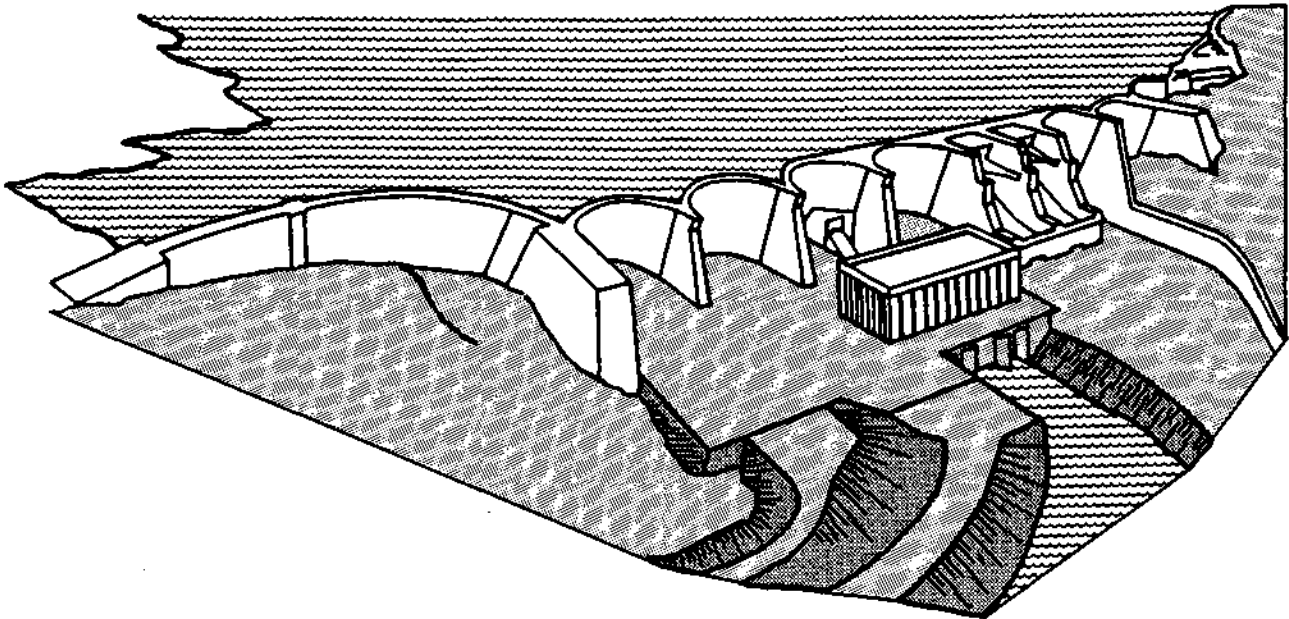


Figure 10. Barrage à voûtes multiples.

2.1.3.2 Barrages-poids évidés

Ce sont des ouvrages qui présentent un parement amont identique aux barrages-poids mais dont le parement aval a été évidé et renforcé par des contreforts. Leurs caractéristiques sont les suivantes:

- ils doivent être construits sur le roc;
- ils nécessitent moins de béton que les barrages-poids massifs;
- ils sont adaptés à de petites vallées;
- ils requièrent des coffrages complexes.

2.1.4 Autres barrages

2.1.4.1 Barrages mobiles (avec vannes)

Il s'agit d'aménagements adaptés aux basses chutes qui permettent par le jeu des vannes un contrôle du niveau de la retenue ou du débit (Figure 11). Les vannes pouvant s'effacer totalement, ces ouvrages ne modifient généralement pas les conditions de crues en amont du barrage.

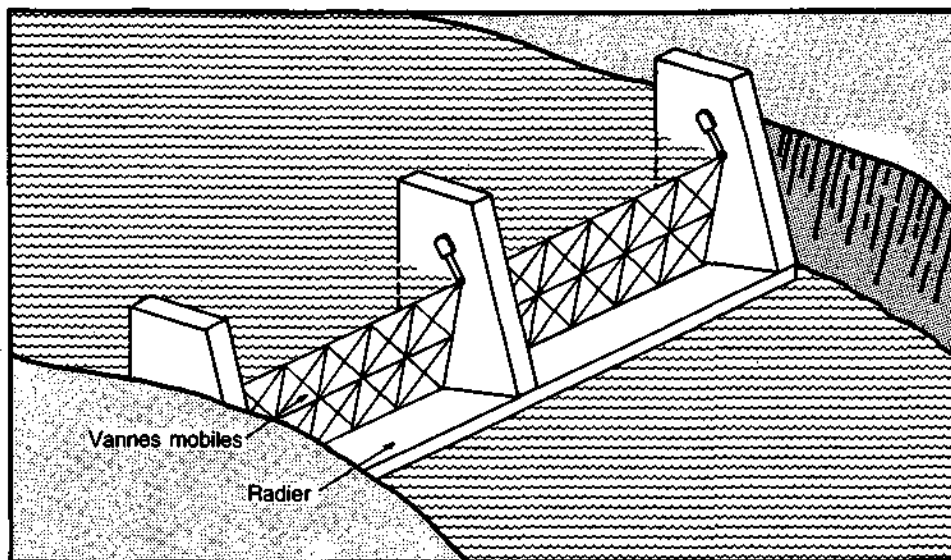


Figure 11. Barrage mobile.

2.1.4.2 Barrages à encoffrement en bois

Au Québec, la plupart des petits ouvrages sont de ce type (Figure 12).

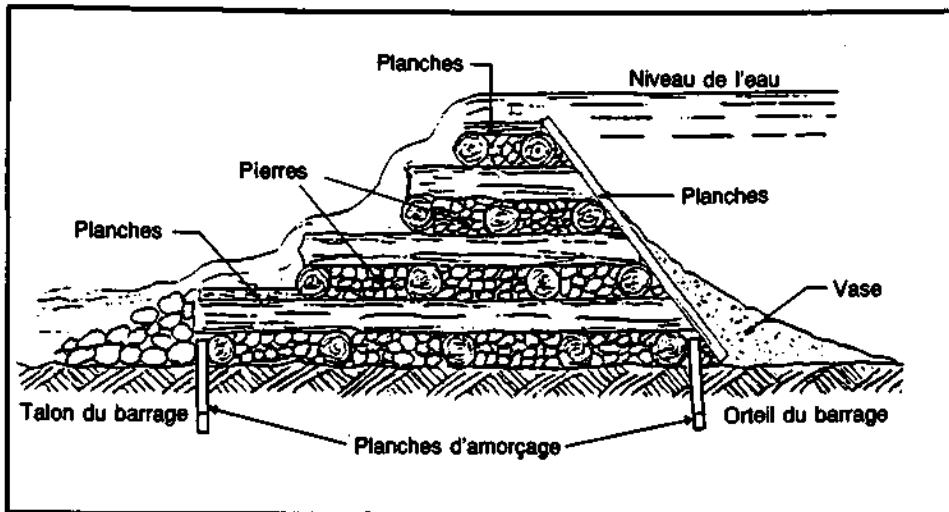


Figure 12. Barrage à encoffrements.

2.1.4.3 Rideau de palplanches

Le rideau de palplanches constitue une technique utilisée en terrains alluvionnaires (Figure 13).

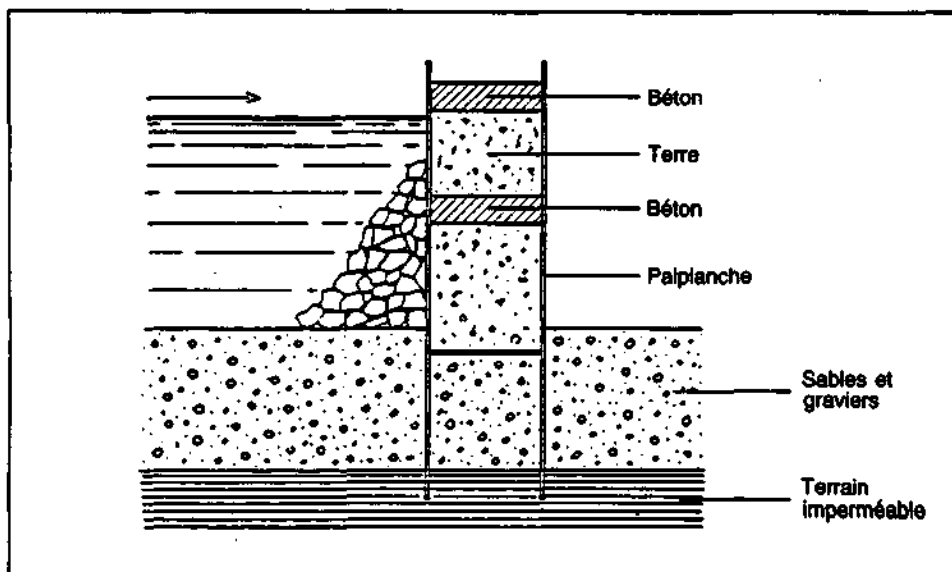


Figure 13. Barrage de palplanches.

2.1.5 Les ouvrages annexes des prises d'eau

Ce sont principalement:

- les évacuateurs de crues;
- les ouvrages de vidange;
- les passes à poissons.

2.1.5.1 Les évacuateurs de crues

Un évacuateur de crues est destiné à permettre le passage des débits de crues au droit d'un barrage afin d'éviter que celui-ci ou ses fondations ne soient endommagés par submersion ou par affouillement. Il est dimensionné pour maintenir en tout temps le niveau de la retenue en-dessous de la cote maximale admissible. L'évacuateur de crues comprend essentiellement:

- un ouvrage de tête assurant l'entonnement du débit;
- un canal à l'air libre ou en galerie dans lequel le débit de crue s'écoule.

La figure 14 illustre un évacuateur de crues à surface libre. Les dispositifs de réglage d'un évacuateur de crues doivent répondre aux exigences suivantes:

- en régime d'exploitation normale, le niveau du plan d'eau doit être maintenu à la cote la plus élevée possible afin de garantir la hauteur de chute maximale;
- en période de crue, la section de passage doit être la plus grande possible.

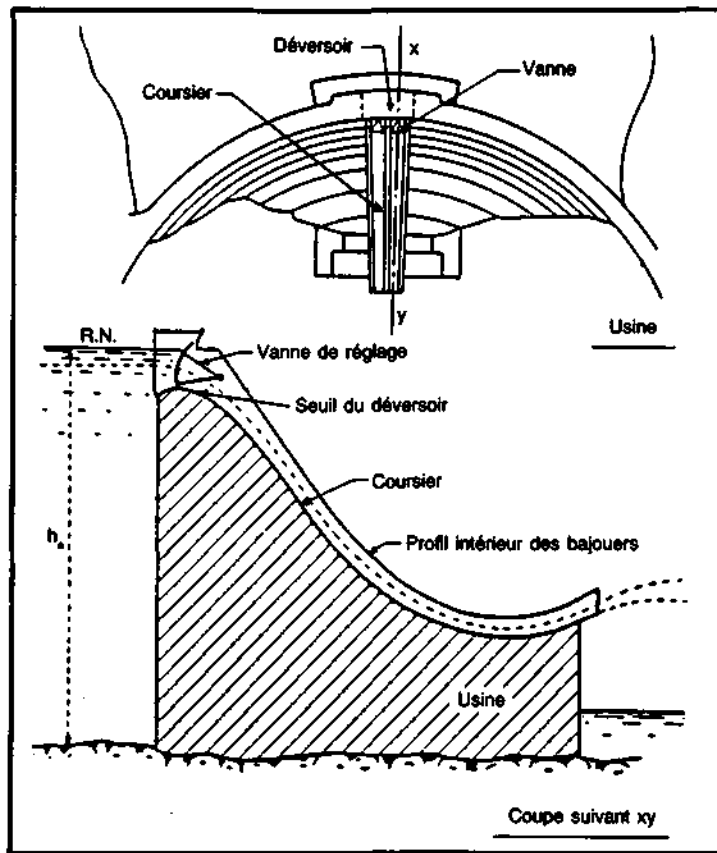


Figure 14. Évacuateur de crues à surface libre.

On peut classer les évacuateurs de crues selon:

- leur régime d'écoulement:
 - évacuateurs à écoulement libre;
 - évacuateurs à écoulement en charge.

- l'emplacement respectif de l'évacuateur et du barrage:
 - évacuateurs faisant corps avec le barrage;
 - évacuateurs séparés.

- le mode de réglage du débit:
 - évacuateurs avec vannes de réglage;
 - évacuateurs sans dispositifs de réglage (barrage à crête déversante, siphons).

Les évacuateurs de crues, notamment dans le cas des barrages en terre, nécessitent un soin particulier dans leur élaboration. Si, au passage d'une crue, l'évacuateur s'avère mal dimensionné, l'ouvrage subit de graves dommages et peut être détruit.

Les déversoirs de digue sont des structures plus simples à mettre en place (Figure 15).

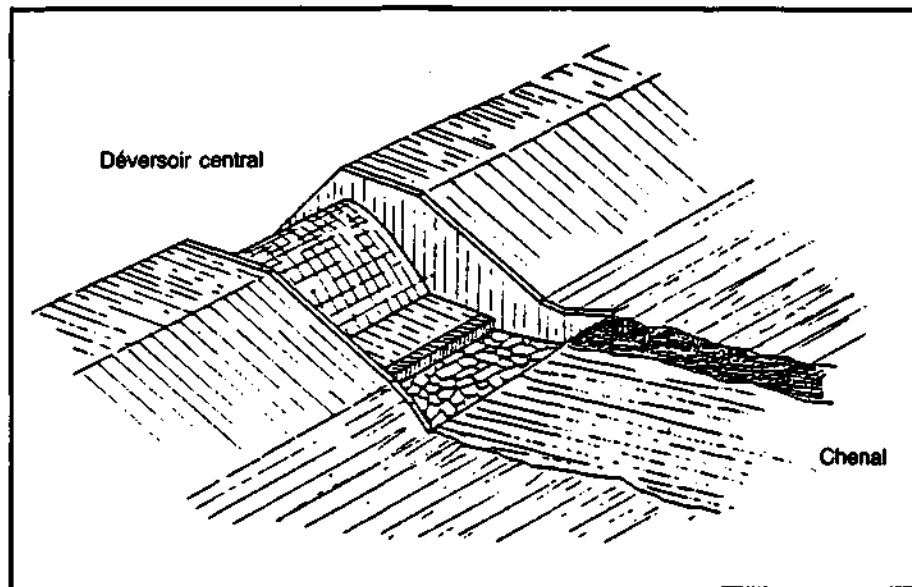


Figure 15. Déversoir de digue.

2.1.5.2 Les ouvrages de vidange

Les ouvrages de vidange sont destinés à remplir les fonctions suivantes:

- abaisser le niveau d'eau de la retenue pour rendre possible la visite et l'entretien du barrage et des ouvrages annexes;
- effectuer, dans certains cas, des chasses pour évacuer les vases accumulées au fond du réservoir; toutefois, cette fonction est en général accomplie par des canalisations spéciales;
- évacuer une partie du débit pendant les crues; les ouvrages de vidange jouent alors le rôle d'évacuateurs de crue auxiliaires fonctionnant en charge.

Les ouvrages de vidange sont constitués en général par une ou plusieurs conduites en acier traversant le barrage à sa base ou par des galeries contournant latéralement celui-ci.

2.1.5.3 Les passes à poissons

L'installation d'un barrage modifie l'écoulement d'une rivière et crée un obstacle à la libre circulation de la faune aquatique et en particulier des poissons. Afin de préserver la pérennité de l'écosystème aquatique, il est primordial d'aménager à l'endroit et au moment jugés nécessaires, des passes à poissons et de maintenir un débit réservé permanent dans le tronçon de cours d'eau court-circuité.

Les passes à poissons sont généralement implantées au niveau du barrage. Dans certains cas, pour des raisons fonctionnelles, on les installera au niveau de l'usine. Elles doivent être adaptées aux caractéristiques physiques du site et répondre aux exigences comportementales des espèces présentes. Ces caractéristiques et exigences devraient être évaluées par des experts en la matière.

Les principaux types de passes sont:

- les ascenseurs à poissons pour les aménagements de grande hauteur;
- les passes à bassins successifs assurant une communication entre bassins par déversoirs ou par échancrures latérales;
- les passes à ralentisseurs qui sont des canaux à pente de 10 à 20 % où l'énergie de l'eau est dissipée par des lames ou des chevrons disposés sur les parois et/ou sur le fond;
- les passes en écharpes ou en entonnoir pour les aménagements de faible hauteur;
- les passes rustiques: chenaux latéraux de faible pente (inférieure à 5 %) à fond de galets et à écoulement torrentiel conçus pour des débits plus élevés;
- des dispositifs mixtes à glissière pour les poissons et les petites embarcations.

Les caractéristiques techniques et les conditions d'utilisation et d'implantation de chacun de ces dispositifs sont développées dans le Bulletin français de la pêche et de la pisciculture n° 326-327 / 1992-3 et 4.

Il importe de mentionner que le choix du site d'implantation, la nature de l'aménagement et son intégration dans le génie civil des ouvrages doivent être étudiés dès les premières phases de

conception de l'aménagement hydroélectrique et ce, de façon à maximiser l'efficacité du dispositif de franchissement.

2.2 Les ouvrages d'amenée et de mise en charge

Les ouvrages d'amenée relient la prise d'eau à l'entrée des conduites forcées d'une centrale hydroélectrique. Ils peuvent être à écoulement libre (canal d'amenée) ou à écoulement en charge.

Le choix entre le canal ouvert et les conduites en charge est déterminé par le rôle que joue la centrale dans le réseau électrique. Si la centrale doit faire face à des variations de puissance pour répondre à la demande du réseau, seule une amenée d'eau par conduite en charge permettra de contrôler instantanément le débit entrant et donc l'énergie produite. Si, au contraire, la centrale suit un programme de production pré-établi, l'amenée d'eau peut être assurée par des canaux à écoulement libre. Dans ce cas les variations de puissance sont gérées par un réglage progressif du débit à l'aide des vannes situées à l'entrée du canal d'alimentation.

2.2.1 Canal d'amenée à écoulement libre

L'alimentation de cet ouvrage se fait par une prise d'eau de surface. Dans le cas de très courtes dérivations, les canalisations à écoulement libre peuvent aboutir directement à l'usine sans autre équipement. Une grille fixe placée à l'amont immédiat de l'usine assure la protection des turbines en retenant les débris flottants. Le dégrillage peut être opéré manuellement ou mécaniquement.

Dans le cas de dérivations plus longues, le canal d'amenée comporte généralement de l'amont vers l'aval les équipements suivants:

- un dégrillage grossier protégeant le canal des gros débris flottants;
- une vanne de régulation du débit entrant et de protection du canal;
- un dessableur, équipé d'un système de purge en vue d'éliminer les sables et les limons;
- un dégrillage fin.

En aval du dégrillage fin se situe la chambre de mise en charge équipée d'une vanne d'isolation. Cette chambre de mise en charge peut se situer:

- dans l'usine, à l'amont immédiat des turbines;
- à l'extérieur de l'usine, à la jonction entre le canal d'amenée et une conduite forcée. La profondeur de ce réservoir doit être suffisante pour noyer en permanence l'entrée de la conduite forcée et éviter les entrées d'air (Figure 16A).

2.2.2 Conduite en charge

La conduite en charge est alimentée par une prise d'eau de fond. À la jonction entre la conduite en charge et la conduite forcée on installe une cheminée d'équilibre. Celle-ci a pour rôle de réduire les surpressions provoquées par la fermeture brutale du robinet d'admission de la turbine (Figure 16B).

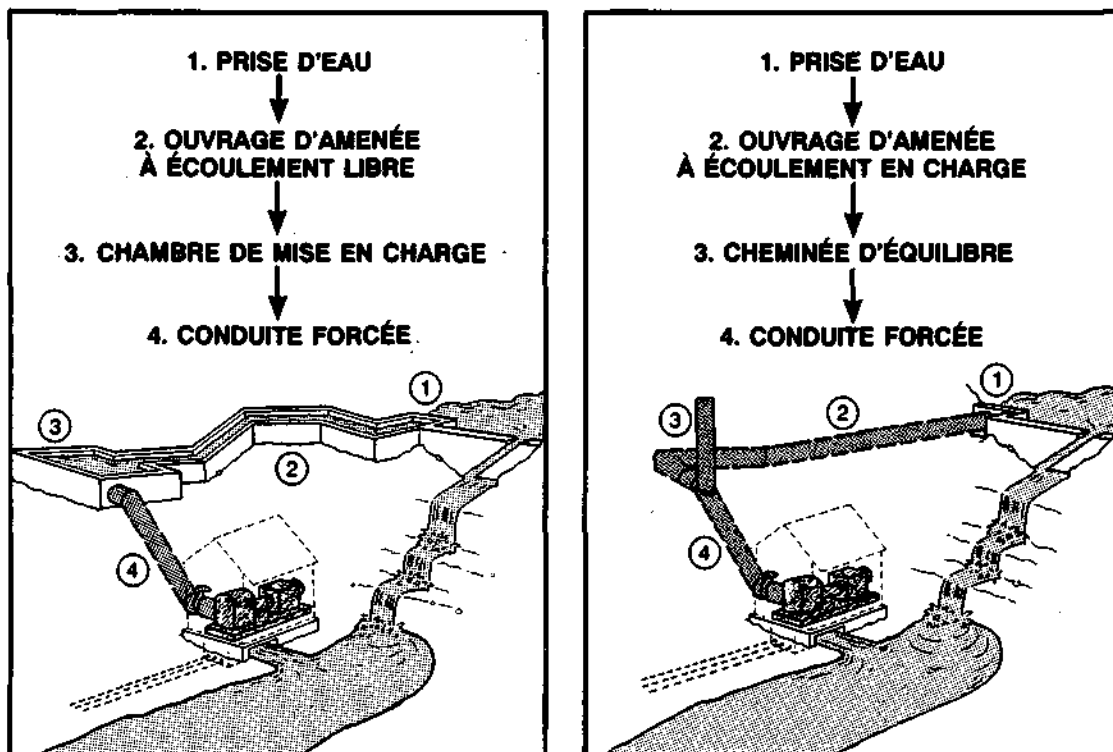


Figure 16. Les ouvrages d'amenée d'une centrale hydroélectrique. (A: à écoulement libre; B: à écoulement en charge).

2.2.3 Conduite forcée

La conduite forcée dirige l'eau sur la turbine en suivant de préférence, la plus grande pente du terrain de façon à réduire sa longueur. Elle est en acier ou en béton (quelquefois en fonte ou en plastique pour les petits aménagements) et doit résister aux pressions qui résultent de la hauteur de chute (Figure 17).

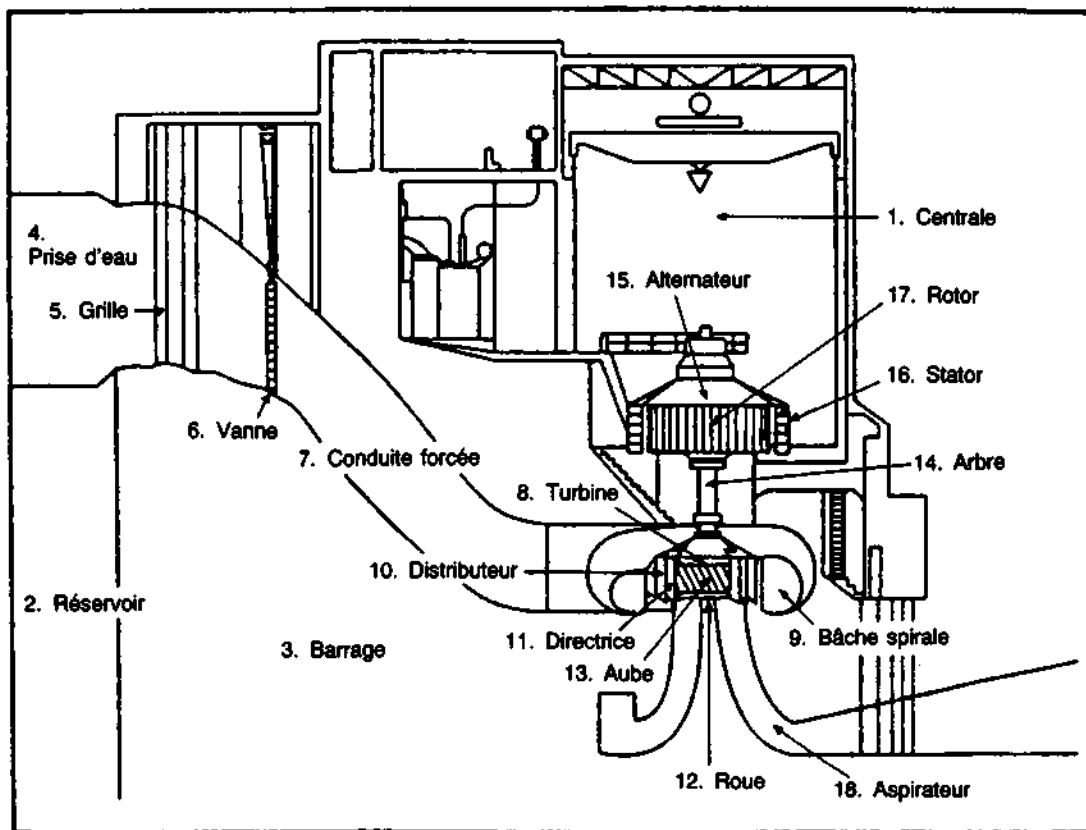


Figure 17. Schéma type d'une centrale.

2.3 Les équipements de production

Ces équipements sont rassemblés à l'intérieur du bâtiment usine. Il s'agit:

- de la turbine, laquelle permet de transformer en énergie mécanique, l'énergie cinétique due à la vitesse de l'eau et l'énergie de pression (énergie potentielle) due à la hauteur d'eau;

- du générateur (ou alternateur), lequel transforme en énergie électrique l'énergie mécanique produite par la turbine;
- des systèmes de régulation, lesquels interviennent sur le débit d'eau entrant (régulation hydraulique) et sur la charge (régulation par absorption d'énergie).

2.3.1 Les turbines

Une turbine hydraulique est une machine tournante, constituée principalement d'une roue à aubes, qui reçoit de l'énergie d'un fluide, sous forme d'énergie de pression (hauteur de chute: H) et d'énergie cinétique (débit Q) et qui la transforme en énergie mécanique directement utilisable sur un arbre en rotation. La turbine peut être, soit noyée au sein du fluide dans une chambre d'eau, soit située à l'extrémité d'une conduite forcée. Le rendement des turbines se situe généralement entre 85 et 90 %.

Une turbine hydraulique comporte trois éléments:

- 1) l'élément essentiel est la roue qui a pour rôle la transformation de l'énergie hydraulique en énergie mécanique. La roue est composée:
 - d'augets à l'air libre (turbine Pelton);
 - d'aubes ou pales, soit à l'air libre (turbine Banki-Mitchell), soit formant des conduits qui sont en charge dans les machines à réaction (Francis, hélice, Kaplan).
- 2) un distributeur qui donne aux particules d'eau la vitesse convenable pour aborder la roue dans des conditions déterminées de façon à obtenir le minimum de perte et transformer ainsi partiellement ou totalement l'énergie de pression en énergie cinétique;
- 3) un aspirateur ou diffuseur (cas des turbines à réaction) qui a pour but de récupérer, sous forme d'énergie de pression, l'énergie cinétique résiduelle et l'énergie potentielle de l'eau à la sortie de la roue et d'évacuer l'eau vers l'aval.

2.3.1.1 Les turbines à impulsion

Dans le cas des turbines à impulsion, l'eau provient d'une conduite forcée. L'énergie disponible à l'entrée (cinétique et potentielle) est entièrement transformée en énergie cinétique dans le distributeur. L'eau entre en périphérie de la roue hydraulique et frappe perpendiculairement un auget, puis tombe par gravité dans le canal d'évacuation.

Les turbines de ce type sont connues sous le nom de Pelton, Turgo et Banki-Mitchell, la turbine Pelton étant la plus répandue.

2.3.1.1.1 La turbine Pelton (haute chute)

L'eau, sous forte pression, est dirigée sur des augets à double cuiller, en passant dans un injecteur muni d'un pointeau de réglage (Figure 18).

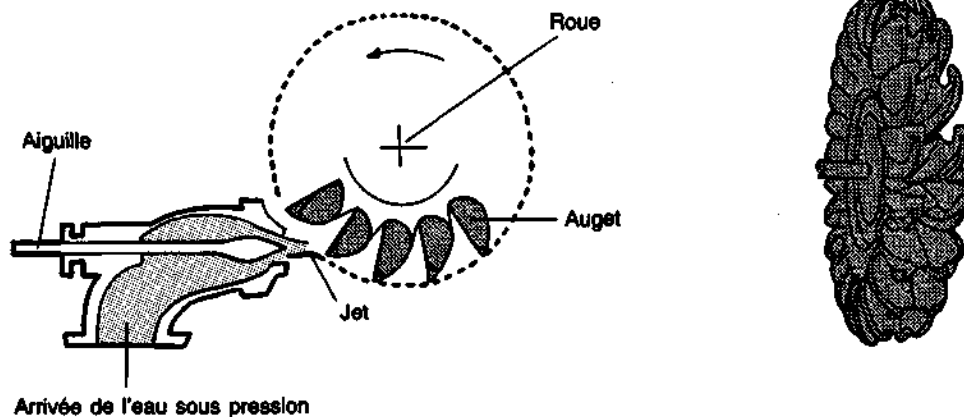


Figure 18. Schéma et coupe d'une turbine Pelton.

2.3.1.1.2 La turbine Turgo (haute chute)

La roue est munie d'augets à simple cuiller et les axes de l'injecteur sont inclinés (Figure 19).

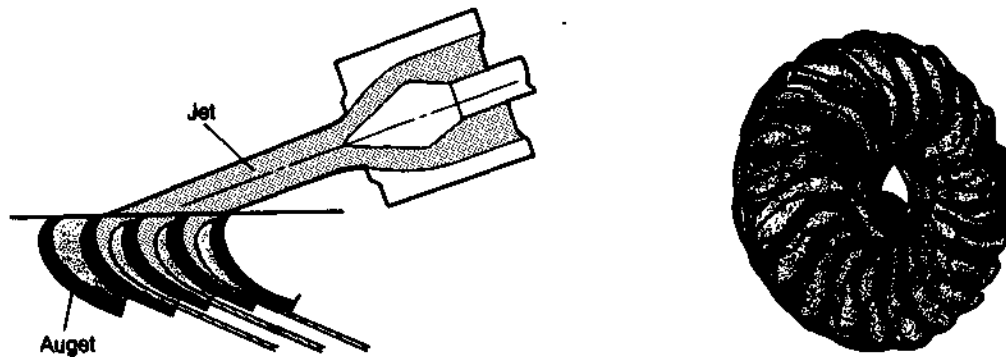


Figure 19. Schéma et coupe d'une turbine Turgo.

2.3.1.1.3 La turbine Banki-Mitchell (moyenne chute)

L'écoulement traverse une roue constituée de deux flasques réunies entre elles par une couronne d'aubes disposées cylindriquement (Figure 20).

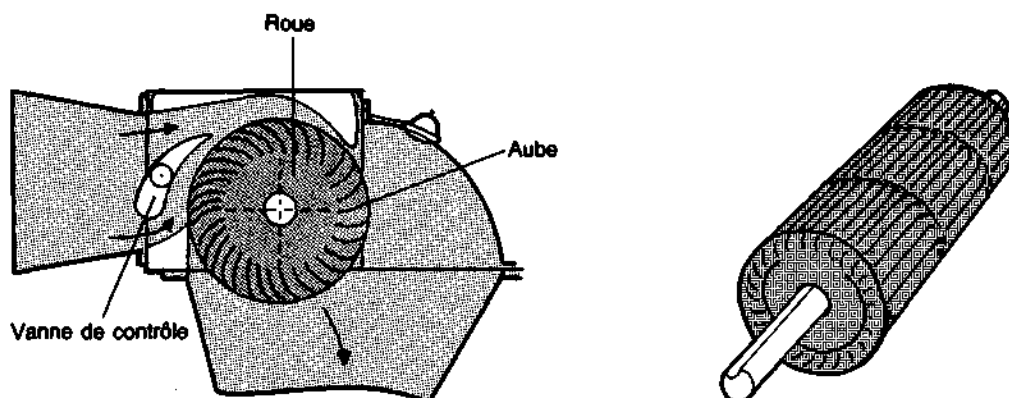


Figure 20. Schéma et coupe d'une turbine Banki-Mitchell.

2.3.1.2 Les turbines à réaction

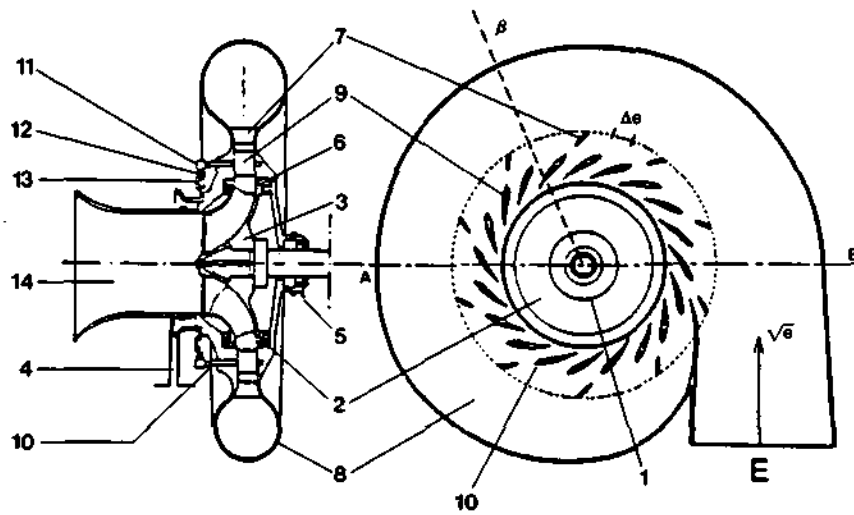
Les turbines à réaction sont également nommées turbines à veine forcée. L'énergie de l'eau à la sortie du distributeur se présente en partie sous forme d'énergie cinétique et en partie sous forme d'énergie de pression. La veine entre dans la roue à une pression supérieure à la pression atmosphérique, d'où le nom de turbine à veine forcée. Au cours de la traversée de la roue, elle subit une détente de la pression d'entrée à la pression atmosphérique. Les machines de ce type sont les turbines Francis, les turbines hélice et les turbines Kaplan.

Les turbines à réaction misent sur la pression. L'eau frappe axialement les pales, entrant côté amont, noyant complètement le tourniquet hydraulique dans une chambre d'eau, puis ressortant côté aval. Ces turbines peuvent fonctionner aussi bien à l'horizontale qu'à la verticale.

Pour les chutes inférieures à 4 à 6 m, le distributeur et la roue sont directement noyés dans une chambre d'eau. Au-delà de cette hauteur, une bêche d'alimentation est employée pour diriger l'eau convenablement vers la turbine (Figure 21).

La bêche d'alimentation (ou bêche spirale) est une conduite en forme de colimaçon de section progressivement décroissante, reliée d'une part à l'extrémité aval de la conduite forcée et, d'autre part, à la section d'entrée du distributeur, lequel se présente sous forme d'une rainure cylindrique. Au droit de la liaison entre la bêche spirale et la section d'entrée du distributeur, sont souvent disposées des vannelles fixes (avant-directrices) qui orientent les filets liquides vers l'entrée des directrices du distributeur. Ce dernier est formé d'une couronne comportant un ensemble de directrices, de forme profilée, mobiles autour de tourillons. Les directrices peuvent être manoeuvrées simultanément au moyen d'une couronne (cercle de vannage).

Le rôle du distributeur est double; il sert avant tout à donner aux filets d'eau une direction convenable à l'entrée de la roue, afin d'éviter les chocs, et à régler le débit entre la pleine ouverture, donnant la charge maximale, et l'obturation totale. L'orientation des directrices détermine le débit absorbé par la roue. Cependant, certaines roues Kaplan modernes ne comportent pas de directrices; le réglage du débit et de la puissance est alors assuré par l'orientation des pales de la roue.



- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| 1. Roue | 8. Bâche spirale |
| 2. Aube | 9. Directrice |
| 3. Plafond de roue | 10. Axe de directrice |
| 4. Tige de manoeuvre | 11. Manivelle de directrice |
| 5. Presse-étoupe | 12. Clavette de rupture |
| 6. Joint labyrinthe | 13. Bielle de directrice |
| 7. Avant-directrice | 14. Aspirateur |

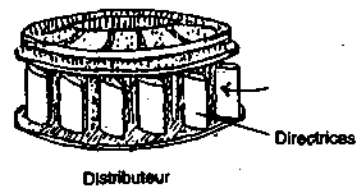
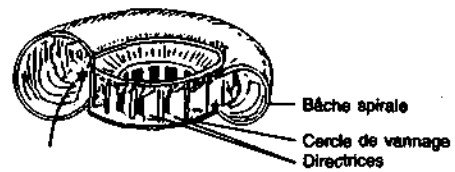
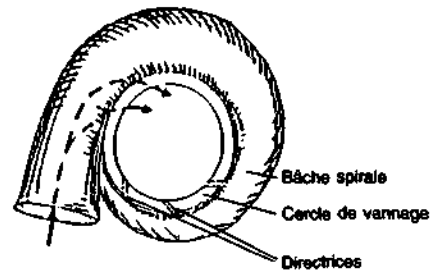
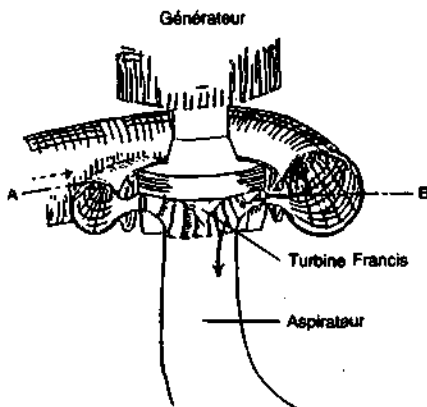


Figure 21. Schéma d'une turbine à réaction alimentée par une bâche spirale.

L'aspirateur (ou diffuseur) constitue la conduite d'évacuation de l'eau à la sortie de la roue; il présente une forme évasée vers l'aval de façon à permettre la récupération de l'énergie cinétique que possède l'eau à la sortie de la roue mobile (Figures 17, 21, 22, 23). L'absence d'aspirateur sur une installation de basse chute où la vitesse de courant est élevée, conduirait à un piètre rendement.

2.3.1.2.1 La turbine Francis (moyenne chute)

Dans ce type de turbine, les aubes directrices mobiles du distributeur règlent un débit d'eau radial sur la roue dont les aubes sont fixes.

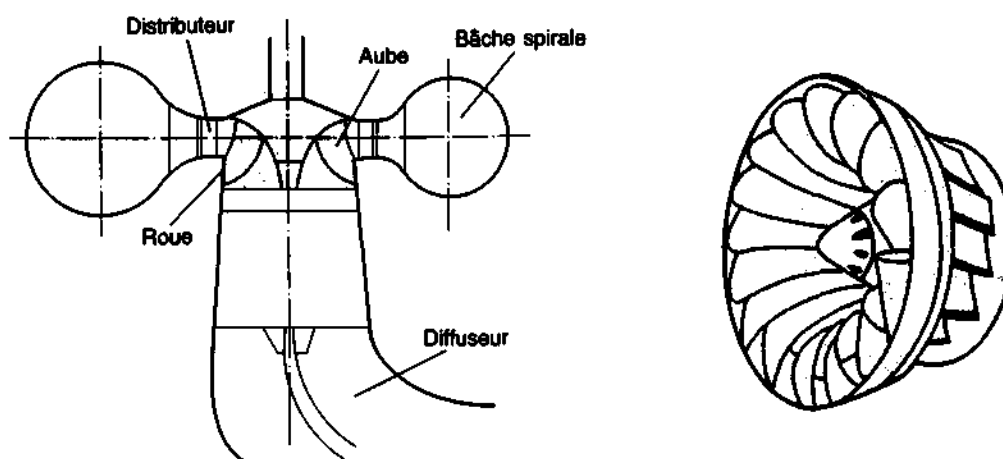


Figure 22. Schéma et coupe d'une turbine Francis.

2.3.1.2.2 La turbine hélice (basse chute)

Dans ce type de turbine, l'eau pénètre entre les aubes directrices et est dirigée axialement sur des pales fixes.

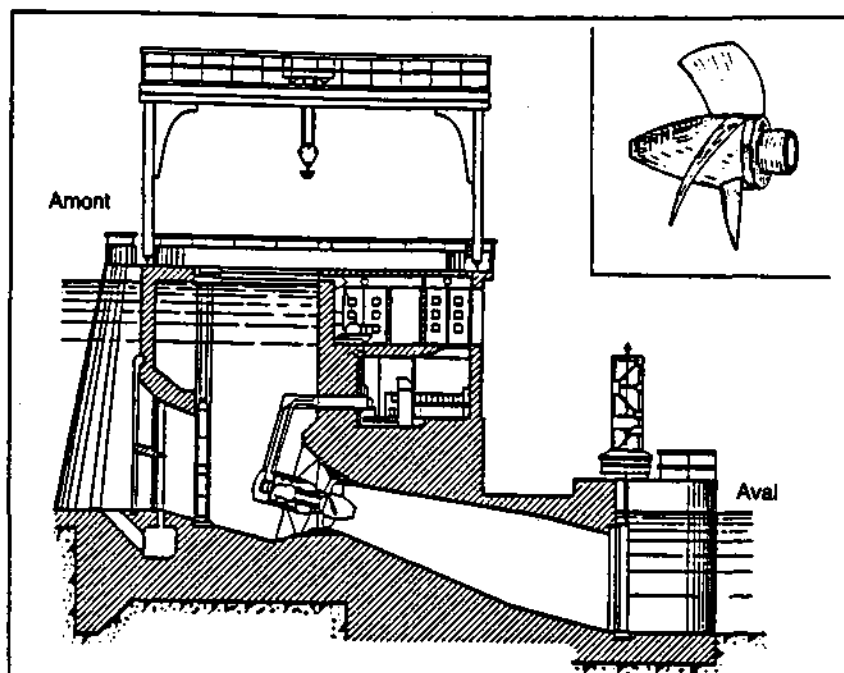


Figure 23. Turbine Hélice dans une usine de faible chute.

2.3.1.2.3 La turbine Kaplan (basse chute)

Il s'agit d'une turbine hélice plus performante dont les aubes directrices sont mobiles et dont les pales de la roue, au nombre de quatre à huit, sont à inclinaison variable et asservies à la position des aubes directrices (Figure 24).

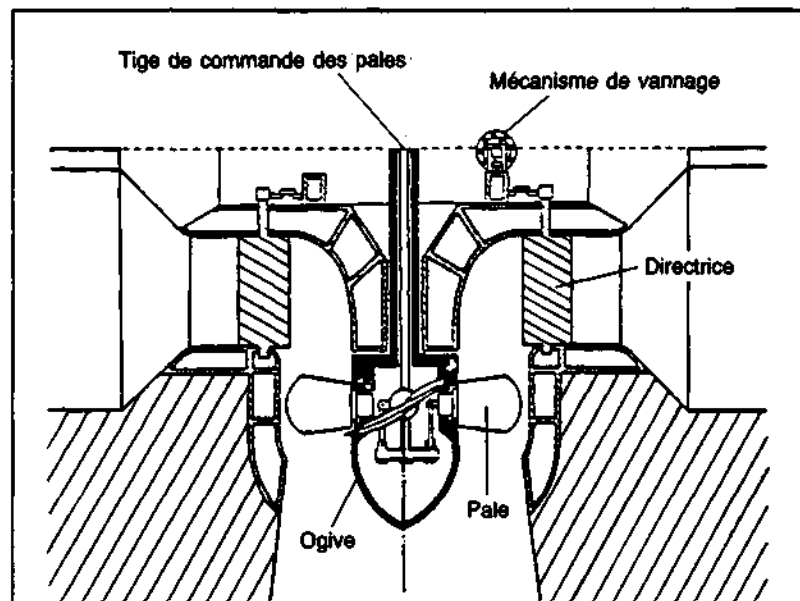
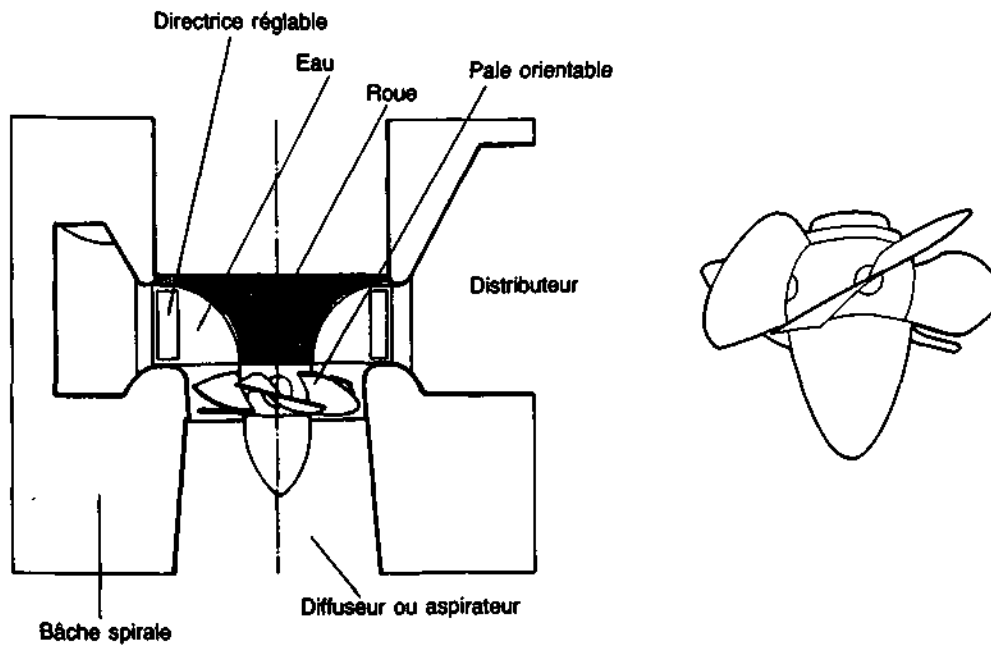


Figure 24. Schémas et coupes d'une turbine Kaplan.

2.3.1.2.4 Les groupes bulbes (basse chute)

Ils sont dérivés des turbines hélices et Kaplan et intègrent dans une enveloppe unique noyée l'ensemble turbine-alternateur.

2.3.1.3 Classement des turbines

Le choix du type de turbine dépend principalement du débit et de la hauteur de chute.

Un premier classement permet d'identifier les types de turbines utilisées en fonction de la hauteur de chute de l'équipement.

- basses chutes (2 à 10 mètres)
 - Turbines hélice.
 - Turbines Kaplan.
 - Groupe bulbe.

- moyennes chutes (5 à 100 mètres)
 - Turbines Francis.
 - Turbines Banki-Mitchell.

- hautes chutes (50 à 400 mètres)
 - Turbines Pelton.
 - Turbines Turgo.

L'abaque présenté à la figure 25 définit plus précisément la plage de fonctionnement de chaque type de turbine selon les conditions de débits et les caractéristiques de l'aménagement (hauteur de chute et gamme de puissance).

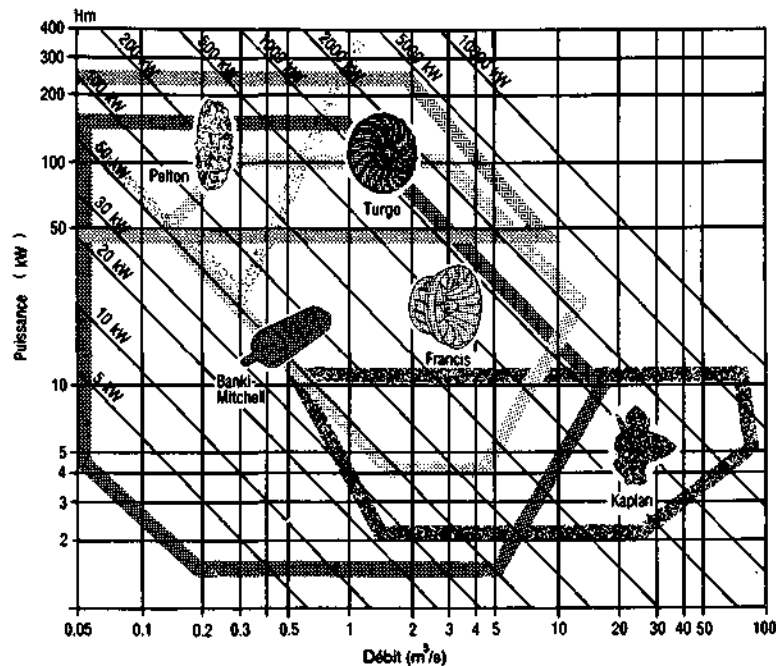


Figure 25. Abaque des plages de fonctionnement des principales turbines.

2.3.2 Les équipements de production électrique et de régulation

2.3.2.1 Les générateurs de courant

Les générateurs transforment en énergie électrique, l'énergie mécanique produite par la turbine.

Suivant les caractéristiques du réseau, on distingue deux types de générateurs:

- la génératrice synchrone, généralement utilisée en réseau autonome, mais également pour des unités de grande puissance, supérieures à 2000 kW et raccordées au réseau. Il s'agit du générateur le plus répandu;
- la génératrice asynchrone est la plus souvent utilisée dans le cas d'un raccordement au réseau général et pour des puissances inférieures à 2000 kw. Son fonctionnement en réseau isolé est délicat.

La figure 26 illustre les équipements de production électrique en réseau connecté ou isolé.

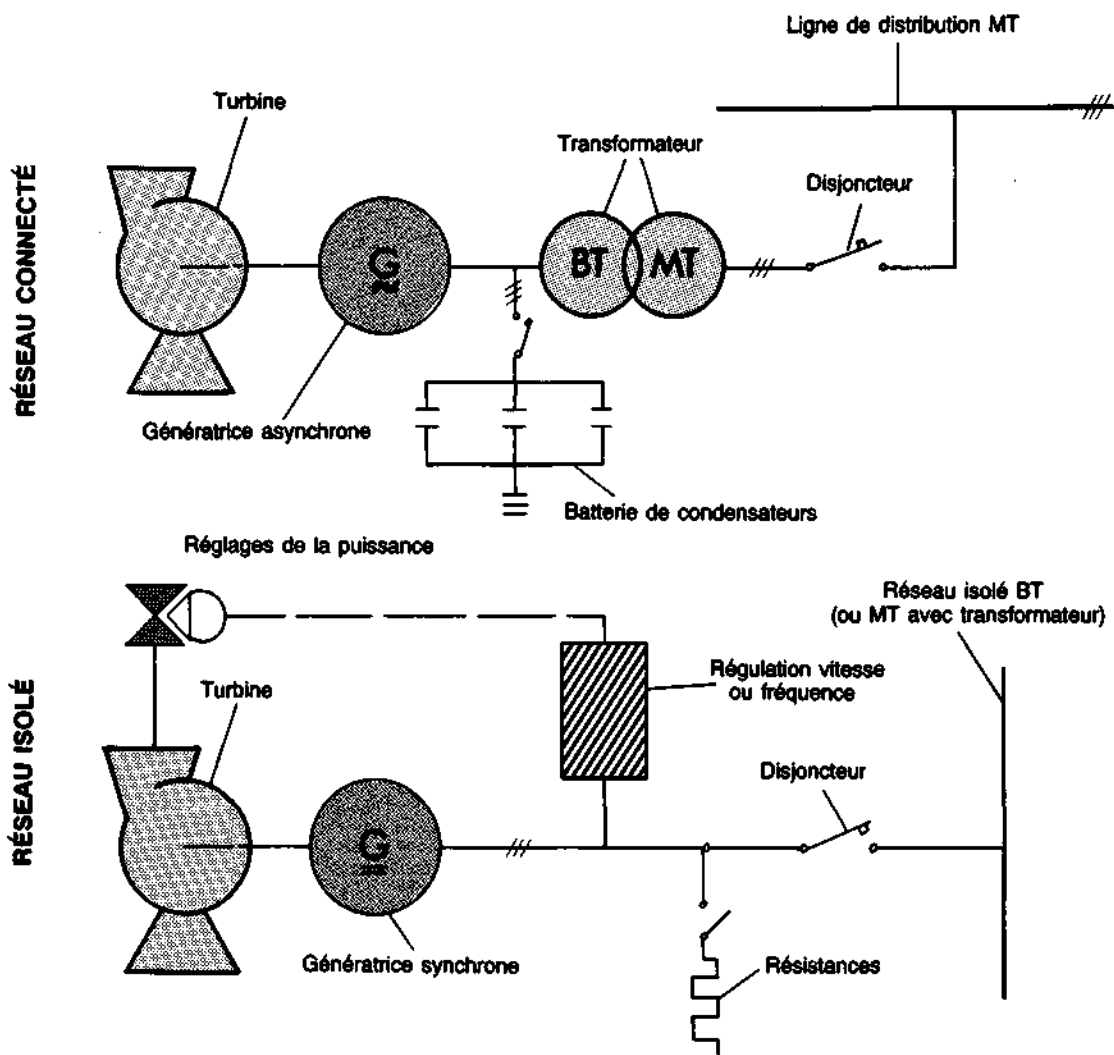


Figure 26. Schéma type des équipements de production électrique en réseau connecté ou isolé.

2.3.2.2 Les systèmes de régulation

Les générateurs doivent satisfaire à des contraintes imposées par le réseau.

Dans le cas d'une centrale couplée à un réseau interconnecté de grande puissance, la fréquence et la tension du réseau, ainsi que la vitesse de rotation de l'ensemble turbine-générateur, sont pratiquement constantes. La régulation se limite donc essentiellement au réglage du débit turbiné.

Dans le cas d'une centrale fonctionnant en réseau autonome, le maintien de la fréquence et de la tension dans des limites techniquement acceptables, nécessite à tout instant un équilibre entre la puissance fournie et la puissance appelée par le réseau. Cet équilibre peut être assuré par deux types de régulation:

2.3.2.2.1 Régulation du débit d'eau absorbé (régulation hydraulique)

Ce mode de régulation est réalisable avec des turbines à débit variable, en agissant à différents niveaux, soit à partir d'injecteurs, de distributeurs ou de pales réglables. Les principaux problèmes résident dans les à-coups de charge et la surpression dans les conduites forcées et la durée d'ajustement du débit.

2.3.2.2.2 Régulation de la charge (régulation par absorption d'énergie)

Dans ce système, l'eau est constamment turbinée et l'électricité non consommée est déchargée dans une batterie de résistances, grâce à un régulateur électronique de charge. Ce type d'opération n'est actuellement utilisé que pour des puissances inférieures à 400 kW environ.

Les techniques actuelles permettent, au moindre coût, d'automatiser presque intégralement le fonctionnement des petites centrales. Il existe sur le marché des automates programmables qui assurent la régulation et la protection de démarrage et d'arrêt avec contrôle sur place ou à distance.

2.4 Les ouvrages de restitution

À la sortie de la centrale, les eaux turbinées sont renvoyées dans la rivière par un canal de fuite. Ce canal est établi soit à l'air libre, soit en galerie dans le cas où la centrale est souterraine.

La longueur du canal de fuite est très variable selon le type d'aménagement:

- pour les installations de haute et moyenne chute, il est en général de très courte longueur, car l'usine est établie à faible distance de la restitution dans le cours d'eau; pour les usines de pied de barrage, sa longueur est pratiquement nulle;

- pour les installations de basse chute dont la centrale est établie sur un canal de dérivation, la longueur du canal de restitution peut être du même ordre de grandeur que celle du canal d'amenée. En effet, si le canal d'amenée est sensiblement parallèle au cours d'eau, il est réalisé en remblai et, par suite, la hauteur des digues qui le limitent croît au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'aval. L'économie financière conduit généralement à limiter la hauteur de ces digues et à établir la centrale au milieu de la dérivation. Dans ce cas, les canaux d'amenée et de restitution ont des longueurs similaires.

3. NOTIONS SOMMAIRES D'HYDROLOGIE

L'hydrologie est la science consacrée à l'étude du cycle de l'eau dans la nature. L'analyse du régime des cours d'eau qui est l'une des branches de l'hydrologie s'avère indispensable à l'étude d'un projet hydroélectrique. Afin de familiariser l'analyste d'un projet d'aménagement hydroélectrique au vocabulaire de l'hydrologue, nous rappellerons ici quelques notions essentielles.

3.1 Définition des débits

Les relevés de débits d'une station de jaugeage effectués pendant une série d'années constituent un ensemble de données dont le dépouillement peut être réalisé par des méthodes statistiques.

On a l'habitude de caractériser le régime hydraulique d'un cours d'eau à l'aide des débits caractéristiques suivants:

- le *débit moyen journalier*: il correspond à la moyenne arithmétique des cotes lues à l'échelle limnimétrique de la station pendant une journée déterminée. En fait, le débit varie relativement peu au cours d'une même journée mais il fluctue beaucoup d'une saison à l'autre.
- le *débit moyen mensuel*: il correspond à la moyenne arithmétique des débits moyens journaliers du mois considéré.
- le *débit moyen annuel ou module*: il correspond à la moyenne arithmétique des débits moyens mensuels (avec pondération pour tenir compte du nombre de jours de chaque mois); c'est

également le quotient du volume total d'eau écoulé pendant une année par le nombre de secondes de l'année ($31,536 \times 10^6$).

- le *module moyen*: il correspond à la moyenne arithmétique des modules du plus grand nombre possible d'années d'observation.
- le *débit de la plus grande crue connue*: il correspond à la valeur de débit la plus élevée observée jusqu'à ce jour. La connaissance de cette valeur est importante pour le dimensionnement de l'évacuateur de crue.

Pour comparer les bassins hydrographiques entre eux, on utilise la notion de débit spécifique qui exprime la relation entre le débit caractéristique et la superficie du bassin d'alimentation.

Le plus souvent, on calcule *le débit spécifique moyen annuel*. Il correspond, pour une section considérée de rivière, au quotient du module moyen par la superficie du bassin versant correspondant. Il s'exprime en litre par seconde et par kilomètre carré de bassin versant ($l/s/km^2$).

De même les débits de crue seront caractérisés par des débits spécifiques de crue. On considère en général *le débit spécifique de crue maximal*.

Ces données figurent dans les annuaires hydrologiques annuels édités par le secteur Environnement du MEF et dont un exemple est fourni à la figure 27.

Lorsqu'on dispose de résultats de mesures de plusieurs années, on considère alors les courbes chronologiques (des débits journaliers et mensuels) correspondant à une année moyenne (Figure 28). Ces courbes sont obtenues en calculant pour chaque jour (ou chaque mois) de l'année moyenne, la moyenne arithmétique des débits journaliers (ou mensuels) des années considérées. Cette méthode conduit à une régularisation artificielle du régime hydrologique par compensation des débits des années sèches et des années humides.

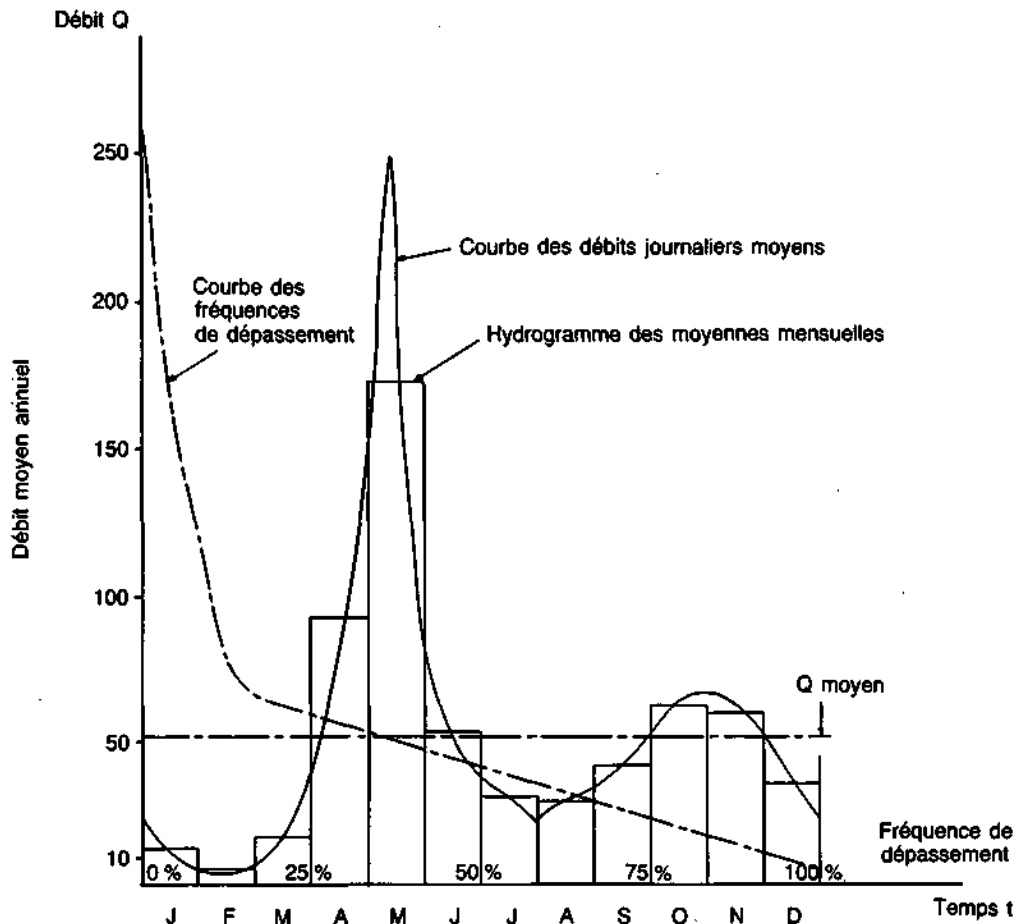


Figure 28. Exemple d'analyse du cycle hydrologique.

- la *courbe des débits journaliers classés*: elle est obtenue en classant les segments de droite correspondant aux débits moyens journaliers d'une année déterminée par ordre de grandeur décroissant; si «n» est l'abscisse reliée à un nombre de jours donné, le débit Q correspondant est celui qui a été dépassé pendant «n» jours dans l'année considérée.

La courbe des débits classés permet de définir les valeurs particulières du débit:

- *débit caractéristique de crue*: débit dépassé, en moyenne, pendant 10 jours par an;
 - *débit caractéristique d'étiage*: débit dépassé, en moyenne, pendant 355 jours par an;
 - *débit moyen caractéristique ou débit médian*: débit dépassé, en moyenne, pendant 182 jours par an (365/2).
- la *courbe des débits cumulés*: cette courbe représente le volume d'eau écoulé à travers une section déterminée entre un instant pris pour origine du temps et un instant «t». En général, on trace la courbe relative à une année déterminée (à partir du 1^{er} janvier par exemple). On utilise plus particulièrement ce type de courbe pour prévoir les conditions de remplissage et d'exploitation des réservoirs.

L'annexe 1 présente un lexique des projets d'aménagements hydroélectriques.

SECTION III

SECTION III

MODALITÉS D'ANALYSE DES PROJETS D'AMÉNAGEMENTS HYDROÉLECTRIQUES

TABLE DES MATIÈRES

	Page
TABLE DES MATIÈRES	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES	iv
INTRODUCTION	v
1. ANALYSE PRÉLIMINAIRE	1
1.1 L'environnement général du projet: le bassin versant	1
1.2 Le barrage et la retenue	4
1.3 La prise d'eau	6
1.4 La centrale	7
1.5 Le canal de fuite	10
1.6 Le tronçon court-circuité	12
1.7 L'économie du projet	15
1.8 Propriété des terrains	17
2. ANALYSE DÉTAILLÉE	18

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1. Estimation du coût de production d'énergie électrique en fonction de la hauteur de chute et de la puissance de l'aménagement	16
Tableau 2. Puissance et énergie électrique disponibles au Québec (producteurs et type de centrales au 31 décembre 1991)	18
Tableau 3. Impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement	19
Tableau 4. Impacts potentiels des différentes phases de construction	27

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Stratification thermique dans un réservoir	8

INTRODUCTION

Généralement adressés aux Services d'aménagement et d'exploitation de la faune régionaux (S.A.E.F.), les projets d'équipements hydroélectriques sont habituellement analysés par un biologiste responsable du milieu aquatique.

Même si les impacts les plus évidents de ce type d'aménagement concernent directement la rivière, son régime hydraulique, ainsi que la faune et la flore qui s'y développent, d'autres impacts auront des effets sur les habitats et la faune terrestre, sur le paysage, ou sur l'intérêt patrimonial du site. En fin de compte c'est l'utilisation récréative et touristique actuelle ou potentielle du site qui peut être pénalisée par l'aménagement.

L'objectif de cette section est de passer en revue de la façon la plus exhaustive possible, les divers impacts susceptibles d'être générés par la construction, la remise en service ou l'extension d'un aménagement hydroélectrique. Les éléments d'information qu'elle contient sont destinés à servir de guide à l'analyste non seulement dans son propre champ de compétence mais également afin d'attirer son attention sur des impacts qui peuvent concerner d'autres secteurs d'activité du MEF (secteur Faune), et remettre en cause partiellement ou totalement un projet.

Par ailleurs, bien que le cadre d'analyse proposé soit principalement adapté à l'examen des petits projets hydroélectriques, il peut également être utilisé pour des aménagements de plus grande envergure. En effet, à l'exception de l'importance des superficies noyées par la retenue et des valeurs des débits dérivés et turbinés, un gros équipement diffère peu dans sa conception et ses incidences sur le milieu (toutes proportions gardées) d'un aménagement de quelques centaines de kilowatts. Pour cette raison, certains effets pouvant paraître hors de proportion avec les projets couramment rencontrés, ont cependant été mentionnés dans le texte.

Le mode d'analyse proposé repose sur une approche du projet en deux étapes:

- dans un premier temps, une analyse préliminaire permet de cerner rapidement les impacts potentiels majeurs et les grands enjeux environnementaux du projet envisagé;

- dans un deuxième temps, une analyse détaillée permet un examen point par point des différentes parties de l'aménagement et des différentes phases de construction.

Analyse préliminaire

L'analyse préliminaire s'appuie sur la connaissance que possède le chargé de projet, du bassin versant concerné, des espèces présentes et du site d'implantation. Toutefois, il sera utile, si le site est mal connu, d'effectuer une visite du terrain après avoir examiné les grandes lignes du projet et ce, afin de repérer des points particuliers qui n'auraient pas été analysés dans le document ou dont l'importance aurait pu être mal estimée.

Cette section présente les points clefs de l'approche d'un projet d'aménagement hydroélectrique. À partir de ces éléments, l'analyste doit pouvoir détecter les projets qu'il juge inacceptables. Pour les projets à priori acceptables, cette étape doit permettre à l'analyste d'indiquer au promoteur les principales préoccupations du secteur Faune, notamment en matière de débit réservé, de dispositif de franchissement pour le poisson et de préservation ou d'amélioration de l'habitat.

En résumé, cette étape permet à l'analyste de cibler les impacts majeurs du projet, d'entreprendre les négociations avec le promoteur et de préciser les éléments essentiels sur lesquels l'étude environnementale devra être complétée.

Analyse détaillée

L'analyse détaillée vient appuyer l'analyse préliminaire en constituant un aide mémoire des différents aspects à examiner au niveau de chaque partie de l'aménagement et en proposant pour chaque point la panoplie des mesures compensatoires possibles.

Cette deuxième étape de l'analyse se présente sous la forme de deux séries de tableaux: la première inventorie les impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement, tandis que la seconde identifie les impacts prévisibles du chantier de construction et dresse la liste des mesures de compensation ou d'atténuation à prescrire afin de minimiser ces impacts.

Pour chaque source d'impact indiquée dans la première colonne des tableaux 3 et 4 de la section 2, les trois colonnes suivantes identifient les impacts potentiels sur l'habitat, la faune aquatique et terrestre et les activités récréo-touristiques. La cinquième colonne renseigne l'analyste sur les données dont il doit ou peut disposer pour examiner adéquatement les répercussions environnementales relatives à chaque source d'impact identifiée. Enfin, la dernière colonne identifie pour chaque source d'impact les mesures de mitigation susceptibles d'être mises en oeuvre et renvoie, lorsque la liste de ces mesures est trop longue, aux alinéas principaux de l'annexe 2. Règle générale, cette annexe pourra utilement être consultée pour aider à la formulation de l'avis définitif du secteur Faune.

1. ANALYSE PRÉLIMINAIRE

Il ne s'agit pas à ce niveau d'entrer dans le détail d'une analyse fine des répercussions environnementales et de définir l'ensemble des mesures compensatoires souhaitables. C'est plutôt l'étape où l'analyste doit prendre connaissance du projet, bien comprendre les intentions du promoteur et se faire une idée des grands enjeux environnementaux de l'aménagement.

Dans ce contexte, cette première section tente de rassembler les principaux éléments à prendre en compte et les questions majeures qu'il convient de se poser pour bien analyser le projet en regard de:

- son environnement général (le bassin versant);
- son environnement local;
- chacune de ses composantes.

1.1 L'environnement général du projet: le bassin versant

Le bassin versant est l'unité géographique au sein de laquelle tout nouveau projet hydroélectrique devrait être examiné en première approche.

La création de grands réservoirs à gestion interannuelle concerne généralement des territoires naturels éloignés des centres d'activité humaine. Bien qu'isolés, ces aménagements bouleversent cependant à grande échelle l'équilibre fragile du système hydrologique en raison:

- de la dérivation des eaux d'un bassin versant voisin;
- du détournement de cours d'eau;
- de la perturbation du cycle hydrologique:
 - limitation des phénomènes de crues;
 - aggravation ou soutien des étiages;
 - surdébits;
- de la modification du transport solide;
- de la modification des habitats;
- de l'accumulation de mercure dans la chair du poisson;

- de la perturbation de l'écosystème estuarien;
- du blocage des migrations de poissons.

Ils peuvent aussi avoir des impacts non négligeables sur les écosystèmes terrestres et ce, compte tenu:

- de la perte par recouvrement de boisements ou de sites patrimoniaux;
- de la perte d'habitats;
- de la modification de l'accessibilité au cours d'eau;
- de la coupure de voies de migration (caribou);
- des effets sur le micro-climat.

Les petits aménagements hydroélectriques se rencontrent plutôt sur des cours d'eau déjà exploités par l'homme et situés à proximité de centres urbains ou industriels en raison de la préexistence d'un barrage ou de la facilité de raccordement au réseau public de distribution.

Il faut d'abord se garder de penser qu'un petit aménagement signifie nécessairement un impact réduit. Au même titre qu'un méga-projet, un petit équipement hydroélectrique entrave la migration des poissons, touche en cas de dérivation un tronçon plus ou moins long du cours d'eau et perturbe la dévalaison de la faune ichthyologique.

Par ailleurs, les petits équipements sont potentiellement plus nombreux. En effet, le nombre de sites équipables est plus important, les autorisations souvent plus aisées à obtenir et le coût d'installation beaucoup plus faible. Si l'on ajoute en plus une garantie d'achat de l'électricité, les petites centrales hydroélectriques deviennent alors un produit particulièrement attractif pour les investisseurs. Ainsi, les impacts cumulatifs liés à la multiplication du nombre de petits ouvrages dans un bassin versant peuvent conduire à une situation particulièrement dommageable pour la vie du cours d'eau.

Enfin, compte tenu de la localisation de ce type d'ouvrage, la situation est souvent aggravée par l'existence de sources de pollution urbaines, industrielles ou agricoles en amont et en aval du site étudié.

Les questions suivantes ont pour objectif de cerner les principaux enjeux environnementaux du projet en regard des particularités du bassin versant.

1) Quelles sont les espèces piscicoles présentes dans le bassin?

- espèces migratrices anadromes et catadromes (saumon, alose, anguille);
- espèces effectuant des déplacements à l'intérieur du bassin (doré, perchaude, achigan, maskinongé, omble de fontaine, ouananiche ...);
- espèces menacées ou vulnérables ou sur lesquelles pèse actuellement une menace de diminution des stocks (ex.: touladi, suceur cuivré, anguille, poulamon, populations reliques d'omble chevalier d'eau douce);
 - les obstacles peuvent rendre inaccessibles les frayères ou les zones d'engraissement;
 - la modification du régime des eaux peut rendre les sites de reproduction inadéquats.

2) Existe-t-il dans le bassin versant des structures récréo-touristiques susceptibles d'être touchées par l'aménagement?

3) Où se situe le projet dans le bassin versant?

- un grand réservoir situé dans le tiers supérieur du cours d'eau aura un effet sur les débits de ce cours d'eau et pourra modifier le régime des crues, des étiages et éventuellement, celui des glaces;
- par contre, un grand réservoir situé dans la portion inférieure du cours principal aura peu d'effet sur le régime hydrologique mais pourra constituer un obstacle infranchissable ou difficilement franchissable pour de nombreuses espèces piscicoles effectuant des migrations anadromes ou catadromes ou de simples déplacements à l'intérieur du bassin versant.

4) Quelle est l'importance et la nature du transport solide (charriage des particules en suspension) dans le bassin versant?

- Existe-t-il des zones d'érosion importantes liées aux pratiques agricoles ou forestières, aux réseaux de drainage, à la déstabilisation des berges? La retenue prévue jouera

alors le rôle de bassin de décantation accumulant les sédiments issus de l'amont. La vidange périodique de cette retenue peut être la source de problèmes graves de colmatage du lit à l'aval. Il sera notamment nécessaire de prévoir la mise en place de vannes de fond réglables et de modalités de vidange particulières.

- Dans le cas d'un processus naturel d'érosion, le transport solide du cours d'eau limite la force érosive des eaux. La création d'un barrage réduit le débit solide en raison de la décantation qui s'opère dans la retenue et contribue à appauvrir les apports à l'estuaire. Une érosion progressive se manifeste sur le cours aval et parfois sur la côte en raison de l'existence de forts courants côtiers dont l'énergie n'est plus dissipée par le transport des alluvions.

5) Y-a-t-il dans le bassin versant une ou des sources importantes de pollution?

- en amont de l'ouvrage projeté: les contaminants sont susceptibles de provoquer une accumulation de sédiments toxiques dans la retenue.
- en aval de l'ouvrage, dans le tronçon court-circuité: les contaminants sont susceptibles de ne plus être dilués par le débit naturel.

1.2 Le barrage et la retenue

1) S'agit-il d'un barrage existant?

- Quel est son état?

S'il est en mauvais état, ne serait-il pas préférable de le démanteler totalement compte tenu de la présence d'espèces migratrices dans le bassin versant ou de la volonté de restaurer le cours d'eau?

- Quels sont ses effets actuels?

- sur la faune;
- sur les activités récréo-touristiques;

- sur l'hydraulique de la rivière (importance du remous en période de crue, érosion du lit et des berges en aval du barrage, envasement de la retenue);
 - sur le régime thermique du cours d'eau?
- Est-il prévu de modifier le mode de gestion de l'ouvrage (marnage de la retenue, débit réservé, débit turbiné)?

2) S'agit-il de la création d'un nouveau barrage?

- La retenue va-t-elle noyer un site pittoresque ou patrimonial (site d'intérêt naturel ou historique, habitat particulier d'espèces animales ou végétales) ou une zone actuellement utilisée pour des activités récréo-touristiques (canot, rafting, pêche, circuit de randonnée ...).
- Les activités agricoles ou forestières risquent-elles de souffrir de la remontée du niveau piézométrique?
- En cas de présence d'espèces piscicoles migratrices, sera-t-il techniquement ou économiquement possible de construire et d'entretenir un dispositif de franchissement (passe migratoire ou piégeage/transport)?
- Quelle est la qualité de l'eau au niveau de l'aménagement envisagé? La création d'une retenue ne risque-t-elle pas de provoquer des mécanismes de bioaccumulation de certains métaux lourds dans les sédiments et la chaîne alimentaire? Y aura-t-il des modifications et des variations significatives de la température de l'eau?
- Lors de la création d'une importante retenue (effet de barrière), les déplacements ou l'habitat de la grande faune (orignal, caribou, cerf de Virginie) seront-ils perturbés?

3) Dans le cas d'un barrage existant ou de la création d'un aménagement utilisant des chutes naturelles infranchissables par le poisson, serait-il opportun d'exiger à cette occasion la construction d'un dispositif de franchissement?

4) Quel sera l'impact esthétique de l'aménagement au niveau du site notamment en regard des préoccupations récréo-touristiques du MEF?

- Est-ce une amélioration ou une dépréciation du site?
- Le promoteur propose-t-il une intégration paysagère des ouvrages?
- Y a-t-il des consultations à faire auprès des ministères concernés?

1.3 La prise d'eau

1) S'agit-il d'une prise d'eau de surface (canal d'amenée à ciel ouvert, galerie à surface libre, prise d'eau suivie d'un bassin de mise en charge puis d'une conduite forcée)?

- La majorité des migrations d'avalaison (salmonidés, clupéidés) s'effectuent en surface et, de ce fait, les risques d'entraînement des poissons vers les turbines sont importants.
- Selon la position et les caractéristiques de la prise d'eau (débit dérivé, vitesse de courant, forme du panache d'écoulement) par rapport aux débits de la rivière à la période de dévalaison et à la position des vannes de décharge, les risques d'entraînement seront plus ou moins importants.
- Plusieurs types de dispositifs (grilles fixes, tambours rotatifs, canal de dévalaison, persiennes de guidage etc.) existent pour minimiser les risques d'entraînement des poissons dans les prises d'eau. Le choix du dispositif approprié dépend des caractéristiques du site. Le lecteur pourra consulter le Bulletin français de la pêche et de la pisciculture n° 326-327 / 1992-3 et 4 pour en savoir davantage sur les modèles existants.
- Il est préférable de négocier sur la nature et la position de la prise d'eau et des vannes de décharge au cours de la phase de conception, plutôt que de devoir adapter après construction un dispositif d'évitement dans des conditions non satisfaisantes.

2) S'agit-il d'une prise d'eau de fond?

- Compte tenu de la fréquence des dévalaisons de surface, les risques d'entraînement du poisson (à l'exception de l'anguille) seront minimisés surtout si, durant la dévalaison, le barrage déverse naturellement ou si une surverse est opérée volontairement.

- En l'absence d'un écoulement attractif en surface, les poissons se laisseront entraîner au bout de quelques heures ou de quelques jours vers la prise d'eau.
- Dans un grand réservoir une prise d'eau de fond collecte les eaux les plus froides. Un impact thermique est donc prévisible en aval de la centrale durant la saison chaude (Figure 1). Afin d'éviter cet inconvénient, il est possible de prévoir l'installation d'une prise d'eau munie de vannes à différents niveau de la retenue.

3) Quelles sont les propositions du promoteur pour réduire l'impact visuel des conduites d'amenée à la centrale?

- La mise en place de conduites forcées à flanc de versant porte souvent une atteinte importante au paysage.
- L'enterrement des conduites est très fortement recommandé. Cependant, aucune végétation appropriée ne pourra être réimplantée sur le tracé de la conduite. Dans ces conditions, il est nécessaire d'apporter une attention particulière à l'intégration paysagère du projet comme, par exemple, l'utilisation de chemins existants ou la conservation d'écrans visuels.

1.4 La centrale

1) De quel type de turbine sera équipée l'usine?

- Selon le type de turbine, l'entraînement des poissons vers l'usine se traduira par un pourcentage de mortalité plus ou moins important.
 - 100% de mortalité pour les turbines PELTON;
 - de 5 à 90% pour les turbines FRANCIS;
 - de 5 à 20% pour les turbines KAPLAN.

Les mortalités dans les turbines FRANCIS et KAPLAN varient notamment en fonction des caractéristiques de la roue (diamètre, vitesse de rotation), de leur régime de fonctionnement, de la hauteur de chute ainsi que de l'espèce et de la taille du poisson concerné. Le Bulletin français de la pêche et de la pisciculture n° 312-313 / 1989-1 et 2 apporte des renseignements supplémentaires à ce sujet.

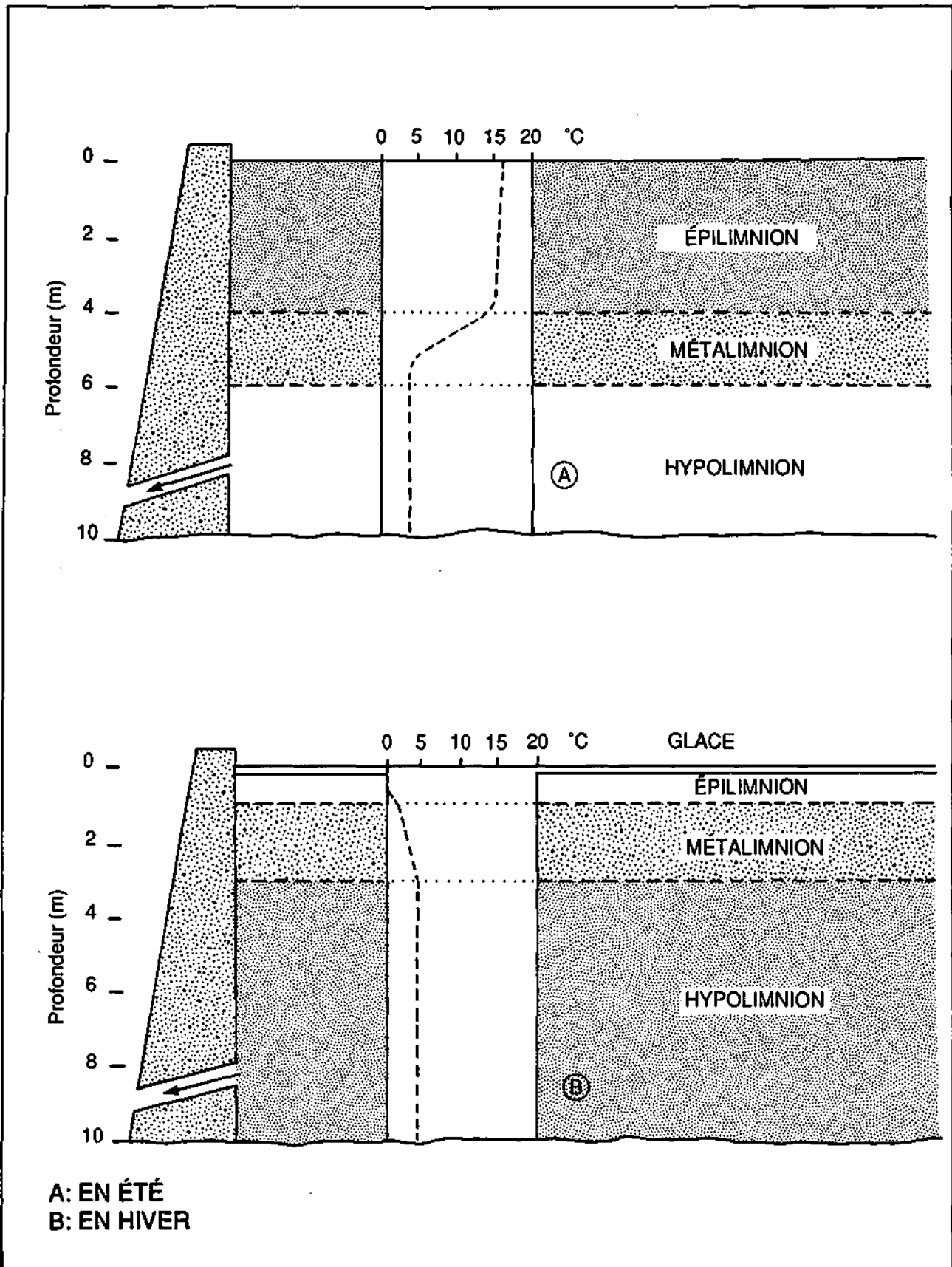


Figure 1. Stratification thermique dans un réservoir.

2) L'usine fonctionnera-t-elle par éclusées?

- Les variations brutales de débit en aval d'une centrale:
 - constituent un danger pour la pratique d'activités récréatives liées à l'eau (pêche, nautisme, baignade);
 - provoquent un lessivage répétitif du lit de la rivière et diminuent très fortement la productivité du cours d'eau;
 - dans le cas des petites centrales, les changements brusques de débit sont à proscrire. En effet, les éclusées sont surtout utilisées pour satisfaire les pointes de consommation. Leur mise en place pour de petits aménagements ne se justifie pas économiquement.

3) Quelle sera la distance entre l'usine et le point de raccordement au réseau public de distribution de l'électricité?

- Dans les sites esthétiquement sensibles sur le plan visuel, il serait avantageux de s'assurer que la ligne électrique sera ensevelie.
- Dans les autres cas, le tracé de la ligne devrait être conçu de façon à minimiser les trouées dans le couvert forestier.

4) L'aménagement projeté prévoit-il la réutilisation de bâtiments existants?

- Dans le cas de réaménagement d'anciens ouvrages, la réutilisation et la réhabilitation des bâtiments existants peut s'avérer une excellente opportunité pour la sauvegarde du patrimoine historique et architectural.
- Même si les bâtiments ne bénéficient pas d'un classement au titre des monuments historiques, la réutilisation de sites industriels est généralement soutenue par le ministère des Affaires culturelles et peut bénéficier le cas échéant, d'une aide financière.

5) Lors de la construction d'une nouvelle usine, quel sera l'impact visuel du bâtiment dans le site?

- Le promoteur a-t-il envisagé des solutions d'intégration paysagère?
 - construction d'un bâtiment s'intégrant aux types de structures avoisinantes;
 - construction d'un bâtiment présentant une recherche architecturale;
 - construction d'un bâtiment souterrain ou partiellement enterré ou érection d'une usine submersible avec, si nécessaire, une construction annexe pour mettre les installations électriques à l'abri des crues.

1.5 Le canal de fuite

1) Comment se fait le rejet dans la rivière?

La localisation du canal

Il est important de bien localiser le site de rejet par rapport au barrage et aux singularités du lit.

- Si l'usine est située en pied de barrage, le canal de fuite peut être inexistant. Dans ce cas, le comportement du poisson ne devrait pas être modifié jusqu'au pied du barrage. En général, même si le poisson stationne quelque temps au pied de l'usine, il devrait pouvoir se déplacer le long du barrage et trouver l'entrée d'une passe à poisson qui se situerait sur la rive opposée. Chaque situation rencontrée constitue un cas d'espèce, à la fois complexe et unique, et mérite de recevoir une attention particulière. Aucune règle sûre ne permet de prévoir le comportement qu'adoptera le poisson en telle ou telle circonstance.
- Si le rejet de l'usine se fait très à l'aval du barrage (longue dérivation, avec canal de fuite ou isolement du rejet de l'usine par un mur prolongateur), le poisson devrait naturellement avoir tendance à pénétrer dans le canal de fuite en raison de l'attraction exercée par le débit et la vitesse de l'écoulement (appel d'eau). Toutefois, ici encore, chaque cas type nécessite un examen de la situation qui prendra en compte les conditions du milieu récepteur.

En général, si une passe migratoire s'avère nécessaire, elle doit normalement être implantée au niveau de l'usine et éventuellement doublée d'un deuxième dispositif de franchissement au niveau du barrage. À ce chapitre, il ne fait pas de doute que des spécialistes en matière d'ingénierie hydraulique et de conception de passes migratoires devraient être mis à contribution.

Une alternative de solution peut être envisagée pour éviter la construction de deux passes migratoires:

- construction d'un canal de liaison entre le pied de l'usine et le tronçon court-circuité de la rivière si une différence de niveau suffisante existe;
- mise en place d'un obstacle infranchissable dans le tronçon court-circuité de façon à favoriser la pénétration de toutes les espèces en migration dans le canal de fuite de l'usine (écrans électriques, petit seuil, grilles escamotables, etc.).

Orientation et caractère permanent ou intermittent du canal

Ces deux facteurs peuvent modifier l'hydraulique du cours d'eau et le comportement du poisson de cinq façon, soit:

- en créant de nouvelles zones d'érosion;
- en remodelant le lit de la rivière et en modifiant la répartition granulométrique des sédiments;
- en lessivant le substrat du cours d'eau et en appauvrissant la faune benthique particulièrement dans le cas de fonctionnement en éclusées;
- en constituant un effet de barrière hydraulique permanent ou intermittent vis-à-vis du déplacement des poissons lorsque le rejet d'un fort débit se fait perpendiculairement au sens d'écoulement de la rivière.
- en perturbant des zones de reproduction ou de stabulation du poisson par modification de la forme des écoulements.

Conséquemment, la pêche et la pratique d'activités récréatives sur la rivière seront également touchées.

- 2) Quelle est l'importance relative du débit provenant de la centrale par rapport au débit du tronçon court-circuité?
- Cette analyse doit se faire pour diverses conditions de débit et pour les différentes saisons et ce, de façon à mieux appréhender le comportement du poisson lors de la migration ainsi que l'évolution, en période estivale ou hivernale, de l'oxygène dissous et des températures qui exercent leur action sur le régime des glaces.

1.6 Le tronçon court-circuité

- 1) Quelle sera la longueur du tronçon court-circuité?
- Quelles sont les caractéristiques actuelles de ce tronçon?
 - hydromorphologie;
 - faciès d'écoulement et granulométrie;
 - espèces présentes;
 - frayères existantes;
 - aires d'alevinage et d'alimentation;
 - couverts de fuite et d'abri;
 - productivité du milieu récepteur;
 - sites de pêche;
 - autres activités récréatives ou structures riveraines existantes (sentiers d'interprétation, piste cyclable, belvédère).

Le rapport «nombre de kilomètres touchés/longueur totale du cours d'eau» peut être un bon indice d'appréciation du degré de perturbation du cours d'eau. Dans ce cas, les tronçons considérés pourront être l'ensemble des portions du cours d'eau touchées par une pollution intensive, une réduction de débit ou un colmatage des fonds.

2) Quelle sera la valeur du débit réservé?

À l'exception des usines de pied de barrage, tout aménagement hydroélectrique conduit à détourner une partie des eaux d'un cours d'eau sur quelques dizaines de mètres ou sur plusieurs kilomètres. Outre son rôle de drainage du bassin versant, un cours d'eau constitue le support de plusieurs formes de vie animale et végétale. Entre autres, la faune et la flore benthique constituent des maillons essentiels dans la chaîne alimentaire des espèces piscicoles. Une réduction du débit, du tirant d'eau et de la surface mouillée aura non seulement un effet sur l'habitat disponible pour le poisson mais également sur la quantité et la qualité de ses ressources alimentaires.

Dans une perspective de développement durable, la création de nouvelles petites unités de production hydroélectrique ne peut se concevoir que si toutes les précautions sont prises pour garantir la diversité biologique et la productivité des cours d'eau. À cet effet, le maintien d'un débit réservé, c'est-à-dire un débit minimum garantissant la vie, la circulation et la reproduction du poisson dans le tronçon court-circuité du cours d'eau, constitue sans aucun doute une condition sine qua non à exiger avant l'octroi de toute autorisation. Plusieurs méthodes sont actuellement utilisées dans divers pays pour définir la valeur du débit réservé (voir Section IV). Certaines sont fondées sur une analyse statistique des données hydrologiques conduisant à retenir des valeurs de débit correspondant à des fractions du débit moyen annuel ou à des valeurs caractéristiques d'étiage. D'autres, dites biologiques et développées à l'origine aux États Unis, ont permis de privilégier l'approche «habitat». Dans ce cas, il ne s'agit pas de considérer le débit en tant que tel mais les effets de ce débit sur la qualité et la quantité d'habitats potentiellement disponibles et utilisables par la faune aquatique.

Les premières méthodes biologiques étaient simples et permettaient de caractériser les potentiels d'habitats par l'appréciation du périmètre mouillé sur plusieurs transects du tronçon court-circuité. Les plus récentes sont plus sophistiquées et tendent à intégrer des facteurs d'ordre hydrologique (vitesses de courant) géomorphologique (granulométrie du substrat) et biologique (aptitudes des espèces présentes à survivre dans le milieu artificiel créé).

Cependant, ces méthodes sont difficilement reproductibles et transposables. Une même méthode hydrologique appliquée à des cours d'eau de type hydrologique différent donnera selon le cas des valeurs de débit réservé plus ou moins pénalisants pour le milieu. Les méthodes biologiques, appliquées au cas par cas, préconisent des valeurs plus acceptables mais sont souvent lourdes à mettre en oeuvre, beaucoup plus coûteuses et, de ce fait, généralement utilisées pour de grands aménagements. De plus, leur application est encore limitée à des cours d'eau essentiellement fréquentés par les salmonidés migrateurs.

3) Le débit réservé doit-il être modulé au cours de l'année?

Lorsque deux débits sont fixés pour une portion de cours d'eau, il convient de noter que c'est le plus faible qui conditionne la valeur biologique intrinsèque de ce tronçon et qui agit comme facteur limitant. Dans ces conditions, si l'on envisage de moduler le débit réservé, la valeur minimale doit être définie par rapport à l'objectif biologique souhaité pour ce cours d'eau (par exemple, une production donnée d'alevins). Une valeur plus élevée du débit peut être définie pour une période particulière de l'année si l'on veut, par exemple, améliorer le fonctionnement des dispositifs de franchissement, assurer une meilleure attraction des poissons ou faciliter leur migration.

4) Quelles sont les modalités de délivrance du débit réservé?

– Essentiellement, trois modes de délivrance sont utilisés:

- en surverse: la totalité de la crête du barrage (ou une partie si le barrage n'est pas homogène sur toute sa longueur) est utilisée pour déverser le débit réservé. Il convient alors de bien contrôler la hauteur d'eau sur le déversoir au moyen d'un système de régulation automatique (sensible généralement à ± 3 cm). Avec ce mode de délivrance, la valeur du débit réservé est très sensible aux variations de niveau de la retenue. De plus, en conditions hivernales, la gestion du débit peut devenir difficile.
- par une conduite calibrée: avec ce moyen, la valeur du débit sera précise tant qu'aucun corps étranger ne viendra réduire la section de la conduite ou l'obstruer totalement.
- par une échancrure calibrée de surface: ce moyen présente l'avantage de permettre le choix de l'emplacement de l'échancrure afin, par exemple, de délivrer le débit

réservé à proximité du dispositif de franchissement. Dans ce cas, la valeur du débit réservé est peu sensible aux variations de niveaux de la retenue (en particulier dans le cas d'une échancrure profonde) et l'entretien du dispositif est plus aisé.

- Une petite portion du débit réservé peut aussi être délivrée complémentirement en surverse afin:
 - d'éviter l'assèchement périodique des ouvrages et de garantir leur durée de vie;
 - d'améliorer la perception visuelle des ouvrages;
 - de contribuer à une bonne oxygénation de l'eau;
 - de guider éventuellement les poissons en pied de barrage vers le ou les dispositifs de franchissement.

5) Quelle variation de hauteur subira la ligne d'eau dans le tronçon court-circuité?

Un abaissement important de la ligne d'eau sur le cours principal d'une rivière peut entraîner des mécanismes d'érosion régressive dans les tributaires. À l'embouchure d'un tributaire, ce phénomène peut favoriser la création d'un obstacle qui rendra l'accès à ce cours d'eau difficile ou impossible aux espèces migratrices ainsi qu'à celles qui y effectuent des déplacements saisonniers pour se reproduire ou accomplir toutes autres fonctions physiologiques ou comportementales.

1.7 L'économie du projet

La durée de vie d'un aménagement hydroélectrique est d'environ 30 à 60 ans. Un ouvrage mal implanté, mal conçu ou autorisé sur la base d'une mauvaise analyse prospective aura donc à long terme des effets négatifs sur l'écosystème aquatique. De même, un ouvrage dont la rentabilité a été surestimée au départ par le promoteur peut s'avérer être une source permanente de contentieux avec l'administration et le milieu local. En effet, le promoteur tentera toujours de rentabiliser son investissement en augmentant la production de son installation (surélévation de la crête du barrage, accroissement du débit turbiné, fonctionnement en éclusées en période d'étiage, non respect du débit réservé, etc.).

Dans ce contexte il convient d'analyser rigoureusement les aspects économiques du projet:

- intérêt du projet par rapport à la perte de patrimoine et à sa valeur économique potentielle (tourisme, pêche, activités récréatives, biodiversité, pouvoir auto-épurateur de la rivière, etc.);
- rentabilité nette de l'opération n'omettant pas de prendre en compte:
 - le coût des mesures d'atténuation et de compensation (débit réservé, construction, suivi, améliorations éventuelles et entretien régulier des passes migratoires, etc.);
 - les charges d'exploitation;
 - les provisions pour amortissement du gros matériel (turbines, générateurs).

Par ailleurs, il faut mentionner que les coûts d'installation d'une petite centrale dépendent des caractéristiques du site et de sa puissance. Selon le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources Canada (1993), il en coûte entre 2000 et 5000 \$ canadiens le kilowatt installé. Le tableau 1 présente quelques références de coûts selon la hauteur de chute et la puissance de l'aménagement.

Tableau 1. Estimation du coût de production d'énergie électrique en fonction de la hauteur de chute et de la puissance de l'aménagement.

Lieu	Hauteur (m)	Puissance (kw)	Prix au kW installé en \$ US		
			Total (\$)	équipement électromécanique (%)	génie civil (%)
France	5	20	2500	35-40	60-65
France-USA	10	50	1900	20-40	60-80
France-USA	10	200	2500	40	60
France	10	500	1700		
Pérou	50- 60	20	2500	52	48
France	50-200	150- 400	1100	50-60	40-50
France	50-200	200-1000	600	50-60	40-50
France	50-200	> 1000	900	50-60	40-50

Les charges d'exploitation d'une centrale bien gérée représentent normalement 3 à 5% de l'investissement et comprennent:

- le gardiennage éventuel, l'entretien des bâtiments et des installations;
- les taxes;
- les assurances;
- les provisions pour réparations;
- les frais divers (par exemple, les droits de passage des canaux et de la conduite forcée).

Si l'on tient compte de la production hydroélectrique, thermique classique et nucléaire, des projets de cogénération et du contrat de gestion de Churchill Falls, la puissance disponible du Québec était, en 1992, de 34 308 mégawatts (Tableau 2).

1.8 Propriété des terrains

1) Qui est le propriétaire actuel des terrains?

- Sites publics:
 - le MEF (secteur Faune) a la possibilité, dès la préconsultation menée par le MRN, d'émettre un avis sur le site proposé. En cas d'opposition motivée, le site peut être retiré de la liste des sites disponibles. Il faudrait voir à ce chapitre à ce que le secteur Faune se dote de critères précis qui permettraient de justifier de façon rigoureuse le rejet d'un site;
 - le MEF (secteur Faune) doit, bien sûr, vérifier s'il n'est pas lui-même propriétaire ou détenteur de droits sur le site;
 - il incombe au promoteur de vérifier si des propriétés privées seront touchées par les routes d'accès ou les corridors de passage des lignes électriques projetés. Le MEF (secteur Environnement) examinera ces aspects lors de l'analyse de l'étude d'impact ou de l'étude de répercussions environnementales.
- Sites privés:
 - le promoteur doit démontrer qu'il est propriétaire du terrain ou qu'il a obtenu des actuels propriétaires des accords conditionnels de vente ou de droit de passage.

Tableau 2. Puissance et énergie électrique disponibles au Québec (producteurs et types de centrales au 31 décembre 1991).

Producteurs	Puissance disponible (kW)						Énergie électrique disponible (milliards de kWh)		
	Types de centrales						Hydraulique	Thermiques classique et nucléaire, combustion interne, turbine à gaz	Total
	Hydraulique	Thermique classique	Thermique nucléaire	Combustion interne	Turbine à gaz	Total			
Hydro-Québec	25 082 615	600 000	685 000	108 425	362 880	26 838 920	117,1	4,8	121,9
Entreprises privées	3 138 101	51 450	0	5 625	0	3 195 176	21,5	n.d.	21,5
Municipalités	28 800	0	0	0	0	28 800	0,1	0,0	0,1
Total partiel	28 249 516	651 450	685 000	114 050	362 880	30 062 896	138,7	4,8	143,5
Churchill Falls (1)	4 246 000	0	0	0	0	4 246 000	26,3	0,0	26,3
Total global	32 495 516	651 450	685 000	114 050	362 880	34 308 896	165,0	4,8	169,8

2. ANALYSE DÉTAILLÉE

Les tableaux formant le corps de cette seconde section ont pour objectif de fournir le maximum de points de repère pour l'analyse fine du projet et l'établissement des recommandations du MEF (secteur Faune). Ils sont volontairement très détaillés de façon à satisfaire aux exigences requises lors de l'examen d'un petit ou d'un grand projet d'aménagement hydroélectrique. Selon l'importance du projet, l'analyste retiendra les éléments qui lui paraissent adaptés au cas qui lui est soumis.

Le tableau 3 identifie les impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement tandis que le tableau 4 s'attache à décrire les impacts associés aux différentes phases de construction de la centrale.

Tableau 3. Impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
RÉSÉROIRS					
<p>1.1 Utilisation de réservoirs existants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'impact supplémentaire si maintien des conditions d'utilisation antérieures. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'impact supplémentaire si maintien des conditions d'utilisation antérieures. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'impact supplémentaire si maintien des conditions d'utilisation antérieures. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indication des modifications éventuelles qui seront apportées à la gestion du réservoir (marnage journalier, hebdomadaire, saisonnier...) • Nature physico-chimique des sédiments accumulés dans la retenue. • Vidange éventuelle (date prévue, durée). 	<ul style="list-style-type: none"> • La réutilisation d'un réservoir existant peut être l'occasion d'apporter une amélioration à la gestion de la retenue (pour favoriser la reproduction de certaines espèces piscicoles par exemple). <ul style="list-style-type: none"> — construction d'une passe migratoire; — création d'un dispositif d'évitement des turbines pour les juvéniles ou les adultes en dévalaison; — négociation d'un nouveau débit réservé. <p><i>Note: Des réservoirs situés très à l'amont ou sur des tributaires peuvent être utilisés pour augmenter le débit en période d'étiage. Dans ce cas une attention particulière devra être portée aux modalités de gestion de ces réservoirs situés hors de la zone d'étude.</i></p>
<p>1.2 Création d'un plan d'eau (réservoir) ou modification des caractéristiques ou de l'usage d'un plan d'eau existant(*)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • (*) Suppression d'habitats terrestres (aires de reproduction, parois rocheuses, zones humides, aires de nourrissage). • (*) Création de nouveaux habitats aquatiques à partir de superficies terrestres. • (*) Modification et/ou élimination des habitats aquatiques des plans d'eau inclus dans le nouveau réservoir. • (*) Méthylation du mercure. • Suppression de frayères d'espèces d'eaux vives. • (*) Atteintes à un habitat d'espèces menacées ou vulnérables (aquatique ou terrestre). • (*) Modification de l'habitat terrestre riverain par remonée du niveau piézométrique (modification de la végétation, noyage de tertres et tanières). • Coupure de voies de migration utilisées par les espèces terrestres (noyage d'un qué). • Trappage des sédiments: réduction du transport solide, érosion accrue à l'aval de la retenue, modification des apports à l'estuaire. • Accumulation de pollution venant de l'amont (contamination des sédiments). • Risque de fermentation anaérobie en profondeur. • Retardage de boues et de sédiments contaminés lors des vidanges • Baisse de la teneur en O₂ dissous. • Diminution de la capacité d'autoépuration de la rivière. • Suppression de l'effet de chasse (nettoyage naturel du lit) en raison du laminage des crues par la retenue. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modification de la composition spécifique et de la structure des populations aquatiques (microfaune et macrofaune). • (*) Disparition des espèces terrestres ou relocalisation et surconcentration temporaire autour de la retenue — augmentation de la compétition territoriale et de la prédation. • Explosion trophique durant les premières années suivant la création du réservoir. • (*) Augmentation de la biomasse totale de poisson. • Augmentation du coefficient de condition de plusieurs espèces. • (*) Bioaccumulation de mercure dans la chair des poissons — Évolution spatio-temporelle de la teneur en mercure (20-30 ans) — Baisse temporaire de la qualité de la chair des poissons en raison de la contamination mercurielle. • Création de nouvelles possibilités de pêche sportive, commerciale et de subsistance. • (*) Potentiel d'utilisation du plan d'eau pour l'agriculture. 	<ul style="list-style-type: none"> • (*) Noyage d'un site pittoresque ou patrimonial (naturel ou historique) ou d'un site actuellement utilisé ou potentiellement utilisable pour des activités récréo-touristiques (kayak, canot, rafting, pêche, itinéraire touristique, randonnée pédestre, cycliste, équestre...). • (*) Modification du potentiel halieutique du site. • (*) Allongement de certains itinéraires de contournement de la retenue. • (*) Création de nouvelles activités récréo-touristiques générées par le plan d'eau ou les nouvelles infrastructures. • (*) Modification des caractéristiques paysagères du site. 	<ul style="list-style-type: none"> • (*) Caractéristiques des territoires terrestres inondés: végétation, faune présente temporairement ou de façon permanente, type de sol, topographie etc... • (*) Caractéristiques des plans d'eau et cours d'eau inondés: faune ichtyenne, identification des frayères, qualité de l'eau, végétation, etc... • (*) Caractéristiques du réservoir créé: superficie, marnage, profondeur moyenne, effets sur le niveau piézométrique, temps de séjour de l'eau, courbes de remous pour différents débits etc...). • (*) Quantification des effets des variations du niveau piézométrique sur les terres agricoles ou naturelles riveraines. • Indication des sources de pollution situées à l'amont du réservoir. • (*) Activités récréo-touristiques existantes ou potentielles (cf cartes de l'inventaire des terres du Canada). • (*) Inventaire des sites archéologiques et historiques susceptibles d'être affectés par le projet. • Activités traditionnelles de pêche et de consommation du poisson. • (*) Indication des réseaux routiers ou des itinéraires touristiques, pédestres, cyclistes ou équestres affectés par le projet et susceptibles de l'être en cas de crue aggravée par la présence du barrage. • (*) Visualisation du site avant et après aménagement: croquis, schémas, coupes, photographes. 	<ul style="list-style-type: none"> • (*) Si le transport solide est important, favoriser en période de crue, (de façon à bénéficier du maximum de dilution) un autocurage de la retenue par ouverture des vannes de fond. Le choix d'un évacuateur de crue complémentaire situé à la partie inférieure du barrage et adapté au régime et au transport solide du cours d'eau pourra améliorer sensiblement l'efficacité de l'autocurage. • Les teneurs en mercure augmentent rapidement après la mise en eau puis diminuent graduellement après 5 ans. Les teneurs initiales sont retrouvées après 20-30 ans. Les mesures d'atténuation pour la pêche comprennent des subventions: <ul style="list-style-type: none"> — pour la pêche d'espèces à faible teneur en mercure; — pour la pêche dans des sites éloignés; — pour la récolte de ressources alternatives aux poissons. • (*) Construction d'un contre-canal en bordure de la retenue pour maintenir le plafond de la nappe phréatique à une profondeur compatible avec la végétation ou les constructions à proximité de l'aménagement. • (*) Limiter le déboisement autour de la retenue au strict nécessaire et conserver au minimum une lisière boisée de 20 m en plus de l'écotone riverain. • (*) Si les abords du plan d'eau ont été perturbés, prévoir un reboisement avec des essences appropriées. • création de frayères. • Compensation pour habitats aquatiques et semi-aquatiques perdus.

Un astérisque précède les alinéas concernant à la fois la création et la modification d'un projet.

Tableau 3. Impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
1. RÉSERVOIRS (suite)					
1.3 Marnage	<ul style="list-style-type: none"> Modification des conditions d'accessibilité aux tribulaires pour la faune aquatique. Zone littorale peu productive. Conditions d'accès au plan d'eau plus difficiles pour la faune terrestre. Amplification de l'érosion sur les berges. Dégradation accrue des habitats en raison des variations rapides ou saisonnières, du niveau de l'eau. Augmentation du processus de méthylation du mercure. 	<ul style="list-style-type: none"> Difficulté de maintenir des peuplements animaux ou végétaux dans la zone de marnage. Perturbation des activités de reproduction, d'alimentation et d'élevage pour la faune aquatique. Amplification du phénomène de bioaccumulation du mercure et des effets sur la pêche. Possibilité de noyade pour la faune terrestre (nids, terriers riverains, huttes de castors ou de rat musqué). 	<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intérêt récréo-touristique pour le site (impact visuel, difficultés d'accès au plan d'eau). 	<ul style="list-style-type: none"> Type de marnage (journalier ou saisonnier). Cote d'exploitation minimale et maximale, superficies correspondantes du réservoir, proportion de la surface du réservoir soumise au marnage. Nature et pente des berges. Analyse de l'influence, du déplacement de la ligne de saturation en eau sur la stabilité des berges. Quantification des effets des variations du niveau piézométrique sur les terres agricoles ou naturelles riveraines. Visualisation du plan d'eau à différentes périodes de l'année en fonction de l'évolution du niveau de la retenue (photomontages, schémas, croquis). 	<ul style="list-style-type: none"> Pour les aménagements de taille moyenne, minimiser l'amplitude des variations du niveau de l'eau. Pour les petites retenues, interdire le marnage et le fonctionnement de l'usine en éclusées. Si l'effet du marnage contrarie la reproduction de certaines espèces piscicoles, prévoir l'implantation de frayères artificielles ou la création de petites retenues à niveau constant dans les parties les moins profondes de la retenue. La création de petits plans d'eau de queue de retenue à niveau constant peut permettre le maintien ou le développement d'activités récréatives liées à l'eau. L'impact visuel de l'effet de marnage peut être diminué par la conservation ou la plantation d'écrans végétaux limitant la perception du plan d'eau à partir des axes de communication.
1.4 Inertie de la masse d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Température plus froide et plus stable que celle de la rivière notamment pour les grands réservoirs. Gel et dégel retardés. Phénomène de stratification thermique. 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation des activités de reproduction, d'alimentation et d'élevage. Perturbation du synchronisme des activités, pouvant affecter la survie de certaines populations. Modification des communautés piscicoles. 	<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intérêt pour certains sites de baignade en aval. 	<ul style="list-style-type: none"> Importance du réservoir créé (volume d'eau, temps de séjour de l'eau, profondeur). Conditions thermiques naturelles du cours d'eau avant aménagement. Bilan thermique du réservoir. Modalités de gestion prévues (niveau de la ou des prises d'eau). 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité de prises d'eau à différents niveaux pour une meilleure gestion thermique du cours d'eau à l'aval.

Tableau 3. Impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
2. BARRAGES ET DIGUES					
2.1 Présence	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat par empiètement. • Création d'obstacles à la libre circulation des poissons. • Création d'habitats sur la surface des digues, pouvant être utilisés par certaines espèces (ex. : caches ou abris pour les poissons dans les digues en enrochement). 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des activités de reproduction (accès coupé aux sites amont). • Interruption de la dérive des invertébrés. • Accroissements de l'habitat aquatique disponible. • Création d'obstacles à la libre circulation des poissons. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de sites de pêche en eau vive. • Perturbation esthétique d'un site naturel. • Risque d'abandon du site par les touristes et les pêcheurs. • Difficultés de franchissement de l'ouvrage par les embarcations (canot, rafting...). • Impact sur les activités de pêche (aval et amont) et retard dans la migration. • Conséquences sur la population et les infrastructures (notamment de loisir) d'une rupture du barrage ou d'une défaillance grave des installations. • Impact potentiel du barrage sur l'écoulement des crues, conséquences éventuelles pour les habitations ou les infrastructures de loisir implantées en amont. 	<ul style="list-style-type: none"> • Site d'implantation (localisation précise sur une carte au 1/20 000'). • Plans d'implantation, types de matériaux utilisés. • Indication des sites de perception du barrage à partir des voies de communication. • Croquis en perspective ou photo-montage du barrage à partir des principaux sites de perception. • Liste des espèces piscicoles migratrices présentes dans le cours d'eau (anadromes ou catadromes). • Projet d'implantation d'une passe à poissons et/ou d'une passe à bateaux. • Localisation des sites de pêche. • Analyse des conséquences d'une rupture ou d'une défaillance des installations. • Étude géotechnique. • Courbes de remous pour différents débits. • Débit maintenu sur le barrage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Passe migratoire ou système de piégeage/transport (adapté aux espèces présentes). • Passe à bateaux si nécessaire et si la hauteur du barrage le permet. • Prise en compte de l'intégration architecturale et paysagère du barrage ou de la digue dès la conception du projet. • Conception du barrage et des vannes visant à minimiser l'impact des crues à l'amont. • Maintien d'un écoulement sur la crête du barrage assurant à la fois la protection du corps du barrage, le maintien d'un débit réservé et une amélioration de la perception visuelle des ouvrages. • Compensation financière au gestionnaire de la pêche pour les pertes de revenus engendrées.
2.2 Évacuateur de crue	<ul style="list-style-type: none"> • Modification de l'habitat à l'aval, attribuable à l'augmentation subite des débits. • Mise en suspension des sédiments accumulés sur le lit du tronçon court-circuité. • Augmentation subite de la turbidité. • Perturbation du lit et du milieu riverain en aval. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entraînement d'alevins et de juvéniles vers l'aval. • Dévalaison de poissons. • Lessivage du substrat et de la faune dans le tronçon court-circuité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Danger pour les utilisateurs de la rivière. • Influence sur les activités de pêche dans le tronçon court-circuité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude hydrologique indiquant la fréquence, la saisonnalité et l'importance des crues. • Indication du débit au delà duquel l'évacuateur de crue entre en fonctionnement. • Représentation graphique des variations de débit dans le tronçon court-circuité pour quelques crues caractéristiques. • Sensibilité des habitats à l'aval. • Efficacité de l'évacuateur de crue pour maintenir la ligne d'eau en amont du réservoir à une cote comparable à celle qui était atteinte avant équipement. • Nature et caractéristiques de l'ouvrage (débit maximum évacué, plan d'implantation...). 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilisation du lit à l'aval. • Installation au pied de l'évacuateur de dispositifs destinés à régulariser l'écoulement. • Progressivité de l'augmentation de débit dans le tronçon court-circuité (utilisation de vannes de décharge).
3. PRISE D'EAU					
3.1 Canal d'aménée et/ou conduite forcée	<ul style="list-style-type: none"> • Modification de l'habitat terrestre. • Coupure végétale souvent permanente (même si la conduite est enterrée). • Effet de drain potentiel des galeries d'aménée et des conduites forcées enterrées: conséquence sur la végétation et le débit des ruisseaux interceptés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque d'entraînement de poissons au niveau de la prise d'eau. • Perturbation de l'accès de la faune terrestre à la rivière. • Risque de noyade dans les canaux à ciel ouvert (en raison de la nature ou de la forme des berges et des vitesses de courant). 	<ul style="list-style-type: none"> • Impact visuel. • Perturbation éventuelle du réseau routier ou d'itinéraires touristiques (pédestres, équestres, cyclistes). • Risque d'entraînement des embarcations dans le canal d'aménée. • Effets de l'installation sur les divers réseaux existants (captage, conduits d'eau potable notamment pour les sites d'accueil récréo-touristiques). • Danger de noyade dans les canaux à ciel ouvert (fortes vitesses de courant). 	<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques de l'aménagement et des différents ouvrages (canal à ciel ouvert, galerie enterrée, conduite forcée, débit dérivé). • Pour les canaux à ciel ouvert : vitesse du courant, largeur, profondeur, nature des berges, présence de passerelles, longueur du canal. • Dans le cas de conduites forcées : diamètre de la ou des conduites, nature de la conduite, mode d'implantation : ancrage en surface ou enterrant (nature du sol). • Modalités d'intégration paysagère (croquis d'implantation, photo-montages...). • Indication des réseaux affectés par l'aménagement (conduits, réseaux routiers ou de randonnée). 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un dispositif d'évitement pour les poissons (grilles et chenal de dévalation). • Maintenir sur les canaux à ciel ouvert des passerelles pour le passage des animaux si nécessaire. • Protéger les abords si le lieu est fréquenté par le public. • Étanchéifier le canal d'aménée ou les galeries souterraines. • Prendre en compte dès la conception de l'ouvrage les préoccupations paysagères (éviter les superstructures, favoriser l'enlouisement des conduites forcées, choix du tracé le plus discret, création d'écrans visuels végétaux ou autres).

Tableau 3. Impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
* CENTRALE					
4.1 Turbinage	<ul style="list-style-type: none"> Exportation de mercure vers l'aval (eau, seston, poissons). 	<ul style="list-style-type: none"> Dévalaison de poissons à travers la centrale. Mortalité des poissons sur les grilles de protection des turbines. Mortalités dues au passage dans la ou les turbines. Troubles associés à la sur-saturation en gaz (« gaz bubble disease ») à la suite du passage dans une turbine. Modification du régime alimentaire de certaines espèces résultant d'un opportunisme à la sortie de la centrale. Entretien du processus de bioaccumulation du mercure. 	<ul style="list-style-type: none"> À l'amont immédiat de la centrale, risque d'entraînement des personnes se livrant à des activités nautiques vers les grilles de protection des turbines. Accumulation de déchets en amont de l'usine. Contamination de la chair des poissons exploités à l'aval de l'usine. Réduction de la ressource disponible pour la pêche sportive. 	<ul style="list-style-type: none"> Débit turbiné (% du débit naturel de la rivière). Type de grilles de protection des turbines (espacement des barreaux, présence d'un dégrilleur automatique, devenir des déchets accumulés...). Type de turbines (Francis, Kaplan, Pelton etc...). Taux de mortalité associé au type de turbine utilisé (selon la littérature). Présence d'espèces migratrices (anadrome ou catadrome). Importance et périodes des dévalaisons. 	<ul style="list-style-type: none"> Prévoir l'installation de grilles dont l'espacement entre les barreaux limitera l'entraînement des poissons vers les turbines. Mettre en place un système d'évitement pour les poissons en dévalaison (chenal de dévalaison associé ou non à une attraction lumineuse). Signalisation du danger pour les embarcations. Mise en place d'un système de dégrillage avec récupération et évacuation des déchets. Ensemencement. Compensation financière au gestionnaire de la pêche pour les pertes de revenus engendrées. <p><i>Note : Prévoir dans le suivi environnemental de quantifier le taux de mortalité résiduel lors du passage dans les turbines après mise en œuvre des mesures d'atténuation.</i></p>
4.2 Modification des conditions hydrauliques en aval de la centrale	<p>Perturbation de l'habitat aquatique (frayères, aires d'élevage, abris, etc.) attribuable à :</p> <ul style="list-style-type: none"> Modification du cycle hydrologique naturel ; Baisse de la température estivale de l'eau ; Réduction de l'habitat disponible en hiver due à la production de fraïl. Colmatage ou gel de frayères. Modification du couvert de glace et des conditions hivernales. Érosion provoquant la mise en suspension de particules fines ; Instabilité de la zone littorale ; Changement dans la végétation aquatique émergente et submergée ainsi que dans la végétation riveraine. Dans le cas de fonctionnement en écluses : variations brutales du débit et de la hauteur d'eau et amplification de l'érosion des berges et du lit (dégradation des habitats). 	<ul style="list-style-type: none"> Modification de la productivité primaire et secondaire. Perturbation des activités de migration, de reproduction, d'alimentation et d'élevage. Modification dans la diversité spécifique et dans l'abondance relative des espèces. Contamination mercurielle à l'aval des centrales en raison du comportement opportuniste des poissons. Attraction des poissons en migration vers le rejet de l'usine. Impossibilité pour certaines espèces de s'adapter aux variations soudaines de débit. Risque de noyade de la faune terrestre lors des écluses. 	<ul style="list-style-type: none"> Danger pour la pratique des activités nautiques et les utilisateurs de la rivière. (Danger accentué dans le cas de fonctionnement en écluses.) Perturbation des activités de pêche. Perturbation des déplacements sur couvert de glace limitant <ul style="list-style-type: none"> l'accès aux ressources la pratique d'activités hivernales (ski de randonnée, raquette, moto-neige). 	<ul style="list-style-type: none"> Type de centrale (pied de barrage, dérivation...). Gestion hydraulique de la centrale : débit d'équipement, variation des débits turbinés dans le temps (jour, semaine, mois, saison, année). Modalités d'opération de la centrale (énergie de base, de pointe, etc.). Distance entre la centrale et le point de rejet en rivière. Température de l'eau et bilan thermique. Caractéristiques des écoulements à l'aval de la centrale (vitesses et profondeurs, orientation des courants, effets d'érosion sur les berges, variations de la ligne d'eau en fonction des écluses). Analyse de l'influence de la variation de la ligne d'eau sur la stabilité des berges. Localisation des frayères. Migrations et déplacements, des poissons (importance, périodes). Reconstitution des débits turbinés et déversants en période de migration des poissons. Activités habituellement pratiquées en aval de la centrale (pêche, nautisme, sports d'hiver). 	<ul style="list-style-type: none"> Gestion des débits en fonction des besoins de la faune aquatique. Orientalion du rejet de façon à minimiser ou maximiser l'attraction des poissons vers l'usine. Mise en œuvre de barrières physiques empêchant le poisson de se diriger vers la sortie des turbines. Pour les grands aménagements minimiser les écluses et exiger que les variations de débit soient progressives. Pour les petits aménagements interdire le fonctionnement par écluses, trop pénalisant pour les habitats et la faune. Compensation financière au gestionnaire de la pêche pour les pertes de revenus engendrées.

Tableau 3. Impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
4. CENTRALE (suite)					
4.3 Bâtiment usine	<ul style="list-style-type: none"> Modification de l'environnement sonore. Modification de l'habitat terrestre aux abords du bâtiment et perte d'habitat par empiètement (usine, voirie,...). 	<ul style="list-style-type: none"> Effarouchement de la faune terrestre notamment lors du fonctionnement en éclusées (bruits et vibrations). 	<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intérêt du site en raison du bruit et des vibrations générés par l'usine. Accumulation inesthétique de déchets en amont de la centrale. Rejet des déchets à l'aval. La construction d'un bâtiment peut porter atteinte à l'intérêt paysager d'un lieu touristique. 	<ul style="list-style-type: none"> Nature du bâtiment usine : bâtiment existant ou construction d'un bâtiment neuf (enterré, semi enterré ou en superstructure). Plan des façades, nature des matériaux utilisés, mesures prises pour limiter le bruit et les vibrations. Indication des zones où le bruit sera significativement différent du bruit de fond du site. Devenir des déchets accumulés en amont de l'usine. Mesures prises pour favoriser l'intégration paysagère de l'usine (concertation locale et régionale). 	<ul style="list-style-type: none"> Dans la mesure du possible, chercher à réutiliser les bâtiments existants ayant un caractère patrimonial ou esthétique. <p><i>Note : La réutilisation d'un bâtiment existant peut être l'occasion d'une ouverture au public et de la création d'une nouvelle activité touristique.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pour les bâtiments neufs, rechercher une bonne intégration des installations au bâti traditionnel ou au site ou limiter l'ampleur des superstructures et la perception des installations à partir des lieux habituellement fréquentés (écrans végétaux...). Mise en œuvre d'une bonne isolation phonique. Installation d'un dégrilleur, récupération au niveau de l'usine des déchets flottants et élimination vers une installation de traitement des déchets.
4.4 Canal de fuite	<ul style="list-style-type: none"> Modification d'habitats, terrestres ou aquatiques (emprise du canal sur un habitat terrestre, creusement du lit de la rivière...). Effet de drain sur la nappe phréatique. Modification des écoulements en rivière au niveau du point de rejet. 	<ul style="list-style-type: none"> Effet d'attraction du poisson en montaison (effet de piège). Perturbation de l'accès de la faune terrestre à la rivière. Impossibilité, dans certains cas, pour le poisson de franchir l'obstacle. 	<ul style="list-style-type: none"> Modification des accès à la rivière. Coupure de réseaux existants (canalisation, itinéraire récréatif...). Danger de noyade. Concentration du poisson dans un secteur où son exploitation peut être difficile, voire impossible. 	<ul style="list-style-type: none"> Schéma d'implantation. Longueur, largeur et profondeur du canal. Vitesse du courant. Forme et orientation du rejet au point de confluence avec le cours d'eau (schéma, plans). Modalités d'intégration paysagère (croquis photo-montages...). Indication des réseaux affectés par l'aménagement (canalisations, sentiers...). 	<ul style="list-style-type: none"> Installation de barrières physiques à l'extrémité aval du canal de fuite empêchant la pénétration du poisson (rideau de chaînes, dispositifs de déflexion, barrières électriques, petit seuil...). Étanchéifier le canal. Maintien des accès à la rivière.

Tableau 3. Impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
CONSTATATIONS PERMANENTES					
<p>5.1 Réduction du débit du cours d'eau détourné ou court-circuité.</p> <p>Coupeure des débits en aval de l'usine dans le cas de fonctionnement en écluses.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Transformation d'un faciès lotique en un faciès lentique. • Perte d'habitat par exondation. • Dégradation de la qualité des habitats par augmentation de la durée de séjour de l'eau <ul style="list-style-type: none"> — Augmentation de la minéralisation de l'eau. — Augmentation de la température de l'eau en été. — Eutrophisation. — Modification du couvert de glace et des conditions hivernales (gel plus rapide, formation de frazil, diminution de l'espace disponible). — Augmentation de la sédimentation. • Dégradation du substrat liée à l'alternance des périodes d'assez et de recouvrement par les eaux (dessiccation des roches, effets de la pluie, effets du gel...). — érosion et lessivage des berges. — Colmatage des fonds. • Dégradation de la qualité des habitats liée à l'abaissement de la ligne d'eau <ul style="list-style-type: none"> — Érosion régressive à l'embouchure des tributaires. — Obstacle aux déplacements des poissons par perturbation de l'accès aux tributaires. — Impact sur le niveau piézométrique (végétation des berges, zones humides...). • Détérioration de la qualité de l'eau. <ul style="list-style-type: none"> — Qualité de l'eau influencée par les tributaires résiduels (diminution du pouvoir de dilution d'éventuels effluents domestiques et/ou industriels. — Diminution du potentiel d'autoépuration du cours d'eau • En estuaire <ul style="list-style-type: none"> — Abaissement du niveau de basse mer. — Pénétration du coin salin. — Influence accrue de la marée. — Sédimentation, circulation et stratification thermique modifiées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modification de la diversité spécifique et de l'abondance des espèces aquatiques. • Modification de la productivité primaire et secondaire. • Perturbation des activités de reproduction, d'alimentation et d'élevage. • Concentration des poissons dans les fosses. • Concentration des poissons sous couvert de glace : prédation et compétition accrues. • Augmentation de la prédation par la faune terrestre. • Risque accru de braconnage. • En estuaire <ul style="list-style-type: none"> — Déplacement des communautés. — Disparition de certains sites de fraie et d'élevage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'intérêt pour des activités récréo-touristiques. <ul style="list-style-type: none"> — Débit insuffisant pour la pratique des activités nautiques. — Perturbation des sites de pêche. — Perception négative de la rivière (eutrophisation, fonds colmatés, pollution apparente des eaux...). • Difficultés d'alimentation en eau (baisse du niveau piézométrique). 	<ul style="list-style-type: none"> • Valeur du débit réservé. • Durée des coupures du débit (en aval de la centrale). • Visualisation du tronçon court-circuité aux endroits caractéristiques pour différentes valeurs de débit. • Cartes piézométriques coupes et plans divers, localisation des prises d'eau. • Diversité spécifique et abondance des espèces. • Caractérisation de la réduction de l'habitat aquatique (surfaces asséchées, profondeurs, vitesses de courant). • Habitats et espèces touchés. • Activités récréo-touristiques pratiquées sur le tronçon de cours d'eau concerné. <ul style="list-style-type: none"> — Type et niveau d'exploitation des ressources avant aménagement. — Navigabilité avant et après aménagement (accès aux sites de pêche). • Érosion régressive prévisible à l'embouchure des tributaires. • En estuaire <ul style="list-style-type: none"> — Caractérisation des changements au niveau de la pénétration du coin salin. — Diversité spécifique et abondance des espèces d'eau douce et d'eau salée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien d'un débit réservé (éventuellement modulé dans le temps pour tenir compte de la variabilité saisonnière des débits, ou pour favoriser la migration des poissons). • Installation d'un dispositif de contrôle du débit réservé. • Conservation du cycle hydrologique (opération périodique de lâchers d'eau permettant d'assurer un auto nettoyage du lit et un décolmatage des frayères). • Création de seuils intermédiaires pour augmenter la surface mouillée, améliorer les conditions d'existence du poisson, améliorer la perception paysagère de l'aménagement ou maintenir le niveau piézométrique. • Paiement d'une redevance piscicole pour compenser par des ensemencements la perte de productivité du tronçon concerné. <p style="text-align: right; font-size: small;"><i>Note : la définition de la valeur du débit réservé doit faire l'objet d'une étude détaillée. Actuellement il n'y a pas de règles précises en la matière.</i></p>

Tableau 3. Impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
5. DÉVIATIONS PERMANENTES (suite)					
5.2 Transfert d'eau d'un bassin à un autre	<ul style="list-style-type: none"> • Modification de la qualité de l'eau du bassin récepteur et de la portion aval du cours d'eau détourné. • Risques pour la santé des écosystèmes et leur équilibre biologique. • Risque de transfert de polluants ou de contaminants (cf définition donnée par la loi sur la qualité de l'environnement art. 1 par. 5 et 6). 	<ul style="list-style-type: none"> • Stress physiologique. • Mortalités. • Mélange de souches indigènes. • Introduction de nouvelles espèces (compétitrices ou autres). • Introduction de parasites et de maladies. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilités de perturbation d'activités si transfert de polluants ou de contaminants. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité de l'eau des deux bassins. • Importance des débits transférés selon les périodes de l'année. • Importance des paramètres de qualité de l'eau pour les espèces présentes. • Origine et mélange possible des stocks en conditions naturelles (génétique des populations). • Compétition et prédation entre les espèces. • Présence de parasites. • Liste des espèces et maladies. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitation.
5.3 Augmentation du débit du cours d'eau récepteur	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes et gains d'habitats suite à la modification des conditions hydrauliques et sédimentologiques (érosion ou sédimentation accentuée). • En estuaire: augmentation de la zone d'influence du panache, réduction de la pénétration du coin salin, modification des processus de sédimentation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Effets sur les populations des gains et des pertes d'habitats. • Extension des populations dulcicoles et euryhalines dans l'estuaire et la zone côtière. • Effets de chasse sur la faune benthique et piscicole. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modification des conditions de pratique des activités récréo-touristiques en aval. • Dans le cas de fonctionnement en écluses, danger pour les utilisateurs de la rivière (pêcheurs, pratiquants d'activités nautiques...). 	<ul style="list-style-type: none"> • Caractérisation des modifications de l'habitat aquatique (superficies, profondeurs, vitesses de courant etc.). • Caractéristiques des populations de poisson. • Répartition des débits dans le temps et dans l'espace. • Utilisation des tributaires. • Évolution prévisible des paramètres de l'habitat. • Navigabilité avant et après aménagement (accès aux sites de pêche). 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitation des variations brutales de débit. • Information des utilisateurs de la rivière.

Tableau 3. Impacts potentiels des différentes parties de l'aménagement (suite et fin)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
AMÉNAGEMENTS ANNEXES					
6.1 Stabilisation des rives	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats <ul style="list-style-type: none"> — par empiètement des structures; — par modification des caractéristiques hydrauliques; — par érosion des rives et du lit (essentiellement en aval des structures) et par colmatage du fond. • Création de nouveaux habitats pour le poisson (caches). 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des activités de reproduction, d'alimentation et d'élevage liées aux différentes pertes d'habitats. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modification de la qualité du paysage et perte d'attrait de la rivière. • Difficulté d'accès à la rivière, notamment lors de l'utilisation de gabions ou de gros enrochements. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ampleur et nature des structures. • Nature des habitats menacés par le projet. • Types d'habitats créés (caches). • Analyse des nouvelles conditions hydrauliques. • Sensibilité des berges et du lit à l'érosion. • Conditions d'écoulement des eaux en situation naturelle et après aménagement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prendre en compte dès la conception l'intégration paysagère de l'aménagement (végétalisation des berges, maintien au maximum des boisements riverains). • Utilisation de matériaux qui permettent : <ul style="list-style-type: none"> — une revégétalisation rapide des berges — la création de frayères et d'abris pour le poisson — une bonne accessibilité à la rivière.
6.2 Voies d'accès aux ouvrages	<ul style="list-style-type: none"> • Modification de l'habitat terrestre. • Pertes d'habitats terrestres. • Dégradation de la qualité de l'eau par mise en suspension de sédiments ou de contaminants (hydrocarbures, sels). • Dégradation de la qualité des habitats suite à la sédimentation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des activités de reproduction, d'alimentation et d'élevage. • Augmentation de la pression de pêche ou de chasse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impact visuel accentué dans les zones boisées. • Création de voies nouvelles d'accès à la ressource (aspect positif ou négatif avec risque de surfréquentation du site). 	<ul style="list-style-type: none"> • Nature et importance des emprises (revêtement de la chaussée, caractéristique du réseau de drainage, présence de structures de rétention des sédiments). • Indication des milieux menacés par une surfréquentation (isolement du territoire à l'origine, régime des terres, accessibilité accrue aux plans d'eau). 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix du tracé le plus discret. • Revégétalisation ou plantation en bordure des voies d'accès. • Pose de barrières.
6.3 Lignes électriques	<ul style="list-style-type: none"> • Coupure végétale. • Modification et fragmentation de l'habitat. • Pollution par les désherbants ou les inhibiteurs de croissance. Contamination de la nappe phréatique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des activités de la faune terrestre. • Contamination au contact ou par ingestion de plantes traitées. • Pression de chasse et de pêche augmentée en raison de la facilité de circulation sous les lignes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impact visuel. • Perte d'intérêt paysager. • Impact potentiel sur les sites récréo-touristiques. • Création de nouvelles voies d'accès à la ressource faunique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tracé de la ligne. • Point de raccordement au réseau public. • Type d'habitats traversés. • Modalités d'entretien de la végétation sous les lignes. • Produits chimiques utilisés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix du tracé le plus discret. • Envisager l'enfouissement des lignes dans certains cas (site protégé ou sensible).

Tableau 4. Impacts potentiels des différentes phases de la construction

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION*
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
DÉBOISEMENT					
1.1 Aires de déboisement et de défrichement	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats. • Effets sur espèces végétales remarquables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des activités animales (impact de la reproduction et la période d'élevage des jeunes par exemple). • Évitement de la zone. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impact visuel. • Perturbation des activités. • Limitation des accès. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographie des zones qui seront affectées par les travaux (réservoir, tracé des conduites forcées, des lignes électriques, des voies d'accès, des installations de chantiers etc...). • Localisation des zones qui seront inondées. • Méthodes de déboisement. • Inventaire des espèces animales et végétales présentes dans l'aire du chantier. 	I : 1a, 1b, 2b, 2d, 4b, 4c, 4d, 7a • Au moment de la conception de l'aménagement, prévoir le tracé des routes et des passages de ligne de façon à minimiser l'impact visuel (notamment en regard de l'activité touristique) et à éviter la destruction ou la perturbation d'habitats remarquables.
1.2 Accumulation de débris ligneux dans les cours d'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats par empiètement ou par modification des conditions hydrauliques (rehaussement du niveau de l'eau en amont de l'embaïcle, augmentation des vitesses de courant en aval, etc.). • Création d'obstacles physiques ou hydrauliques limitant le déplacement des poissons. • Colmatage des frayères. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des activités de fraie, d'incubation ou d'élevage. • Noyage des nids, terriers, tanières etc.... • Conséquences sur l'effectif des populations. • Perturbation des déplacements. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation d'activités récréo-touristiques ou d'infrastructures en cas de crues aggravées par l'encombrement du lit. 	<ul style="list-style-type: none"> • Au minimum, identification des cours d'eau à haut potentiel ichtyofaunique. • Identification des espèces présentes (terrestres et aquatiques). • Examen des possibilités de migration. • Méthodes de déboisement. • Mesures prévues pour la gestion des débris. 	I : 1a, 1b, 2a, 2c, 4c, 6a, 6c, 6d <i>Note : S'assurer de la prise en compte de ces mesures notamment dans les zones à fort potentiel piscicole, s'il y a présence d'espèces anadromes ou d'espèces menacées ou vulnérables.</i>
1.3 Perturbation des rives	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats par élimination de la végétation riveraine (habitat en inondation printanière ou de couvert estival). • Déstabilisation des berges (suite au décapage ou au passage de la machinerie) ; lessivage et mise en suspension de particules fines. • Pertes d'habitats par sédimentation. • Colmatage des frayères. • Modification de l'écoulement. • Dégradation de la qualité de l'eau (augmentation de la turbidité, de la température, baisse du taux d'O₂, dissous, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune aquatique et terrestre. • Déplacements ou mortalités. • Évitement de la zone. • Stress physiologique. • Mortalités accrues des oeufs et des alevins sur les frayères. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation du fonctionnement des prises d'eau (effet abrasif sur les pompes, colmatage des crépines, qualité de l'eau...). • Perturbation de la pêche. • Diminution de la fréquentation du site. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques des plans d'eau et des habitats réels ou potentiels, au niveau des travaux et en aval. • Espèces en cause. • Largeur des emprises. • Sensibilité des berges à l'érosion, granulométrie et pente. • Turbidité naturelle de l'eau. • Hydrosédimentologie des cours d'eau. • Inventaire des utilisations humaines de la rivière et des rives. • Méthodes de déboisement, machinerie employée. 	I : 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2d, 3a, 3b, 4a, 4c, 4d, 5a, 5b, 5c, 6a, 6b, 7c.
1.4 Circulation de la machinerie	Voir utilisation de la machinerie dans l'eau				

* Les chiffres et lettres figurant dans cette colonne renvoient à l'annexe 2.

Tableau 4. Impacts potentiels des différentes phases de la construction (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION*
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
DÉCAPAGE ET TERRASSEMENT					
2.1 Enlèvement de la couche de terre arable	<ul style="list-style-type: none"> Déstabilisation des berges. Mise en suspension de particules fines, augmentation de la turbidité. Sédimentation, colmatage de frayères. Apport accru de contaminants. 	<ul style="list-style-type: none"> Mortalités des œufs et des alevins sur les frayères. Perturbation des activités de reproduction, d'élevage et d'alimentation. 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation de la pêche. Effets sur les prises d'eau (turbidité de l'eau, colmatage). 	<ul style="list-style-type: none"> Type de sol. Distance des cours d'eau. Pente des berges. Méthodes de travail. 	II : 1a, 1b, 1c, 2a à 2e incl. 3a à 3e incl. <i>Note : L'apport de contaminants concerne essentiellement les zones habitées ou agricoles.</i>
2.2 Emplètement	<ul style="list-style-type: none"> Pertes d'habitats 	<ul style="list-style-type: none"> Mortalités et perturbations des activités de la faune terrestre. 		<ul style="list-style-type: none"> Longueur, type de rive. 	<ul style="list-style-type: none"> Relocaliser
2.3 Circulation de machinerie	Voir utilisation de la machinerie dans l'eau				
FORAGE, SAUTAGE, ENCAVATION SOUS L'EAU					
3.1 Enlèvement d'une partie du lit	<ul style="list-style-type: none"> Pertes de superficies d'habitat, ou modification de l'habitat. 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation des activités de reproduction, d'élevage et d'alimentation. 	<ul style="list-style-type: none"> Perte de sites de pêche. Perte de clientèle. 	<ul style="list-style-type: none"> Localisation des travaux. Habitats actuels et potentiels et sites de pêche. 	V : 1a, 2a <i>Note : Selon les cas, il peut y avoir recolonisation rapide du lit par la faune benthique.</i>
3.2 Utilisation de dynamite	<ul style="list-style-type: none"> Hausse du niveau de bruit. Propagation de l'onde de choc. 	<ul style="list-style-type: none"> Mortalités des poissons par l'onde de choc. Stress physiologique, effets sous-létaux. Perturbation des activités. Évitement de la zone des travaux. 	<ul style="list-style-type: none"> Perte de clientèle. 	<ul style="list-style-type: none"> Plan de sautage et type d'explosifs (vélocité, puissance). Calendrier des travaux. Dispositifs prévus pour éloigner les poissons. 	V : 3a à 3e incl.
3.3 Mise en suspension de particules fines et sédimentation	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation de la qualité de l'eau par élévation de la turbidité. Pertes d'habitats par sédimentation, colmatage de frayères. 	<ul style="list-style-type: none"> Évitement de la zone. Perturbation des activités de reproduction et d'alimentation. Mortalités d'œufs et d'alevins sur les frayères et augmentation du taux de mortalité des autres stades. 	<ul style="list-style-type: none"> Effets sur la pêche en aval. Impact sur les prises d'eau (turbidité de l'eau, colmatage des crépines). 	<ul style="list-style-type: none"> Habitats susceptibles d'être perturbés en aval des travaux. Calendrier (présence d'œufs dans les frayères). Caractéristiques hydrosédimentologiques. Localisation des prises d'eau à l'aval. Type de matériaux manipulés. 	V : 1b, 1c, 1d, 2a, 2b VI : 1e
3.4 Modification de l'écoulement	<ul style="list-style-type: none"> Pertes d'habitat par modification des conditions hydrauliques. 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation des déplacements et des activités de reproduction, d'élevage et d'alimentation du poisson et des autres utilisateurs du milieu aquatique (canard, rats musqués...). 	<ul style="list-style-type: none"> Pertes de sites de pêche 	<ul style="list-style-type: none"> Ampleur des travaux prévus. Possibilités de modification de l'écoulement. 	V : 1a, 2a
3.5 Forage de galeries	<ul style="list-style-type: none"> Risque de contamination du milieu par les boues de forage. 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation des activités de reproduction et d'alimentation. Mortalités par contamination ou asphyxie. 	<ul style="list-style-type: none"> Risque de drainage excessif de la nappe phréatique par la galerie. Effets sur les puits éventuels. 	<ul style="list-style-type: none"> Cartes piézométriques. Inventaires des puits existants. Analyse de l'importance des effets. 	V : 1a à 1d
3.6 Circulation de la machinerie	Voir utilisation de la machinerie dans l'eau				

28 de 34

* Les chiffres et lettres figurant dans cette colonne renvoient à l'annexe 2.

Tableau 4. Impacts potentiels des différentes phases de la construction (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION*
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
4. DRAGAGE					
4.1 Activités des engins de dragage	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la qualité des habitats par élévation de la turbidité lors du brassage des sédiments. • Remise en suspension et charriage de contaminants et de débris. • Pertes d'habitats par recouvrement suite à la redépôt des sédiments. • Hausse du niveau de bruit. • Détérioration de la rive ou du milieu riverain. 	<ul style="list-style-type: none"> • Stress physiologique. • Contamination des organismes. • Évilement de la zone de dragage. • Mortalités. • Destruction de peuplements benthiques. • Perturbation des activités de reproduction d'élevage et d'alimentation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impact sur les prises d'eau. • Perturbation des activités de pêche. • Perte de clientèle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Type et caractéristiques des équipements de dragage. • Méthodes de travail. • Superficie draguée et granulométrie des sédiments. • Profondeur d'extraction. 	VI : 1a, 1b, 1c, 1d, 1f
4.2 Enlèvement des sédiments	<ul style="list-style-type: none"> • Destruction de la végétation aquatique. • Perte d'habitats. • Modification de la granulométrie de la vitesse et de la direction des courants de fond. • Érosion régressive et progressive à moyen terme. • Destabilisation des berges. • Mise en solution de contaminants. • Dégagement de gaz toxiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Stress physiologique. • Mortalités. • Perturbation des activités de reproduction, d'élevage et d'alimentation • Contamination de la chair. 	<ul style="list-style-type: none"> • Destabilisation des infrastructures (pilier de pont, berges, quais, etc...) sous l'effet de l'érosion. 	<ul style="list-style-type: none"> • Types d'habitats et de benkhos • Présence de végétation aquatique. • Nature des contaminants et taux de contamination des sédiments. 	VI : 1b, 1c, 1f <i>Note: Le type de dragage (entretien ou aménagement) influera sur l'ampleur et le type des impacts.</i>
4.3 Disposition des matériaux en eau libre	<ul style="list-style-type: none"> • Dégradation de la qualité de l'eau par élévation de la turbidité. • Mise en solution de contaminants toxiques. • Pertes d'habitat par recouvrement de superficies utilisées. • Modifications de la bathymétrie de la granulométrie et de la nature du lit du cours d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Stress physiologique. • Contamination des organismes. • Évilement de la zone de rejet. • Mortalités. • Colmatage de frayères. • Risque de contamination de nouvelles zones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impact sur l'utilisation de l'eau à l'aval (prises d'eau potable, alimentation de pisciculture etc...). • Perturbation des activités de pêche. 	<ul style="list-style-type: none"> • Localisation des sites de rejet. • Granulométrie et nature des sédiments en place au site de rejet. • Quantité de sédiments rejetés. • Granulométrie et nature des sédiments rejetés. 	VI : 1c, 3a, 3b
4.4 Disposition des matériaux en rive ou en milieu terrestre	<ul style="list-style-type: none"> • Dégradation de la qualité de l'eau suite à l'entraînement par ruissellement des sédiments contaminés ou non. • Pertes d'habitats suite à la sédimentation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Stress physiologique (faune aquatique et terrestre). • Mortalités (faune aquatique et terrestre). • Contamination des organismes. • Colmatage de frayères. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impact sur l'utilisation de l'eau à l'aval (prises d'eau potable etc...). 	<ul style="list-style-type: none"> • Granulométrie des sédiments. • Toxicité des sédiments et conditions de retardage des contaminants. • Quantités de sédiments déposés et mode de confinement. 	VI : 1c, 2a à 2g Incl.
4.5 Circulation de la machinerie	Voir utilisation de la machinerie dans l'eau				

* Les chiffres et lettres figurant dans cette colonne renvoient à l'annexe 2.

Tableau 4. Impacts potentiels des différentes phases de la construction (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION*
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
BATARDEAUX					
5.1 Mise en place et enlèvement	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la qualité de l'eau par élévation de la turbidité. • Pertes d'habitats suite à la sédimentation en aval (colmatage de frayères). 	<ul style="list-style-type: none"> • Évitement de la zone. • Stress physiologique. • Mortalités directes chez les oeufs et les larves indirectes chez les autres stades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Activité de transport soutenue susceptible de perturber la circulation. • Perturbation de la pêche en aval. 	<ul style="list-style-type: none"> • Type de batardeau et modalités de mise en oeuvre et de retrait. • Nature des matériaux de construction utilisés. • Origine des matériaux et lieu d'évacuation en fin de chantier. • Présence d'habitats en aval. • Hydrosédimentologie (probabilités de sédimentation en aval). 	IX : 1a, 1b, 1c, 1d <i>Note : Attention au choix du type de batardeau ;</i>
5.2 Modification de l'écoulement	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes temporaires d'habitats par modification physiques ou hydrauliques : rehaussement du niveau de l'eau à l'amont, réorientation et concentration du jet à l'aval. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des activités de reproduction, d'alimentation et d'élevage. 		<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques de la dérivation temporaire. • Superficies en cause. • Modifications générées en amont et en aval de l'ouvrage. • Vitesses de courant induites 	IX : 1b, 1c, 1e, 1f <i>La réorientation et la concentration du jet à l'aval peuvent entraîner de l'érosion ; une protection des berges peut être nécessaire.</i>
5.3 Présence de ces infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats par empiètement, destruction de végétation. • Obstacles aux déplacements. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des déplacements (vers l'amont et vers l'aval), accès aux frayères limités, effets sur les populations. 	<ul style="list-style-type: none"> • Effets sur la pêche. 	<ul style="list-style-type: none"> • Présence d'habitats réels ou potentiels sur le site. • Espèces migratrices. • Période et durée des travaux. 	IX : 1b, 1c, 1d, 1e, 1f <i>Note : Il est plus facile d'éviter de construire pendant les migrations que de mettre en place des infrastructures permettant les déplacements vers l'amont et vers l'aval.</i>
5.4 Circulation de la machinerie	Voir circulation de la machinerie dans l'eau				
DÉRIVATIONS TEMPORAIRES					
6.1 Modifications de l'écoulement	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats suite à la modification des conditions hydrauliques. • Obstacles aux déplacements. • Dégradation de la qualité des habitats par érosion des berges et du lit (élévation de la turbidité et sédimentation). 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des déplacements et des activités de reproduction d'élevage et d'alimentation. • Limitation de l'accès aux frayères. • Baisse du taux de survie des oeufs et des alevins. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation éventuelle d'activités nautiques. • Effets sur la pêche. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ampleur de la dérivation et distance d'influence ; nouvelles caractéristiques hydrauliques. • Présence d'espèces anadromes. • Localisation des sites de pêche, ou d'activités nautiques. • Caractéristiques de la dérivation temporaire. • Vitesses de courant induites. • Caractéristiques du lit et des berges (granulométrie et pente). 	IX : 1e, 1f • Conception attentive aux impacts potentiels.

* Les chiffres et lettres figurant dans cette colonne renvoient à l'annexe 2.

Tableau 4. Impacts potentiels des différentes phases de la construction (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION*
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
7. PONTS ET PONCEAUX					
7.1 Mise en place	<ul style="list-style-type: none"> Dégradation de la qualité de l'eau par élévation de la turbidité Dégradation des habitats lors de la mise en place des structures pour travailler à sec (batardeaux, caillots, dérivation temporaire complète ou partielle) et des remblais donnant accès à l'aire de travail. 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation des activités de reproduction d'élevage et d'alimentation. <p><i>Note: Voir aussi les impacts associés aux batardeaux et dérivations temporaires (rubriques 5. et 6.)</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> Type de pont ou de ponceau. Méthodes de construction, notamment pour les piliers (mise à sec du lit). Type de substrat. Méthodes prévues de construction des piliers (mise à sec du lit). <p><i>Note: Voir aussi les éléments d'information nécessaires mentionnés aux rubriques batardeaux et dérivations temporaires (5. et 6.).</i></p>	<p>VIII : 1a, 5a à 5i incl.</p> <p>VIII : 3b, 3c</p> <p>Voir IX</p> <p><i>Note: Les cellules à parois rigides (bois, acier) auront moins d'impact. Quelle que soit la méthode retenue, on donnera accès à la machinerie avec des remblais. Si le pont ou le ponceau est maintenu après travaux, porter une attention particulière aux possibilités de franchissement de l'ouvrage par les poissons.</i></p>
7.2 Circulation de la machinerie	Voir utilisation de la machinerie dans l'eau				
8. REMBLAYAGE EN EAU (ouïes de ponts, approches de ponceaux, murs de protection, quais, etc.)					
8.1 Mise en place des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation de la qualité de l'eau par élévation de la turbidité (matériaux déposés ou érosion provoquée lors des travaux). Pertes d'habitats par sédimentation consécutive des matériaux. Pertes d'habitats par destruction de la végétation aquatique et riveraine. 	<ul style="list-style-type: none"> Stress physiologique. Évitement de la zone des travaux. Baisse du taux de survie des oeufs et des alevins. Mortalités directes ou indirectes des autres stades. Perturbation des activités de reproduction, d'élevage et d'alimentation. 		<ul style="list-style-type: none"> Type de matériaux de remblayage. Méthodes de construction. Localisation des zones remblayées, présence de végétation aquatique. 	<p>II : 1a, 1c, 3d</p> <ul style="list-style-type: none"> Minimiser ce type de travaux. Favoriser les implantations en site terrestre.
9. BARRAGES ET DIGUES					
9.1 Mise en place	Voir batardeaux				
10. ÉTABLISSEMENT DE RIVES					
10.1 Mise en place des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> Dégradation de la qualité des habitats par élévation de la turbidité et par sédimentation de particules fines. 	<ul style="list-style-type: none"> Évitement de la zone perturbée. Perturbation des activités. 	<ul style="list-style-type: none"> Selon le type de protection des rives, l'accès à la rivière peut être rendu plus ou moins aisé ou dangereux. Aspect esthétique de la protection. 	<ul style="list-style-type: none"> Méthodes de construction. Type de matériaux utilisés. Ampleur des travaux. 	<p>IX : 1a</p> <ul style="list-style-type: none"> Conception attentive aux impacts potentiels.
10.2 Circulation de la machinerie	Voir utilisation de la machinerie dans l'eau				

* Les chiffres et lettres figurant dans cette colonne renvoient à l'annexe 2.

Tableau 4. Impacts potentiels des différentes phases de la construction (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION*
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
11. UTILISATION DE LA MACHINERIE DANS L'EAU					
11.1 Présence et circulation	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation du substrat et destruction de la végétation. • Compactage du lit et déstabilisation des berges. • Dégradation de la qualité de l'eau par augmentation de la turbidité et délavage des huiles et graisses sur les engins. • Hausse du niveau de bruit. 	<ul style="list-style-type: none"> • Évilement de la zone. • Perturbation des activités de reproduction d'élevage et d'alimentation. • Mortalités directes ou retardées. • Contamination des organismes benthiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Effets sur la pêche. • Impact potentiel sur les prises d'eau en aval. 	<ul style="list-style-type: none"> • Type de machinerie et déplacements prévus. • Caractéristiques du lit (nature de la berge et du substrat, granulométrie, etc...). • Présence d'habitats sur le site ou en aval. 	I : 1b, 1c III : 1a, 1b, 2a, 2c, 2d, 2e, 4a, 4b, 4c, 4d VIII : 6a, 6b
12. DRAINAGE					
12.1 Creusage	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats par sédimentation. • Dégradation de la qualité de l'eau par augmentation de la turbidité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mortalités des oeufs et des alevins sur les frayères. 		<ul style="list-style-type: none"> • Méthodes de creusage. • Type de matériaux à déplacer. 	VII : 1b, 3c <i>Note : Concerne les fossés des routes, des aires d'entreposage, des campements etc...</i>
12.2 Fonctionnement des fossés en période de construction	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats par sédimentation de matériaux entraînés dans les fossés de drainage. • Dégradation de la qualité de l'eau par augmentation de la turbidité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mortalités directes (oeufs et alevins). • Évilement de la zone. 		<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques du terrain drainé. • Type de travaux se déroulant à proximité. 	VII : 4a, 4b, 4c, 4d <i>Note : Effets plus marqués au printemps ou lors de pluies abondantes.</i>
13. AIRES D'EMPRUNT EN SITE TERRESTRE					
13.1 Carrières et sablières	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats terrestres. • Risque d'entraînement de sédiments par ruissellement. • Dégradation de la qualité de l'eau par augmentation de la turbidité. • Pertes d'habitats aquatiques par sédimentation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des activités de reproduction d'élevage et d'alimentation de la faune terrestre ou aquatique. • Mortalités de poissons. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impact paysager. • Lenteur de la recolonisation végétale. 	<ul style="list-style-type: none"> • Localisation de l'exploitation et superficie concernée. • Type de matériaux extraits. • Distance des plans d'eau. • Espèces fréquentant le site. • Mode d'exploitation prévu. • Mesures prévues pour limiter l'érosion et l'entraînement de sédiments. • Mesures prévues pour la réhabilitation du site après travaux. 	IV : 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c <ul style="list-style-type: none"> • Conservation ou constitution d'un écran visuel (végétal ou terre-plein). • Création de bassins de sédimentation. • Traitement paysager du site après exploitation. <i>Note : La Province administre un règlement portant sur les carrières et sablières (R.R.Q., c.Q-2, r. 2) ; le respect des normes prescrites permet de minimiser les impacts.</i>

* Les chiffres et lettres figurant dans cette colonne renvoient à l'annexe 2.

Tableau 4. Impacts potentiels des différentes phases de la construction (suite)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION*
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
14. PRÉSENCE DU CHANTIER ET DES TRAVAILLEURS					
14.1 Entretien des véhicules et de la machinerie (voir également aires de dépôt).	<ul style="list-style-type: none"> Contamination des sols et de l'eau par les hydrocarbures. 	<ul style="list-style-type: none"> Évitement de la zone contaminée. Stress physiologique. Mortalités directes ou contamination des organismes. Dégradation de la qualité de la chair du poisson. 	<ul style="list-style-type: none"> Pollution de la nappe phréatique. Risque de contamination des prises d'eau. Perturbation des activités de pêche. 	<ul style="list-style-type: none"> Localisation des aires d'entretien des véhicules. Nature du sol (surface imperméabilisée ou sol naturel). Distance des plans d'eau. Niveau des plus hautes eaux. Analyse des risques de contamination de la nappe phréatique. Mesures de prévention. 	III : 4a, 4b, 4c, 4d VII : 2e XII : en entier XIX : en entier
14.2 Aires de dépôt (sites d'enfouissement des déchets, aires d'entreposage, etc...) (1) ruissellement des eaux de surface (2) Déversements accidentels (brûle, erreurs humaines, déversements mineurs lors de l'utilisation courante)	<ul style="list-style-type: none"> Dégradation de la qualité des eaux superficielles et souterraines. Contamination des sols et des sédiments. Eutrophisation locale. Modification de l'habitat. 	<ul style="list-style-type: none"> Évitement de la zone contaminée. Mortalités directes ou contamination des organismes. Dégradation de la qualité de la chair du poisson. 	<ul style="list-style-type: none"> Pollution chimique et bactérienne de la nappe phréatique. Risque de contamination des prises d'eau. Perturbation des activités de pêche. 	<ul style="list-style-type: none"> Caractéristiques du terrain. (pente, nature du sol). Analyse des risques de contamination de la nappe phréatique. Profondeur du plafond de la nappe phréatique. Vitesse d'écoulement de la nappe. Distance des plans d'eau. Niveau de l'eau en crue. Mode d'élimination des déchets (transport, en tranchée, fosses d'enfouissement, etc...). Volume de déchets prévu. Nature des produits entreposés. Mesures de prévention. Plan d'urgence. Inventaire des prises d'eau susceptibles d'être contaminées. 	X : 2a à 2d XII : en entier XV : en entier XVI : en entier XVII : en entier XIX : en entier
14.3 Activité humaine et campement	<ul style="list-style-type: none"> Hausse du niveau de bruit. Augmentation de la quantité de lumière au voisinage des installations. Pollution des eaux superficielles et souterraines (MES, température, coliformes, DBO, eutrophisation locale). Destruction d'habitats fragiles. 	<ul style="list-style-type: none"> Dérangement des populations animales. Exploitation accrue des ressources. Baisse des stocks. Effets sur l'alimentation et les migrations. 	<ul style="list-style-type: none"> Contamination bactérienne. Perturbation des activités récréo-touristiques. Conflit avec les pêcheries existantes. Impact sur la qualité de l'eau destinée à la consommation. 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre et répartition des travailleurs par site et par période de l'année. Vulnérabilité des stocks. Présence d'espèces menacées ou vulnérables. Accessibilité des plans d'eau. Pêcheries existantes. Informations sur le chantier et les campements. (localisation, type et caractéristiques du système d'épuration des eaux). Type d'activités récréatives se déroulant sur les sites. Régime des terres. 	III : 3b X : 1a à 1e 3a, 3b XIV : 1a à 1f XV : 1a à 1f <i>Note : Pour obtenir le certificat d'autorisation de rejet des eaux usées, le promoteur est tenu de fournir ces informations au MENVIQ.</i>
14.4 Création de chemins et circulation des engins du chantier	<ul style="list-style-type: none"> Pertes d'habitats. Émission de poussières. Effets sur la végétation. Émission de bruit. 	<ul style="list-style-type: none"> Évitement de la zone. Perturbation des activités de reproduction et d'élevage de la faune terrestre et aviaire. 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation des activités. Difficultés d'accès aux sites récréatifs. Diminution temporaire de la fréquentation touristique. 	<ul style="list-style-type: none"> Analyse des problèmes dus aux envois de poussières sur les aires dénudées ou liées à la circulation des véhicules. Évaluation des répercussions du trafic routier induit par le chantier sur les activités locales. 	X : 1e <ul style="list-style-type: none"> Information du public sur la nature et la durée des travaux effectués sur le chantier.
14.5 Effets sur le paysage			<ul style="list-style-type: none"> Perte d'intérêt du site à court et moyen terme. 	<ul style="list-style-type: none"> Indication des espaces qui seront affectés par les travaux et qui ne seront pas masqués par l'aménagement en fin de chantier (accès, déblais, zone d'emprunt, aires de campement etc...). Fourniture des cartes de localisation, des schémas paysagers ou des photo-montages. 	<ul style="list-style-type: none"> Limiter les atteintes aux paysages aux secteurs indispensables à la réalisation des travaux. Intégrer la préoccupation paysagère dans la conception du projet et l'étude d'implantation du chantier. Maintenir le maximum de végétation autour des installations du chantier. Prévoir un aménagement des sites dégradés ou modifiés par les travaux (plantation, engazonnement...)

* Les chiffres et lettres figurant dans cette colonne renvoient à l'annexe 2.

Tableau 4. Impacts potentiels des différentes phases de la construction (suite et fin)

SOURCE D'IMPACT	IMPACTS POTENTIELS			ÉLÉMENTS D'INFORMATION NÉCESSAIRES À LA CRITIQUE DU PROJET	MESURES D'ATTÉNUATION*
	SUR L'HABITAT	SUR LA FAUNE	SUR LES ACTIVITÉS RÉCRÉO-TOURISTIQUES		
14					
IMPACTS EN EAUX DES RÉSERVOIRS ET DES ZONES DE DÉTOURNEMENT					
15.1 Montée du niveau de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Suppression de l'habitat de la faune terrestre. Modification de l'habitat du poisson. Modification de la qualité de l'eau (effondrement des berges, élévation de la turbidité, intégration de divers plans d'eau de qualité différente. Pertes d'habitats par augmentation de la sédimentation. 	<ul style="list-style-type: none"> Mortalités des jeunes au nid ou d'animaux en hibernation. Dilution initiale des poissons. Perturbation des activités de fraie. Relocalisation des populations terrestres et augmentation de la compétition territoriale et de la prédation. 	<ul style="list-style-type: none"> Transformation du paysage. Perte de sites de pêche en eaux vives. 	<ul style="list-style-type: none"> Calendrier et vitesse de mise en eau. Plan des limites du réservoir. Habitats et peuplements avant mise en eau (espèces, abondance, répartition, etc...). Espèces anadromes et migrations. Espèces rares ou menacées. 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptation de la vitesse de mise en eau afin de minimiser les effets sur la faune aquatique et terrestre et de limiter les effondrements de berges. <p><i>Note: Plusieurs informations doivent être recueillies dans l'optique d'un suivi environnemental; mentionnons, entre autres: qualité de l'eau, production primaire, secondaire et benthique, teneurs en mercure, populations de poissons et parasites.</i></p>
15.2 Inondation de la végétation et des sols	<ul style="list-style-type: none"> Amorce de la méthylation du mercure (hausse rapide puis baisse après 5 ans). Remontée à la surface des débris flottants et accumulation à l'aval. Modification de la qualité de l'eau. (Décomposition de la matière organique). 	<ul style="list-style-type: none"> Amorce de la bioaccumulation du mercure: contamination de la chair des poissons. Augmentation de la biomasse totale: production primaire, secondaire et tertiaire (amorce du boom tropique). 	<ul style="list-style-type: none"> Limitation de la consommation du poisson selon le taux de bio-accumulation du mercure. 	<ul style="list-style-type: none"> Superficie terrestre inondée. Teneurs en mercure initiales. Données nécessaires à l'application du modèle mercure (cf. hydro-Québec). Temps de résidence de l'eau dans le réservoir. Durée de remplissage. pH. 	<p><i>Note: Si le déboisement ne constitue pas une mesure d'atténuation efficace du taux de mercure dans l'eau (car le bois est peu décomposable), il constitue une mesure souhaitable pour améliorer la perception visuelle du plan d'eau et l'utilisation éventuelle pour des activités nautiques.</i></p>
15.3 Coupeure du débit en aval du barrage, en milieu fluvial	<ul style="list-style-type: none"> Pertes d'habitats par exondation. Dégradation de la qualité des habitats par augmentation de la durée de séjour de l'eau. Érosion et lessivage des berges: dégradation de la qualité des habitats du fait de l'élévation de la turbidité puis de la sédimentation en aval. Érosion régressive à l'embouchure des tributaires. Obstacle aux déplacements par perturbation de l'accès aux tributaires. Qualité de l'eau influencée par les tributaires résiduels. Diminution de la capacité d'auto-épuration du cours d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> Modification de la productivité primaire, secondaire et benthique. Diminution de la diversité spécifique et modification de l'abondance relative des espèces. Perturbation des activités de reproduction, d'alimentation et d'élevage. Concentration du poisson, notamment sous couvert de glace: prédation et compétition accrues. Augmentation du braconnage et de la pression de pêche. 	<ul style="list-style-type: none"> Effet sur la perception visuelle des sites. Perturbation des sites et des activités récréo-touristiques (pêche, navigation, etc...). Effet sur les prises d'eau (dénoyage des crépines). Diminution de l'effet de dilution et incidence sur l'utilisation récréative de la rivière. 	<ul style="list-style-type: none"> Durée de la coupeure du débit. Caractérisation de la réduction de l'habitat aquatique (surfaces asséchées, profondeur, vitesses de courant). Caractéristiques des populations de poisson. Proposition d'un débit réservé. Utilisation des tributaires. Érosion régressive prévisible à l'embouchure des tributaires. Navigabilité avant et après coupeure (accès aux sites de pêche). Inventaire des rejets d'eaux usées domestiques ou industrielles. Appréciation de la qualité de l'eau dans le tronçon perturbé en fonction des différents apports des tributaires. Quantification des effets de la diminution de débit sur l'utilisation de l'eau (prises d'eau) et de la rivière (activités récréatives). 	<ul style="list-style-type: none"> Débit réservé. <p><i>Note: Informations à recueillir en prévision d'un suivi environnemental: idem à 15.1, ainsi qu'un inventaire de la végétation aquatique.</i></p> <p><i>La définition du débit réservé doit faire l'objet d'une étude détaillée. Il n'y a pas de règles précises en la matière.</i></p> <p><i>Il ne faut pas oublier que lors du remplissage d'un réservoir, l'attribution d'un débit réservé allonge le temps de remplissage; ce débit pourra donc être fixé à une valeur d'autant plus élevée que la capacité de la retenue sera faible.</i></p>
15.4 Coupeure du débit en milieu estuarien et côtier	<ul style="list-style-type: none"> Pertes d'habitats d'eau douce suite à la réduction du débit fluvial et à l'intrusion saline. Modifications de l'habitat résultant des changements hydro-dynamiques (inversion de courant, circulation des eaux, avancée du coin salin, etc.). Pertes d'habitats par sédimentation accrue dans l'estuaire. Pertes d'habitat suite à la perturbation de la végétation aquatique émergente et submergée. 	<ul style="list-style-type: none"> Modification de l'utilisation du milieu estuarien par les mammifères marins. Pénétration d'espèces marines accompagnant l'intrusion saline. Perturbation d'activités de reproduction et d'élevage. Déplacement des communautés benthiques d'eau douce vers l'amont. Modification de la diversité spécifique et de l'abondance relative des espèces. 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation des sites de pêche. 	<ul style="list-style-type: none"> Caractérisation des changements au niveau de la pénétration du coin salin. Diversité spécifique et abondance des espèces d'eau douce et d'eau salée. Habitats et espèces touchées. Type et niveau d'exploitation des ressources. Bilan sédimentaire. Utilisation par les mammifères marins. Navigabilité avant et après coupeure (accès aux sites de pêche). 	<ul style="list-style-type: none"> Débit réservé. <p><i>Note: Informations à recueillir en prévision d'un suivi environnemental: idem à 15.3.</i></p>

* Les chiffres et lettres figurant dans cette colonne renvoient à l'annexe 2.

SECTION IV

SECTION IV

**PRINCIPALES MÉTHODES UTILISÉES
POUR LA DÉFINITION DES DÉBITS RÉSERVÉS**

TABLE DES MATIÈRES

	Page
TABLE DES MATIÈRES	ii
LISTE DES FIGURES	iii
INTRODUCTION	iv
1. EFFETS DE LA RÉDUCTION DU DÉBIT D'UNE RIVIÈRE	1
1.1 Variation des principales composantes physiques du milieu	1
1.1.1 Tronçon de rivière uniforme	1
1.1.2 Tronçon de rivière à sections variées	2
1.1.3 Effet des variations de débit	3
1.2 Conséquences de la gestion des ouvrages sur la vie aquatique	3
2. MÉTHODES D'ÉVALUATION DU DÉBIT RÉSERVÉ	4
2.1 Les méthodes hydrologiques	5
2.1.1 Méthode suisse du canton de Vaud	5
2.1.2 Méthode de l'Association T.O.S.	6
2.1.3 QCN ₁₀ quinquennal	7
2.1.4 Norme française	7
2.1.5 Méthode québécoise	8
2.1.6 Critique des méthodes hydrologiques	9
2.2 Les méthodes biologiques	10
2.2.1 Méthode du périmètre mouillé	10
2.2.2 Méthode de simulation des habitats ou méthode des micro-habitats	10
2.2.3 Méthode du débit de référence biologique (D.R.B.)	13
2.2.4 Recherche et développement au Québec	17
2.2.5 Critique des méthodes biologiques	18
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	20

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Exemple de relation surface mouillée/débit	11
Figure 2. Représentation schématique (A) et graphique (B) de l'écoulement	14
Figure 3. Courbe théorique de l'évolution relative des trois faciès d'écoulement en fonction du débit à une même station	15
Figure 4. Exemple de répartition des profils de vitesse sur deux sites du cours amont de la Garonne (France) peu distants l'un de l'autre (Source: Étude hydrobiologique de la Garonne en pays de Comminges, Hydro M pour SOPELEC, avril 1989)	16

INTRODUCTION

L'aménagement de grandes ou de petites centrales hydroélectriques et la substitution d'un débit artificiel réduit à un débit naturel s'accompagnent de répercussions importantes sur le tronçon de rivière court-circuité.

La réduction de la surface mouillée, la diminution de la vitesse du courant, l'abaissement du tirant d'eau, l'augmentation de l'amplitude de variation des températures et de l'oxygène dissous, l'envahissement du lit par la végétation, la diminution de l'effet de dilution des contaminants ainsi que des variations brutales et épisodiques de débit liées à la gestion de l'aménagement et aux phénomènes de crues, entraînent une altération marquée de l'écosystème aquatique.

De nombreuses méthodes ont été développées pour tenter de définir la valeur du débit en deça de laquelle les modifications du milieu sont telles qu'elles provoquent un dysfonctionnement de la biocénose.

Sans prétendre à l'exhaustivité, cette section rappelle les principaux effets d'une réduction de débit et présente quelques méthodes actuellement utilisées dans divers pays pour définir la valeur du débit à maintenir dans les tronçons de rivière touchés par les aménagements hydroélectriques. Ce débit est communément appelé «débit réservé».

1. EFFETS DE LA RÉDUCTION DU DÉBIT D'UNE RIVIÈRE

1.1 Variation des principales composantes physiques du milieu

1.1.1 Tronçon de rivière uniforme

Un tronçon est dit «uniforme» lorsque la section et la pente du cours d'eau restent constantes sur l'ensemble de ce tronçon. On rencontre communément de tels tronçons dans les rivières à faible sinuosité et sans rupture de pente.

Une diminution du débit dans ce type de cours d'eau aura pour conséquence:

- une réduction de la section mouillée du cours d'eau et, par conséquent, de l'aire habitable pour la faune et la flore aquatiques. De la même façon, la diminution du stock d'invertébrés et de la micro-flore aura un effet direct sur le potentiel alimentaire de la faune piscicole et sur la capacité d'auto-épuration du cours d'eau;
- une diminution de la vitesse moyenne du courant, ce qui se traduira par:
 - une augmentation du temps de séjour de l'eau;
 - une diminution de la turbulence de l'eau et un abaissement de la disponibilité en oxygène dissous. Une sélection biologique s'opèrera et les individus les plus rhéophiles de la communauté animale vont tendre à disparaître pour faire place à d'autres utilisateurs moins exigeants en oxygène;
 - une décantation accrue des matières en suspension et un colmatage des fonds.
- une diminution du tirant d'eau, ce qui se traduira par:
 - un effet stérique (phénomène d'encombrement limitant les déplacements) sur les animaux aquatiques de grande taille et à mobilité importante. En effet, pour qu'un poisson puisse se maintenir de façon durable dans le courant, le tirant d'eau doit être supérieur à la hauteur du poisson, c'est-à-dire à la distance entre le sommet de la nageoire dorsale et le bas de la nageoire pelvienne. Cette condition n'est cependant pas suffisante car une telle position le rend vulnérable vis-à-vis différents prédateurs;
 - un effet sur le régime thermique, le réchauffement de l'eau s'opérant par convection sous l'effet de la température de l'air. La vitesse de réchauffement est inversement proportionnelle au tirant d'eau et, de ce fait, l'amplitude journalière des variations thermiques

s'accroît en raison de la réduction du débit. L'effet sera d'autant plus sensible que l'eau du cours d'eau est naturellement fraîche, voire froide.

- une hausse de la concentration des substances dissoutes (contaminants ou éléments nutritifs) et, en conséquence, une augmentation de la pollution si les apports (lessivage des sols, rejets industriels, agricoles ou domestiques, utilisation de fondants en hiver) restent constants. Ainsi, la réduction du débit, en diminuant l'effet de dilution et la capacité d'auto-épuration du milieu, et en augmentant l'effet d'évaporation, conduit à une dégradation de la qualité de l'eau.
- une prolifération progressive de la végétation dans les zones partiellement émergées.

1.1.2 Tronçon de rivière à sections variées

Il s'agit des portions de cours d'eau où le profil longitudinal présente une succession de hauts fonds (seuils ou radiers naturels) et de parties plus profondes (bassins ou fosses). Le profil en travers varie aussi tout au long du tronçon concerné. À débit constant, le tirant d'eau et la vitesse d'écoulement ne sont pas identiques d'une section à une autre: le régime est dit uniformément varié. Sur les seuils, il existe, comme en régime uniforme, une relation directe entre le débit et la hauteur d'eau ($Q=f(h)$).

À l'amont des seuils, dans les bassins, le tirant d'eau dépend à la fois du débit et de la cote du seuil qui contrôle le niveau amont. Le seuil est alors dit «section de contrôle». En régime uniforme, par contre, toute section en est une de contrôle.

Comparativement au régime uniforme, une réduction de débit dans un cours d'eau à sections variées aura les effets suivants:

- la réduction de l'aire habitable est moindre et touche surtout la zone des seuils;
- le ralentissement du courant est appréciable dans les bassins même si, en fin de compte, les vitesses dans ces biefs restent faibles par rapport à celles sur les seuils;
- la diminution du tirant d'eau reste limitée dans les bassins. Elle concerne surtout les seuils notamment s'il existe des sous-écoulements. Le phénomène de sous-écoulement acquiert de l'importance lorsque le débit devient trop faible. Les seuils formés par l'amoncellement de granulats ont une certaine porosité. Dans des conditions de trop faible débit, l'écoulement

peut se faire en totalité dans les interstices, créant des coupures visuelles du débit et, bien sûr, un obstacle physique aux déplacements des poissons.

1.1.3 Effet des variations de débit

Tout comme le tronçon situé à l'aval de la restitution d'une usine fonctionnant en éclusées, le tronçon court-circuité d'un cours d'eau peut être soumis épisodiquement à des variations brutales de débit. C'est le cas notamment en période de crue (le débit de crue est généralement très peu diminué par la dérivation d'une partie de l'eau vers l'usine) mais également pendant les périodes d'arrêt de la centrale ou de variation du débit turbiné (modulation du débit).

En phase de surverse (voir section III, point 1.6) au barrage, les macro-invertébrés et les alevins, présents dans le tronçon court-circuité, sont emportés par le courant et dérivent jusqu'à une zone d'eau calme de bordure. Lorsque le débit diminue, souvent aussi brutalement qu'il avait augmenté, les bordures s'assèchent.

Dans le cas d'un tronçon soumis aux éclusées d'une usine, le taux de survie cumulé des macro-invertébrés et des alevins ayant subi 10 cycles d'éclusées peut descendre jusqu'à 1 % (Cacas et Dumont, 1985). Dans le cas d'un tronçon court-circuité, quoique significatif, l'effet est moindre compte tenu de la périodicité plus faible des événements et des possibilités de recolonisation du milieu entre deux augmentations brutales de débit. Dans de telles conditions, seuls les gros poissons et les macro-invertébrés benthiques particulièrement rhéophiles pourraient normalement résister de façon durable. Toutefois, comme les gros poissons évitent les tronçons à faible tirant d'eau, que les invertébrés limnophiles sont limités par une valeur supérieure de la vitesse de courant et que les invertébrés rhéophiles sont limités par une valeur inférieure, il est clair que les tronçons de cours d'eau soumis à de telles variations de débit verront toujours leur capacité biologique restreinte.

1.2 Conséquences de la gestion des ouvrages sur la vie aquatique

Comme l'analyse précédente peut le montrer, le maintien d'un débit réservé faible et relativement constant ne se traduit pas par une simple réduction de la productivité du milieu, proportionnellement à la surface mouillée disponible. En réalité, la réduction du débit entraîne

une série de conséquences physiques à court et à moyen terme. La diminution de la disponibilité en oxygène dissous ou l'augmentation de la concentration de certains polluants peut conduire, par exemple, à atteindre ou à dépasser des valeurs seuil de sensibilité de certaines espèces, ce qui risque d'entraîner leur élimination à plus ou moins brève échéance. La raréfaction de certaines espèces favorise à son tour la prolifération d'autres espèces moins exigeantes qui viennent occuper les niches écologiques laissées vacantes. On assiste ainsi à une modification de l'équilibre à l'intérieur du réseau trophique.

En général, la réduction permanente du débit d'un tronçon de cours d'eau se solde par une diminution de la richesse spécifique de ce tronçon. Il n'est pas prouvé cependant que la biomasse algale produite par mètre cube écoulé soit inférieure à ce qu'elle était avant la diminution du débit. Loin d'être un avantage, la prolifération d'algues enrichit le milieu aquatique en matière organique lorsque ces végétaux se décomposent et diminue le taux d'oxygène dissous la nuit (phénomène d'eutrophisation), ce qui a pour effet de limiter la production piscicole.

Dans l'optique de minimiser l'impact négatif d'une réduction du débit, signalons que les répercussions sur l'écosystème seront moindres si les composantes physiques auxquelles réagissent les espèces sont moins touchées. À cet égard on constate:

- qu'à débit réservé égal et à type écologique semblable, le pronostic est plus favorable pour un tronçon de cours d'eau varié que pour un tronçon uniforme de même gabarit;
- qu'après une même ponction relative de son débit, un ruisseau souffre généralement plus qu'une grosse rivière, en raison notamment du phénomène des sous-écoulements.

2. MÉTHODES D'ÉVALUATION DU DÉBIT RÉSERVÉ

Les différentes méthodes actuellement utilisées pour définir la valeur du débit à maintenir dans le lit d'un cours d'eau relèvent de deux approches:

- une approche hydrologique basée sur l'analyse statistique des débits naturels du cours d'eau, facile d'utilisation mais qui s'adapte mal aux cas particuliers;

- une approche biologique développée plus récemment qui met en oeuvre un plus grand nombre d'observations de terrain et permet de mieux cerner la valeur du débit réservé dans le cas de sites sensibles.

2.1 Les méthodes hydrologiques

Jusqu'à ces dernières années, ces méthodes étaient les plus couramment utilisées. Certaines font d'ailleurs l'objet d'application réglementaire. Nous examinerons brièvement cinq d'entre elles.

2.1.1 Méthode suisse du canton de Vaud

La loi cantonale vaudoise sur la pêche du 29 novembre 1978 et son règlement d'application du 16 février 1979 stipulent que:

- il ne peut être procédé à aucune opération de prélèvement, de dérivation ou d'accumulation d'eau dans les cours d'eau dont le débit d'étiage est inférieur à 50 l/s;
- lorsque le débit d'un cours d'eau dépasse 50 l/s, le débit minimal qui devra être laissé en permanence dans le cours d'eau en cas de prélèvement, de dérivation ou d'accumulation est calculé en multipliant le débit d'étiage (l/s) par 15, puis en divisant le produit par le carré du logarithme naturel du débit d'étiage.

$$Q_r = \frac{15 \text{ DCE}_{355}}{(\ln \text{ DCE}_{355})^2}$$

Cette méthode se fonde essentiellement sur la formule empirique de Matthey, élaborée à partir d'observations réalisées sur différents cours d'eau du canton de Vaud. La formule est applicable pour des rivières dont le DCE_{355} est compris entre 160 et 60,000 l/s.

La loi admet cependant trois possibilités de dérogation:

- lorsque le prélèvement est destiné à assurer les besoins actuels en eau potable de la population permanente d'une localité;

- si le cours d'eau ne présente aucun intérêt sur le plan de la biologie et de la protection de la nature;
- en cas de force majeure.

L'idée de la formule est de considérer que le débit réservé doit être d'autant plus important que le débit naturel du cours d'eau est faible à l'étiage et d'admettre qu'une plus grande fraction du débit d'étiage puisse être dérivée pour un cours d'eau plus important.

2.1.2 Méthode de l'Association T.O.S.

L'Association française Truite, Ombre, Saumon (T.O.S.) a repris la formule suisse en adaptant le coefficient multiplicateur. En effet, dans la formule suisse, le coefficient K prend la valeur 15. Pour les rivières françaises soumises à un réchauffement et à une évaporation plus forts en période estivale, cette valeur serait insuffisante. La valeur de K doit donc être adaptée au type de cours d'eau et à la région, le degré de protection s'élevant naturellement avec la valeur de K. Ainsi, il est proposé d'utiliser une valeur de K égale à 20 pour un cours d'eau à truite et à 25 lorsque le cours d'eau est caillouteux et à forte pente. L'association a également jugé pertinent d'intégrer un nouveau coefficient N dont la valeur empirique est fixée à 0,025 par mètre linéaire de cours d'eau court-circuité.

La formule devient alors:

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

Cette formule présente l'avantage de protéger les petits cours d'eau et permet l'utilisation de l'énergie de la rivière même à l'étiage si la dérivation est courte et le débit suffisant. Elle prend en compte la longueur court-circuitée et les particularités du cours d'eau.

2.1.3 QCN₁₀ quinquennal

Cette méthode est recommandée par une circulaire française commentant le décret n° 81-375 du 15 avril 1981 et publiée au Moniteur des Travaux publics du 6 mai 1987.

«Le débit réservé ne devrait pas avoir une valeur inférieure au débit maximum des dix jours consécutifs d'étiage de période de retour de 5 ans. En l'absence de cette information, on considérera le débit moyen mensuel minimal, calculé sur l'ensemble des données disponibles».

La méthode ne s'appuie pas sur des considérations biologiques mais privilégie le maintien des conditions naturelles d'étiage. Pénalisante pour les cours d'eau à étiage sévère tels que ceux rencontrés dans le bassin méditerranéen, cette méthode est plus favorable aux cours d'eau à régime pluvio-nival.

2.1.4 Norme française

La loi sur la pêche n° 84512 du 29 juin 1984 précise que:

«Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui peuplent les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite.

Ce débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau au droit de l'ouvrage correspondant au débit moyen inter-annuel, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de 5 années ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur.

Toutefois, pour les cours d'eau ou parties de cours d'eau dont le module est supérieur à 80 m³/s, des décrets en conseil d'État pourront pour chacun d'eux fixer à ce débit minimal, une limite inférieure qui ne devra pas se situer au-dessous du vingtième du module.

L'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien des dispositifs garantissant dans le lit du cours d'eau le débit minimal défini aux deux alinéas précédents.»

La méthode du $1/10^{\text{ème}}$ du module s'appuie sur des études effectuées aux États-Unis (Eiser, 1976; Tennant, 1976) sur une centaine de cours d'eau cyprinicoles et salmonicoles. La valeur du $1/10^{\text{ème}}$ du module est une valeur au-dessous de laquelle une dégradation sévère des principaux constituants du milieu a été observée. Déjà au-dessous de 30 % du module, Tennant (1976) constate une altération de plusieurs usages liés à l'eau. Même si elle utilise des données courantes de l'hydrologie, cette méthode s'appuie néanmoins sur quelques considérations biologiques. Cependant, la technique a l'inconvénient de procéder à partir des moyennes de débit et non pas à partir des fréquences des phénomènes d'étiage. Ainsi, deux cours d'eau ayant des modules identiques mais des régimes hydrologiques différents peuvent bénéficier du même débit réservé, ce qui n'est probablement pas souhaitable.

En ce qui concerne les cours d'eau dont le module est supérieur à $80 \text{ m}^3/\text{s}$, aucun décret réduisant le débit réservé obligatoire au $1/20^{\text{ème}}$ du module n'a encore été pris jusqu'à ce jour.

Par rapport à la méthode précédente, celle-ci possède l'avantage de la simplicité. La valeur fixée par la loi constitue une valeur minimale obligatoire. Dans l'esprit du législateur, il s'agit donc d'une valeur plancher facile d'utilisation mais qui ne dispense pas de mesurer l'impact du débit réservé par d'autres méthodes et de proposer une valeur supérieure si la sensibilité du milieu l'exige.

2.1.5 Méthode québécoise

Il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur réglementaire de débit réservé au Québec ou de méthode de calcul qui tienne compte des caractéristiques hydrologiques des cours d'eau et des exigences requises par le cycle vital des différentes espèces de poissons qui colonisent les cours d'eau. Cependant, mentionnons que dans le cadre des autorisations réglementaires accordées par le MEF (secteur Environnement) pour l'irrigation des terrains de golf ou pour les prises d'eau d'alimentation des piscicultures, la valeur minimale à maintenir dans le lit du cours d'eau

correspond à 70 % du débit moyen des sept jours consécutifs d'étiage de récurrence deux ans ($\bar{Q}_{\frac{2}{7}}$). La mesure du $\bar{Q}_{\frac{2}{7}}$ est également utilisée dans le calcul des charges polluantes tolérables à l'aval de points de rejet d'effluents municipaux.

Une analyse comparative de quelques méthodes hydrologiques de détermination du débit réservé, appliquées à 18 rivières du Québec, a été effectuée dans le cadre du présent mandat. L'annexe 3 présente les résultats émanant de cet exercice qui mériterait d'être poursuivi et approfondi en regard des besoins pressentis.

2.1.6 Critique des méthodes hydrologiques

Avantages

L'avantage majeur des méthodes hydrologiques réside dans la disponibilité des données. En effet, la plupart des cours d'eau bénéficient de la présence de stations de jaugeage et si ce n'est pas le cas, une reconstitution des débits peut être effectuée à partir des données disponibles sur un cours d'eau ou un bassin versant voisin. Par ailleurs, même s'ils nécessitent l'utilisation de l'outil informatique pour le traitement statistique des données, les calculs restent facilement et rapidement réalisables.

Inconvénients

La comparaison des méthodes hydrologiques sur un ensemble de régions aquifères dont la géologie ou la géographie sont différentes, montre qu'elles ne prennent pas suffisamment en compte les caractéristiques propres du cours d'eau (régime hydrologique, rapport module-étiage). Il ressort, entre autres, qu'une seule variable hydrologique, que ce soit le DCE_{355} , le QCN_{10} quinquennal ou le module, ne peut suffire à caractériser un cours d'eau et donc à définir un niveau de débit réservé équitable pour tous les types de rivières. En ce qui concerne plus particulièrement la méthode du 1/10^{ème} du module, il s'avère qu'elle favorise les cours d'eau aux étiages sévères et, au contraire, qu'elle pénalise les rivières aux étiages soutenus par des nappes phréatiques importantes ou des réservoirs karstiques (au relief calcaire).

2.2 Les méthodes biologiques

2.2.1 Méthode du périmètre mouillé

Cette méthode, élaborée par Rose, Johnson, Cochnauer et White (1976), postule l'existence d'une relation directe entre les habitats piscicoles et le périmètre mouillé des sections du cours d'eau. L'établissement de la courbe de variation du périmètre mouillé en fonction du débit permet d'identifier le point à partir duquel de faibles diminutions du débit se traduisent par de fortes variations du périmètre mouillé. Ce point représente le débit pour lequel l'eau cesse de toucher les berges pour n'occuper que le fond du lit: le débit correspondant à ce tirant d'eau est recommandé comme débit de maintien biologique. Cette méthode a été le plus souvent utilisée sur les profils en travers établis sur des sections de contrôle, qui sont, nous l'avons vu, les plus sensibles de ce point de vue. Elle a été aussi appliquée sur l'ensemble des sections d'un cours d'eau (Nelson, 1980).

L'inconvénient majeur de cette méthode est que, d'une part, la détermination du point d'intersection se fait graphiquement (Figure 1) et que les chiffres préconisés comme valeur de débit réservé peuvent varier d'un expert à l'autre. D'autre part, la forme des sections de contrôle différant quelque peu de l'une à l'autre, on obtient non pas une valeur unique de débit, mais un ensemble de valeurs de débit. Dans ces conditions, on peut se demander s'il convient de prendre comme valeur du débit réservé la médiane ou tout autre quantile. Seule l'expérience du biologiste permet de trancher la question.

2.2.2 Méthode de simulation des habitats ou méthode des micro-habitats

La méthode PHABSIM (Physical Habitat Simulation) élaborée par Bovee (1978), se fonde sur l'existence de courbes de préférendum propres à chaque espèce. L'établissement de ces courbes est encore sujet à controverses entre les spécialistes, notamment en ce qui concerne l'indépendance des courbes de préférendum pour les grandeurs hydrauliques, l'influence de l'environnement et les relations inter et intra-spécifiques. La possibilité de représenter le comportement des poissons ou leur tolérance en fonction de variables abiotiques au moyen de telles courbes est cependant admise.

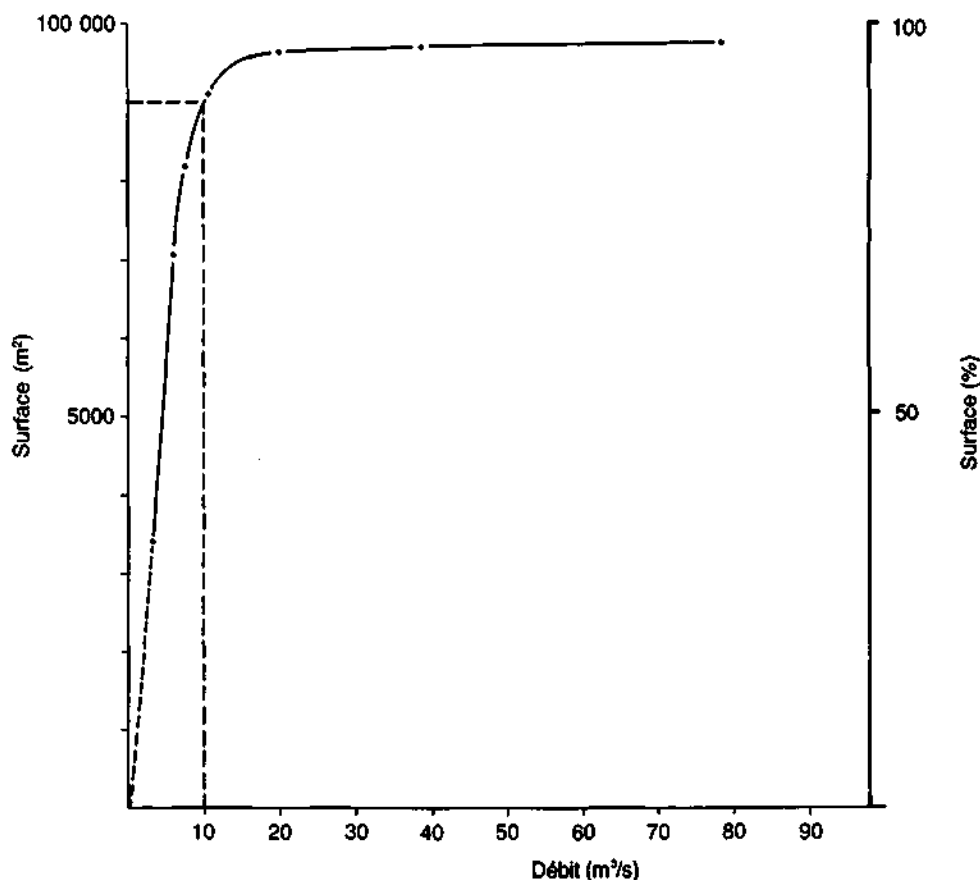


Figure 1. Exemple de relation surface mouillée/débit.

Pour une espèce à un stade de développement déterminé, chaque aire élémentaire de rivière A est affectée d'un coefficient «p» compris entre 0 et 1 qui traduit la plus ou moins grande affinité de cette espèce pour les conditions qui y règnent.

Sur un tronçon de rivière compris entre les abscisses en long x_1 et x_2 , l'aire mouillée totale est donnée par:

$$A(Q) = \int_{x_1}^{x_2} L(x, Q) dx$$

où L est la largeur du cours d'eau à l'abscisse x et pour un débit Q;

l'aire pondérée utile pour l'espèce E est alors:

$$A_{ue}(Q) = \int_{x_1}^{x_2} dx \int_0^{L(x,Q)} p dL$$

On remarque que:

$$A_{ue}(Q) \leq A(Q)$$

Une modification de débit se traduit donc par une modification de l'aire pondérée utile.

L'application de cette méthode suppose que l'on se donne une ou plusieurs espèces-repères à différents stades de développement, lesquelles utilisent bien l'ensemble des biotopes.

Une fois que les courbes de variation de l'aire pondérée utile en fonction de différentes valeurs de Q ont été établies, un procédé d'optimisation permet de dégager une valeur «optimale» de débit, c'est-à-dire une valeur qui maximise la surface d'habitat au débit moindre.

Le caractère plus ou moins favorable du débit et, conséquemment, l'aire pondérée utile dépendent à la fois de l'espèce et de son stade de développement. Toutefois, il importe de noter que le débit optimal peut aussi varier d'un tronçon à l'autre ou d'une période de l'année à une autre. Les auteurs préconisent alors une modulation saisonnière du débit réservé.

De toutes les méthodes existantes, la méthode PHABSIM est celle qui intègre le plus de données, à la fois hydrologiques, géomorphologiques et biologiques, et donc la plus satisfaisante du point de vue pratique. Cependant, sa durée de mise en oeuvre et son coût limitent son application à des études d'impact de grands ouvrages. Néanmoins, cette méthode fait actuellement l'objet de plusieurs recherches menées dans plusieurs pays afin de simplifier l'approche à quelques éléments clefs ou en vue d'améliorer et d'alléger le traitement informatique des nombreuses données recueillies sur le terrain ou encore de mieux cerner les préférends des différentes espèces piscicoles.

2.2.3 Méthode du débit de référence biologique (D.R.B.)

Cette méthode, proposée par le CEMAGREF en France, procède de l'approche de Bovee. Elle repose sur le principe qu'à une diversification maximale de l'écoulement correspond une variété optimale d'habitats aquatiques potentiels pour la colonisation du plus grand nombre d'espèces. En particulier, la répartition des vitesses d'écoulement va changer avec le débit: a priori, quand le débit diminue, le pourcentage de grandes vitesses diminue également, alors que les classes de faibles vitesses se renforcent.

Selon le protocole adopté par le CEMAGREF, on retient trois faciès d'écoulement:

F1: vitesse inférieure à 30 cm/s.

F2: vitesse comprise entre 30 et 80 cm/s.

F3: vitesse supérieure 80 cm/s.

La description de l'écoulement est réalisée au moyen d'un échantillonnage de vitesses relevées sous la surface dans les dix premiers centimètres de la colonne d'eau au point de mesure. Un minimum de dix transversales doivent être étudiées sur le tronçon concerné (tenant compte de l'alternance de rapides et de bassins) et un minimum de dix mesures doivent être prises sur chacune de ces transversales.

L'exploitation des résultats peut se faire sous la forme d'une cartographie simplifiée ou d'un histogramme qui traduira la répartition des mesures de vitesse du courant entre les faciès d'écoulement (Figure 2).

En pratique, on considère que le D.R.B. est atteint lorsque la proportion des mesures dans chaque faciès est comprise entre 30 et 40 %. L'exemple théorique illustré par le diagramme de la figure 3 indique la gamme de débits acceptables et la plage de débits marquant l'étiage biologique du cours d'eau. Cependant, il faut noter que ce cas théorique n'est pas toujours rencontré dans la nature. De plus, la répartition des différents faciès peut être très différente d'un site à l'autre pour le même débit (Figure 4).

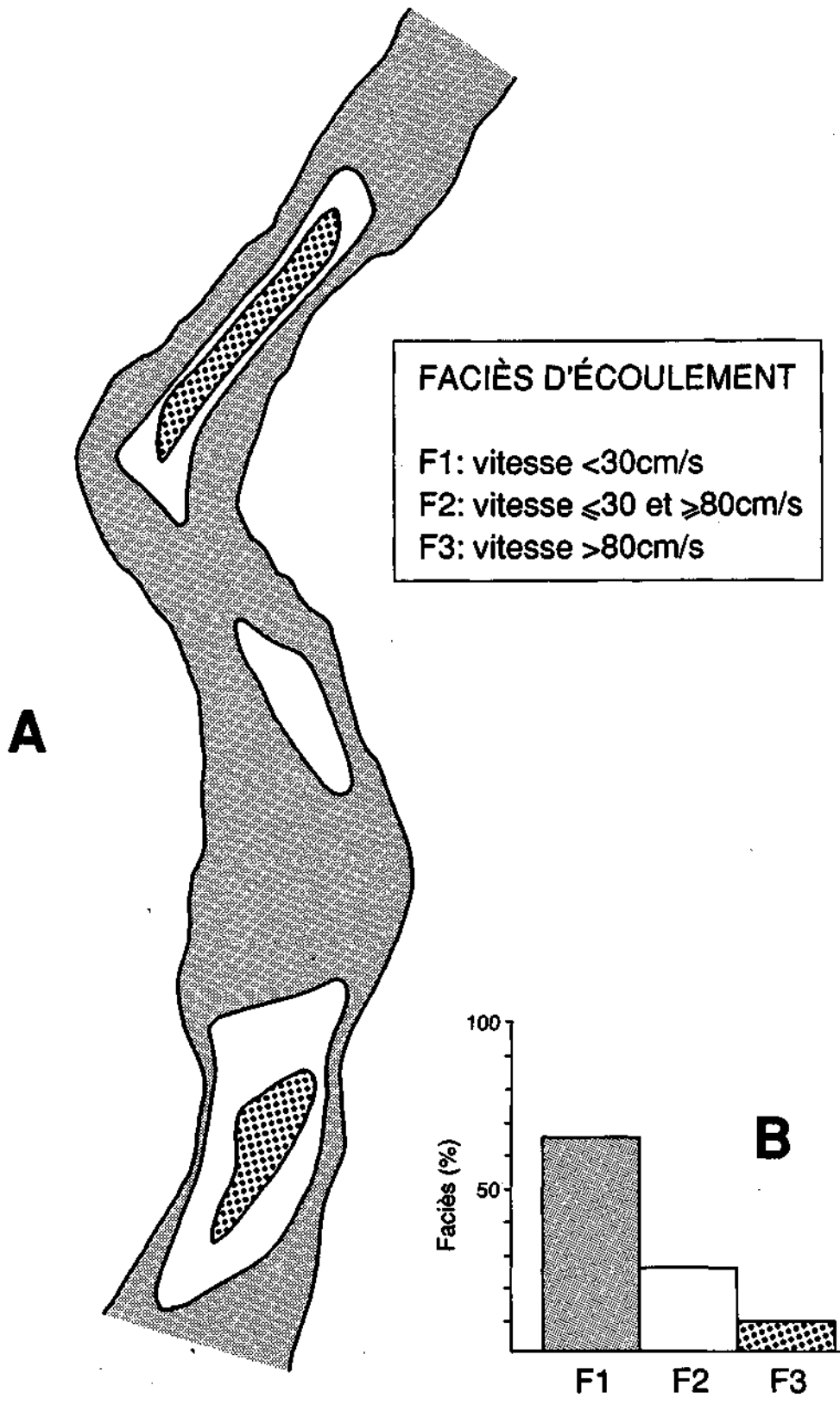


Figure 2. Représentation schématique (A) et graphique (B) de l'écoulement.

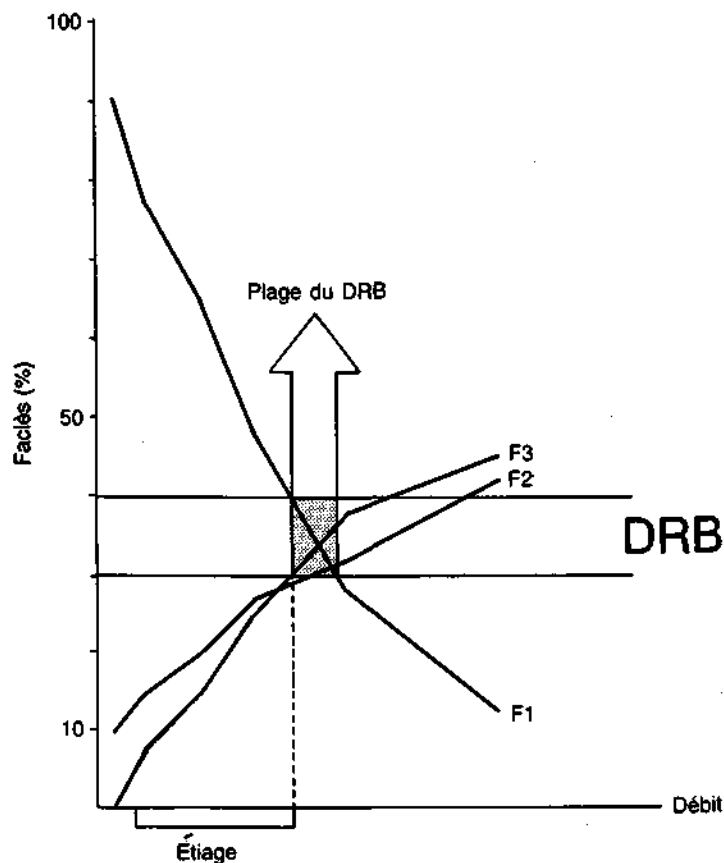


Figure 3. Courbe théorique de l'évolution relative des trois faciès d'écoulement en fonction du débit à une même station.

Par ailleurs, une répartition équilibrée des vitesses d'écoulement correspond à une diversification maximale des types d'habitats aquatiques mais non forcément à des conditions naturelles. En effet, sur les sites propices à des aménagements hydroélectriques, la pente est généralement importante et les faciès d'écoulement rapide dominant largement. La mise en équilibre des profils de vitesse revient donc à modifier le milieu mais en favorisant une plus grande diversité. Dès lors, le choix d'un débit réservé basé sur ce type de critère peut être soumis à un choix de tendance en fonction des caractéristiques du site: choix d'une dominance de vitesses moyennes et faibles (tendance limnophile) ou de vitesses fortes et moyennes (tendance rhéophile) (Figure 4).

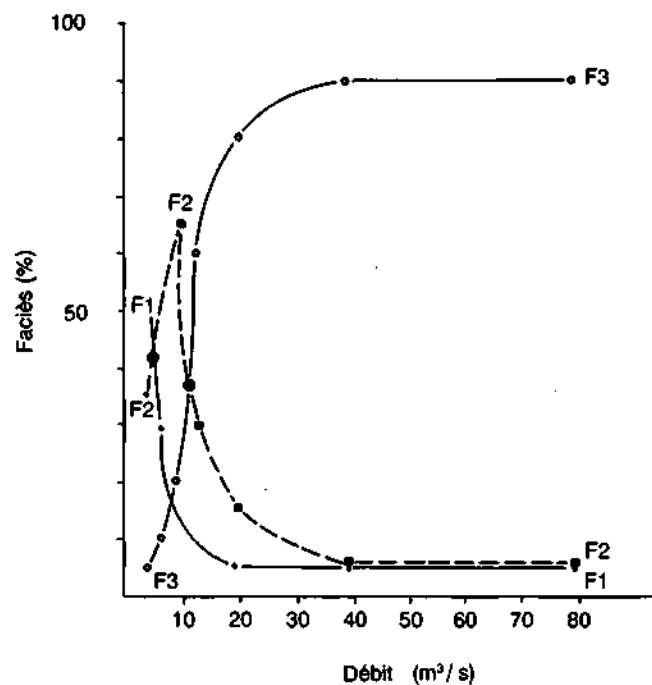
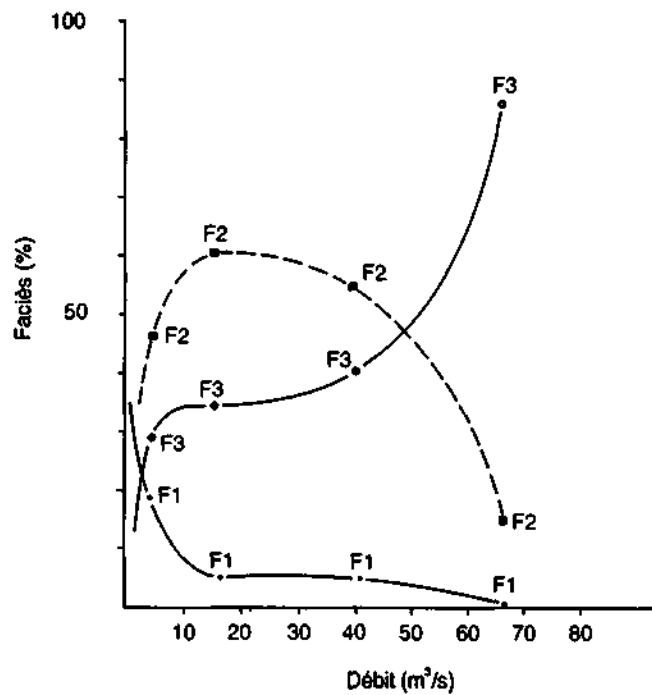


Figure 4. Exemple de répartition des profils de vitesse sur deux sites du cours amont de la Garonne (France) peu distants l'un de l'autre (Source: Étude hydrobiologique de la Garonne en pays de Comminges, Hydro M pour SOPELEC, avril 1989).

Ce type d'approche réduit les mesures de terrain à des mesures de vitesse de courant qui intègrent à la fois les caractéristiques d'écoulement et le comportement des poissons dans la masse d'eau. Toutefois, la vitesse du courant n'est pas le seul facteur définissant la richesse spécifique et la diversité du milieu aquatique. La profondeur, la nature du substrat et la qualité de l'eau interviennent aussi de façon prépondérante dans la mise en place et la survie des communautés piscicoles.

2.2.4 Recherche et développement au Québec

L'importance des aménagements entrepris par Hydro-Québec a conduit des spécialistes québécois à travailler sur la détermination des débits à maintenir en aval des ouvrages. Une équipe de chercheurs, dirigée par le professeur Michel Leclerc, de l'INRS-Eau, ainsi que la firme d'experts-conseil Groupe Environnement Shooner inc., contribuent à la réalisation de ces travaux à la fois théorique et pratique.

Dans la voie ouverte par Bovee, les équipes de recherche travaillent à perfectionner la méthode des microhabitats par le biais de la modélisation numérique. Entre autres, les spécialistes en sont à élaborer des logiciels qui, sur la base des résultats d'une campagne de terrain d'environ une semaine, permettraient d'intégrer des données d'hydrodynamique fluviale, d'hydrologie et de biologie (courbe d'acceptabilité d'habitat). Ces modèles n'ont pas pour objectif d'établir une prévision de biomasse pour un débit réservé donné. Ils visent plutôt à prédire les nouvelles composantes physiques du milieu et, conséquemment, les gains, les pertes et les déplacements d'habitats potentiels du tronçon de cours d'eau concerné.

Les cours d'eau examinés dans le cadre de ces activités de recherche sont essentiellement des rivières d'assez grande dimension, peuplées de salmonidés et dont les débits d'étiage sont supérieurs à 25 m³/s. À court terme, on pense cependant que les méthodes numériques pourraient être exportables à des cours d'eau de plus petite envergure.

2.2.5 Critique des méthodes biologiques

Avantages

Les méthodes biologiques présentent l'avantage de s'appuyer sur des prémisses prenant en compte la réalité biologique du milieu (surface mouillée, vitesse du courant, courbes de préférendum d'habitat pour différentes espèces, etc.). Elles ne constituent pas forcément une solution miracle établissant un débit réservé précis, indiscutable et objectif, mais permettent néanmoins d'évaluer de façon qualitative et quantitative les impacts de différentes valeurs de débits réservés et, de ce fait, d'exercer un choix en fonction de la nature des contraintes que l'on est prêt à accepter sur un cours d'eau donné.

Ces méthodes montrent surtout qu'il est possible de mettre en évidence des valeurs de débit en deçà desquelles des changements brusques et importants ont lieu au niveau des écoulements et de l'écologie du cours d'eau. En outre, les informations apportées par ces méthodes ont le grand avantage d'être argumentées et appuyées par de nombreuses mesures de terrain, spécifiques à chaque site étudié. Il ne s'agit plus ici de formule empirique ou de méthode générale, mais d'étude au cas par cas, tenant compte des particularités du milieu récepteur.

Inconvénients

Les méthodes biologiques sont actuellement limitatives en raison de la lourdeur et des difficultés de récolte des données: imprécision ou incertitude sur les débits réels transitant dans le tronçon de cours d'eau, nécessité de nombreuses mesures de terrain dans des conditions d'étude parfois difficiles, notamment dans les cours d'eau à fort débit.

Un autre facteur limitant vient de l'obligation d'effectuer une prise de données pour des valeurs de débit qui n'existent pas forcément sur le site. Il est nécessaire d'expérimenter les conditions du futur débit réservé pour en mesurer les impacts, ce qui suppose un contrôle du volume d'eau transitant sur le site. Or, il n'est qu'exceptionnellement possible de pouvoir moduler ces débits.

Quant à la méthode des microhabitats, elle est trop souvent utilisée comme modèle prédictif de la valeur biologique future du milieu alors qu'elle ne peut prédire que des conditions d'habitat. Elle s'appuie par ailleurs beaucoup sur l'appréciation des préférences d'habitat de salmonidés dont les juvéniles de plusieurs espèces sont territoriaux, ce qui facilite la cueillette de données sur le terrain. Pour des espèces non sédentaires ou non confinées à un territoire, la méthode mériterait d'être raffinée. Enfin, jusqu'à ce jour, elle n'a été que peu validée en situation réelle. En effet, rares sont les sites où le débit réservé a été déterminé par cette méthode et qui ont fait l'objet d'un suivi sur plusieurs années après leur réalisation.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le développement de la petite hydroélectricité a conduit à l'émergence d'un grand nombre de projets susceptibles de toucher une forte proportion de cours d'eau québécois. À l'heure actuelle, les méthodes biologiques exigent beaucoup d'investigations de terrain et restent très onéreuses. Par ailleurs, elles nécessitent d'être mises en oeuvre et testées pendant plusieurs années sur des cours d'eau de tailles différentes et peuplés d'autres espèces que les salmonidés migrateurs.

En l'attente de méthodes adaptées à tous les types de cours d'eau de la province il n'est pas souhaitable d'autoriser des aménagements qui ne maintiendraient pas en permanence un débit minimum dans la rivière. Étant donné que le MEF (secteur Faune) désire se doter d'une norme temporaire pour la définition d'un tel débit minimum, les méthodes hydrologiques peuvent, malgré leurs inconvénients, constituer une première approche intéressante.

Sur la base de l'analyse effectuée sur les 18 cours d'eau précités, les propositions suivantes pourraient être formulées:

- compte tenu des faibles valeurs apportées par le $1/10^{\text{ème}}$ du module, il n'apparaît pas souhaitable d'appliquer la norme française sur les rivières du Québec;
- les valeurs données par le $0,7 \bar{Q}_7^2$ sont généralement représentatives de l'étiage historique sans toutefois être inférieures aux valeurs les plus basses. L'avantage de l'utilisation de cette variable réside dans le fait qu'elle est déjà utilisée par le MEF (secteur Environnement) pour la définition du débit à maintenir dans les cours d'eau lors de l'autorisation de prises d'eau pour l'alimentation des piscicultures ou l'irrigation des terrains de golf;
- le \bar{Q}_7^2 pourrait être la variable idéale à utiliser puisqu'elle donne une bonne appréciation du débit minimum atteint lors d'une année moyenne et correspond au débit habituellement supporté par les espèces aquatiques en place. Ce paramètre est également employé pour la prescription de critères de rejets d'eaux usées municipales.

L'étude de 18 cours d'eau est certainement trop partielle et demeure insuffisante. Elle pourrait être poursuivie plus exhaustivement avec l'aide de spécialistes oeuvrant dans le domaine de l'ingénierie hydraulique et de la biologie aquatique. Pour l'essentiel, cette étude rappelle la différence de comportement hydrologique des cours d'eau de la rive sud du Saint-Laurent qui

mériteraient qu'une analyse plus détaillée leur soit consacrée et qu'une norme particulière leur soit éventuellement réservée. Pour toutes ces raisons, il est de prime importance d'entreprendre une étude visant à développer une méthode fiable, rigoureuse et uniforme qui permette de déterminer un débit réservé pour chaque entité hydraulique ou, à tout le moins, pour différentes catégories de rivières en fonction du cycle vital des principales espèces de poisson concernées.

SECTION V

PROTOCOLE DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL ET FAUNIQUE
DES PROJETS D'AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUES

TABLE DES MATIÈRES

	Page
TABLE DES MATIÈRES	ii
1. INTRODUCTION	1
1.1 Contexte d'utilisation	1
1.2 Responsabilités du MEF et du promoteur	1
1.3 Contenu du protocole	2
2. IMPACTS SUR L'HYDROLOGIE ET L'HYDRAULIQUE DU COURS D'EAU	3
2.1 Régime hydrologique	3
2.1.1 Cycle hydrologique naturel	3
2.1.2 Cycle hydrologique artificiel	3
2.2 Qualité de l'eau	4
2.2.1 Descripteurs physiques	4
2.2.2 Descripteurs chimiques	4
2.2.2.1 Ions majeurs (sels minéraux) (mg/l)	4
2.2.2.2 Substances nutritives (mg/l)	5
2.2.2.3 Autres éléments chimiques (mg/l)	5
2.2.3 Descripteurs biologiques	5
2.2.4 Métaux et toxiques	5
3. IMPACTS SUR L'HABITAT DU POISSON	6
3.1 Morphologie du cours d'eau	6
3.2 Érosion des berges et sédimentation	6
3.3 Productivité du milieu aquatique	7
3.4 Catégories d'habitats	7
3.4.1 Habitats naturels	7
3.4.2 Habitats de remplacement	7
3.4.3 Habitats particuliers	8
4. IMPACTS SUR LA FAUNE ICTHYOLOGIQUE	8
4.1 Circulation du poisson	8
4.1.1 Montaison	8
4.1.2 Dévalaison	8
4.1.3 Entraînement des poissons dans les turbines	9
4.2 Communauté ichtyologique	9
4.3 Activité halieutique	9

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte d'utilisation

L'objectif principal visé par le suivi environnemental et faunique consiste à s'assurer que les étapes de réalisation et d'exploitation d'un projet d'aménagement hydroélectrique sont effectuées conformément aux engagements et aux conditions stipulées dans l'autorisation. Certaines des exigences requises peuvent s'étendre sur plusieurs années.

La liste de contrôle ("check-list") apparaissant dans ce document constitue une revue particulièrement exhaustive des éléments pertinents qui peuvent être inclus au suivi et ce, afin d'identifier les impacts potentiels ou résiduels associés au fonctionnement d'une petite centrale et à l'installation de ses équipements connexes. Cette liste a pour but de faciliter la tâche de l'analyste du dossier et de lui donner une vue générale des modifications probables ou susceptibles d'être engendrées par les opérations de la centrale sur l'habitat du poisson et qui se doivent d'être surveillées périodiquement.

Les indicateurs proposés émanent pour la plupart du contenu des autorisations émises par le MEF et délivrées aux promoteurs de projets d'aménagement hydroélectrique. D'autres paramètres de suivi se fondent sur la littérature scientifique ou sur les connaissances dont disposait le groupe de travail sur les petites centrales.

Il importe de mentionner que les avantages que procure une telle liste de contrôle peuvent devenir des inconvénients puisque l'évaluateur peut être amené à négliger certains facteurs du simple fait qu'ils ne figurent pas sur cette liste. Toutefois, les liens de causes à effets n'ont pas à apparaître dans la liste de contrôle. Par contre, cette dernière s'accompagne de notes explicatives et pourrait éventuellement fournir des indications sur la manière de mesurer, d'estimer ou d'analyser certaines variables du milieu.

1.2 Responsabilités du MEF et du promoteur

Compte tenu des espèces cibles, des caractéristiques du cours d'eau à considérer et de la nature des aménagements, il appartient à chaque direction régionale du MEF de déterminer la

fréquence, la périodicité et l'envergure du suivi que le promoteur aura à effectuer et ce, de façon à assurer la protection des espèces et de leurs habitats et à minimiser les impacts générés par l'aménagement sur l'environnement.

Par ailleurs, il est entendu que le suivi proprement dit incombera au promoteur ou à un consultant dûment mandaté par ce dernier. Un rapport de ce suivi devra alors être déposé au MEF selon l'entente intervenue entre les responsables de projet des deux parties.

1.3 Contenu du protocole

Le protocole examine les impacts selon trois volets, soit sur la dynamique du cours d'eau lui-même, sur l'habitat du poisson et sur la faune aquatique.

La première section évalue les modifications qu'entraîne la mise en opération de la centrale sur le régime hydrologique du cours d'eau et sur la qualité de l'eau. Dans le cas des descripteurs de la qualité de l'eau, le lecteur pourra consulter les critères élaborés par l'ancien ministère de l'Environnement (1990) ou ceux prescrits par le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (1987). Ces critères indiquent les seuils de concentration de différentes substances et les valeurs limites de divers paramètres à ne pas dépasser pour protéger la vie aquatique (eaux douces et salées) et les usages liés à l'eau. Il est à noter que ces critères sont mis à jour de façon périodique et que des versions plus récentes sont actuellement disponibles.

La deuxième section regroupe les perturbations pouvant affecter la morphologie du cours d'eau, les mécanismes d'érosion des berges et de sédimentation, la productivité du milieu et les différents habitats du poisson.

Enfin, la dernière section traite des impacts susceptibles d'entraver la libre circulation des poissons ainsi que ceux générés sur la communauté ichtyologique et sur l'activité halieutique.

2. IMPACTS SUR L'HYDROLOGIE ET L'HYDRAULIQUE DU COURS D'EAU

2.1 Régime hydrologique

2.1.1 Cycle hydrologique naturel

- Conditions de crue :
 - printanière;
 - automnale.
- Conditions d'étiage :
 - estival;
 - hivernal.
- Périmètre mouillé.
- Mouvement des glaces.
- Écoulement de surface (vitesse moyenne du courant).

2.1.2 Cycle hydrologique artificiel

- Respect permanent des normes prescrites :
 - aspect visuel du paysage (débit esthétique);
 - sous couvert de glace;
 - demande d'énergie de pointe (heures de repas/froids hivernaux).
- Débit moyen quotidien turbiné.
- Débit moyen réservé (jour/nuit).
- Débit modulé.
- Débit à l'exutoire.
- Débit dans le canal de montaison et de dévalaison.
- Débit dans le tronçon court-circuité :
 - relation niveau-débit (jaugeage).
- Variations brusques et subites du débit.
- Marnage (amplitude de variation du niveau d'eau du réservoir).
- Hauteur de la colonne d'eau à l'échancrure (crête du barrage).

- Modification du patron de circulation de l'eau :
 - écoulements laminaires;
 - écoulements turbulents;
 - écoulements semi-torrentiels.
- Embouchure de rivière et estuaire :
 - pénétration du coin salin (progressive/régressive);
 - zone de mélange des eaux.
- Impacts cumulatifs associés aux :
 - autres barrages (gestion des débits);
 - pollueurs riverains (urbains, agricoles et industriels);
 - usages de l'eau (irrigation pour les terrains de golf, prises d'eau municipales, etc.).

2.2 Qualité de l'eau

2.2.1 Descripteurs physiques

- pH.
- Température (°C) :
 - variation en amont et en aval de la centrale;
 - stratification.
- Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Couleur vraie (Hazen).
- Turbidité (UNT).
- Solides en suspension (mg/l).

2.2.2 Descripteurs chimiques

2.2.2.1 Ions majeurs (sels minéraux) (mg/l)

- Ca^{+2} et Mg^{+2} .
- Chlorures.

2.2.2.2 Substances nutritives (mg/l)

- Azote (total, ammoniacal, organique, NOx, Kjeldahl).
- Phosphore (total, filtré, en suspension).
- Carbone organique dissous.

2.2.2.3 Autres éléments chimiques (mg/l)

- O₂, CO₂ et autres gaz dissous.
- Tanins et lignines
- DBO₅.

2.2.3 Descripteurs biologiques

- Chlorophylle A totale (mg/m³).
- Coliformes fécaux (nb./100) :
 - calcul du facteur de dilution (Fd) à un point de rejet (auto-épuration naturelle);
 - Q₇² estival.
 - mesure du panache de dispersion d'un polluant.

2.2.4 Métaux et toxiques

- Aluminium (mg/l).
- Mercure (µg/l).
- Cadmium (µg/l).
- Chrome (µg/l).
- Cuivre (µg/l).
- Nickel (µg/l).
- Zinc (µg/l).
- Problèmes associés :
 - accumulation de substances toxiques dans la retenue;
 - méthylation du mercure;
 - effets synergétiques.

3. IMPACTS SUR L'HABITAT DU POISSON

3.1 Morphologie du cours d'eau

- Configuration et comparaison (avant vs après aménagement) des lits majeur et mineur.
- Remodelage du littoral.
- Fosses/seuils : modification du nombre et du ratio d'alternance.
- Création d'obstacles.
- Zones de marnage.

3.2 Érosion des berges et sédimentation

- Zones d'érosion :
 - importance et nature du transport solide (matières organiques en suspension);
 - caractérisation locale (barrage);
 - modification des secteurs amont et aval (principalement);
 - érosion régressive des petits tributaires dans le tronçon court-circuité;
 - signes d'affaissement des rives;
 - ravinement des pentes et des talus.
- Zones de sédimentation :
 - caractérisation locale (barrage);
 - modification des secteurs amont (principalement) et aval;
 - présence d'une benne d'alluvions;
 - présence d'un cône de déjection;
 - trappage des sédiments;
 - vidange des sédiments (risques appréhendés de colmatage du secteur aval);
 - relargage de boues et de sédiments contaminés.
- Creusage de la face concave des méandres.
- Substrats de fond :
 - changement dans la texture des matériaux;
 - modification de la granulométrie (diamètre des particules);
 - variation dans la répartition (spatiale et temporelle) des matériaux.

3.3 Productivité du milieu aquatique

- Primaire :
 - algues;
 - macrophytes;
 - phytoplancton;
 - périphyton.
- Secondaire :
 - faune benthique (appauvrissement par lessivage);
 - zooplancton;
 - dérive d'organismes (insectes).
- Simplification des niveaux trophiques.
- Rupture des chaînes alimentaires.

3.4 Catégories d'habitats

3.4.1 Habitats naturels (frayères, zones d'alevinage et d'alimentation, abris et aires de repos)

- Diversité et hétérogénéité des mosaïques d'habitats.
- Disponibilité au plan biologique (compétition pour l'espace).
- Accessibilité au plan physique (obstacles infranchissables).
- Utilisation potentielle.
- Gains et pertes.
- Perturbations.
- Déplacements spatio-temporels ("shifting niche").

3.4.2 Habitats de remplacement

- Quantité et superficie disponibles;
- Utilisation potentielle et réelle;
- Localisation par rapport à l'aménagement hydroélectrique.

3.4.3 Habitats particuliers

- Zones lenticues;
- Zones lotiques;
- Habitats des espèces menacées, rares ou vulnérables.

4. IMPACTS SUR LA FAUNE ICHTYOLOGIQUE

4.1 Circulation du poisson

4.1.1 Montaison

- Respect des plans et devis prévus aux fins du design d'ingénierie.
- Efficacité des passes à poissons :
 - fonctionnalité et multispécificité des équipements;
 - appel d'eau au pied de la passe;
 - comportements rhéotaxiques du poisson migrateur;
 - chronologie de la montaison déficiente (retards observés);
 - entretien et ajustement de la structure de montaison;
 - attraction vers le rejet de l'usine ou vers le canal de fuite;
 - dénombrement et identification des poissons franchissant la passe.

4.1.2 Dévalaison

- Respect des plans et devis prévus aux fins du design d'ingénierie.
- Efficacité des dispositifs de dévalaison :
 - entretien et ajustement de la structure de dévalaison;
 - systèmes de protection (grilles);
 - systèmes de déviation (déflecteurs);
 - systèmes de chute (glissoires).
- Nettoyage de la prise d'eau (enlèvement des débris).

4.1.3 Entraînement des poissons dans les turbines

- Appel d'eau à la sortie des turbines ou du canal de fuite.
- Vitesse du courant à l'approche de la prise d'eau (< 30 cm/s).
- Blessures et taux de mortalité des poissons (juvéniles et adultes) associés aux pièces mécaniques d'équipement ou découlant de la prédation:
 - à la sortie des turbines (test de flottaison et bouées de marquage);
 - au niveau de la grille de protection.
- Sursaturation en gaz.

4.2 Communauté ichthyologique

- Variation de la biomasse totale des poissons.
- Modification dans la composition et la structure des populations.
- Diversité spécifique.
- Abondance relative (densité par unité de surface).
- Synchronisme des activités physiologiques et comportementales.
- Intégrité des stocks.

4.3 Activité halieutique

- Succès de pêche sportive.
- Fréquentation du territoire par les pêcheurs.
- Conciliation avec d'autres usages liés à l'eau.

ANNEXE 1

LEXIQUE DES PROJETS D'AMÉNAGEMENTS HYDROÉLECTRIQUES



A**Aménagement hydroélectrique**

Ensemble d'ouvrages de génie civil comprenant également des machines et des appareillages divers, destinés principalement à transformer l'énergie potentielle de gravité de l'eau en énergie électrique.

Amplitude du marnage

Hauteur de la tranche utile dans un réservoir saisonnier, ou hauteur de la tranche soumise au marnage.

Année d'achèvement

Année au cours de laquelle la construction d'un ouvrage est terminée.

Année de mise en service

Année au cours de laquelle le premier groupe d'un aménagement hydroélectrique est mis en service.

Apports hydrauliques

Volume total d'eau correspondant au débit traversant une section d'un cours d'eau, durant un intervalle de temps donné.

Arbre

Élément transmettant à un alternateur la puissance développée par une roue de turbine.

Aspirateur, tube d'aspiration (diffuseur)

Conduit divergent permettant la récupération de l'énergie cinétique que possède l'eau à la sortie d'une roue de turbine.

Assèchement

Évacuation de l'eau contenue dans une enceinte étanche et artificielle ou une formation géologique.

Axe du barrage

Ligne de référence à partir de laquelle on définit les dimensions horizontales du barrage.

B**Bâche spirale**

Conduit en forme de colimaçon qui assure l'arrivée régulière de l'eau sur toute la périphérie d'un distributeur.

Banc d'emprunt

Excavation généralement réalisée hors de l'emprise d'un ouvrage, d'où sont extraits des matériaux utilisés à la construction de cet ouvrage.

Barrage

Ouvrage construit en travers du lit d'un cours d'eau afin de dériver ou de retenir les eaux.

Barrage à contreforts

Barrage généralement en béton formé d'éléments étanches s'appuyant sur une série de contreforts placés à l'aval.

Barrage à voûtes multiples

Barrage en béton formé d'une série de voûtes s'appuyant sur des contreforts.

Barrage à zones

Barrage en remblai constitué de deux recharges situées à l'amont et à l'aval d'un noyau protégé par des filtres.

Barrage en bois

Barrage fait d'un assemblage de pièces de bois, sous forme d'encoffrements remplis de pierres.

Barrage en enrochement

Barrage en remblai dont plus de la moitié du volume total est constitué de matériaux rocheux.

Barrage en remblai

Barrage constitué de matériaux naturels excavés ou de résidus industriels.

Barrage en terre

Barrage en remblai dont plus de la moitié du volume total est formé de matériaux fins compactés.

Barrage homogène

Barrage en terre constitué principalement d'un seul type de matériau.

Barrage-poids

Barrage, le plus souvent en béton, dont la stabilité est assurée par le poids même de l'ouvrage.

Barrage-voûte

Barrage en béton, à courbure convexe tournée vers l'amont, qui transmet aux appuis latéraux la plus grande partie de la poussée de l'eau.

Bassin de dissipation

Bassin naturel ou artificiel dans lequel se dissipe l'énergie d'une lame d'eau déversante ou d'un jet à grande vitesse.

Bassin hydrographique

Étendue de terrain dont les eaux de ruissellement se déversent dans un même cours d'eau. Le nom du bassin est celui du cours d'eau collecteur. L'importance du cours d'eau collecteur est fonction de celle du bassin.

Batardeau

Ouvrage provisoire construit dans un cours d'eau pour détourner ou contenir les eaux pendant des travaux.

Bief d'amont

Partie d'un cours d'eau ou d'un réservoir qui précède immédiatement un ouvrage hydraulique.

Bief d'aval

Portion du cours d'eau qui reçoit, en aval d'un barrage ou d'une centrale, les eaux turbinées, déversées ou évacuées.

**Canal**

Ouvrage usuellement de section trapézoïdale dans lequel l'eau s'écoule à ciel ouvert.

Canal d'amenée

Canal reliant la prise d'eau à la conduite forcée.

Canal de dérivation

Canal qui a pour fonction de dériver l'eau d'une rivière afin de construire un ouvrage de retenue (barrage ou digue). Lorsque le canal est souterrain, on parle de «galerie de dérivation».

Canal de fuite ou canal de restitution

Canal par où s'écoule l'eau passée dans les turbines d'une centrale hydroélectrique, un évacuateur, etc.

Capacité maximale des évacuateurs (de crues)

Débit maximal des évacuateurs quand la retenue est au niveau maximal d'exploitation.

**Capacité totale de la retenue
(Volume de la retenue)**

Volume de la retenue compté du fond du lit jusqu'au niveau maximal d'exploitation.

Cavitation

Phénomène caractérisé par la production au sein de l'eau en mouvement de bulles de vapeur d'eau, à la suite d'un abaissement local de la pression au-dessous de la tension de vapeur d'eau.

Centrale au fil de l'eau

Centrale hydroélectrique dont le réservoir a une durée de remplissage inférieure ou égale à deux heures au débit moyen caractéristique annuel.

Centrale d'éclusee

Centrale hydroélectrique dont le réservoir a une durée de remplissage comprise entre 2 et 400 heures au débit moyen caractéristique annuel, ce qui permet de stocker l'eau pendant la nuit pour la turbiner aux heures de pointe.

Centrale de lac

Centrale hydroélectrique dont le réservoir a une durée de remplissage égale ou supérieure à 400 heures au débit moyen caractéristique annuel, ce qui permet de stocker les apports en période de hautes eaux pour les libérer en période de pointe.

Centrale hydroélectrique

Centrale dans laquelle l'énergie potentielle de gravité de l'eau est transformée en énergie électrique.

Centrale de pointe

Centrale qui fonctionne pendant des périodes plus ou moins longues, généralement aux heures de pointe.

Cheminée d'équilibre

Ouvrage situé à la jonction d'une galerie d'amenée en charge et d'une ou plusieurs conduites forcées et qui sert à réduire ou à éliminer les surpressions.

Chute brute d'une centrale hydroélectrique

Différence de hauteur entre les niveaux amont et aval dans des conditions déterminées.

Chute nette d'une centrale hydroélectrique

Chute brute diminuée des pertes hydrauliques, sauf celles qui sont dues aux turbines.

Conduite forcée

Conduite en charge reliant la prise d'eau ou l'ouvrage d'amenée, aux turbines de la centrale hydroélectrique.

Corroi

Préparation donnée à une substance battue, étirée et foulée. Un corroi d'argile est une couche d'argile appliquée et compactée à la surface d'un ouvrage d'une berge ou au fond d'un réservoir pour assurer l'étanchéité.

Cote de retenue

Niveau maximal d'exploitation.

Coup de bélier

Surpression ou dépression qui se propagent dans les conduites en charge et qui sont produites par des variations de débit aux extrémités de la conduite.

Courbe de remous

Profil longitudinal de la surface de l'eau dans un chenal à écoulement libre, quand la profondeur d'eau est modifiée par la présence d'une singularité (barrage ou seuil déversant, par exemple), par une modification de la rugosité, de la largeur du chenal ou de la pente du lit (Figure 1).

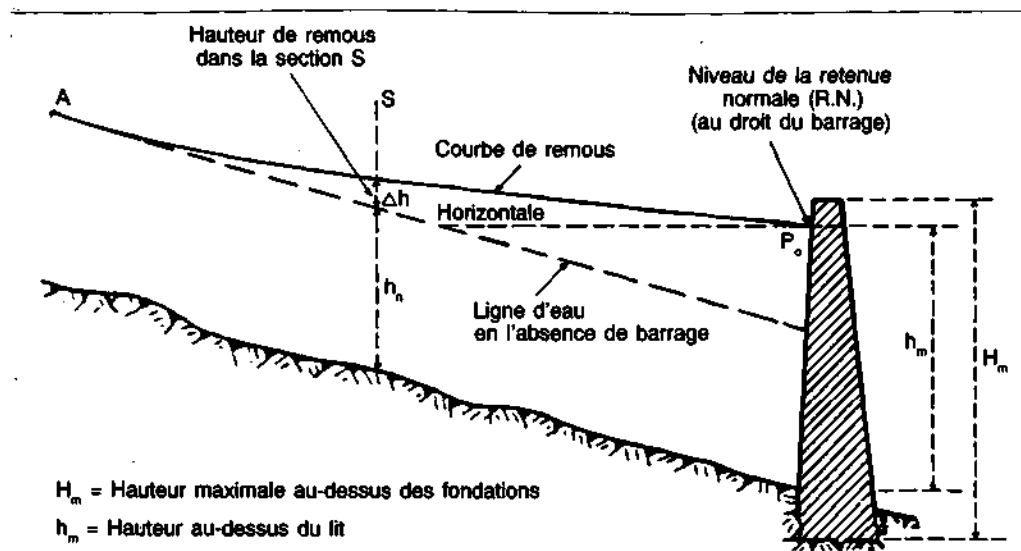


Figure 1. Profil en long schématique d'un barrage et de sa retenue.

Courbe de tarage

Courbe qui représente la relation entre le débit et le niveau d'eau en un point donné d'un cours d'eau.

Couronnement

Surface supérieure d'un barrage ou d'une digue.

Coursier de l'évacuateur (de crues)

Chenal incliné sur lequel s'écoulent les eaux de l'évacuateur de crues.

Crête

Surface supérieure d'un barrage.

Crue

- 1° Montée, nettement au-dessus des valeurs habituelles, du niveau d'un cours d'eau ou d'une retenue, attribuable aux précipitations ou à la fonte des neiges.
- 2° Volume d'eau qui s'ajoute au volume utile d'un réservoir et qu'il peut être nécessaire d'évacuer.

Crue maximale probable

La plus forte crue susceptible de se produire en un point d'un cours d'eau en supposant que soient combinées les pires conditions météorologiques et hydrologiques possibles dans la région.

D**Débâcle**

Transport des glaces dans une rivière après bris de la couverture de glace, souvent turbulent et plus ou moins chargé en glaces, celles-ci pouvant être sous forme d'aiguilles (sorbet), glaces de fond, glaces visqueuses ou plaques de glace.

Débit réservé

Lâchures effectuées à partir d'un barrage pour préserver l'écosystème aquatique et éviter que les riverains d'aval n'aient à subir des dommages du fait de l'existence du barrage.

Débit d'équipement (ou débit aménagé)

Débit correspondant à la capacité maximale des équipements (ex: turbine).

Débit spécifique moyen

Quotient du module (débit) par la superficie du bassin versant relatif à la section considérée d'une rivière. Le débit spécifique s'exprime en $m^3/s/km^2$ ou $l/s/km^2$.

Dénivelée

Différence de niveau, d'altitude entre deux points.

Dénoyer

Une prise d'eau ou une pompe est dénoyée lorsque le niveau de l'eau devient inférieur à la cote de pompage.

Dérivation

Action d'acheminer hors du lit d'un cours d'eau la totalité ou une partie de son débit pour:

- a) augmenter le débit d'un cours d'eau principal avec le débit d'un bassin versant voisin;
- b) faire passer, hors du lit naturel d'un cours d'eau, une partie de son débit dans une centrale hydroélectrique.
- c) assécher le lieu des travaux durant la construction; dans ce cas, il s'agit de dérivation provisoire;
- d) contrôler les crues en dérivant dans un canal les apports supplémentaires d'eau.

Déversement

Écoulement du trop-plein des eaux d'un réservoir. Le déversement se fait soit en laissant passer l'eau par-dessus la crête d'un évacuateur de crue, soit en ouvrant des vannes.

Déversoir de jaugeage

- 1° Ouvrage utilisé pour la mesure des débits d'une rivière ou d'un canal.
- 2° Dispositif d'auscultation servant à mesurer les débits de fuite.

Digue

Ouvrage (généralement semblable à un barrage-poids en terre ou en enrochement) qui a pour objet d'empêcher les eaux d'un réservoir de s'écouler, par des vallées secondaires, à l'extérieur des limites fixées pour le réservoir.

E

Éclusée

Fonctionner en éclusées se dit d'un aménagement hydroélectrique qui fonctionne par intermittence en jouant sur la capacité de stockage de la retenue. Dans ce cas l'éclusée est la quantité d'eau qui est lâchée au niveau de la centrale jusqu'à ce que la ou les turbines soient arrêtées.

Écoulement à surface libre

Écoulement dans un canal ouvert où la surface du liquide est soumise à la pression atmosphérique. L'écoulement est dû à la pente du canal et de la surface du liquide.

Écoulement en charge

Écoulement dans une conduite où le liquide est soumis à une pression supérieure à la pression atmosphérique.

Écoulement laminaire

Écoulement dans lequel les particules d'eau suivent des trajectoires parallèles et dont la direction est constante.

Écoulement turbulent

Écoulement dans lequel les lignes de courant sont désordonnées.

Écran d'injection, rideau d'injection, voile d'injection

Zone verticale et généralement de faible épaisseur d'un terrain de fondation, traitée par injections en vue de réduire les fuites sous un barrage.

Écran Interne d'étanchéité

Mur en béton de ciment ou en béton bitumineux, relativement épais, construit dans le corps d'un barrage en remblai pour en assurer l'étanchéité.

Embâcle

Accumulation de glace ou de troncs d'arbres et de branches à un endroit donné, dans une rivière et qui forme obstacle à l'écoulement de l'eau.

Entonnement

Un ouvrage hydraulique assure un bon entonnement du débit lorsqu'il est capable de faire entrer ou d'évacuer ce débit sous forme d'un écoulement laminaire.

Érosion progressive

Érosion qui se manifeste dans un cours d'eau en aval d'un surcreusement artificiel du lit et/ou en raison d'une diminution des apports solides de l'amont.

Érosion régressive

Érosion qui se manifeste dans un cours d'eau en amont d'un surcreusement artificiel du lit qui tend à se combler et/ou en raison d'un abaissement excessif de la ligne d'eau.

Étiage

Baisse périodique des eaux d'un cours d'eau. Niveau le plus bas observé dans un cours d'eau en une saison, ou en une année.

Évacuateur (de crues)

Ouvrage annexe d'un barrage ou d'un ouvrage hydraulique, permettant d'évacuer les débits de crue.

F**Frazil**

Cristaux de glace formés par surrefroidissement d'une masse d'eau turbulente située dans des rapides.

Facteur d'utilisation

Rapport entre la production d'énergie annuelle moyenne et la production maximum possible avec la puissance nominale.

G**Galerie**

- 1° Conduit souterrain servant à l'écoulement de l'eau.
- 2° Passage ou accès dans le corps d'un barrage, sa fondation ou ses appuis.

Galerie d'aménée

Galerie à écoulement libre ou en charge qui relie la prise d'eau à la conduite forcée.

Galerie de fuite

Galerie par où s'écoule l'eau qui sort des turbines de la centrale hydroélectrique.

Gradient hydraulique

- 1° Pente de la surface libre d'un écoulement dans un ouvrage hydraulique.
- 2° Perte de charge hydraulique par unité de longueur dans la direction de l'écoulement.

Groupe bulbe

Groupe intégrant turbine et alternateur, noyé dans son flux d'alimentation.

H**Hauteur de chute**

Différence de niveau entre le bief amont et le bief aval.

Hauteur maximale (d'un barrage)

Hauteur entre le point le plus bas de la fondation générale d'un barrage et la crête de ce barrage.

K**Kilowatt (symbole: kW)**

Multiple de watt, unité de mesure de la puissance.

Kilowattheure (symbole: kWh)

Multiple du wattheure, unité de mesure de l'énergie électrique et de la consommation.

L**Lac de tête**

Lac situé au haut du bassin versant, dont l'exutoire est généralement le cours d'eau collecteur. Il a un certain effet régulateur sur le débit du cours d'eau collecteur.

Laminage de crue

Effet atténuateur exercé dans un réservoir sur une crue par le stockage et le déstockage de l'eau.

Lenitrophile

Se dit d'une espèce aquatique qui se rencontre en milieu lentique.

Lentique

Un milieu lentique est une partie de rivière où les vitesses de courant sont faibles ou nulles.

Limnimètre

Dispositif d'auscultation servant à mesurer le niveau d'un plan d'eau.

Limnophile

Se dit d'une espèce aquatique qui se rencontre essentiellement en milieu lentique.

Longueur en crête (d'un barrage)

Longueur développée de la crête d'un barrage. Elle comprend la longueur de l'évacuateur de crues, de l'usine, de l'écluse, de la passe à poissons quand ces ouvrages sont intégrés au barrage.

Lotique

Un milieu lotique est une partie de rivière où les vitesses de courant sont fortes.

M**Marnage**

Amplitude des variations du niveau d'eau d'un réservoir ou d'un cours d'eau.

Masque (amont)

Zone mince et imperméable placée sur le parement amont d'un barrage en remblai.

Méthode des éléments finis, méthode d'analyse par éléments finis

Méthode d'analyse numérique qui consiste à diviser un milieu continu en un nombre fini d'éléments afin de calculer les contraintes, les déformations, les écoulements, etc., résultant des variations de charges, de pressions d'eau, de températures, etc.

Mise en eau

Premier remplissage d'un réservoir après la construction d'un barrage.

Module

Débit moyen écoulé au cours d'une année.

N

Niveau maximal* (de la retenue), niveau des plus hautes eaux, niveau maximal critique

Niveau d'eau maximal pour lequel un barrage est calculé.

Niveau maximal d'exploitation* (niveau normal de retenue)

Niveau maximal auquel un plan d'eau peut monter en exploitation normale.

Niveau minimal d'exploitation*

Niveau d'abaissement le plus bas d'un plan d'eau en exploitation normale.

* La figure 2 illustre ces différents niveaux au droit d'un barrage.

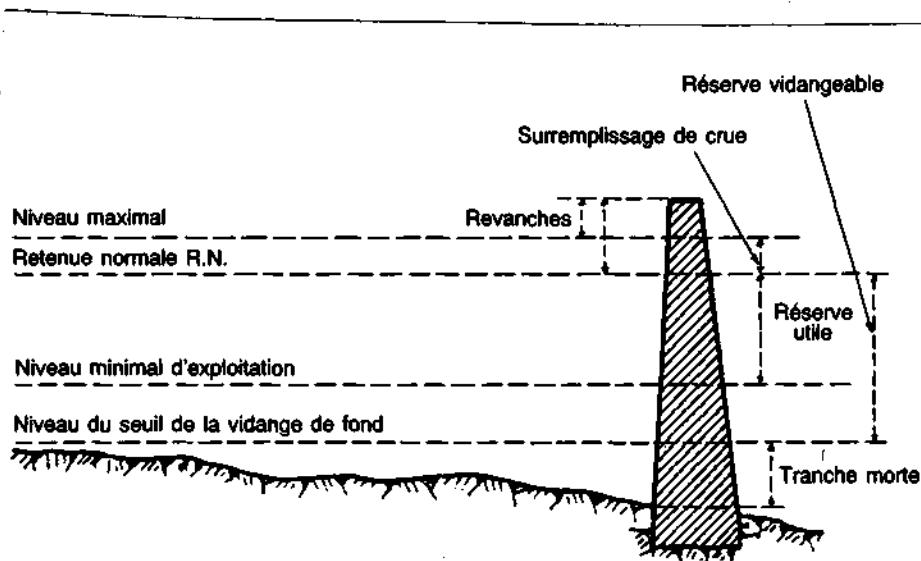


Figure 2. Différents niveaux au droit d'un barrage.

Niveau piézométrique

Niveau du plafond de la nappe phréatique.

Noyau

Zone étanche d'un barrage en remblai qui est généralement constituée de matériaux naturels imperméables.



Ouvrage

Toute construction résultant de travaux.

- ▶ Éviter d'employer en ce sens le terme «structure», qui désigne plutôt en français la disposition des parties d'une construction qui lui confèrent sa résistance.

Ouvrage annexe

Ouvrage lié à un barrage par sa fonction, par exemple une prise d'eau, un canal ou une galerie d'amenée, un évacuateur de crues, une conduite forcée.

- ▶ Lorsqu'on ne fait pas référence à un titre de document, utiliser ouvrage annexe de préférence à «ouvrage connexe», souvent employé dans les documents d'Hydro-Québec.



Palplanche

Pièce en bois, en acier ou en béton, à section mince, pourvue de rainures d'imbrication, utilisée pour contenir le sol.

Paramètre de conception

Donnée caractéristique physique ou mécanique servant au dimensionnement géométrique et structural d'un ouvrage ou d'une partie d'ouvrage.

Pertuis de fond, vidange de fond

Ouverture munie d'une vanne et située dans la tranche inférieure d'une retenue, utilisée pour la vidanger ou évacuer des dépôts solides.

Piézométrie

Voir: niveau piézométrique.

Prise d'eau

Tout ouvrage sur les rives d'un réservoir, dans le corps d'un barrage ou en rivière qui permet de dériver l'eau par conduite, canal ou galerie vers son lieu d'utilisation.

Puissance

Grandeur représentant l'effet conjugué de la tension et de l'intensité du courant électrique. Se traduit par la force nécessaire à un moteur pour tourner par exemple, ou à un appareil, à une machine ou à un système pour accomplir un travail. S'exprime généralement en watts (W), kilowatts (kW) et mégawatts (MW).

- ▶ On peut comparer la puissance à la force d'un jet d'eau qui dépend à la fois de la pression et du débit de l'eau.

$$\begin{array}{l} \text{puissance} = \text{tension} \times \text{intensité} \\ \text{(en watts)} \quad \text{(en volts)} \quad \text{(en ampères)} \end{array}$$

Puissance à la pointe

Puissance produite lorsque tous les appareils installés fonctionnent à leur capacité maximale.

Puissance installée

Somme des puissances nominales que peuvent fournir les machines et les appareils de production d'une installation.

Puissance nominale

Puissance généralement fixée par le constructeur pour le fonctionnement d'un appareil, d'un dispositif ou d'un matériel quelconque.

R

Remplissage

Accumulation d'eau dans une retenue jusqu'au niveau normal d'exploitation.

- ▶ Dans le cas du premier remplissage d'une retenue, on dit «mise en eau».

Remous

Voir: courbe de remous.

Réserve

Volume d'eau contenu dans un réservoir.

Réservoir

Retenue dont l'exploitation s'effectue à niveau variable en vue de stocker et déstocker de l'eau.

Réseau hydrographique

Ensemble des canaux de drainage naturels, permanents ou temporaires, par où s'écoulent les eaux provenant du ruissellement ou restituées par les nappes souterraines.

Retenue

Eau emmagasinée à l'amont d'un barrage dans un réservoir ou un bief. Dans l'usage courant, les termes retenue et réservoir sont employés comme des synonymes.

Revanche

Différence de cote entre la crête du barrage et le niveau maximal d'exploitation.

Rhéophile

Se dit d'une espèce aquatique qui se rencontre dans les zones de courant (milieux lotiques).

Ripisylve

Forêts ou boisements riverains d'un cours d'eau.

Roue (Francis)

Organe mobile d'une turbine Francis, muni d'aubes, qui transforme l'énergie de l'eau sortant du distributeur en énergie mécanique recueillie sur l'arbre auquel il est accouplé.

S**Section de contrôle**

Section transversale où l'écoulement de la rivière change de régime, passant du régime fluvial au régime torrentiel et vice-versa.

Seuil déversant, seuil en rivière

Barrage de faible hauteur ou simple mur construit au travers d'une rivière pour en relever le niveau.

Simulation énergétique

Calculs mathématiques de la production d'énergie (kWh) en considérant la hauteur de chute, la réserve utile, les apports hydrologiques, etc.

Stockage

Emmagasinement de l'eau dans une retenue, dans un réseau hydrographique ou ailleurs pour constituer une réserve.

Suréquipement

Addition de nouveaux équipements hydroélectriques à des aménagements existants, en construction ou projetés, afin de mieux répartir la production des centrales dans le temps et être ainsi en mesure de répondre à la partie fluctuante des besoins. Ces additions constituent des équipements supplémentaires par rapport aux critères ordinaires de l'aménagement des centrales.

Système hydrique

Ensemble constitué par un cours d'eau, ou plusieurs cours d'eau reliés entre eux, et les ouvrages de génie civil qui y sont mis en place en vue d'agir sur les apports naturels en eau pour des fins d'utilisation ou de régularisation de l'eau.

T

Tirant d'eau

Hauteur maximale entre la ligne de flottaison et le fond de la rivière.

Tronçon court-circuité

Section d'un cours d'eau dont le débit est réduit par le détournement d'une partie de ses eaux.

Turbine

Machine dans laquelle un fluide (eau, gaz comprimé, vapeur, etc.) agissant sur les ailettes, les pales ou les aubes d'une roue, provoque la rotation de celle-ci.

Turbine à hélice

Lorsque la chute d'eau est faible, la turbine à hélice s'avère plus avantageuse car elle permet d'obtenir de grandes vitesses de rotation. Comme son nom l'indique, elle a la forme d'une hélice et l'eau s'écoule parallèlement à l'axe. Ce type de turbine est utilisé, par exemple, à la centrale de la rivière des Prairies (Montréal).

Turbine hydraulique

Turbine dans laquelle l'eau agit sur une roue pour entraîner un alternateur.

Turbine Kaplan

La turbine Kaplan ressemble à la turbine à hélice, mais ses pales sont orientables. Hydro-Québec se sert de ces turbines à Carillon, car le débit de la rivière des Outaouais varie beaucoup selon les saisons, et la position des pales peut être continuellement adaptée à la situation, c'est-à-dire à la quantité d'eau disponible et à la demande d'électricité.

Turbine à réaction

Type de turbine hydraulique dans lequel l'énergie de l'eau, à l'entrée de la roue, est en partie sous forme cinétique, une autre partie restant sous forme de pression qui varie pendant le passage dans la roue.

Turbine Francis

Turbine à réaction dans laquelle l'écoulement de l'eau est radial à l'entrée sur le pourtour de la roue, et axial à la sortie. Elle est adaptée aux faibles et aux moyennes chutes à débit moyen.

Turbine Pelton

Turbine à action convenant aux très hautes chutes à faible débit.

V

Vanne

Dispositif de réglage du débit ou de fermeture d'une conduite ou d'un orifice.

Vanne de fond

Voir: pertuis de fond.

Vanne à glissières

Vanne qui peut être levée ou abaissée par glissement dans des glissières verticales.

Vanne wagon

Vanne comportant des galets fixés sur ses montants latéraux et qui roulent sur un rail fixé dans les rainures.

Vanne segment

Vanne dont le tablier est en coupe verticale un segment de cercle et dont les bras supports convergent vers un axe d'accrochage fixé aux piles.

Vanne secteur

Vanne de déversoir ou de barrage mobile de faible hauteur consistant en un long caisson de section ogivale. Le caisson est maintenu en position haute par la pression de l'eau s'exerçant dans une chambre. Il monte, quand le niveau s'élève, jusqu'à la cote de retenue, et s'abaisse, en général automatiquement, pour laisser passer les crues.

Vanne tambour ou vanne rouleau

Vanne de déversoir formée d'un long cylindre placé entre deux piles. Le cylindre est équipé d'un pignon à chacune de ses extrémités et roule, quand il s'élève ou s'abaisse, sur une crémaillère inclinée placée sur chacune des piles.

Vidange ou restitution

Ouverture à travers laquelle l'eau est lâchée à partir d'un réservoir dans la rivière, dans un but particulier.

Vie utile

Temps pendant lequel un équipement fonctionne normalement, dans des conditions déterminées, sans subir de pannes irréparables.

Volume mort, réserve morte ou culot

Tranche d'une retenue située au-dessous du seuil de la vidange de fond.

Volume utile, réserve utile

Tranche d'une retenue comprise entre le niveau minimal et le niveau maximal d'exploitation.

Z**Zone du marnage**

Partie des berges d'une retenue soumise au marnage.

ANNEXE 2

MESURES D'ATTÉNUATION ET RÈGLES DE BONNE PRATIQUE RELATIVES AU MILIEU AQUATIQUE

Référence: **Guide d'évaluation environnementale en regard du poisson
et de son habitat (Pêches et Océans Canada, 1993)**

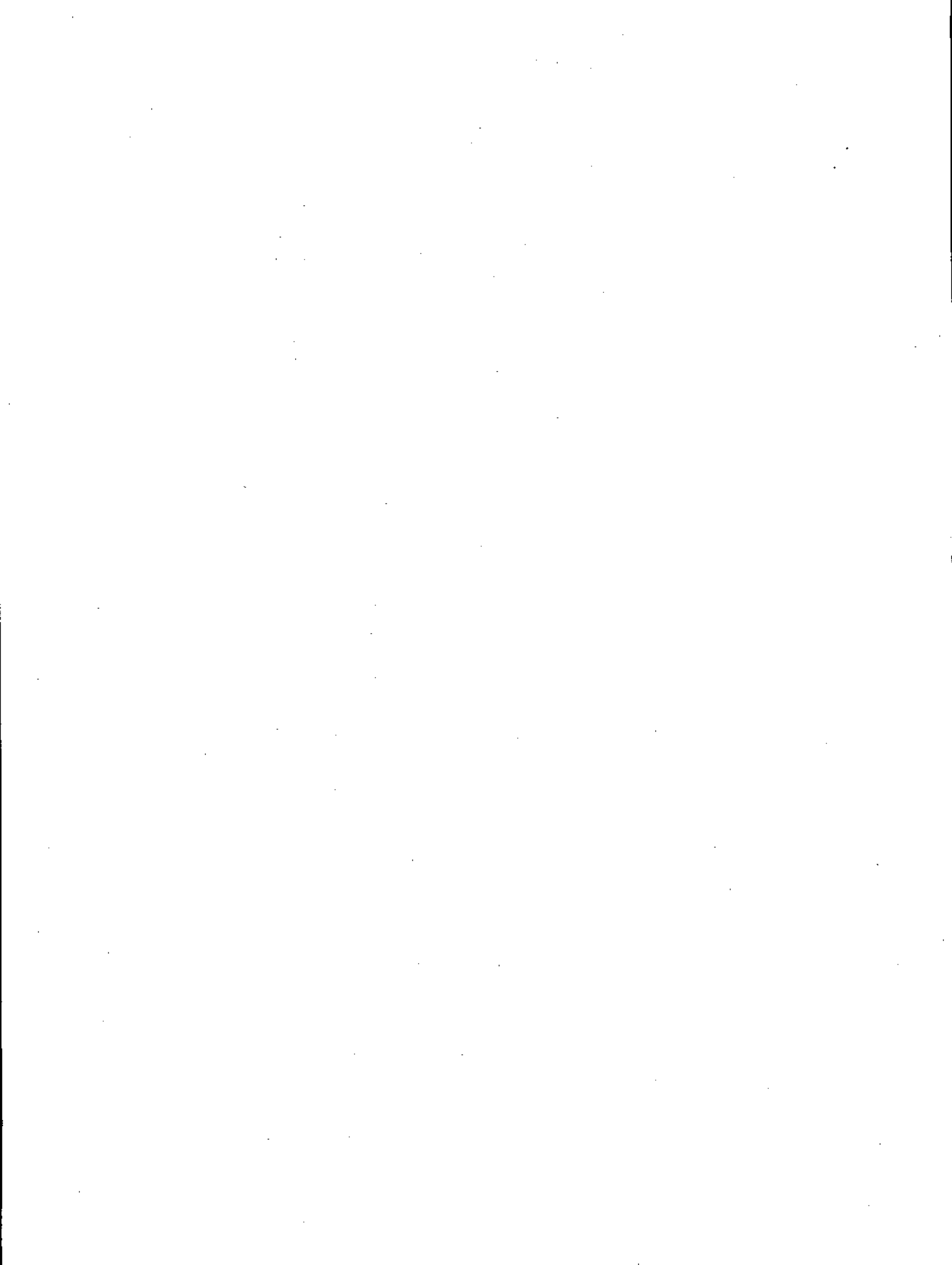


TABLE DES MATIÈRES

	Page
TABLE DES MATIÈRES	i
I. DÉBOISEMENT ET CONTRÔLE DE LA VÉGÉTATION	1
1. Règles générales	1
2. Abords des lacs et cours d'eau	1
3. Campements	2
4. Routes	2
5. Lignes de transport, de répartition et de distribution	2
6. Déchets de bois	2
7. Application de phytocides	3
II. DÉCAPAGE, REMBLAYAGE, TERRASSEMENT	3
1. Règles générales	3
2. Protection des plans d'eau	3
3. Protection contre l'érosion	4
III. ENGIN DE CHANTIER	5
1. Règles générales	5
2. Circulation	5
3. Transport de matériaux	5
4. Entretien de la machinerie	5
IV. CARRIÈRES ET SABLIERES	6
1. Localisation	6
2. Exploitation	6
V. FORAGE, SONDAGE ET SAUTAGE	7
1. Forages et sondages	7
2. Sautage sur terre	7
3. Sautage sous l'eau	7
VI. DRAGAGE	8
1. Règles générales	8
2. Élimination sur terre des matériaux extraits	8
3. Dépôt en eau	9
VII. DRAINAGE	9
1. Règles générales	9
2. Réseau de drainage	9
3. Accès	10
4. Eaux de service	10

VIII.	PONTS ET PONCEAUX, FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU	11
	1. Conception	11
	2. Choix des points de traversée	12
	3. Ponts	12
	4. Types de ponceaux	13
	5. Construction	13
	6. Passages à gué	14
	7. Ponts et ponceaux temporaires	15
	8. Lignes	15
IX.	BATARDEAUX ET DIGUES	15
	1. Règles générales	15
X.	CAMPEMENTS, RÉSIDENCES, AIRES D'ENTREPOSAGE, AIRES DE TRAVAIL .	16
	1. Règles d'implantation	16
	2. Déblais et déchets de chantier	16
	3. Main d'oeuvre	17
XI.	AÉRODROMES, HÉLIPORTS ET DÉBARCADÈRES	17
	1. Aérodromes et héliports	17
	2. Débarcadères	18
XII.	RÉSERVOIRS ET PARCS DE STOCKAGE DES PRODUITS PÉTROLIERS	18
	1. Règles générales	18
XIII.	EAU POTABLE	19
	1. Règles générales (d'après la réglementation provinciale)	19
XIV.	EAUX USÉES	20
	1. Règles générales (d'après la réglementation provinciale)	20
XV.	GESTION DES DÉCHETS SOLIDES	21
	1. Règles générales	21
XVI.	GESTION DES DÉCHETS DANGEREUX	22
	1. Règles générales	22
XVII.	UTILISATION DES PRODUITS CONTAMINANTS	23
	1. Règles générales	23
	2. Abat-poussière	23
	3. Fondants	24
XVIII.	DÉSFFECTATION, DÉMANTÈLEMENT ET RÉAMÉNAGEMENT	25
	1. Règles générales	25
XIX.	DÉVERSEMENT ACCIDENTEL DE CONTAMINANTS	26
	1. Prévention	26
	2. Interventions lors d'un déversement	26
	3. Après le déversement	27

I. DÉBOISEMENT ET CONTRÔLE DE LA VÉGÉTATION

Cette section concerne tous types de travaux de déboisement et de contrôle de la végétation, quels qu'ils soient. (Voir aussi les sections III, Circulation de la machinerie, et VIII, Traversées de cours d'eau.)

1. Règles générales

- 1a. Limiter le déboisement au strict nécessaire.
- 1b. Ne pas circuler ni couper d'arbres à l'extérieur des zones de coupe, lesquelles doivent être identifiées clairement sur le terrain.
- 1c. À moins d'absolue nécessité, aucun véhicule ni engin de chantier ne doit circuler dans la bande de 30 m autour des lacs ni de part et d'autre des cours d'eau (5 m dans le cas des cours d'eau intermittents).

2. Abords des lacs et cours d'eau

- 2a. Conserver une lisière boisée en bordure des lacs et des cours d'eau, y compris les cours d'eau intermittents¹; cette lisière doit être de 20 m en sus de l'écotone riverain.
- 2b. Lorsqu'il faut déboiser aux abords des lacs, cours d'eau, tourbières et marécages, conserver la strate arbustive, de même que les souches et le système racinaire des arbres coupés (pour minimiser les risques d'érosion).
Si on doit utiliser de l'équipement mécanisé, opter pour des machines ayant une faible pression de contact au sol (ex.: F4 Dion, J5) et toujours les faire circuler dans le même tracé. Enlever les arbres coupés, sauf si cela risque d'endommager sérieusement le sol. Si des risques majeurs sont prévus sur l'environnement, couper les arbres manuellement; l'utilisation de toute machinerie est alors à proscrire.
- 2c. Ne pas déverser de déchets de coupe dans les cours d'eau et les lacs. L'abattage des arbres doit se faire de façon à éviter qu'ils ne tombent dans les plans d'eau. Si cela se produit, retirer tous les débris et nettoyer le plan d'eau.
- 2d. Si les abords d'un lac ou d'un cours d'eau ont été perturbés, reboiser avec des essences appropriées.
- 2e. Lors du déboisement d'un futur réservoir, prévoir un mode de gestion des débris ligneux flottants (élimination par incinération ou enfouissement). Pour les zones situées à l'extérieur des limites du réservoir, conserver une bande de 60 m entre la limite de déboisement et le niveau maximal prévu d'exploitation du réservoir.

¹ Un cours d'eau intermittent est défini comme suit: cours d'eau figurant sur les cartes du Ministère de l'Énergie et des Ressources, de même que ceux qu'il est possible d'identifier sur le terrain par la présence d'une végétation arbustive et herbacée sur une largeur d'au moins 5 m de part et d'autre du cours d'eau.

3. Campements

- 3a. Conserver intacte une bande de végétation d'au moins 60 m entre le campement et le niveau des hautes eaux des cours d'eau et lacs.
- 3b. Le nombre de percées sur un plan d'eau doivent être limitées à 3, incluant l'accès au quai, la prise d'eau et autres installations. Aucune des percées ne devrait dépasser 10% du périmètre du campement donnant sur le lac. Dans les trouées, pratiquer la coupe sélective, i.-e. en conservant les arbustes et les souches.

4. Routes

- 4a. Dans la conception et la construction des routes on doit conserver les arbres sur une bande d'au moins 60 m entre la limite des hautes eaux et l'emprise de la route, à moins que la topographie ne le permette pas.
- 4b. Autant que possible, aménager les routes temporaires dans l'emprise des routes permanentes pour minimiser le déboisement.
- 4c. Éviter de déboiser dans les secteurs instables (marécages pentes fortes, plaines d'inondation, etc.).
- 4d. Laisser une couche de sol et rétablir la végétation entre les fossés et la limite éloignée de l'emprise.

5. Lignes de transport, de répartition et de distribution

- 5a. De part et d'autre des cours d'eau traversés, conserver toute végétation herbacée et arbustive compatible avec l'exploitation du réseau. Limiter l'essouchement au strict nécessaire.
- 5b. Dans l'emprise des traversées de cours d'eau et de lacs, protéger la végétation existante ou susceptible de se régénérer à court terme sur une distance de 60 m.
- 5c. Laisser des lisières boisées d'au minimum 20 m entre les lignes et les abords des lacs et des rivières.

6. Déchets de bois

- 6a. Ne pas entasser ni brûler les déchets de bois à moins de 30 m des lacs et des cours d'eau (à 60 m si on a utilisé des phytocides).
- 6b. Les sites d'empilage des débris doivent être choisis de manière à limiter le nombre de traverse de cours d'eau, ceci afin de minimiser les dommages causés par l'érosion.
- 6c. Les débris végétaux et copeaux de bois peuvent être répandus sur le sol, sauf sur des terrains inondables ou sur des terrains qui seront submergés par un réservoir.

- 6d. À l'intérieur des limites du réservoir, récupérer la matière ligneuse et les débris flottables; entasser les déchets flottables restants et les brûler ou les recouvrir d'au moins 1 m de matériel granulaire. Le sommet du monticule créé doit être à au moins 1 m sous le niveau minimal d'exploitation prévu du réservoir.

7. Application de phytocides

- 7a. Privilégier les phytocides qui ont le moins d'impact sur la faune aquatique et choisir les plus spécifiques aux plantes à éliminer.
- 7b. Minimiser les quantités utilisées.
- 7c. Éviter d'utiliser des phytocides dans les zones sensibles ou les zones où des espèces sensibles, rares ou menacées ont été identifiées. Établir alors des périmètres de protection et veiller à ce qu'ils soient respectés.

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Loi sur les forêts (L.R.Q., Ch.F-4.1)*: interdiction de circuler dans les cours d'eau ou de les traverser à gué avec des engins de chantier.

Loi sur la qualité de l'environnement (R.R.Q., Ch. Q-2): un certificat d'autorisation est requis pour l'utilisation de phytocides.

II. DÉCAPAGE, REMBLAYAGE, TERRASSEMENT

Cette section concerne tous les travaux de décapage, de déblaiement, de remblayage et de nivellement.

1. Règles générales

- 1a. Limiter au strict nécessaire le décapage, le déblaiement, le remblayage et le nivellement des aires de travail afin de respecter la topographie naturelle et de prévenir l'érosion.
- 1b. Avant les travaux, vérifier si le sol est contaminé et si oui, procéder à la décontamination.
- 1c. Effectuer ces travaux en dehors des périodes de crue ou de fortes pluies.

2. Protection des plans d'eau

- 2a. Éviter de terrasser à proximité des lacs ou cours d'eau et ne pas terrasser sur les rives, sauf si l'ouvrage y est situé.
- 2b. S'il est absolument nécessaire de terrasser près d'un lac ou d'un cours d'eau, réduire l'introduction d'eaux boueuses et de matières érodées dans l'eau en construisant au besoin des fossés, barrières, bassins de sédimentation, etc.

- 2c. La pente des chemins d'accès en bordure d'un cours d'eau ne doit pas excéder 5%, à moins que le cours d'eau ne soit adéquatement protégé contre l'apport de sédiments (la pente maximale acceptable d'un chemin d'accès est de 12%).
- 2d. Les pentes remaniées en bordure des cours d'eau ne doivent pas excéder 33%. Lorsque cela est impossible, aménager dans la pente des terrasses munies d'une contre-pente afin de favoriser l'infiltration des eaux de ruissellement.
- 2e. Protéger les berges qui risquent d'être endommagées (rondins, madriers, grillages, géotextiles, etc.).
- 2e. Éviter de poser des contrepoids (lignes) à moins de 60m des cours d'eau et lacs.
- 2f. S'il faut transporter ailleurs la neige provenant du déblaiement des aires de travail, la déposer à au moins 60 m des cours d'eau et lacs.

3. Protection contre l'érosion

- 3a. Effectuer le décapage immédiatement avant les travaux de construction, afin de limiter la durée d'exposition des sols érodables.
- 3b. Maintenir le tapis végétal dans l'emprise de chaque côté des cours d'eau sur une distance de 20m.
- 3c. Après les travaux, niveler le terrain pour lui redonner une forme régulière et un drainage adéquat. Stabiliser les sols et les remblais avec des techniques appropriées. Restaurer si possible la végétation des berges et enlever les débris et arbres endommagés.
- 3d. Lorsque des matériaux sont déposés sur un terrain en pente, s'assurer qu'ils adhèrent bien au sol pour éviter tout glissement. Créer au besoin des ondulations ou arêtes avant de déverser les matériaux.
- 3e. À la fin des travaux, arrondir les arêtes pour empêcher l'érosion et les éboulis.
- 3f. Éviter de poser des contrepoids dans les pentes fortes.

Lois et règlements pertinents

Aucun en particulier.

III. ENGIN DE CHANTIER

Ces mesures visent tous les engins fixes et mobiles utilisés au cours des activités de construction, d'exploitation et d'entretien.

1. Règles générales

- 1a. Choisir les engins en fonction de la sensibilité du milieu; en bordure des cours d'eau et lacs, opter lorsque possible pour des engins ayant une faible pression de contact.
- 1b. Tenir compte des nuisances causées par le bruit et veiller à les minimiser.

2. Circulation

- 2a. Ne pas circuler en dehors des accès, lieux de passage et aires de travail. Identifier clairement sur le terrain les limites d'emprise des travaux.
- 2b. Éviter de circuler à moins de 60 m des cours d'eau et lacs. Lorsque la situation l'exige, prendre les précautions pour perturber le moins possibles les berges et protéger le milieu aquatique.
- 2c. Autant que possible, ne pas circuler sur les pentes vulnérables.
- 2d. Autant que possible, ne pas circuler dans les lacs et les cours d'eau ou les traverser à gué avec des engins de chantier. Les traversées de cours d'eau doivent se faire au moyen de ponts et ponceaux. Réduire l'impact de la traversée de cours d'eau intermittents non identifiables (voir définition p.?) en plaçant des billes de bois longitudinalement sur le lit et les berges.
Selon la Loi sur les forêts (L.R.Q., Ch.F-4.1), il est interdit de traverser à gué et de circuler dans les cours d'eau dans le cadre de travaux d'aménagement forestier (incluant la coupe).
(Pour plus de détails sur les traverses à gué, voir section VIII, ponts et ponceaux, franchissement des cours d'eau, no.6.)
- 2e. Lors de travaux dans l'eau, minimiser les déplacements de la machinerie. Selon la nature du lit, installer des membranes pour minimiser les perturbations et faciliter la récupération des matériaux de remblais.

3. Transport de matériaux

- 3a. Le ciment et autres matériaux fins doivent être enfermés hermétiquement durant le transport; les matériaux contenant des particules fines doivent être recouverts de bâches fixées solidement.

4. Entretien de la machinerie

- 4a. Faire l'entretien de la machinerie dans les aires prévues à cet effet.

- 4b. Les bétonnières et équipements servant au transport et à la pose du béton doivent être lavés dans les aires prévues à cet effet.
- 4c. Ne pas manipuler de l'huile ou de l'essence à moins de 60 m des cours d'eau et lacs.
- 4d. Il est interdit de laver la machinerie dans les cours d'eau.

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Loi sur les forêts (L.R.Q., Ch.F-4.1)*: interdiction de circuler dans les cours d'eau ou de les traverser à gué avec des engins de chantier.

Code de la route: bâches obligatoires pour transporter des matériaux fins.

IV. CARRIÈRES ET SABLIERES

Cette section vise tous les types de carrières et sablières: extraction de pierre, sable, gravier, till, argile et autres substances minérales.

1. Localisation

- 1a. Utiliser autant que possible des carrières existantes.
- 1b. S'il est prévu un réservoir, choisir de préférence les carrières et les sablières à l'intérieur de la zone à inonder et les aménager éventuellement pour la faune aquatique.
- 1c. Les carrières et sablières doivent être situées à au moins 75 m de tout cours d'eau, lac, marécage ou batture.

2. Exploitation

- 2a. N'entreprendre aucun travail préparatoire avant que la quantité et la qualité des matériaux n'ait été confirmées par un sondage ou autre méthode.
- 2b. Identifier clairement les limites durant toute l'exploitation.
- 2c. Réduire l'érosion due au ruissellement et éviter que les sédiments n'atteignent un lac ou un cours d'eau en dirigeant les eaux de ruissellement vers des zones de végétation.

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Règlement sur les carrières et sablières (R.R.Q., Ch.Q-2, r.2)*: un certificat d'autorisation est requis pour l'exploitation d'une carrière ou sablière.

Selon ce règlement, la concentration maximale des eaux de rejet pour le lavage des agrégats est de:

- 15 mg/l pour les huiles, graisses et goudrons d'origine minérale,
- 25 mg/l pour les matières en suspension
- pH compris entre 5,5 et 9,5

V. FORAGE, SONDAGE ET SAUTAGE

Cette section porte d'une part sur les mesures à adopter lors du creusage de trous dans le sol et le sous-sol, et d'autre part sur tous les travaux de sautage, terrestres ou sous l'eau.

1. Forages et sondages

- 1a. Identifier les éléments sensibles et veiller à les protéger.
- 1b. Lors de l'utilisation de boues de forage, éviter la contamination.
- 1c. Lors de forages en eau libre, porter une attention particulière à la manipulation de carburants, des huiles et des graisses.
- 1d. Au niveau de la nappe aquifère, remplir le trou de sondage avec du gravier ou du sable propre puis combler avec des matériaux imperméables pour éviter la migration d'un contaminant en profondeur.

2. Sautage sur terre

- 2a. Identifier les éléments sensibles du milieu et prendre les mesures pour les protéger.
- 2b. Si des projections de pierres et débris peuvent atteindre les cours d'eau et lacs, prendre des mesures de protection nécessaires: limites de charges, pare-éclats, élimination des débris dans des lieux appropriés, etc.

3. Sautage sous l'eau

- 3a. Effectuer le sautage en dehors des périodes critiques pour la survie des poissons. Ne pas entreprendre de sautage à proximité de frayères connues quand les oeufs ou les alevins sont encore dans le gravier.
- 3b. Éloigner les poissons du lieu de sautage par des procédés mécaniques ou électroniques. Procéder au sautage le plus rapidement possible après la mise en place de l'explosif de façon que les poissons n'aient pas le temps de revenir sur le site.
- 3c. Limiter la pression de l'onde de choc à 276 kPa à une distance de 16 m de la source.
- 3d. Adopter un plan de sautage avec micro-retards et placer les charges de manière à diriger l'onde de choc vers les rives.
- 3e. Lorsque possible, utiliser des méthodes alternatives sans explosifs (ex.:coulis expansif).

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Loi sur les explosifs (L.R.Q., Ch. E-22)*

VI. DRAGAGE

La présente section concerne tous les types de travaux de dragage ou d'excavation en eau.

1. Règles générales

- 1a. Ne pas entreprendre de travaux en période de crue ou d'étiage, ni entraver l'utilisation normale du cours d'eau.
- 1b. Effectuer les travaux en dehors des périodes de pointes des activités fauniques (fraie, migrations, etc.).
- 1c. Procéder à l'analyse de la toxicité des sédiments au préalable.
- 1d. Choisir le type d'équipement de dragage (drague hydraulique, mécanique ou autre) de manière à minimiser les effets sur le milieu.
- 1e. Lors d'excavation dans le lit, pomper les eaux les plus boueuses, puis les traiter pour qu'elles n'altèrent pas la qualité de l'eau.
- 1f. Reconstituer le lit original lorsque possible.

2. Élimination sur terre des matériaux extraits

- 2a. Déposer les matériaux dans des sites prévus à cet effet; ériger des digues formant un bassin de sédimentation.
- 2b. Voir à éviter tout risque d'inondation et dispersion des matériaux confinés (conception, construction et entretien des digues).
- 2c. Le sol doit être suffisamment imperméable pour éviter que les boues et contaminants ne puissent gagner les cours d'eau et les lacs.
- 2d. Si les matériaux risquent de contaminer la nappe souterraine, prévoir un puits d'observation pour vérifier la qualité de l'eau.
- 2e. Les eaux de rejet doivent être d'une qualité acceptable.
- 2f. Conserver si possible un écran de végétation entre le site de dépôt et le cours d'eau récepteur ou tout autre plan d'eau à proximité.
- 2g. S'il y a un film superficiel ou des débris flottants, prévoir un système d'écumage.

3. Dépôt en eau

- 3a. L'élimination ne peut se faire en eau libre si les matériaux sont contaminés ou si leur teneur en matières nutritives est élevée.
- 3b. Éviter d'utiliser les marécages et autres habitats propices à la faune aquatique.

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Loi sur la qualité de l'environnement (R.F.Q., Ch.Q-2)*: certificat d'autorisation requis pour effectuer un dragage.

VII. DRAINAGE

La présente section vise tous les types de travaux de drainage.

1. Règles générales

- 1a. Respecter autant que possible le drainage naturel et prendre les mesures pour favoriser l'écoulement naturel des eaux afin d'éviter la formation d'étangs, l'érosion et l'entraînement de sédiments.
- 1b. Avant les travaux, s'assurer que les fossés et les cours d'eau récepteurs peuvent absorber le volume des eaux de drainage. Étudier les caractéristiques hydrogéologiques, notamment les niveaux piézo-métriques, la direction de l'écoulement et les débits prévisibles.
- 1c. S'il faut abaisser le niveau de la nappe phréatique, en déterminer les répercussions sur le milieu.

2. Réseau de drainage

Concevoir le réseau de drainage de manière à éviter l'érosion et le transport de sédiments vers les cours d'eau et les lacs avoisinants:

- 2a. Sur 20 m de part et d'autre du site de traversée, recouvrir les parois et le fond du fossé de matériaux granulaires stables ou une membrane géotextile pour prévenir l'érosion.
- 2b. Réduire la pente du fossé en y installant des obstacles à intervalles réguliers (sacs de sable, ballots de paille, etc.). Bloquer les fossés de drainage sur le bord des cours d'eau avec des bermes filtrantes (sacs de sable, gravier, etc.).
- 2c. Pratiquer des brèches vers les aires de végétation naturelles pour détourner l'eau des fossés avant qu'elle n'atteigne les cours d'eau (au moins 20 m avant). Si possible, dériver l'écoulement progressivement en plusieurs endroits.
- 2d. Si une route dévale une longue pente continue avant de traverser un cours d'eau, installer des drains de traverses; ceux-ci doivent avoir un diamètre minimal de 45 cm.

2e. Établir le réseau de drainage des postes et des parcs de stockage de carburants de façon à faciliter les interventions en cas de déversement accidentel.

2f. L'eau de drainage des campements doit être acheminée vers des zones de végétation.

3. Accès

3a. Creuser des fossés en bordure des routes pour éviter l'érosion.

3b. Quand un ponceau est nécessaire pour assurer un bon drainage, respecter les mêmes règles que pour la traversée des cours d'eau (voir section Franchissement des cours d'eau, p. ?).

3c. Lors du creusage des fossés, terminer par le tronçon situé en bordure du cours d'eau, après avoir installé une protection efficace.

4. Eaux de service

4a. Canaliser les eaux de ruissellement produites durant les travaux de construction (refroidissement, arrosage, nettoyage, etc.) dans des rigoles ou caniveaux, munis au besoin d'obstacles (ballots de paille, sacs de sable, etc.) pour ralentir la vitesse.

4b. Les eaux de ruissellement des activités de construction (arrosage, nettoyage) ainsi que les eaux de drainage des carrières doivent être traitées avant leur rejet dans le réseau hydrographique de façon à ne pas altérer la qualité de l'eau. L'utilisation de bassins de sédimentation est généralement recommandée pour le traitement de ces eaux.

4c. Installer des bassins de sédimentation pour retenir les sédiments.

A) Caractéristiques des bassins de sédimentation

- Taille, type et emplacement en fonction de la qualité des sols et des caractéristiques du drainage (analyse de sol, caractéristiques d'infiltration, utilisation des cours d'eau récepteurs, ruissellement, écoulement maximal, etc.).
- Canal d'amenée et bassin de sédimentation dimensionnés de manière à absorber le débit maximal prévu.
- Surfaces des canaux d'amenée conçues pour résister à l'érosion; pas de pentes fortes et chicanes au besoin.
- Pour diminuer les risques de lessivage des sédiments déposés dans le bassin, pas de pentes fortes à l'entrée et à la sortie du bassin; dissipateurs d'énergie au besoin.
- Canal de sortie du bassin muni d'un dispositif qui bloque les débris flottants, lesquels sont retirés périodiquement.
- Déversoirs réglables à la sortie pour ajuster le temps de rétention et maintenir un niveau acceptable dans le cours d'eau récepteur.

B) Exploitation des bassins de sédimentation

- Ne pas dépasser la capacité de débit du cours d'eau récepteur et provoquer des inondations.

- Prendre les mesures nécessaires pour éviter le lessivage du fond et la turbidité dans le cours d'eau récepteur, notamment au point de rejet.
- Ne pas y acheminer des eaux usées domestiques.
- Traitements chimiques, floculation ou autre, lorsque les eaux contiennent beaucoup de matières en suspension.
- Veiller à ce que les eaux du cours d'eau récepteur soient, après mélange complet, d'aussi bonne qualité en aval du point de rejet qu'en amont.
- Nettoyer les bassins de sédimentation lorsqu'ils sont remplis à moitié ou au deux tiers.

4d. Le bassin de sédimentation doit être prêt dès le début des travaux.

Lois et règlements pertinents

Aucun en particulier.

VIII. PONTS ET PONCEAUX, FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU

Pour le franchissement des cours d'eau permanents ou intermittents² par des routes, câbles, conduits souterrains et lignes électriques.

1. Conception

- 1a. Les ouvrages de franchissement doivent respecter le gabarit des cours d'eau et ne pas constituer des obstacles à l'écoulement des eaux.
Lors du passage du débit de conception, la vitesse doit être suffisamment faible pour que le substrat ne soit pas érodé ni charrié. De même, à l'approche de la traversée, la vitesse ne doit pas être diminuée de manière qu'il y ait sédimentation à l'amont. Les ouvrages de franchissement doivent être conçus de manière à éviter la création d'étangs, l'inondation de terres adjacentes, la création de chutes ou de dénivellations trop fortes.
- 1b. Les ouvrages de franchissement ne doivent pas entraver la migration des poissons, quelle que soit la période de l'année. La profondeur dans les ponceaux ne doit pas être inférieure à 20 cm; la vitesse d'écoulement ne doit pas excéder 1,2 cm/s pour les ponceaux d'une longueur de moins de 25 m ou 0,9 cm/s pour ceux de longueur supérieure à 25 m; la rupture de pente ne doit jamais excéder 30 cm. (Dans les cours d'eau intermittents, ces conditions doivent prévaloir durant au moins 3 jours consécutifs au moment des migrations.)
- 1c. Les assises des ponts et ponceaux doivent être protégés contre l'érosion et ne pas causer elles-mêmes d'érosion. S'il y a lieu, le lit du cours d'eau doit être stabilisé à l'entrée et à la sortie du ponceau à l'aide de matériel grossier. Cette mesure sert à prévenir l'érosion mais ne doit pas en contrepartie entraver le déplacement des poissons.

² Voir définition p 1.

- 1d. Les approches des ponceaux ne doivent pas rétrécir le lit du cours d'eau. Exceptionnellement, si cela s'avère la seule solution possible, on peut réduire la largeur d'au plus 20%.

2. Choix des points de traversée

- 2a. Limiter le plus possible le nombre de points de traversée; s'en tenir aux plans et devis.
- 2b. Les points de traversée doivent autant que possible être localisés:
- perpendiculaires au cours d'eau;
 - aux endroits où les berges sont stables;
 - à l'aval des sites de fraie;
 - dans les tronçons où les rives sont droites (pas dans les méandres) et bien délimitées;
 - à l'aval des points de confluence;
 - à l'amont des barrières infranchissables par les poissons;
 - secteurs où la pente du lit est constante ou $<$ à 5%.

3. Ponts

- 3a. Les ponts sont préférables aux ponceaux dans le cas de traversées ayant les caractéristiques suivantes:
- grand cours d'eau;
 - rives escarpées;
 - risque élevé de colmatage des ponceaux par les débris ou les glaces avec conséquences importantes à l'amont;
 - présence de frayères actuelles ou potentielles au site de traversée ou immédiatement en aval;
 - tronçon utilisé par d'importantes populations de poissons anadromes en migrations vers les frayères;
 - lit du cours d'eau constitué de roche en place ou d'une accumulation de blocs sur plusieurs couches.
- 3b. Les piliers ne doivent pas réduire de façon importante la section d'écoulement d'un cours d'eau. Dans les cas exceptionnels, la largeur du cours d'eau peut être réduite au plus du tiers et des ailes de protection des culées doivent alors être installées.
- 3c. Les culées ou piliers formés de cages de rondins ne sont acceptables que pour les ponts temporaires.
- 3d. Le nombre de piliers doit être réduit au minimum.
- 3e. On ne doit pas installer sous le pont un radier qui créerait un bris de pente.
- 3f. Les approches du pont doivent avoir une pente inférieure à 15%.
- 3g. Lors de l'entretien des ponts, se conformer aux périodes de restriction de la faune aquatique; lors des opérations de décapage et peinture, récupérer les solides (sable, métal); empêcher le déversement accidentel de contaminants.

4. Types de ponceaux

- 4a. Utiliser de préférence des tuyaux de tôle ondulée pour les ponceaux. Les arches sans radier sont les ponceaux qui entraînent le moins d'effets néfastes sur les habitats aquatiques et la faune ichthyenne.
- 4b. Le diamètre des ponceaux doit être fonction de l'aire du bassin de drainage, mais mesurer au moins 45 cm. Dans les cours d'eau importants, un pont est préférable à un ponceau. Il peut cependant être recommandé d'utiliser plusieurs canalisations parallèles.
- 4c. Utiliser de préférence des arches sans radier lorsque:
 - la surface drainée est supérieure à 5km²;
 - la pente du lit est supérieure à 5%;
 - la traversée se situe à moins de 500 m à l'aval de la décharge d'un lac ou de la confluence avec une rivière importante;
 - les ponceaux standards ne répondent pas aux normes de passage des poissons.
- 4d. Lorsqu'un ponceau circulaire est employé seul, celui-ci doit être enfoui sur une profondeur équivalant à 1/3 du diamètre du ponceau lorsque celui-ci est inférieur à 75 cm, et au moins 0 cm lorsque le diamètre est supérieur à 75 cm.
- 4e. Quand plus d'un ponceau est nécessaire, placer l'un d'eux à 15 à 30 cm plus bas que les autres pour concentrer le débit d'étiage.
- 4f. Lorsque la sédimentation risque de bloquer l'entrée d'un ponceau, installer un seuil à l'amont pour entraper les sédiments. Ce seuil doit permettre le passage des poissons.
- 4g. L'érosion à l'entrée ou à la sortie d'un ponceau peut être contrôlée:
 - en stabilisant les berges et le lit, ou
 - en dissipant l'énergie à l'entrée, à la sortie ou à l'intérieur du ponceau (chutes, bassin de dissipation, déflecteurs de courant).

5. Construction

- 5a. Réaliser les travaux dans les meilleurs délais possibles.
- 5b. Éviter d'entreprendre des travaux en période de crue car le cours d'eau est très vulnérable; travailler de préférence en étiage, pour minimiser les risques d'érosion.
- 5c. Établir un calendrier de travail en vue d'éviter les périodes critiques pour la faune.
- 5d. Pour les jetées, culées et fondations de ponts et ponceaux, travailler à l'abri de batardeaux. Lorsque possible, installer des batardeaux métalliques plutôt que des remblais de terre ou de roches. (Pour les batardeaux, voir section IX)
- 5e. Si le niveau est bas et le débit faible, il peut être indiqué d'installer des ballots de paille en aval de manière à retenir les sédiments en suspension.

- 5f. Si la vitesse du courant et l'importance du débit causent des problèmes d'érosion au point de franchissement, il est recommandé d'installer des dissipateurs d'énergie en amont (chicanes ou sacs de sable).
- 5g. S'il y a risque d'endommager les berges, installer une protection (rondins, madriers, grille métallique, etc.) avant le début des travaux. S'il est nécessaire d'enlever la végétation pour les travaux, stabiliser les berges et restaurer la végétation après les travaux.
- 5h. En bordure des cours d'eau traversés, préserver le tapis végétal à l'extérieur de la surface de roulement sur une distance minimale de 30 m de chaque côté du cours d'eau. Éviter de faire circuler la machinerie dans cette emprise.
- 5i. Les étapes chronologiques de la mise en place d'une dérivation temporaire sont:
- Les points d'entrée et de sortie de la dérivation doivent être situés à au moins 5 m des batardeaux coupant le cours d'eau;
 - toute la surface de la dérivation doit être déboisée, y compris une berme de 4m supplémentaire;
 - creuser le canal de dérivation en laissant des bouchons aux deux extrémités; les matériaux d'excavation peuvent être placés en bordure du canal, au-delà de la limite des hautes eaux, si la capacité portante du sol le permet;
 - stabiliser les berges et le lit;
 - enlever graduellement le bouchon amont et laisser décanter complètement les sédiments mis en suspension (24 à 48 heures);
 - enlever ensuite le bouchon aval;
 - placer ensuite le batardeau amont qui coupera le cours d'eau sur son lit naturel;
 - après drainage du lit, installer le batardeau aval;
 - installer le ponceau selon les critères mentionnés plus haut;
 - enlever le batardeau amont puis laisser décanter (24 à 48 heures);
 - enlever le batardeau aval;
 - remblayer le canal de dérivation en commençant par l'amont;
 - stabiliser les rives du cours d'eau puis restaurer la végétation sur l'emplacement du canal de dérivation s'il y a lieu.

6. Passages à gué

- 6a. Selon la Loi sur les forêts (L.R.Q., Ch. F-4.1), les traverses à gué et la circulation de machinerie dans les cours d'eau sont interdites. Les traverses à gué dans le cadre d'autres activités ne sont acceptables que si:
- la traversée ne sera utilisée que pendant la saison sèche et peu fréquemment;
 - il n'y a pas de pêche importante en aval;
 - le lit du cours d'eau est constitué de roche en place ou de gravier de grand diamètre;
 - l'approche au cours d'eau est en pente très faible;
 - la profondeur au moment de l'usage de la traversée est suffisamment basse pour permettre le passage sécuritaire des engins;
 - la traversée n'est pas située dans un méandre.
- 6b. Lors de l'aménagement d'un passage à gué, les règles suivantes doivent être observées:
- la profondeur en étiage ne doit pas être inférieure à 20 cm (cours d'eau permanents);

- lorsque des matériaux sont ajoutés pour permettre le passage à gué, le bris de pente créé ne doit pas être supérieur à 30 cm et les matériaux ajoutés doivent être stables.

7. Ponts et ponceaux temporaires

- 7a. Un chemin d'hiver peut franchir un cours d'eau sur un pont de glace pendant la période où le sol et l'eau sont gelés à une profondeur d'au moins 35 cm.
- 7b. Les normes à respecter pour un pont de glace sont:
- minimiser la pente des approches du cours d'eau;
 - compacter l'approche et la traversée avec de la neige propre (sans terre) sur une épaisseur suffisamment grande pour protéger les berges du cours d'eau et éviter que le cours d'eau ne gèle en profondeur;
 - démanteler le pont de glace s'il risque d'obstruer le cours d'eau à la débâcle.
- 7c. Enlever les ponceaux temporaires et les protections dès l'achèvement des travaux qui les ont rendus nécessaires; restaurer les berges et les lits dans leur état original.

8. Lignes

- 8a. Pour franchir les cours d'eau durant la construction de lignes, utiliser les ponts et ponceaux existants ou en construire de nouveaux.
- 8b. Ne jamais obstruer les cours d'eau, même pour de courtes périodes.
- 8c. Respecter les écrans de végétation conservés en bordure des cours d'eau et lacs.
- 8d. Ne pas poser de contrepoids en travers des cours d'eau ni sur la partie escarpée des rives. Interrompre si possible la pose de contrepoids à 60 m au moins des lacs ou cours d'eau.

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Loi sur les forêts (L.R.Q., Ch. F-4.1)*

IX. BATARDEAUX ET DIGUES

Cette section porte sur la mise en place et l'enlèvement de batardeaux dans le cadre de travaux de construction de diverses natures.

1. Règles générales

- 1a. Les remblais érigés doivent être le plus possible exempts de particules fines susceptibles de provoquer de la turbidité. Utiliser des matériaux grossiers et imperméabiliser avec des membranes. Cependant, si un noyau de particules fines est requis, commencer par déposer les matériaux grossiers puis déposer le matériel fin à l'intérieur de la protection fournie par l'enrochement. Lors de l'enlèvement, procéder de façon inverse.

- 1b. Après l'enlèvement des batardeaux, restaurer le lit à son état original. Au besoin, placer des membranes sous les batardeaux pour faciliter la récupération des matériaux.
- 1c. Lorsque possible, utiliser des batardeaux métalliques ou à parois solides au lieu d'enrochements.
- 1d. Les eaux de pompage des cellules doivent être déversées dans des aires de végétation situées à au moins 20 m du cours d'eau; on peut aussi les faire circuler dans un bassin de sédimentation ou les filtrer au moyen de balles de paille, des tissus ou tout autre matériau pouvant retenir les sédiments fins.
- 1e. Minimiser la durée de la présence des batardeaux (ou digues); éviter les périodes critiques pour la faune aquatique.
- 1f. Lorsqu'il s'agit de digues permanentes ou de batardeaux appelés à demeurer longtemps sur un site, prévoir des ouvrages de franchissement pour les poissons s'il y a des migrations importantes.

Lois et règlements pertinents

Aucun en particulier.

X. CAMPEMENTS, RÉSIDENCES, AIRES D'ENTREPOSAGE, AIRES DE TRAVAIL

Les mesures de cette section s'appliquent à tous les types d'installations de chantier, ainsi qu'aux résidences et campements. (Voir aussi section VII, Drainage)

1. Règles d'implantation

- 1a. Distance à respecter: 60 m au moins du niveau des hautes eaux d'un lac ou cours d'eau. Dans le cas de résidences, cette distance peut être réduite à 30 m.
- 1b. Autant que possible, localiser les installations temporaires dans les limites des réservoirs.
- 1c. Tracer les accès de manière à protéger les lacs et cours d'eau; minimiser le nombre d'accès aux plans d'eau.
- 1d. Lors de la préparation du site, respecter toutes les règles régissant les différentes activités énoncées dans les autres chapitres du présent document (déboisement, terrassement, drainage, etc.).
- 1e. Sur les aires de travail et les routes, on recommande l'emploi d'abat-poussière pour protéger les zones adjacentes.

2. Déblais et déchets de chantier

- 2a. Pour les déblais déposés à l'intérieur des limites d'un futur réservoir, soit les placer de façon à ce que leur sommet soit à au moins 1 m sous le niveau minimal ou soit les

aménager pour la faune aquatique. Recouvrir de matériel granulaire les matériaux flottables d'au moins 1 m de matériaux non flottants de manière que le sommet du tas soit toujours à 1 m sous le niveau minimal d'exploitation prévu.

- 2b. Favoriser la réutilisation des déblais pour la restauration et la création d'habitats.
- 2c. Ne pas amonceler de déchets de chantier à moins de 30 m des cours d'eau (60 m si ces déchets contiennent des phytocides ou d'autres produits contaminants).
- 2d. Ne pas laisser sur place les récipients et emballages vides de produits contaminants. Les retourner au fournisseur ou les détruire après les avoir rincés trois fois avec le liquide recommandé par le fabricant pour diluer le produit. Récupérer le liquide de rinçage.

3. Main d'oeuvre

- 3a. Informer le personnel des réglementations en matière de pêche pour les plans d'eau environnants.
- 3b. Exercer un contrôle des activités de pêche en collaboration avec les autorités concernées.

Lols et règlements pertinents

Provincial: *Loi sur la qualité de l'environnement (R.R.Q., CH. Q-2)*, article 22: certificat d'autorisation requis.
Règlement sur les conditions sanitaires des campements industriels et autres (R.R.Q., Ch. Q-2, r.3).

XI. AÉRODROMES, HÉLIPORTS ET DÉBARCADÈRES

Cette section concerne tous les aérodromes, héliports et débarcadères établis par le promoteur.

1. Aérodromes et héliports

- 1a. Protéger les eaux de drainage superficiel. Prévoir des étangs de sédimentation pour précipiter les solides en suspension dans les eaux de ruissellement.
- 1b. Prévoir une réserve facile d'accès de matériel absorbant et de rétention en cas de déversement de produits pétroliers.
- 1c. Installer des séparateurs d'huile sur place en permanence.
- 1d. Ne permettre l'épandage que des abat-poussière autorisés.
- 1e. La neige provenant des pistes doit être disposée dans des aires prévues à cet effet (contient des produits d'entretien).

2. Débarcadères

- 2a. Les voies d'accès aux débarcadères doivent être de largeur minimale (pour les règles de déboisement, voir la section I).
- 2b. Le nombre de fûts de carburants près du débarcadère ne doit pas dépasser la réserve nécessaire pour 2 jours.
- 2c. Un lieu d'entreposage de courte durée peut être installé près du quai; d'une surface maximale de 10 mètres carrés, il doit être distant d'au moins 3m du niveau des hautes eaux.
- 2d. Près des débarcadères, utiliser des réservoirs et des pompes munis de tuyaux flexibles absolument étanches et suffisamment longs pour le ravitaillement.

Lois et règlements pertinents

Aucun en particulier.

XII. RÉSERVOIRS ET PARCS DE STOCKAGE DES PRODUITS PÉTROLIERS

La présente section porte sur les parcs de stockage des produits pétroliers ainsi que sur les réservoirs en surface et souterrains.

1. Règles générales

- 1a. Ne pas installer de réservoirs et parcs de stockage dans une zone sujette aux inondations. Tenir compte aussi des caractéristiques hydrogéologiques du site.
- 1b. Les réservoirs souterrains et hors terre doivent être situés à 60 m des cours d'eau et lacs. Si cette distance ne peut être respectée pour les fûts, adopter des mesures de protection adéquates.
- 1c. Les eaux de nettoyage des réservoirs doivent être acheminées à un puits de récupération pour collecte par une firme spécialisée, un bassin de retenue ou un séparateur d'eau et d'huile.
- 1d. Effectuer un contrôle des stocks pour détecter toute fuite, aviser les responsables des mesures d'urgence dès la découverte d'un déversement, réparer toute fuite ou défaut d'étanchéité dès que découvert.
- 1e. À la désaffectation, vider (récupérer le produit résiduel), décontaminer et transporter les réservoirs; récupérer le produit résiduel; renvoyer les fûts de 200 l au fournisseur pour réutilisation (ne les laisser sur place que si un mode d'élimination a été approuvé).

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Règlement sur le commerce des produits pétroliers (R.R.Q., ch.C-31, r.2)*: un certificat d'autorisation est requis pour l'implantation de réservoirs de stockage de produits pétroliers. (Il est à noter qu'Hydro-Québec n'est pas assujettie à ce règlement mais incite ses employés et fournisseurs à s'y conformer par son Code de l'environnement.)

Ce règlement spécifie les normes de protection pour les réservoirs hors terre:

- Réservoir >50 000 l dans des cuvettes de rétention.
- Réservoir >382 000 l entouré d'une digue, avec cuvette de retenue de capacité égale à celle du réservoir.
- Réservoir < 382 000 l, une seule cuvette par groupe de réservoirs totalisant 573 000 l, volume de la cuvette égal au moins au volume du plus grand réservoir de l'enceinte.
- Dignes étanches et de hauteur maximale de 2 m; système de vidange pour l'eau de pluie retenant les produits pétroliers.
- Réservoir entre 10 000 et 50 000 l, faire comme pour > 50 000 l ou adopter tout autre système de confinement sécuritaire.
- Réservoir <10 000 l, prévoir des mesures si le milieu est sensible et vulnérable à la contamination.

XIII. EAU POTABLE

Cette section porte sur la gestion des équipements et installations destinées à l'approvisionnement de l'eau potable.

1. Règles générales (d'après la réglementation provinciale)

- 1a. Dans un cours d'eau, choisir un endroit calme où la glace prend rapidement pour éviter les problèmes de frasil et de glace de fond. Éviter les endroits où il y a risque d'envasement.
- 1b. Placer la prise d'eau à 1,5 m du fond et s'assurer que la hauteur d'eau au-dessus n'est pas inférieure à 1,5 m.
- 1c. En milieu lacustre, choisir la plus grande profondeur possible. Il faut un minimum de 30 m entre la prise d'eau et la berge la plus rapprochée. La prise d'eau doit être située à 1,5 m du fond.

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q, Ch.Q-2)*, Article 32.

XIV. EAUX USÉES

Cette section porte sur la gestion des eaux domestiques usées et des eaux résiduelles provenant des activités industrielles se rapportant à la construction ou l'exploitation d'aménagements hydroélectriques. Parmi celles-ci, celles qui génèrent des eaux usées polluées sont principalement:

- manipulation du béton: matières en suspension;
- construction de tunnels: huiles et matières en suspension;
- lavage des agrégats: particules fines;
- centrales hydroélectriques: nombreux produits chimiques utilisés pour la construction et le montage des vannes, des turbines et des alternateurs;
- centres d'entretien et entrepôts: huiles, solvants, sable, poussière, produits chimiques;
- vidange des réservoirs de produits pétroliers.

1. Règles générales (d'après la réglementation provinciale)

- 1a. Lorsque possible, choisir le raccordement à un réseau existant.
- 1b. Il est interdit d'installer une station d'épuration dans une zone inondable ou sous le niveau des eaux d'un futur réservoir.
- 1c. Utiliser un traitement tertiaire dans les zones très sensibles. (Le traitement minimal acceptable est un traitement secondaire.)
- 1d. La désinfection des effluents de stations d'épuration est nécessaire si l'effluent est rejeté près d'un banc de mollusques. Il est à noter qu'au Québec, l'utilisation de chlore dans les systèmes d'épuration a été bannie; d'autres systèmes sont utilisés pour désinfecter (ozone, ultraviolet).
- 1e. Si le débit quotidien est inférieur à 90 000 litres, on peut utiliser des installations septiques. La nappe phréatique ou la couche de matériaux imperméables doit être située à au moins 1 m sous l'élément épurateur. Il est interdit de rejeter l'effluent d'une fosse septique ou d'une fosse Imhoff directement dans les eaux de surface.
- 1f. Les eaux usées de campements volants doivent être rejetées dans un trou situé le plus loin possible des lacs et cours d'eau. Remblayer le trou au moment de la désaffectation des lieux.
- 1g. Les boues traitées provenant des stations d'épuration ne doivent pas être rejetées dans les cours d'eau.
- 1h. Installer un filtre à la sortie des vidanges de produits pétroliers pour retenir les produits pétroliers.
- 1i. L'effluent d'une station d'épuration est rejeté dans un cours d'eau. Pour choisir le point de rejet, tenir compte des paramètres physiques, chimiques et biologiques du cours d'eau, du taux de dilution (minimal en étiage de 1:50), de l'utilisation actuelle et future du plan d'eau, et de la nature des autres effluents rejetés dans le même cours d'eau.

- 1j. Les effluents doivent se mélanger de façon homogène aux eaux naturelles.
- 1k. Les caractéristiques du milieu récepteur au point de rejet doivent permettre le libre passage de la faune aquatique.
- 1l. Le niveau de la DBO5 du cours d'eau ne doit pas augmenter d'une valeur supérieure à 2mg/l à l'aval du point de rejet des eaux usées.

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Règlement relatif à l'évacuation et au traitement des eaux usées des résidences isolées (R.R.Q., Ch. Q-2, r.8):* débits supérieurs à 3,8 m³/j.

Municipal: *Règlement sur la qualité des rejets dans les réseaux d'égout. Rejet des résidences isolées,* débit inférieur à 3,8 m³/j.

Selon la réglementation provinciale, les normes à respecter pour les rejets dans les cours d'eau récepteurs sont:

DBO5	20 mg/l
Matières en suspension	20 mg/l
Huiles et graisses	15 mg/l
Phosphore total	10 mg/l
pH	entre 6 et 10

Aucune dilution permise pour respecter ces normes.

De plus les eaux doivent être exemptes de:

- substances toxiques ou nocives pour la faune aquatique;
- matières solides pouvant sédimenter dans le cours d'eau récepteur ou former des boues putrescibles nocives pour la faune;
- débris de toute sorte, mousse ou autre matière flottante pouvant nuire à l'écosystème aquatique;
- substances pouvant donner une couleur, une turbidité, un goût ou une odeur gênant la vie aquatique;
- éléments nutritifs pouvant entraîner la prolifération de plantes ou d'algues.

XV. GESTION DES DÉCHETS SOLIDES

Cette section s'applique à tous les déchets solides produits au cours des travaux d'étude sur le terrain, de construction et d'exploitation.

1. Règles générales (d'après le règlement québécois)

- 1a. Il est interdit de se débarrasser de déchets solides dans les cours d'eau et les lacs.
- 1b. Ne pas établir les sites d'enfouissement sanitaire ou les dépôts en tranchée dans les plaines d'inondation, ni sous le niveau des eaux d'un futur réservoir.

- 1c. Les aires d'enfouissement sanitaire doivent être situés à 300 m d'un lac et à 150 m des rivières, étangs et marécages. Les eaux de lixiviation doivent s'infiltrer dans le sol et avoir un temps de migration supérieur à 5 ans pour parcourir 300 m. Lorsqu'elles font résurgence, elles doivent avoir circulé pendant plus de 2 ans à une vitesse moyenne inférieure à 150 m par an.
- 1d. Installer un réseau de drainage autour du site pour éviter que les eaux de ruissellement de surface n'entrent en contact avec les déchets.
- 1e. Les dépôts en tranchée, permis pour les villages et campements de moins de 2000 personnes en territoire non organisé, doivent être situés à 150 m des cours d'eau, étangs et marécages et à 300 m des lacs. Le fond de la tranchée doit être à un minimum de 30 cm au-dessus du plus haut niveau de la nappe phréatique et à au moins 50 cm au-dessus de la masse rocheuse.
- 1f. Les fosses à déchets, permises pour les campements de 50 personnes ou moins, sans service d'enlèvement des ordures et à plus de 30 km par route d'un site d'élimination, doivent être situées à plus de 100 m d'un lac ou d'un cours d'eau.

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Règlement sur les déchets solides (R.R.Q., Ch. Q-2, r.14)*: un permis est requis pour l'élimination des déchets solides.

XVI. GESTION DES DÉCHETS DANGEREUX

Cette section porte sur tous les déchets dangereux produits au cours de travaux d'exploration, de construction et d'exploitation des aménagements hydroélectriques.

1. Règles générales

- 1a. Il est interdit d'émettre, de disposer, de dégager ou de rejeter un déchet dangereux ni de le mélanger avec un solide ou de le diluer avec un liquide, notamment dans des eaux usées ou pluviales.
- 1b. Localisation des nouveaux sites d'entreposage de déchets dangereux:
 - aucun site dans les plaines de débordement de récurrence 100 ans ou moins
 - aucun site à moins de 100 m du réseau hydrographique (mer, lac, rivière, étang, marécage, etc.) ou d'un réseau de drainage.Pour les sites existants, aucun site ne devrait se situer à moins de 10 m des réseaux hydrographiques ou de drainage. À 30 m, on ne doit tolérer aucun appareil à grand volume d'huile.
- 1c. Il est interdit d'utiliser des huiles usées comme abat-poussière.

Lois et règlements pertinents:

Fédéral: *Loi canadienne de protection de l'environnement (C-13)*

Loi et règlement sur le transport des marchandises dangereuses (L.R.C., Ch. T-19): pour le transport des déchets dangereux.

Provincial: *Règlement sur les déchets dangereux (R.R.Q., ch Q-2, r.12.1).* Un certificat d'autorisation est requis pour l'exploitation d'un site de disposition des déchets dangereux; le règlement spécifie toutes les normes dont celles de localisation. En plus de son règlement, le Menviq fournit un «Guide d'entreposage des déchets dangereux».

Règlement sur le transport des matières dangereuses (R.R.Q, Ch. C-24, r. 19.01): pour le transport des déchets dangereux.

Loi et règlement sur le commerce des produits pétroliers (R.R.Q., Ch.C-31, r.2): vidange et désaffectation de réservoirs.

XVII. UTILISATION DES PRODUITS CONTAMINANTS

Cette section porte sur les divers produits chimiques utilisés pour la construction, l'exploitation et l'entretien (pesticides divers, fondants, dispersants, solvants, etc.), de même que les équipements contenant des produits contaminants (batteries, condensateurs, transformateurs, etc.).

1. Règles générales

- 1a. L'entreposage de produits dangereux ou contaminants (explosifs, gaz, liquides et solides inflammables, matières comburantes, matières toxiques, radio-actives, corrosives, etc.) doit se faire à 60 m des cours d'eau et lacs (entrepôts de superficie inférieure à 200 m²), ou selon les normes pour les nouveaux sites d'entreposage des déchets dangereux (superficie supérieure à 200 m²). Le plancher des entrepôts doit permettre la récupération des déversements accidentels.
- 1b. Lors de l'utilisation de tout produit contaminant, veiller à éviter les déversements accidentels, de même que l'entraînement et le ruissellement vers les lacs et cours d'eau.

2. Abat-poussière

- 2a. À proximité des cours d'eau, éviter l'usage de sels et de solutions de sels comme abat-poussière.
- 2b. Il est interdit d'utiliser des huiles usées comme abat-poussière (*Règlement sur les déchets dangereux, R.R.Q., Ch.Q-2, r.12.1*).

- 2c. Ne jamais épandre un abat-poussière durant une averse ou lorsqu'une averse est prévue dans la journée. Lors de l'épandage de lignosulfonates, s'assurer qu'il n'y a pas de précipitation importante prévue dans les 48 heures suivant son application. Prévoir des zones de protection de 30 à 100 m où il n'y aura d'épandage de lignosulfonates pour les cours d'eau sensibles.
- 2d. Respecter rigoureusement les taux d'épandage recommandés.

3. Fondants

- 3a. À proximité des lacs et cours d'eau, minimiser l'emploi des fondants; dans certains cas il peut être préférable d'utiliser des abrasifs (ceux-ci peuvent par contre affecter les habitats en sédimentant sur le lit).
- 3b. En raison de leur toxicité, limiter au minimum l'emploi de sels de ferrocyanure bleus (utilisés pour réduire la solidification du chlorure de sodium).
- 3c. Minimiser les quantités de fondants utilisés: préhumidification, sels en solution si possible, réglage des épandeurs, tenue de registres, suivi des prévisions météorologiques, mélange avec des abrasifs, etc.
- 3d. Entreposer les fondants dans les abris couverts et étanches ou sur une base solide et recouverts d'une bâche en caoutchouc ou en tissu imperméable.
- 3e. Informer le personnel chargé de l'épandage de la toxicité des fondants pour l'environnement et dispenser une formation adéquate relative aux méthodes d'utilisation, de stockage et de manipulation de ces produits.
- 3f. Dans les aéroports, au-dessus de -7°C , utiliser de préférence de l'eau chaude pour déglacer les avions.

Lois et règlements pertinents:

- Fédéral: *Loi et règlement sur le transport des marchandises dangereuses (L.R.C., Ch. T-19)*
Loi sur les produits anti-parasitaires (L.R.C., Ch. P-9): homologation des produits.
- Provincial: *Règlement sur le transport des matières dangereuses (R.R.Q, Ch. C-24, r. 19.01)*
Règlement sur les déchets dangereux, R.R.Q., Ch.Q-2, r.12.1

XVIII. DÉSAFFECTATION, DÉMANTÈLEMENT ET RÉAMÉNAGEMENT

Cette section porte sur toutes les étapes de désaffectation, de démantèlement des équipements et de réaménagement des aires d'exploitation et autres lieux modifiés par suite de travaux.

1. Règles générales

- 1a. Les sites des campements, des aires de travail d'entreposage, etc. doivent être nettoyés et le sol préparé puis ensemencé et reboisé (à moins qu'ils ne se situent à l'intérieur d'un réservoir).
- 1b. Si le site se trouve dans les limites d'un futur réservoir, les constructions temporaires, matériaux, outils, contenants, déchets et débris de toutes sortes pouvant flotter, polluer les lieux ou former un récif peuvent être enfouis sur place (sauf les déchets dangereux). Recouvrir les débris flottables d'au moins 1 m de matériaux non flottants; le sommet des tas doit être situé à au moins 1 m sous le niveau minimal d'exploitation du futur réservoir.
- 1c. Nivelier le terrain et aménager les pentes de manière à empêcher l'érosion et l'entraînement de particules fines vers les plans d'eau.
- 1d. Durant les travaux de démantèlement, veiller à conserver le drainage naturel; creuser au besoin des fossés pour faciliter l'écoulement des eaux, en prenant soin d'éviter l'entraînement de sédiments vers les cours d'eau. Enlever tous les ouvrages de drainage temporaires qui ne serviront plus après le réaménagement.
- 1e. Enlever les ponceaux temporaires dès la fin des travaux. Rétablir l'écoulement normal des cours d'eau et remettre dans leur état original le lit et les berges.
- 1f. Réaménagement des aires d'enfouissement: nettoyer et nivelier le terrain en assurant le drainage des eaux de ruissellement vers l'extérieur pour éviter la contamination des cours d'eau.
- 1g. Si un bassin de sédimentation doit être submergé dans un réservoir, enlever les sédiments accumulés et les éliminer à l'extérieur du réservoir sauf si le bassin n'a reçu que des sédiments en suspension et si la vitesse d'écoulement a toujours été inférieure à 0,5 m/s en période d'exploitation.
- 1h. Lorsque nécessaire, décontaminer les sols.
- 1i. Dans le cas d'anciennes installations hydroélectriques, déterminer les possibilités de réaménagement optimal et les mesures d'atténuation appropriées; une étude environnementale complète peut être nécessaire.

Lois et règlements pertinents

Provincial: *Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., Ch. Q-2)*, articles 22 et 31.1, selon l'envergure des travaux.

XIX. DÉVERSEMENT ACCIDENTEL DE CONTAMINANTS

Cette section traite des mesures à prendre lors de déversements accidentels et des mesures à prendre pour le confinement et la récupération de contaminants déversés dans l'environnement.

1. Prévention

- 1a. Implanter une organisation comprenant un coordonnateur, des responsables locaux, ainsi que des ressources humaines et matérielles. Établir une structure d'alerte régionale.
- 1b. Prendre toutes les mesures de protection nécessaires pour minimiser les risques de déversements accidentels.

2. Interventions lors d'un déversement

- 2a. Dès le constat d'un déversement, avvertir le responsable d'Environnement Canada, Service des urgences environnementales (tél.: 514-283-2333 ou Environnement Québec (tél.: 514-873-3454 ou 418-643-4595).
- 2b. Prendre tous les moyens pour arrêter le déversement et confiner rapidement le produit déversé; puis procéder à la récupération du produit et l'élimination des déchets, de même qu'à la restauration des lieux.
- 2c. Pour le confinement, bien identifier les voies possibles de cheminement, notamment les réseaux de drainage. Prendre toutes les mesures nécessaires pour limiter l'étendue des dégâts. Sur l'eau, choisir l'intervention la plus appropriée en fonction des dimension et du débit du cours d'eau, ainsi que de la morphologie des rives:
 - digue de retenue avec conduites;
 - barrières flottantes avec paille ou matières absorbantes;
 - boudins absorbants;
 - estacades (billes ou planches de bois, barils, ou estacades commerciales);
 - feuilles de contreplaqué mises en place aux ponceaux.
- 2d. Il est toujours préférable de pomper plutôt que d'utiliser des absorbants. Sur l'eau, les absorbants granulaires doivent être ramassés à l'aide de grilles et de tamis. Le choix des mailles est important, devant tenir compte de la taille des particules d'absorbant utilisées.
- 2e. Les dispersants sont utilisés dans le cas de déversement de produits pétroliers sur l'eau. Cependant, étant donné la toxicité de la plupart de ces produits, ils ne doivent être utilisés qu'avec l'autorisation du Menviq, d'Environnement Canada et de Pêches et Océans.

Il faut éviter de les utiliser dans le cas d'eaux très poissonneuses, d'importantes voies de migration ou de reproduction de poissons et d'autres formes de vie aquatique, dans le cas de plans d'eau de faible dimension ainsi que dans le cas de plages sablonneuses ou de rivages riches en flore et en faune.
- 2f. Dans le cas de produits volatils, il est parfois préférable de favoriser l'évaporation, à condition de prendre toutes les mesures de sécurité pour prévenir les incendies et les explosions.

2g. Pour enfouir les produits et sols récupérés, tenir compte des normes en vigueur.

3. Après le déversement

3a. Restaurer ensuite les lieux en les remettant dans leur état original. Remplacer le sable et les galets enlevés sur les plages et les berges.

3b. Faire rapport des incidents afin d'éviter qu'ils ne se reproduisent.

3c. Faire une analyse rétrospective pour améliorer le système de prévention et d'intervention en cas de déversement.

Lois et règlements pertinents

Fédéral: *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses (L.R.C., Ch.T-19)*
Article 36 de la Loi sur les Pêches, administré par Environnement Canada.

Provincial: *Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., Ch. Q-2), articles 20, 21, 114 et 115.*

Règlement sur le transport des matières dangereuses (L.R.Q., Ch.C-24-1, r.19.01)

ANNEXE 3

ANNEXE 3

**ANALYSE COMPARATIVE DE QUELQUES MÉTHODES
HYDROLOGIQUES DE DÉTERMINATION
DU DÉBIT RÉSERVÉ APPLIQUÉES À
18 RIVIÈRES DU QUÉBEC**

Les 18 rivières retenues ont été choisies de façon à constituer un échantillon représentatif des différentes rivières de la province. Pour chacun de ces cours d'eau, l'annuaire hydrologique ainsi qu'une analyse statistique des minima des débits journaliers fournis par le MEF (secteur Environnement) ont permis de structurer le tableau 1.

Les principales variables utilisées pour ce type d'analyse sont définies de la façon suivante:

- module interannuel: moyenne arithmétique des débits moyens annuels calculés sur le plus grand nombre d'années possible;
- minimum journalier historique: valeur de débit minimale atteinte pour le cours d'eau sur la série de mesures exploitées;
- minimum moyen: moyenne arithmétique des valeurs minimales de débit journalier observées sur le plus grand nombre d'années possible;
- \bar{Q}_{10}^5 : débit moyen des 10 jours consécutifs d'étiage de récurrence 5 ans (valeur correspondant approximativement au QCN₁₀ quinquennal);
- \bar{Q}_7^2 : débit moyen des 7 jours consécutifs d'étiage de récurrence 2 ans.

L'analyse des tableaux 2 à 5 permet de formuler les remarques suivantes:

- le 1/10^{ème} du module donne dans 66,6 % des cas la valeur de débit la plus faible et dans 33,3 % des cas, cette valeur est inférieure au minimum journalier historique (Tableau 2).
- le \bar{Q}_{10}^5 donne dans 72 % des cas la valeur de débit la plus élevée si l'on fait exception de la colonne \bar{Q}_7^2 (Tableau 3).

On peut observer que le groupe de rivières de la rive sud du Saint-Laurent se détache significativement des autres cours d'eau puisque pour ces rivières, c'est la colonne du 1/10^{ème} du module qui donne les valeurs de débit les plus élevées.

- le 0,7 \bar{Q}_7^2 donne dans 61 % des cas une valeur de débit immédiatement supérieure au débit minimum historique. Elle n'est inférieure à cette valeur que dans 5,5 % des cas (Tableau 4).
- le \bar{Q}_7^2 est, par nature, la variable qui semble le plus se rapprocher du débit minimum moyen (Tableau 5).

Tableau 1. Analyse statistique des débits minima de 18 rivières québécoises.

Nom du cours d'eau et référence de la station de mesure	Nature du régime hydrologique	Superficie du bassin versant concerné (km ²)	Module interannuel (\bar{m}) m ³ /j	Minimum journalier historique m ³ /j	Minimum moyen m ³ /j	\bar{Q}_{10}^5 m ³ /j	\bar{Q}_{7}^2 m ³ /j	$1/10^0 \bar{m}$ m ³ /j	$0,7 \bar{Q}_{7}^2$ m ³ /j
Matapédia (amont) 011502-08	Naturel	558	9,67	0,32	1,67	1,12	1,72	0,97	1,20
Matapédia (aval) 011507	Naturel	2 760	55,9	4,90	9,25	7,06	9,13	5,59	6,39
Cascapédia 011001-03	Naturel	1 480	42,6	2,94	5,56	4,31	5,55	4,26	3,88
Bonaventure 010801-02	Naturel	2 130	35,1	3,69	6,29	4,87	6,14	3,51	4,30
Sainte-Anne 021407	Naturel	773	22,6	1,90	3,16	2,66	3,28	2,26	2,29
Ouelle 022-701-03-04	Naturel	795	15,9	0,17	0,89	0,61	0,94	1,59	0,66
Chaudière 023402	Influencé journalièrement	5 820	114	3,00	10,10	8,24	11,07	11,4	7,75
Bécancour 024007	Naturel	2 330	55,3	1,63	5,26	3,77	5,17	5,53	3,62
Châteauguay 030901-05	Influencé journalièrement	2 490	37,5	0,71	3,36	2,85	3,80	3,75	2,66
Du Nord 040110	Influencé mensuellement	1 170	23,2	2,21	5,33	4,78	5,90	2,32	4,13
Assomption 052202-11-19	Influencé journalièrement	1 340	23,4	0,88	3,79	3,20	4,28	2,34	3,00
Montmorency 051001	Naturel	1 100	35,4	3,0	5,01	4,09	5,01	3,54	3,51
Du Gouffre 051301	Naturel	865	18,1	2,90	3,66	3,31	3,68	1,81	2,58
Godbout 071401	Naturel	1 570	42,4	1,69	6,48	5,56	6,75	4,24	4,72
Moisie 072301	Naturel	19 000	433	49,8	81,85	63,76	79,55	43,3	55,68
La Romaine 073801	Naturel	13 000	302	39,1	61,35	51,81	61,23	30,2	42,86
Natashquan 074901-03	Naturel	15 600	348	49,7	78,49	62,24	77,22	34,8	54,05
Etamamiou 075601	Naturel	2 950	102	11,6	23,89	17,98	23,24	10,2	16,27

Tableau 2. Détermination de la variable donnant la valeur de débit la plus faible pour chacun des cours d'eau.

Nom du cours d'eau et référence de la station de mesure	Nature du régime hydrologique	Superficie du bassin versant concerné (km ²)	Module interannuel (\bar{m}) m ³ /j	Minimum journalier historique m ³ /j	Minimum moyen m ³ /j	\bar{Q}_{10}^5 m ³ /j	\bar{Q}_7^2 m ³ /j	$1/10^{\circ} \bar{m}$ m ³ /j	$0,7 \bar{Q}_7^2$ m ³ /j
Matapédia (amont) 011502-08	Naturel	558	9,67	0,32	1,67	1,12	1,72	0,97	1,20
Matapédia (aval) 011507	Naturel	2 760	55,9	4,90	9,25	7,06	9,13	5,59	6,39
Cascapédia 011001-03	Naturel	1 480	42,6	2,94	5,56	4,31	5,55	4,26	3,88
Bonaventure 010801-02	Naturel	2 130	35,1	3,69	6,29	4,87	6,14	3,51	4,30
Sainte-Anne 021407	Naturel	773	22,6	1,90	3,16	2,66	3,28	2,28	2,29
Ouelle 022-701-03-04	Naturel	795	15,9	0,17	0,89	0,61	0,94	1,59	0,66
Chaudière 023402	Influencé journalièrement	5 820	114	3,00	10,10	8,24	11,07	11,4	7,75
Bécancour 024007	Naturel	2 330	55,3	1,63	5,26	3,77	5,17	5,53	3,62
Châteauguay 030901-05	Influencé journalièrement	2 490	37,5	0,71	3,36	2,85	3,80	3,75	2,66
Du Nord 040110	Influencé mensuellement	1 170	23,2	2,21	5,33	4,78	5,90	2,32	4,13
Assomption 052202-11-19	Influencé journalièrement	1 340	23,4	0,88	3,79	3,20	4,28	2,34	3,00
Montmorency 051001	Naturel	1 100	35,4	3,0	5,01	4,09	5,01	3,54	3,51
Du Gouffre 051301	Naturel	865	18,1	2,90	3,66	3,31	3,68	1,81	2,58
Godbout 071401	Naturel	1 570	42,4	1,69	6,48	5,56	6,75	4,24	4,72
Moisie 072301	Naturel	19 000	433	49,8	81,85	63,76	79,55	43,3	55,68
La Romaine 073801	Naturel	13 000	302	39,1	61,35	51,81	61,23	30,2	42,86
Natashquan 074901-03	Naturel	15 600	348	49,7	78,49	62,24	77,22	34,8	54,05
Etamamiou 075601	Naturel	2 950	102	11,6	23,89	17,98	23,24	10,2	16,27

* Valeur inférieure au minimum journalier historique.

Tableau 3. Détermination de la variable donnant la valeur de débit la plus élevée (à l'exception du $Q_{\frac{2}{7}}$).

Nom du cours d'eau et référence de la station de mesure	Nature du régime hydrologique	Superficie du bassin versant concerné (km ²)	Module Interannuel (\bar{m}) m ³ /j	Minimum journalier historique m ³ /j	Minimum moyen m ³ /j	\bar{Q}_{10}^5 m ³ /j	\bar{Q}_2^2 m ³ /j	$1/10 \cdot \bar{m}$ m ³ /j	$0,7 \bar{Q}_2^2$ m ³ /j
Matapédia (amont) 011502-08	Naturel	558	9,67	0,32	1,67	1,12	1,72	0,97	1,20
Matapédia (aval) 011507	Naturel	2 760	55,9	4,90	9,25	7,06	9,13	5,59	6,39
Cascapédia 011001-03	Naturel	1 480	42,6	2,94	5,56	4,31	5,55	4,26	3,88
Bonaventure 010801-02	Naturel	2 130	35,1	3,69	6,29	4,87	6,14	3,51	4,30
Sainte-Anne 021407	Naturel	773	22,6	1,90	3,16	2,66	3,28	2,26	2,29
Ouelle 022-701-03-04	Naturel	795	15,9	0,17	0,89	0,61	0,94	1,59	0,66
Chaudière 023402	Influencé journalièrement	5 820	114	3,00	10,10	8,24	11,07	11,4	7,75
Bécancour 024007	Naturel	2 330	55,3	1,63	5,26	3,77	5,17	5,53	3,62
Châteauguay 030901-05	Influencé journalièrement	2 490	37,5	0,71	3,36	2,85	3,80	3,75	2,66
Du Nord 040110	Influencé mensuellement	1 170	23,2	2,21	5,33	4,78	5,90	2,32	4,13
Assomption 052202-11-19	Influencé journalièrement	1 340	23,4	0,88	3,79	3,20	4,28	2,34	3,00
Montmorency 051001	Naturel	1 100	35,4	3,0	5,01	4,09	5,01	3,54	3,51
Du Gouffre 051301	Naturel	865	18,1	2,90	3,66	3,31	3,68	1,81	2,58
Godbout 071401	Naturel	1 570	42,4	1,69	6,48	5,56	6,75	4,24	4,72
Moisie 072301	Naturel	19 000	433	49,8	81,85	63,76	79,55	43,3	55,68
La Romaine 073801	Naturel	13 000	302	39,1	61,35	51,81	61,23	30,2	42,86
Natashquan 074901-03	Naturel	15 600	348	49,7	78,49	62,24	77,22	34,8	54,05
Etamamiou 075601	Naturel	2 950	102	11,6	23,89	17,98	23,24	10,2	16,27

Tableau 4. Détermination de la variable donnant la valeur immédiatement supérieure au débit minimum historique.

Nom du cours d'eau et référence de la station de mesure	Nature du régime hydrologique	Superficie du bassin versant concerné (km ²)	Module interannuel (\bar{m}) m ³ /j	Minimum journalier historique m ³ /j	Minimum moyen m ³ /j	\bar{Q}_{10}° m ³ /j	\bar{Q}_7° m ³ /j	$1/10^{\circ} \bar{m}$ m ³ /j	$0,7 \bar{Q}_7^{\circ}$ m ³ /j
Matapédia (amont) 011502-08	Naturel	558	9,67	0,32	1,67	1,12	1,72	0,97	1,20
Matapédia (aval) 011507	Naturel	2 760	55,9	4,90	9,25	7,06	9,13	5,59	6,39
Cascapédia 011001-03	Naturel	1 480	42,6	2,94	5,56	4,31	5,55	4,26	3,88
Bonaventure 010801-02	Naturel	2 130	35,1	3,69	6,29	4,87	6,14	3,51	4,30
Sainte-Anne 021407	Naturel	773	22,6	1,90	3,16	2,66	3,28	2,26	2,29
Ouelle 022-701-03-04	Naturel	795	15,9	0,17	0,89	0,61	0,94	1,59	0,66
Chaudière 023402	Influencé journalièrement	5 820	114	3,00	10,10	8,24	11,07	11,4	7,76
Bécancour 024007	Naturel	2 330	55,3	1,63	5,26	3,77	5,17	5,53	3,82
Châteauguay 030901-05	Influencé journalièrement	2 490	37,5	0,71	3,36	2,85	3,80	3,75	2,66
Du Nord 040110	Influencé mensuellement	1 170	23,2	2,21	5,33	4,78	5,90	2,32	4,13
Assomption 052202-11-19	Influencé journalièrement	1 340	23,4	0,88	3,79	3,20	4,28	2,34	3,00
Montmorency 051001	Naturel	1 100	35,4	3,0	5,01	4,09	5,01	3,54	3,51
Du Gouffre 051301	Naturel	865	18,1	2,90	3,66	3,31	3,68	1,81	2,58
Godbout 071401	Naturel	1 570	42,4	1,69	6,48	5,56	6,75	4,24	4,72
Moisie 072301	Naturel	19 000	433	49,8	81,85	63,76	79,55	43,3	56,68
La Romaine 073801	Naturel	13 000	302	39,1	61,35	51,81	61,23	30,2	42,86
Natashquan 074901-03	Naturel	15 600	348	49,7	78,49	62,24	77,22	34,8	54,05
Etamamiou 075601	Naturel	2 950	102	11,6	23,89	17,98	23,24	10,2	16,27

6 Tableau 5. Détermination de la variable donnant la valeur du débit la plus proche du débit minimum moyen.

Nom du cours d'eau et référence de la station de mesure	Nature du régime hydrologique	Superficie du bassin versant concerné (km ²)	Module interannuel (m) m ³ /j	Minimum journalier historique m ³ /j	Minimum moyen m ³ /j	\bar{Q}_{10}^5 m ³ /j	\bar{Q}^2 m ³ /j	$1/10^5 \bar{m}$ m ³ /j	$0,7 \bar{Q}^2$ m ³ /j
Matapédia (amont) 011502-08	Naturel	558	9,67	0,32	1,67	1,12	1,72	0,97	1,20
Matapédia (aval) 011507	Naturel	2 760	55,9	4,90	9,25	7,06	9,13	5,59	6,39
Cascapédia 011001-03	Naturel	1 480	42,6	2,94	5,56	4,31	5,55	4,26	3,88
Bonaventure 010801-02	Naturel	2 130	35,1	3,69	6,29	4,87	6,14	3,51	4,30
Sainte-Anne 021407	Naturel	773	22,6	1,90	3,16	2,66	3,26	2,26	2,29
Ouelle 022-701-03-04	Naturel	795	15,9	0,17	0,89	0,61	0,94	1,59	0,66
Chaudière 023402	Influencé journalièrement	5 820	114	3,00	10,10	8,24	11,07	11,4	7,75
Bécancour 024007	Naturel	2 330	55,3	1,63	5,26	3,77	5,17	5,53	3,62
Châteauguay 030901-05	Influencé journalièrement	2 490	37,5	0,71	3,36	2,85	3,80	3,75	2,66
Du Nord 040110	Influencé mensuellement	1 170	23,2	2,21	5,33	4,78	5,90	2,32	4,13
Assomption 052202-11-19	Influencé journalièrement	1 340	23,4	0,88	3,79	3,20	4,28	2,34	3,00
Montmorency 051001	Naturel	1 100	35,4	3,0	5,01	4,09	5,01	3,54	3,51
Du Gouffre 051301	Naturel	865	18,1	2,90	3,66	3,31	3,68	1,81	2,58
Godbout 071401	Naturel	1 570	42,4	1,69	6,48	5,56	6,75	4,24	4,72
Moisie 072301	Naturel	19 000	433	49,8	81,85	63,76	79,55	43,3	55,68
La Romaine 073801	Naturel	13 000	302	39,1	61,35	51,81	61,23	30,2	42,86
Natashquan 074901-03	Naturel	15 600	348	49,7	78,49	62,24	77,22	34,8	54,05
Etamamiou 075601	Naturel	2 950	102	11,6	23,89	17,98	23,24	10,2	16,27

ANNEXE 4

ANNEXE 4

**MODIFICATIONS APPORTÉES AUX TEXTES DE L'ANNEXE 2
PAR LE GROUPE DE TRAVAIL DU MEF (SECTEUR FAUNE)**

Section I, ajout aux lois et règlements:

Loi sur la Conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., c. C-61.1): pour toutes les activités effectuées dans un habitat faunique.

Section III, ajout à la fin du paragraphe 2d:

Selon la Loi sur la C.M.V.F. (L.R.Q., c. C-61.1), il est nécessaire d'obtenir une autorisation pour pouvoir circuler ou traverser à gué un cours d'eau.

Section III, ajout aux lois et règlements:

Loi sur la conservation et mise en valeur de la faune (L.R.Q., c. C-61.1): autorisation nécessaire pour circuler dans les cours d'eau.

Section V, modification au paragraphe 3A:

Effectuer le sautage en dehors des périodes critiques pour la survie des poissons. Ne pas entreprendre de sautage à proximité de frayères connues durant la période de reproduction et de développement des oeufs et des alevins (période de protection de la reproduction).

Section V, ajout au paragraphe 3C:

et à 6,9 kPa à 100 m pour tenir compte des jeunes stades.

Section V, ajout au paragraphe 3D:

Utiliser des explosifs à faible vitesse de détonation.

Section V, ajout aux lois et règlements:

Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2)

Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., c. C-61.1)

Section VI, ajout aux lois et règlements:

Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., c. C-61.1): autorisation requise pour effectuer un dragage.

Section VII, ajout aux lois et règlements:

Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., C. Q-2)

Section VIII, ajout à la fin du paragraphe 1b:

cf. document du Ministère des transports du Québec sur les ponts et ponceaux.

Section VIII, ajout à la fin du paragraphe 6A:

Les traverses à gué sont aussi interdites en vertu de la L.C.M.V.F. et doivent faire l'objet de l'émission d'une autorisation de la part du MEF (secteur Faune). Si l'autorisation est accordée en vertu de la loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune, celle-ci comportera les obligations à respecter lors de l'aménagement.

Section VIII, ajout aux lois et règlements:

Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2)

Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., C. C-61.1)

Section IX, ajout aux lois et règlements:

Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2)

Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., C. C-61.1)

Section XI, ajout aux lois et règlements:

Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., C. C-61.1): la construction de quai est régie par le Règlement sur les habitats fauniques.

Section XIII, ajout aux lois et règlements:

Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., C. C-61.1)

Section XVII, ajout aux lois et règlements:

À venir: Code de gestion des pesticides (MEF – secteur Environnement)

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

AGENCE FRANÇAISE POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE (AFME). 1986. Les petites centrales hydroélectriques, Service Techniques Nouvelles 610, 31 p.

AGENCE FRANÇAISE POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE (AFME). 1989. Les petites centrales hydroélectriques: une source de revenus pour la collectivité locale, Service Techniques Nouvelles 1024, 26 p.

ANONYME. 1992. Transfert d'informations sur les ouvrages hydroélectriques (document de travail), ministère des Pêches et des Océans Canada, Québec, 125 p.

BAURET, C. 1984. Débits réservés de la Région Midi Pyrénées, Service Régional d'aménagement des eaux de Midi Pyrénées, École nationale supérieure d'hydraulique de Grenoble, rapport de stage, 29 p.

BÉLAND, M., J. LECLERC et Y. LAVERGNE. 1993. Guide d'évaluation environnementale en regard du poisson et de son habitat: aménagements hydroélectriques, routes et infrastructures d'accès. Les Consultants Jacques Bérubé Inc. pour le compte du ministère des Pêches et des Océans Canada, Division de l'habitat du poisson (Québec), 14 p. + 2 annexes.

BULLETIN FRANÇAIS DE LA PÊCHE ET DE LA PISCICULTURE. 1992. Gestion des ressources aquatiques: la conception d'ouvrages de franchissement des barrages, n^{os} 326-327 / 1992-3 et 4, 206 p.

CACAS, J. et B. DUMONT. 1985. Petite hydraulique et débit réservé, CEMAGREF, Section qualité des eaux et Colloque Petite hydraulique, Aix en Provence, France, 17 p.

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DES RESSOURCES ET DE L'ENVIRONNEMENT (CCMRE). 1987. Recommandations pour la qualité des eaux au Canada. Environnement Canada, Ottawa.

ELSER, A.A. 1975. Fish populations of a trout stream in relation to major habitat zones and channel alterations. Trans. Am. Fish. Soc., 97(4): 389-397.

HYDRO M et ÉLECTRICITÉ AUTONOME FRANÇAISE. 1992. L'étude d'impact sur l'environnement d'une demande de renouvellement d'autorisation d'une entreprise hydraulique existante: guide méthodologique, 37 p.

- HYDRO M et SOPELEC FRANCE. 1989. Étude hydrobiologique de la garonne en pays de Comminges: propositions pour le choix d'un débit réservé à la centrale hydroélectrique de Lestelle, 87 p. + 3 annexes.
- LANDRY, J. et C. GRONDIN. 1992. Inventaire de quelques moyens utilisés pour attirer, éloigner ou orienter les poissons et évaluation d'une utilisation possible de ces systèmes en milieux humides, Canards Illimités Canada et ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (Québec), 119 p.
- LARINIER, M. et JEAN DARTIGUELONGUE. 1989. Gestion des ressources aquatiques: la circulation des poissons migrateurs: le transit à travers les turbines des installations hydroélectriques, Bulletin français de la pêche et de la pisciculture n^{os} 312, 313 / 1989-1 et 2, 94 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE FRANCE. 1989. L'étude d'impact sur l'environnement des installations hydrauliques de production d'électricité, Direction de l'eau et de la prévention des pollutions et des risques, Mission Énergie, 45 p. + 39 planches.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1990. Critères de qualité de l'eau. Ministère de l'Environnement du Québec, Service d'évaluation des rejets toxiques et Direction de la qualité des cours d'eau, 423 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1991. Annuaire hydrologique 1989-1990, Direction du réseau hydrique, document AH 31, 162 p.
- MINISTÈRE DE L'EXPANSION ÉCONOMIQUE RÉGIONALE DU QUÉBEC. 1969. Inventaire des terres du Canada: potentiel des terres à des fins récréatives, rapport n^o 6, 39 p.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DE L'ONTARIO. 1990. Guidelines to protect the fisheries resources at waterpower developments, 73 p. + 4 annexes.
- PROULX, S. et E. GIRARD. 1990. Les grandes lignes des micro-centrales hydroélectriques au Québec: étude de faisabilité pour les installations domestiques, Énergie, Mines et Ressources Canada, 26 p.
- TENNANT, D. 1976. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries (Bull. Am. Fish. Soc.), 1(4): 6-10.