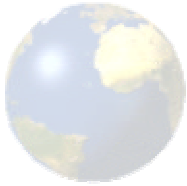


Régie de l'énergie du Québec  
Audience sur la sécurité énergétique des Québécois.  
( R-3526-2004 )

Projet de petite centrale hydroélectrique,  
Aménagement de la chute Montmorency, Qc  
Turbine autoportante à génératrice interne

Présenté par :  
Gabriel Dessureault, B.sc.  
[Gabriel.dessureault@globetrotter.net](mailto:Gabriel.dessureault@globetrotter.net)

*Le 8 avril 2004*



# **Chute Montmorency, Qc.**

## **PROJET DE PETITE CENTRALE HYDROELECTRIQUE**

**AFIN DE RÉPONDRE À L'ACCROISSEMENT DE LA DEMANDE QUÉBÉCOISE D'ÉLECTRICITÉ D'ICI 2010, LA RÉGIE DE L'ÉNERGIE DEMANDE LES OPTIONS POSSIBLES POUR PALIER CETTE HAUSSE, SOIT UNE MOYENNE DE 2.5 TWH / AN.**

**CE PROJET N'ATTEINT PAS CETTE DEMANDE, POUR L'INSTANT. MAIS VOUS ALLEZ CONSTATER L'ÉNORME POTENTIEL POUR L'AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ QUÉBÉCOISE, AFIN DE MAINTENIR ET DÉVELOPPER NOTRE SAVOIR-FAIRE DANS CE SECTEUR.**

**CE QUI EST PROPOSÉ ICI, C'EST L'AMÉNAGEMENT DE LA CHUTE MONTMORENCY, AVEC UN NOUVEAU TYPE DE TURBINE (TURBINE AUTOPORTANTE À GÉNÉRATRICE INTERNE), DONT VOUS TROUVEREZ TOUTES LES CARACTÉRISTIQUES EN ANNEXE 2.**

**CETTE CHUTE ÉTANT UN ENDROIT TRÈS EN VUE POUR CE TYPE DE PROJET, LE DÉFI N'EN SERA QUE PLUS GRAND, SOIT POUR SATISFAIRE À L'ENVIRONNEMENT OU AU SECTEUR RÉCRÉO - TOURISTIQUE. UN PROJET D'AMÉNAGEMENT DIGNE DES FLORALIES DE MONTRÉAL POURRA Y ÊTRE FAIT.**

**TROIS EXEMPLES D'AMÉNAGEMENTS SONT PROPOSÉS (ANNEXE 1).**

**LE PREMIER ÉTANT L'AMÉNAGEMENT DE LA CHUTE AVEC LA TURBINE PELTON, EN UTILISANT LE MODÈLE ÉNERGÉTIQUE RETSCREEN. VOUS POURREZ CONSTATER DANS CET EXEMPLE QUE LE COÛT DES TURBINES COMPTE POUR 64% DU BUDGET TOTAL, ON PEUT LE COMPRENDRE, QUAND ON CONNAÎT LA FAÇON DONT ELLES SONT INSTALLÉES (LE MONTAGE ET L'INSTALLATION SONT TRÈS DISPENDIEUX).**

**LE DEUXIÈME EXEMPLE MONTRE L'AMÉNAGEMENT DES CHUTES AVEC LA TURBINE AUTOPORTANTE À GÉNÉRATRICE INTERNE. LES MÊMES PARAMÈTRES HYDROLOGIQUE ET DE RENDEMENT QUE DANS L'EXEMPLE PRÉCÉDENT ONT ÉTÉ UTILISÉS POUR CE MODÈLE ÉNERGÉTIQUE, LES PÂLES DES DEUX APPAREILS AYANT SENSIBLEMENT LES MÊMES CARACTÉRISTIQUES.**

**À CAUSE DE LA CONCEPTION DE L'APPAREIL( SOIT LA GÉNÉRATRICE PROTÉGÉE À L'INTÉRIEUR D'UNE COQUE DE PROTECTION MUNIE DE PÂLES MOBILES ), SON COUT D'INSTALLATION EN SERA BEAUCOUP DIMINUÉ, LA FABRICATION DE L'APPAREIL POUVANT SE FAIRE EN USINE ET SIMPLEMENT DÉPOSÉ SUR LES PILIERS D'ANCRAGE DE LA SALLE DES TURBINES. LES COUTS D'ENTRETIENS ET DE RÉPARATIONS EN SERONT AUSSI DIMINUÉS. VOUS POURREZ CONSTATER DANS CET EXEMPLE LA TRÈS GRANDE RENTABILITÉ DU PROJET.**

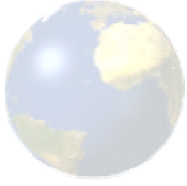
**LE TROISIÈME EXEMPLE MONTRE UN PROJET D'AMÉNAGEMENT DES CHUTES NIAGARA, J'AI PRIS 100 M<sup>3</sup> / S./ AN, SUR UN TOTAL DE 6,000 M<sup>3</sup>/S/ AN. , VOUS POURREZ AUSSI CONSTATER SA RENTABILITÉ.**

***LE PROJET D'AMÉNAGEMENT DES CHUTES MONTMORENCY, EN PLUS D'ÊTRE TRÈS RENTABLE, EST TRÈS CRÉATEUR D'EMPLOIE, EN PERMETTANT LE DÉVELOPPEMENT D'UN NOUVEAU TYPE DE TURBINE, CE QUI DONNE UN ESSOR CONSIDÉRABLE À L'AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ DU QUÉBEC.***

***CE TYPE D'AMÉNAGEMENT DE MINI CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE POURRA CONSOLIDER L'ÉNERGIE « PATRIMONIALE » DE 165 TWH PAR ANNÉE, ET PERMETTRE AINSI À HYDRO QUÉBEC DE CONSERVER SES RÉSERVES POUR LES PROFITS GÉNÉRÉS PAR L'EXPORTATION. EN PLUS D'UNE RÉDUCTION NETTE D'ÉMISSION DES GAZ À EFFETS DE SERRE POUR CE PROJET DE 7931 TONNES DE CO2 PAR ANNÉE.***

***PRÉSENTÉ PAR :***

***GABRIEL.DESSUREAULT, B.SC.  
GABRIEL.DESSUREAULT@GLOBETROTTER.NET  
397 CHEMIN FILION  
L'ANGE-GARDIEN (BUCKINGHAM)  
J8L 2W7  
TL: (RES.) 1-819-281-1768  
(BUR.)1-819-986-7069***



# *Annexe 1.*

*Projets de petite centrale hydroélectrique  
( modèle énergétique RETScreen )*



# *annexe 1.*

*Exemple 1 :*

***Chute Montmorency, Qc***  
( hauteur 84 m. )

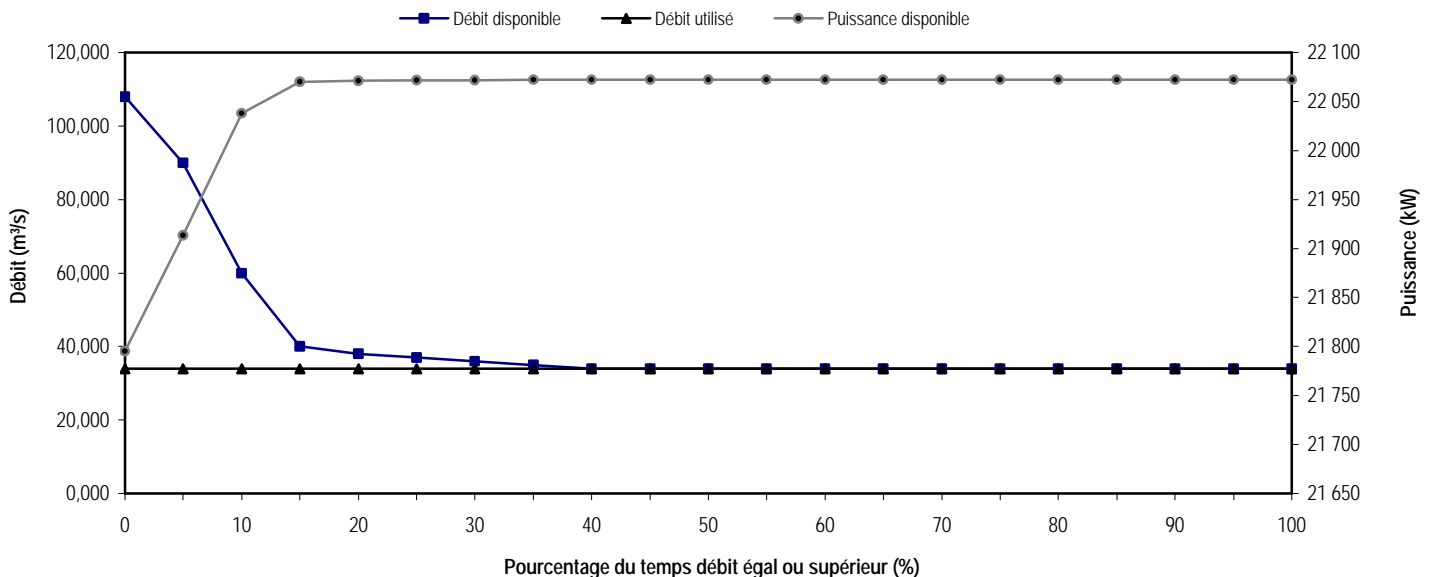
***Projet de petite centrale hydroélectrique***  
( modèle énergétique RETScreen )  
***Turbine Pelton***

Caractéristiques du site		Données	Notes/Plage
Nom du projet		Exemple	
Lieu du projet		Chute Montmorency	
Hauteur de chute brute	m	84,0	
Effet maximal de l'eau de fuite	m	1,00	
Débit résiduel	m <sup>3</sup> /s	0,00	<a href="#">compléter la feuille Hydrologie &amp; charg</a>
Débit garanti	m <sup>3</sup> /s	34,00	
Charge de pointe du réseau électrique	kW	3 500	
Demande du réseau électrique	MWh	18 286	

Paramètres du système		Données	Notes/Plage
Type de réseau électrique	-	Réseau isolé	
Débit nominal d'équipement	m <sup>3</sup> /s	34,000	
Type de turbine	-	Pelton	<a href="#">compléter la feuille Équipements</a>
Nombre de turbines	turbine	6	
Rendement de pointe de la turbine	%	90,5%	
Rendement de la turbine au débit nominal	%	90,0%	
Pertes hydrauliques maximales	%	5%	2% à 7%
Rendement de la génératrice	%	95%	93% à 97%
Pertes dans le transformateur	%	1%	1% à 2%
Pertes parasites d'électricité	%	2%	1% à 3%
Autres pertes et arrêts annuels	%	4%	2% à 7%

Production annuelle d'énergie		Données	Notes/Plage
Puissance hydroélectrique installée	kW	22 072	
	MW	22,072	
Puissance hydroélectrique garantie	kW	22 072	
Facteur d'ajustement du débit disponible	-	1,00	
Facteur de puissance de la centrale hydroélectrique	%	96%	40% à 95%
Énergie renouvelable disponible	MWh	185 476	
Énergie renouvelable fournie	MWh	17 555	
	GWh	17,555	
Excédent disponible d'ÉR	MWh	167 922	

Courbes de débits classés et de puissance



**Analyse hydrologique** **Données** **Notes/Plage**

Type de projet Au fil de l'eau  
 Méthode d'analyse hydrologique Définie par l'utilisateur

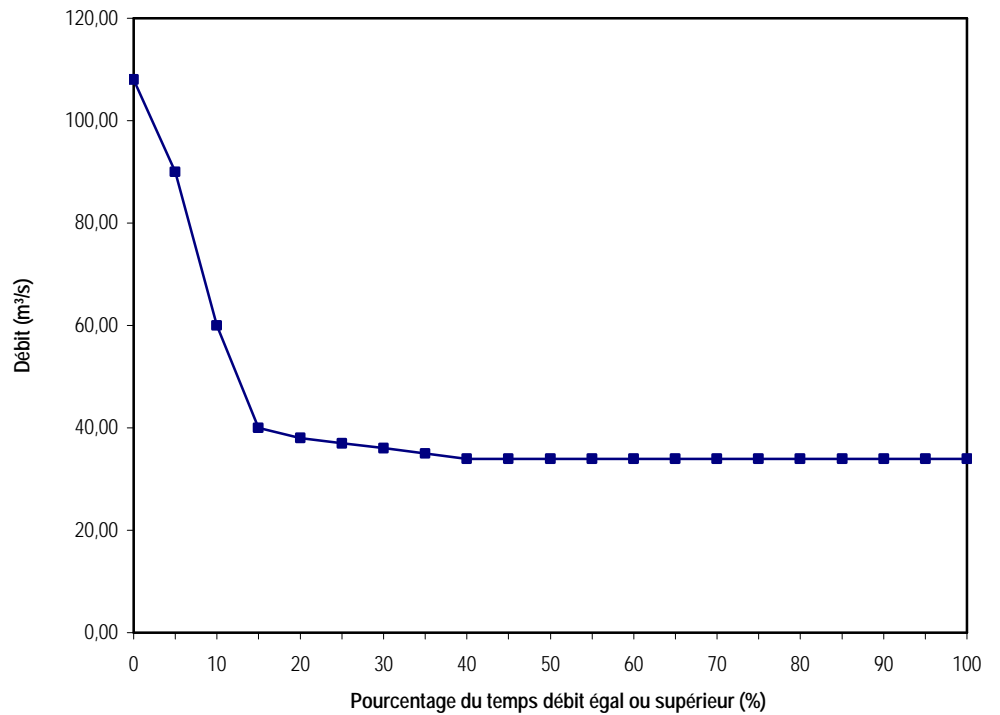
**Paramètres hydrologiques**

Débit résiduel	m <sup>3</sup> /s	0	
% de disponibilité du débit garanti	%	100%	90% à 100%
Débit garanti	m <sup>3</sup> /s	34,00	

**Données de la courbe de débits classés**

Temps (%)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
0%	108,00
5%	90,00
10%	60,00
15%	40,00
20%	38,00
25%	37,00
30%	36,00
35%	35,00
40%	34,00
45%	34,00
50%	34,00
55%	34,00
60%	34,00
65%	34,00
70%	34,00
75%	34,00
80%	34,00
85%	34,00
90%	34,00
95%	34,00
100%	34,00

**Courbe de débits classés**



**Caractéristiques de la charge****Données****Notes/Plage**

Type de réseau électrique

Réseau isolé

**Paramètres de la charge**

Courbe de charge classée

Typique

Charge de pointe du réseau électrique

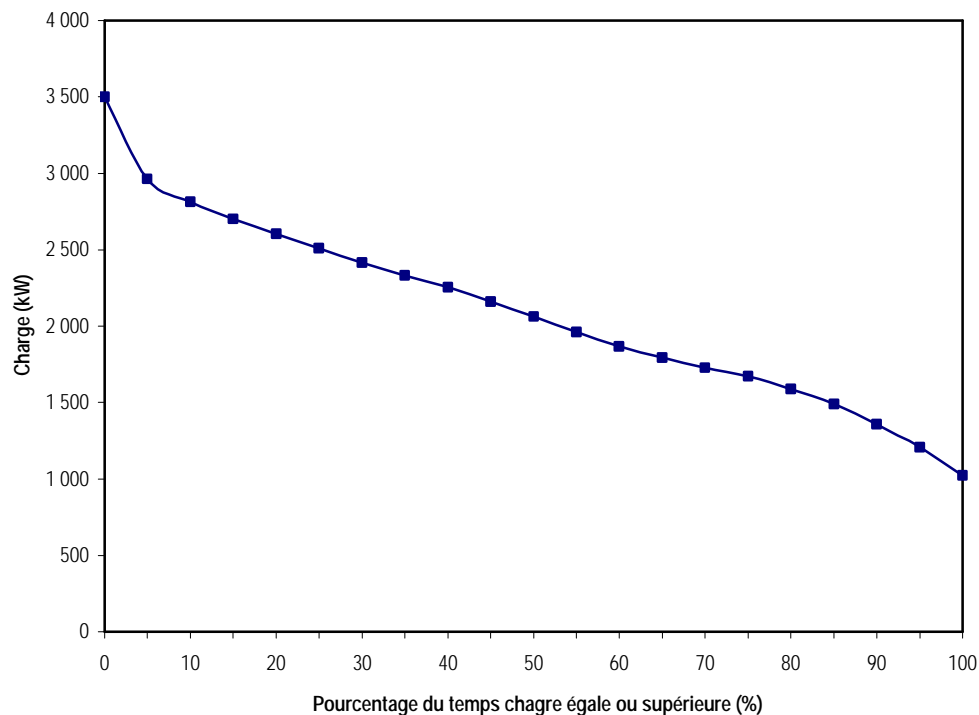
kW

3 500

**Données de la courbe de charge classée**

Temps (%)	Charge (kW)
0%	3 500
5%	2 964
10%	2 813
15%	2 703
20%	2 605
25%	2 510
30%	2 416
35%	2 333
40%	2 254
45%	2 159
50%	2 065
55%	1 961
60%	1 869
65%	1 793
70%	1 729
75%	1 671
80%	1 588
85%	1 490
90%	1 359
95%	1 206
100%	1 023

Temps (%)	Charge (kW)
0%	3 500
5%	2 964
10%	2 813
15%	2 703
20%	2 605
25%	2 510
30%	2 416
35%	2 333
40%	2 254
45%	2 159
50%	2 065
55%	1 961
60%	1 869
65%	1 793
70%	1 729
75%	1 671
80%	1 588
85%	1 490
90%	1 359
95%	1 206
100%	1 023

**Courbe de charge classée**

Demande du réseau électrique

MWh

**Annuel**

18 286

**Quotidien**

50,1

Facteur de charge moyen

%

60%

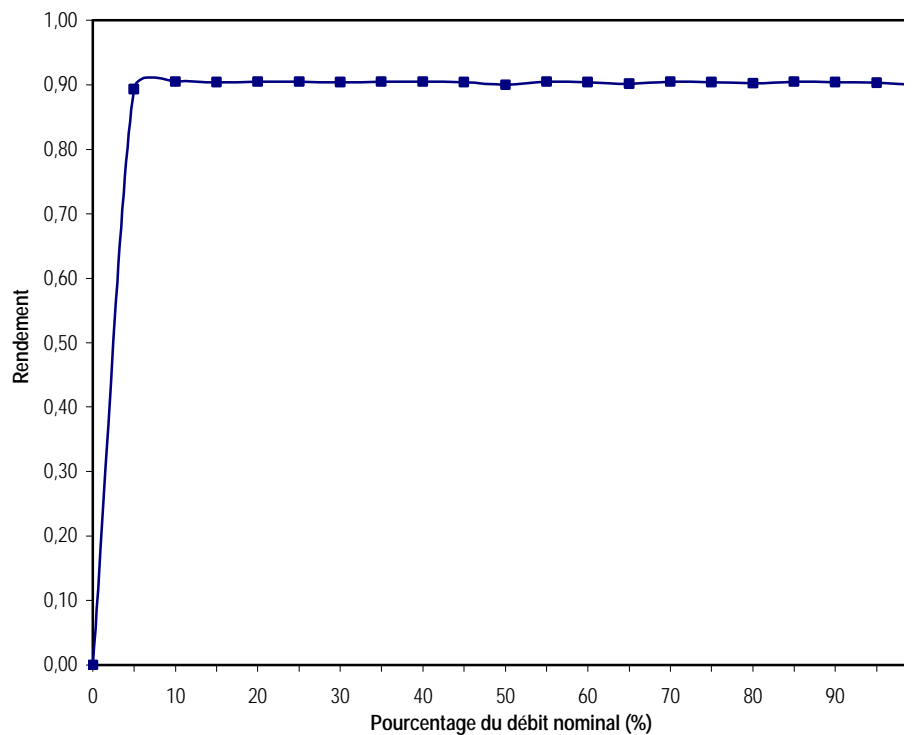
60%

Caractéristiques des turbines hydroélectriques		Données	Notes/Plage
Hauteur de chute brute	m	84,0	
Débit nominal d'équipement	m³/s	34,00	
Type de turbine	-	Pelton	<a href="#">voir la base de données de produits</a>
Source de la courbe de rendement de la turbine	-	Standard	
Nombre d'injecteurs des turbines à impulsion	jet	6	1 à 6
Nombre de turbines	turbine	6	
Manufacturier de turbines hydroélectriques		ABC Ltd.	
Modèle de turbine hydroélectrique		model XYZ	
Coefficient de conception de fabrication de turbines	-	4,5	2,8 à 6,1; par défaut = 4,5
Ajustement du rendement	%	0%	
Rendement de pointe de la turbine	%	90,5%	
Débit au rendement de pointe	m³/s	22,7	
Rendement de la turbine au débit nominal	%	90,0%	

#### Données de la courbe de rendement de la turbine

Débit (%)	Rendement de la turbine	Turbines en fonction #	Rendement combiné des turbines
0%	0,00	0	0,00
5%	0,20	1	0,89
10%	0,54	1	0,90
15%	0,73	1	0,90
20%	0,83	2	0,90
25%	0,87	2	0,90
30%	0,89	2	0,90
35%	0,90	3	0,90
40%	0,90	3	0,90
45%	0,90	3	0,90
50%	0,90	3	0,90
55%	0,90	4	0,90
60%	0,90	4	0,90
65%	0,90	4	0,90
70%	0,90	5	0,90
75%	0,90	5	0,90
80%	0,90	5	0,90
85%	0,90	6	0,90
90%	0,90	6	0,90
95%	0,90	6	0,90
100%	0,90	6	0,90

Courbe de rendement - 6 turbine(s)



Étude de faisabilité

Inspection du site	j-p	60	\$ 600	\$	36 000	0,17%
Évaluation du potentiel hydraulique	j-p	40	\$ 500	\$	20 000	0,10%
Évaluation environnementale	j-p	120	\$ 500	\$	60 000	0,29%
Conception préliminaire	j-p	50	\$ 500	\$	25 000	0,12%
Estimation détaillée des coûts	j-p	20	\$ 600	\$	12 000	0,06%
Préparation du rapport	j-p	20	\$ 700	\$	14 000	0,07%
Gestion du projet	j-p	25	\$ 700	\$	17 500	0,08%
Voyages et hébergement	voyage-p	10	\$ 5 000	\$	50 000	0,24%
Autres	Coût	0	\$ -	\$	-	0,00%
Crédits - Étude de faisabilité	Crédit	0	\$ -	\$	-	0,00%
Sous-total :				\$	<b>234 500</b>	1,13%

Développement

Négociation du CAÉ	j-p	40	\$ 1 000	\$	40 000	0,19%
Approbations et permis	j-p	40	\$ 700	\$	28 000	0,14%
Droits fonciers	site	1	\$ 50 000	\$	50 000	0,24%
Arpentage	j-p	30	\$ 500	\$	15 000	0,07%
Financement du projet	j-p	40	\$ 1 500	\$	60 000	0,29%
Services comptables et juridiques	j-p	25	\$ 1 200	\$	30 000	0,14%
Gestion du projet	année-p	0,5	\$ 130 000	\$	65 000	0,31%
Voyages et hébergement	voyage-p	10	\$ 2 500	\$	25 000	0,12%
Autres	Coût	0	\$ -	\$	-	0,00%
Crédits - Développement	Crédit	0	\$ -	\$	-	0,00%
Sous-total :				\$	<b>313 000</b>	1,51%

Ingénierie

Conception et appels d'offres	année-p	1,0	\$ 130 000	\$	130 000	0,63%
Émission des contrats	j-p	25	\$ 700	\$	17 500	0,08%
Surveillance des travaux	année-p	1,0	\$ 130 000	\$	130 000	0,63%
Autres	Coût	0	\$ -	\$	-	0,00%
Crédits - Ingénierie	Crédit	0	\$ -	\$	-	0,00%
Sous-total :				\$	<b>277 500</b>	1,34%

Équipements énergétiques

Turbines/génératrices, contrôles	kW	22 072	\$ 500	\$	11 036 016	53,32%
Installation des équipements	%	10%	\$ 11 036 016	\$	1 103 602	5,33%
Transport	%	10%	\$ 11 036 016	\$	1 103 602	5,33%
Autres	Coût	0	\$ -	\$	-	0,00%
Crédits - Équipements énergétiques	Crédit	0	\$ -	\$	-	0,00%
Sous-total :				\$	<b>13 243 219</b>	63,98%

Infrastructures connexes

Chemin d'accès	km	0,0	\$ -	\$	-	0,00%
Défrichage	ha	0,0	\$ -	\$	-	0,00%
Excavation de la terre	m <sup>3</sup>	300,0	\$ 10	\$	3 000	0,01%
Excavation du roc	m <sup>3</sup>	1 000,0	\$ 60	\$	60 000	0,29%
Barrage en béton	m <sup>3</sup>	0	\$ -	\$	-	0,00%
Barrage en gabions de bois	m <sup>3</sup>	0	\$ -	\$	-	0,00%
Barrage en remblais	m <sup>3</sup>	0	\$ -	\$	-	0,00%
Assèchement	%		\$ -	\$	-	0,00%
Évacuateur de crues	m <sup>3</sup>	0	\$ -	\$	-	0,00%
Canal	m <sup>3</sup>	1 500	\$ 50	\$	75 000	0,36%
Conduite d'amenée	m <sup>3</sup>	500	\$ 1 200	\$	600 000	2,90%
Tunnel	m <sup>3</sup>			\$	-	0,00%
Pipeline/conduite forcée	kg	60 000	\$ 7	\$	420 000	2,03%
Centrale - Génie civil	m <sup>3</sup>	300	\$ 1 200	\$	360 000	1,74%
Échelle à poissons	m vertical	0,0	\$ -	\$	-	0,00%
Ligne et poste de raccordement	km	15,0	\$ 50 000	\$	750 000	3,62%
Transport	%	8%	\$ 2 268 000	\$	181 440	0,88%
Autre	Coût	0	\$ -	\$	-	0,00%
Crédits - Infrastructures connexes	Crédit	0	\$ -	\$	-	0,00%
Sous-total :				\$	<b>2 449 440</b>	11,83%

Divers

Équipements spéciaux	projet	0	\$ -	\$	-	0,00%
Frais généraux de l'entrepreneur	%	15%	\$ 2 449 440	\$	367 416	1,78%
Formation	j-p	20	\$ 700	\$	14 000	0,07%
Intérêts durant les travaux	%	8,0%	\$ 16 517 659	\$	1 321 413	6,38%
Frais imprévus	%	15%	\$ 16 517 659	\$	2 477 649	11,97%
Crédits - Divers	Crédit	0	\$ -	\$	-	0,00%
Sous-total :				\$	<b>4 180 478</b>	20,20%

Analyse des réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES) RETScreen® - Projet de petite centrale hydroélectrique

Utiliser la feuille Analyse GES?  Oui

Type d'analyse  Standard

Informations générales

Informations sur le projet

Nom du projet Exemple  
Lieu du projet Chute Montmorency

Potentiel de réchauffement planétaire des GES

1 tonne CH<sub>4</sub> = 21 tonnes CO<sub>2</sub> (IPCC 1996)  
1 tonne N<sub>2</sub>O = 310 tonnes CO<sub>2</sub> (IPCC 1996)

Caractéristiques électriques de référence

Mode de production	Proportion des modes (%)	Facteur d'émissions CO <sub>2</sub> (kg/GJ)	Facteur d'émissions CH <sub>4</sub> (kg/GJ)	Facteur d'émissions N <sub>2</sub> O (kg/GJ)	Rend. de conversion de l'énergie (%)	Pertes de transport et de distribution (%)	Facteur d'émissions GES (t <sub>CO2</sub> /MWh)
Gaz naturel	100,0%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Mélange d'électricité	100%	135,5	0,0072	0,0024		8,0%	0,491

Caractéristiques électriques proposées (atténuation)

Mode de production	Proportion des modes (%)	Facteur d'émissions CO <sub>2</sub> (kg/GJ)	Facteur d'émissions CH <sub>4</sub> (kg/GJ)	Facteur d'émissions N <sub>2</sub> O (kg/GJ)	Rend. de conversion de l'énergie (%)	Pertes de transport et de distribution (%)	Facteur d'émissions GES (t <sub>CO2</sub> /MWh)
Centrale électrique							
Petite hydroélectricité	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	8,0%	0,000

Tableau récapitulatif des réductions d'émissions de GES

Centrale électrique	Facteur d'émissions de GES du cas de référence (t <sub>CO2</sub> /MWh)	Facteur d'émissions de GES du cas proposé (t <sub>CO2</sub> /MWh)	Énergie annuelle utile fournie (MWh)	Réduction annuelle d'émissions de GES (t <sub>CO2</sub> /an)
	0,491	0,000	16 151	7 931
	Réduction nette d'émissions de GES			7 931

## Données énergétiques annuelles

Charge de pointe du réseau		Exemple	Charge de pointe du réseau	kW	3 500
Demande énergétique du réseau		Chute Montmorency	Demande énergétique du réseau	MWh	18 286
Énergie renouvelable fournie	MWh	17 555	Feuille Analyse des GES utilisée?	oui/non	Oui
Excédent disponible d'ÉR	MWh	167 922	Réduction nette d'émissions de GES	t <sub>CO2</sub> /an	7 931
Puissance garantie en ÉR	kW	22 072	Réd. nette d'émissions GES - 35 ans	t <sub>CO2</sub>	277 586
Type de réseau électrique		Réseau isolé			

## Données financières

Coût évité en énergie	\$/kWh	0,0800	Ratio d'endettement	%	80,0%
Crédit pour ÉR fournie	\$/kWh	-	Taux d'intérêt de la dette	%	9,0%
			Durée de l'emprunt	an	15
Crédit - réduction d'émiss. GES	\$/t <sub>CO2</sub>	-	Analyse d'impôt sur le revenu?	oui/non	Non
Valeur potentielle de l'excédent	\$/kWh	-			
Coût évité en puissance	\$/kW-an	-			
Taux d'indexation de l'énergie	%	4,0%			
Taux d'inflation	%	2,5%			
Taux d'actualisation	%	15,0%			
Durée de vie du projet	an	35			

## Coûts du projet et économies générées

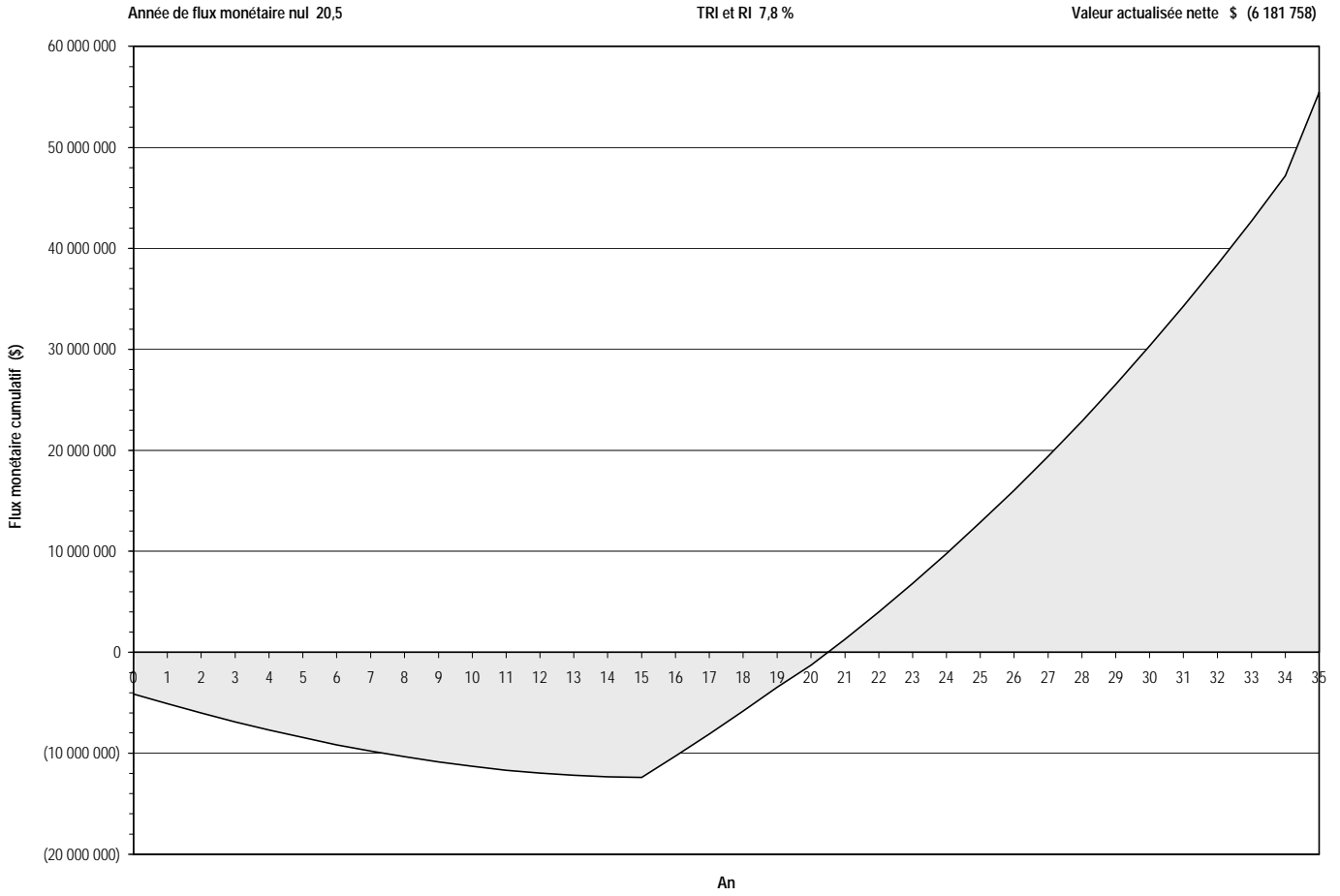
<b>Coûts d'investissement</b>			<b>Frais annuels et dette</b>		
Étude de faisabilité	1,1%	\$ 234 500	Exploitation et entretien	\$	362 738
Développement	1,5%	\$ 313 000			
Ingénierie	1,3%	\$ 277 500	Paiements sur la dette - 15 ans	\$	2 054 230
Équip. énergétiques	64,0%	\$ 13 243 219	<b>Total des frais annuels</b>	<b>\$</b>	<b>2 416 968</b>
Infrastr. connexes	11,8%	\$ 2 449 440			
Divers	20,2%	\$ 4 180 478	<b>Économies ou revenus annuels</b>		
<b>Investissement total</b>	<b>100,0%</b>	<b>\$ 20 698 136</b>	Énergie	\$	1 404 392
			Puissance	\$	-
Encouragements/subventions	\$	-	<b>Total des économ. annuelles</b>	<b>\$</b>	<b>1 404 392</b>
<b>Coûts périodiques (crédits)</b>					
Mise à niveau de la turbine	\$	200 000	Occurrence - année # 20		
	\$	-			
	\$	-			
Valeur résiduelle - Crédit	\$	(1 500 000)	Occurrence - année # 35		

## Analyse financière

			Calcul du coût de revient d'ÉR	oui/non	Non
RI et RI avant impôts	%	7,8%	Calcul du coût de réduction de GES	oui/non	Non
RI et RI après impôts	%	7,8%			
Retour simple	an	19,9	Capitaux propres investis	\$	4 139 627
Année de flux monétaire nul	an	20,5	Dette du projet	\$	16 558 509
Valeur actualisée nette (VAN)	\$	(6 181 758)	Paiements sur la dette	\$/an	2 054 230
Con. annuelles sur la durée de vie	\$	(934 279)	Recouvrement sur la dette	-	0,53
Indice de rentabilité	-	(1,49)			

Flux monétaires annuels			
An	Av. impôts	Apr. impôts	Cumulatif
#	\$	\$	\$
0	(4 139 627)	(4 139 627)	(4 139 627)
1	(965 469)	(965 469)	(5 105 096)
2	(916 341)	(916 341)	(6 021 438)
3	(865 109)	(865 109)	(6 886 547)
4	(811 685)	(811 685)	(7 698 232)
5	(755 977)	(755 977)	(8 454 210)
6	(697 891)	(697 891)	(9 152 101)
7	(637 328)	(637 328)	(9 789 429)
8	(574 184)	(574 184)	(10 363 613)
9	(508 353)	(508 353)	(10 871 965)
10	(439 722)	(439 722)	(11 311 688)
11	(368 177)	(368 177)	(11 679 865)
12	(293 596)	(293 596)	(11 973 461)
13	(215 853)	(215 853)	(12 189 314)
14	(134 817)	(134 817)	(12 324 131)
15	(50 353)	(50 353)	(12 374 483)
16	2 091 913	2 091 913	(10 282 570)
17	2 183 667	2 183 667	(8 098 903)
18	2 279 293	2 279 293	(5 819 611)
19	2 378 951	2 378 951	(3 440 660)
20	2 155 084	2 155 084	(1 285 577)
21	2 591 035	2 591 035	1 305 459
22	2 703 815	2 703 815	4 009 274
23	2 821 335	2 821 335	6 830 609
24	2 943 790	2 943 790	9 774 399
25	3 071 383	3 071 383	12 845 781
26	3 204 325	3 204 325	16 050 107
27	3 342 838	3 342 838	19 392 945
28	3 487 150	3 487 150	22 880 095
29	3 637 499	3 637 499	26 517 593
30	3 794 133	3 794 133	30 311 727
31	3 957 312	3 957 312	34 269 038
32	4 127 303	4 127 303	38 396 341
33	4 304 385	4 304 385	42 700 726
34	4 488 851	4 488 851	47 189 578
35	8 240 811	8 240 811	55 430 389

### Flux monétaire cumulatif du projet de petite centrale hydroélectrique Exemple, Chute Montmorency





# *annexe 1.*

*Exemple 2 :*

***Chute Montmorency , Qc***

*Projet de petite centrale hydroélectrique*

*(modèle énergétique RETScreen)*

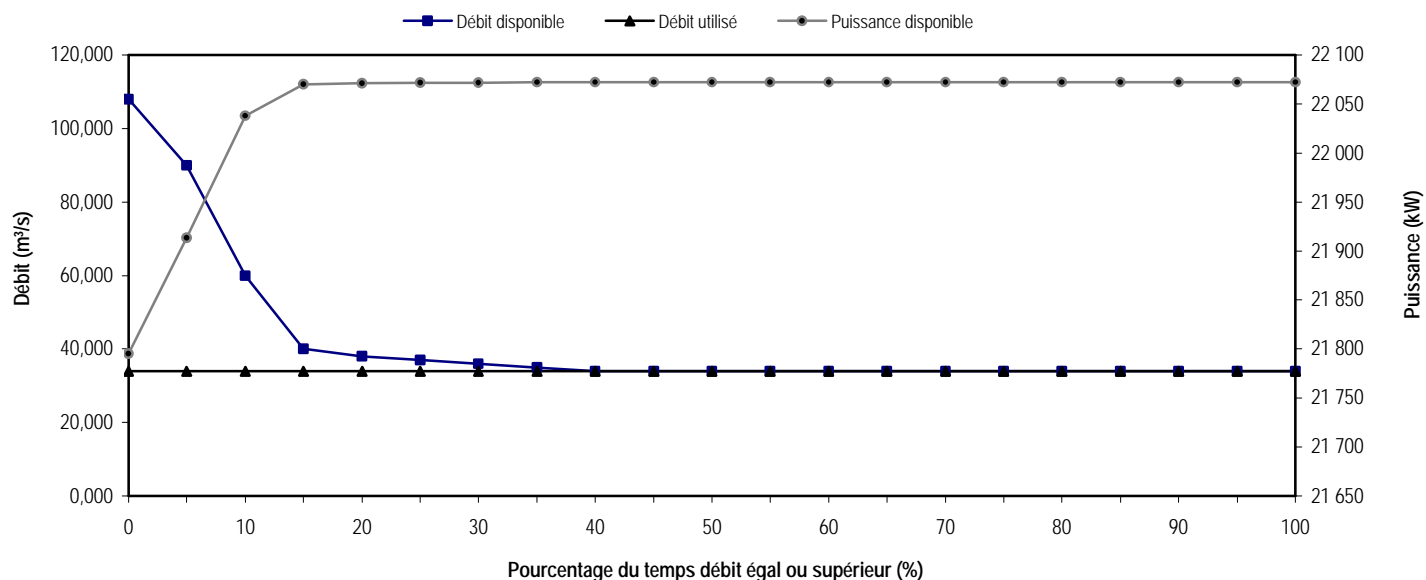
*Turbine autoportante à génératrice interne*

Caractéristiques du site		Données	Notes/Plage
Nom du projet		Exemple	
Lieu du projet		Chute Montmorency	
Hauteur de chute brute	m	84,0	
Effet maximal de l'eau de fuite	m	1,00	
Débit résiduel	m³/s	0,00	<a href="#">compléter la feuille Hydrologie &amp; charge</a>
Débit garanti	m³/s	34,00	
Charge de pointe du réseau électrique	kW	3 500	
Demande du réseau électrique	MWh	18 286	

Paramètres du système		Données	Notes/Plage
Type de réseau électrique	-	Réseau isolé	
Débit nominal d'équipement	m³/s	34,000	
Type de turbine	-	Pelton	<a href="#">compléter la feuille Équipements</a>
Nombre de turbines	turbine	6	
Rendement de pointe de la turbine	%	90,5%	
Rendement de la turbine au débit nominal	%	90,0%	
Pertes hydrauliques maximales	%	5%	2% à 7%
Rendement de la génératrice	%	95%	93% à 97%
Pertes dans le transformateur	%	1%	1% à 2%
Pertes parasites d'électricité	%	2%	1% à 3%
Autres pertes et arrêts annuels	%	4%	2% à 7%

Production annuelle d'énergie		Données	Notes/Plage
Puissance hydroélectrique installée	kW	22 072	
	MW	22,072	
Puissance hydroélectrique garantie	kW	22 072	
Facteur d'ajustement du débit disponible	-	1,00	
Facteur de puissance de la centrale hydroélectrique	%	96%	40% à 95%
Énergie renouvelable disponible	MWh	185 476	
Énergie renouvelable fournie	MWh	17 555	
	GWh	17,555	
Excédent disponible d'ÉR	MWh	167 922	

Courbes de débits classés et de puissance



analyse hydrologique et calcul de charge RETScreen® - Projet de petite centrale hydroélectrique

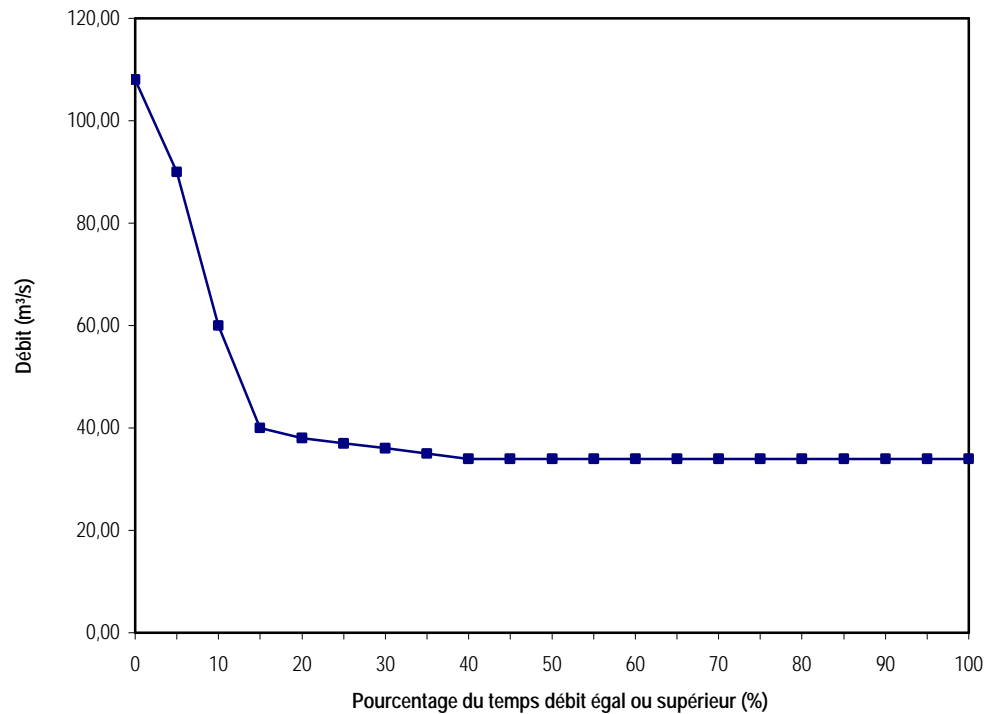
analyse hydrologique		Données	Notes/Plage
Type de projet		Au fil de l'eau	
Méthode d'analyse hydrologique		Définie par l'utilisateur	
<b>Paramètres hydrologiques</b>			
Débit résiduel	m³/s	0	
% de disponibilité du débit garanti	%	100%	90% à 100%
Débit garanti	m³/s	34,00	

Données de la courbe de débits classés

Temps Débit

(%)	(m³/s)
0%	108,00
5%	90,00
10%	60,00
15%	40,00
20%	38,00
25%	37,00
30%	36,00
35%	35,00
40%	34,00
45%	34,00
50%	34,00
55%	34,00
60%	34,00
65%	34,00
70%	34,00
75%	34,00
80%	34,00
85%	34,00
90%	34,00
95%	34,00
100%	34,00

Courbe de débits classés



**Caractéristiques de la charge****Données****Notes/Plage**

Type de réseau électrique

Réseau isolé

**Paramètres de la charge**

Courbe de charge classée

Typique

Charge de pointe du réseau électrique

kW

3 500

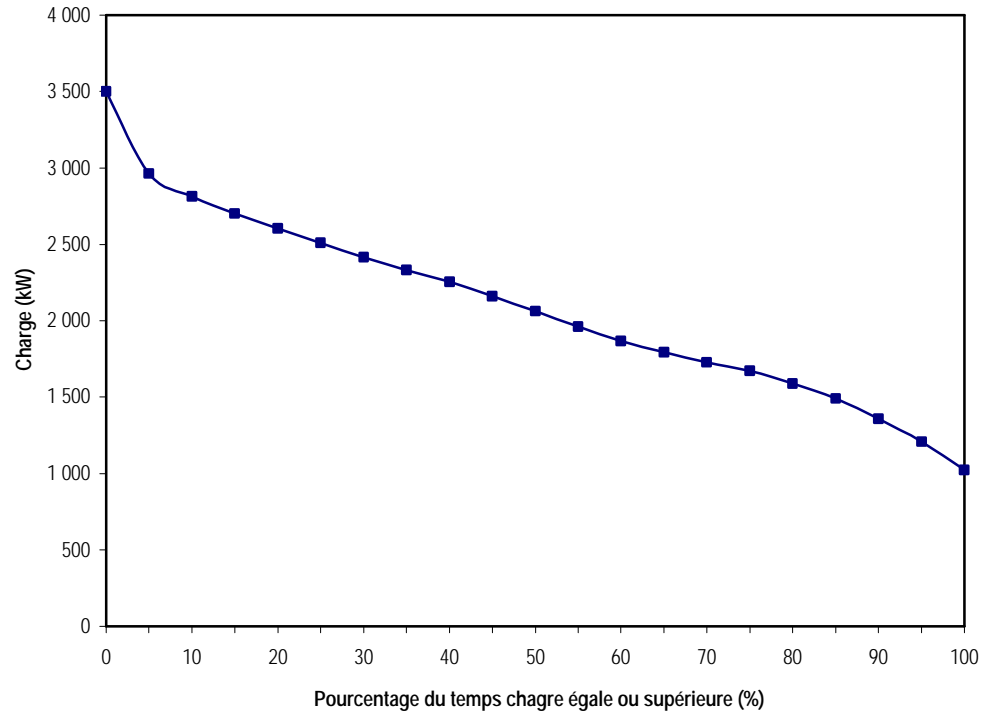
**Données de la courbe de charge classée**

Temps (%)

Charge (kW)

0%	3 500
5%	2 964
10%	2 813
15%	2 703
20%	2 605
25%	2 510
30%	2 416
35%	2 333
40%	2 254
45%	2 159
50%	2 065
55%	1 961
60%	1 869
65%	1 793
70%	1 729
75%	1 671
80%	1 588
85%	1 490
90%	1 359
95%	1 206
100%	1 023

Courbe de charge classée



Demande du réseau électrique

MWh

Annuel

18 286

Quotidien

50,1

Facteur de charge moyen

%

60%

60%

[retour à la](#)  
[feuille Modèle énergétique](#)

Débit (%)	Rendement de la turbine	Turbines en fonction #	Rendement combiné des turbines
0%	0,00	0	0,00
5%	0,20	1	0,89
10%	0,54	1	0,90
15%	0,73	1	0,90
20%	0,83	2	0,90
25%	0,87	2	0,90
30%	0,89	2	0,90
35%	0,90	3	0,90
40%	0,90	3	0,90
45%	0,90	3	0,90
50%	0,90	3	0,90
55%	0,90	4	0,90
60%	0,90	4	0,90
65%	0,90	4	0,90
70%	0,90	5	0,90
75%	0,90	5	0,90
80%	0,90	5	0,90
85%	0,90	6	0,90
90%	0,90	6	0,90
95%	0,90	6	0,90
100%	0,90	6	0,90

## Caractéristiques des équipements RETScreen® - Projet de petite centrale hydroélectrique

Caractéristiques des turbines hydroélectriques		Données	Notes/Plage
Hauteur de chute brute	m	84,0	
Débit nominal d'équipement	m³/s	34,00	
Type de turbine	-	Pelton	<a href="#">voir la base de données de produits</a>
Source de la courbe de rendement de la turbine	-	Standard	
Nombre d'injecteurs des turbines à impulsion	jet	6	1 à 6
Nombre de turbines	turbine	6	
Manufacturier de turbines hydroélectriques		ABC Ltd.	
Modèle de turbine hydroélectrique		model XYZ	
Coefficient de conception de fabrication de turbines	-	4,5	2,8 à 6,1; par défaut = 4,5
Ajustement du rendement	%	0%	
Rendement de pointe de la turbine	%	90,5%	
Débit au rendement de pointe	m³/s	22,7	
Rendement de la turbine au débit nominal	%	90,0%	

Étude de faisabilité

Inspection du site	j-p	60	\$ 600	\$	36 000	0,36%
Évaluation du potentiel hydraulique	j-p	40	\$ 500	\$	20 000	0,20%
Évaluation environnementale	j-p	120	\$ 500	\$	60 000	0,60%
Conception préliminaire	j-p	50	\$ 500	\$	25 000	0,25%
Estimation détaillée des coûts	j-p	20	\$ 600	\$	12 000	0,12%
Préparation du rapport	j-p	20	\$ 700	\$	14 000	0,14%
Gestion du projet	j-p	25	\$ 700	\$	17 500	0,18%
Voyages et hébergement	voyage-p	10	\$ 5 000	\$	50 000	0,50%
<b>Autres</b>	<b>Coût</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Crédits - Étude de faisabilité</b>	<b>Crédit</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Sous-total :</b>				<b>\$</b>	<b>234 500</b>	<b>2,36%</b>

Développement

Négociation du CAÉ	j-p	40	\$ 1 000	\$	40 000	0,40%
Approbations et permis	j-p	40	\$ 700	\$	28 000	0,28%
Droits fonciers	site	1	\$ 50 000	\$	50 000	0,50%
Arpentage	j-p	30	\$ 500	\$	15 000	0,15%
Financement du projet	j-p	40	\$ 1 500	\$	60 000	0,60%
Services comptables et juridiques	j-p	25	\$ 1 200	\$	30 000	0,30%
Gestion du projet	année-p	0,5	\$ 130 000	\$	65 000	0,65%
Voyages et hébergement	voyage-p	10	\$ 2 500	\$	25 000	0,25%
<b>Autres</b>	<b>Coût</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Crédits - Développement</b>	<b>Crédit</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Sous-total :</b>				<b>\$</b>	<b>313 000</b>	<b>3,15%</b>

Ingénierie

Conception et appels d'offres	année-p	1,0	\$ 130 000	\$	130 000	1,31%
Émission des contrats	j-p	25	\$ 700	\$	17 500	0,18%
Surveillance des travaux	année-p	1,0	\$ 130 000	\$	130 000	1,31%
<b>Autres</b>	<b>Coût</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Crédits - Ingénierie</b>	<b>Crédit</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Sous-total :</b>				<b>\$</b>	<b>277 500</b>	<b>2,79%</b>

Équipements énergétiques

Turbines/génératrices, contrôles	kW	22 072	\$ 200	\$	4 414 406	44,38%
Installation des équipements	%	1%	\$ 4 414 406	\$	44 144	0,44%
Transport	%	1%	\$ 4 414 406	\$	44 144	0,44%
<b>Autres</b>	<b>Coût</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Crédits - Équipements énergétiques</b>	<b>Crédit</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Sous-total :</b>				<b>\$</b>	<b>4 502 694</b>	<b>45,27%</b>

Infrastructures connexes

Chemin d'accès	km	0,0	\$ -	\$	-	0,00%
Défrichage	ha	0,0	\$ -	\$	-	0,00%
Excavation de la terre	m³	300,0	\$ 10	\$	3 000	0,03%
Excavation du roc	m³	1 000,0	\$ 60	\$	60 000	0,60%
Barrage en béton	m³	0	\$ -	\$	-	0,00%
Barrage en gabions de bois	m³	0	\$ -	\$	-	0,00%
Barrage en remblais	m³	0	\$ -	\$	-	0,00%
Assèchement	%	-	\$ -	\$	-	0,00%
Évacuateur de crues	m³	0	\$ -	\$	-	0,00%
Canal	m³	1 500	\$ 50	\$	75 000	0,75%
Conduite d'amenée	m³	500	\$ 1 200	\$	600 000	6,03%
Tunnel	m³	-	\$ -	\$	-	0,00%
Pipeline/conduite forcée	kg	60 000	\$ 7	\$	420 000	4,22%
Centrale - Génie civil	m³	300	\$ 1 200	\$	360 000	3,62%
Échelle à poissons	m vertical	0,0	\$ -	\$	-	0,00%
Ligne et poste de raccordement	km	15,0	\$ 50 000	\$	750 000	7,54%
Transport	%	8%	\$ 2 268 000	\$	181 440	1,82%
<b>Aute</b>	<b>Coût</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Crédits - Infrastructures connexes</b>	<b>Crédit</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Sous-total :</b>				<b>\$</b>	<b>2 449 440</b>	<b>24,62%</b>

Divers

Équipements spéciaux	projet	0	\$ -	\$	-	0,00%
Frais généraux de l'entrepreneur	%	15%	\$ 2 449 440	\$	367 416	3,69%
Formation	j-p	20	\$ 700	\$	14 000	0,14%
Intérêts durant les travaux	%	8,0%	\$ 7 777 134	\$	622 171	6,25%
Frais imprévus	%	15%	\$ 7 777 134	\$	1 166 570	11,73%
<b>Crédits - Divers</b>	<b>Crédit</b>	<b>0</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>0,00%</b>
<b>Sous-total :</b>				<b>\$</b>	<b>2 170 157</b>	<b>21,82%</b>

**Total des coûts d'investissement**

<b>\$</b>	<b>9 947 291</b>	<b>100%</b>
-----------	------------------	-------------

Coûts annuels (crédits)	Unité	Quantité	Coût unitaire	Montant	% du total
<b>Exploitation et entretien</b>					
Location des terres	projet	1	\$ -	\$ -	0,0%
Taxes foncières	%	0,0%	\$ 9 947 291	\$ -	0,0%
Droits hydrauliques	kW	22 072	\$ -	\$ -	0,0%
Primes d'assurance	%	0,40%	\$ 9 947 291	\$ 39 789	16,2%
Entretien de la ligne de transport	%	5,0%	\$ 750 000	\$ 37 500	15,3%
Pièces de rechange	%	0,50%	\$ 9 947 291	\$ 49 736	20,2%
Main-d'oeuvre	année-p	2,00	\$ 35 000	\$ 70 000	28,5%
Voyages et hébergement	voyage-p	6	\$ 1 000	\$ 6 000	2,4%
Frais généraux et d'administration	%	10%	\$ 203 026	\$ 20 303	8,3%
Autres frais	Coût	0	\$ -	\$ -	0,0%
Frais imprévus	%	10%	\$ 223 328	\$ 22 333	9,1%
<b>Total des frais annuels</b>			<b>\$</b>	<b>245 661</b>	<b>100%</b>

Coûts périodiques (crédits)	Unité	Période	Coût unitaire	Montant
Mise à niveau de la turbine	Coût	20 ans	\$ 200 000	\$ 200 000
			\$	-
			\$	-
Valeur résiduelle du projet	Crédit	-	\$ 1 500 000	\$ (1 500 000)

## Données énergétiques annuelles

Compte du projet		Exemple	Charge de pointe du réseau	kW	3
Coût du projet		Chute Montmorency	Demande énergétique du réseau	MWh	18
Énergie renouvelable fournie	MWh	17 555	Feuille Analyse des GES utilisée?	oui/non	
Excédent disponible d'ÉR	MWh	167 922	Réduction nette d'émissions de GES	t <sub>CO2</sub> /an	7
Production garantie en ÉR	kW	22 072	Réd. nette d'émissions GES - 35 ans	t <sub>CO2</sub>	27
Type de réseau électrique		Réseau isolé			

## Indicateurs financiers

Coût évité en énergie	\$/kWh	0,0800	Ratio d'endettement	%	8
Coût évité pour ÉR fournie	\$/kWh	-	Taux d'intérêt de la dette	%	
			Durée de l'emprunt	an	
Coût - réduction d'émiss. GES	\$/t <sub>CO2</sub>	-	Analyse d'impôt sur le revenu?	oui/non	
Valeur potentielle de l'excédent	\$/kWh	-			
Coût évité en puissance	\$/kW-an	-			
Coût d'indexation de l'énergie	%	4,0%			
Coût d'inflation	%	2,5%			
Coût d'actualisation	%	15,0%			
Durée de vie du projet	an	35			

## Coûts du projet et économies générées

<b>Coûts d'investissement</b>				<b>Frais annuels et dette</b>	
Étude de faisabilité	2,4%	\$	234 500	Exploitation et entretien	\$ 245
Développement	3,1%	\$	313 000		
Ingénierie	2,8%	\$	277 500	Paiements sur la dette - 15 ans	\$ 987
Équip. énergétiques	45,3%	\$	4 502 694	<b>Total des frais annuels</b>	<b>\$ 1 232</b>
Infrastr. connexes	24,6%	\$	2 449 440		
Divers	21,8%	\$	2 170 157	<b>Économies ou revenus annuels</b>	
<b>Investissement total</b>	<b>100,0%</b>	<b>\$</b>	<b>9 947 291</b>	Énergie	\$ 1 404
				Puissance	\$
Encouragements/subventions		\$	-	<b>Total des économ. annuelles</b>	<b>\$ 1 404</b>
<b>Coûts périodiques (crédits)</b>				Occurrence - année # 20	
Mise à niveau de la turbine		\$	200 000		
		\$	-		
		\$	-		
Valeur résiduelle - Crédit		\$	(1 500 000)	Occurrence - année # 35	

## Analyse financière

RI et RI avant impôts	%	25,2%	Calcul du coût de revient d'ÉR	oui/non	
RI et RI après impôts	%	25,2%	Calcul du coût de réduction de GES	oui/non	
Retour simple	an	8,6	Capitaux propres investis	\$	1 989
Année de flux monétaire nul	an	5,7	Dette du projet	\$	7 957
Valeur actualisée nette (VAN)	\$	3 150 419	Paiements sur la dette	\$/an	987
Coût annuels sur la durée de vie	\$	476 138	Recouvrement sur la dette	-	
Indice de rentabilité	-	1,58			

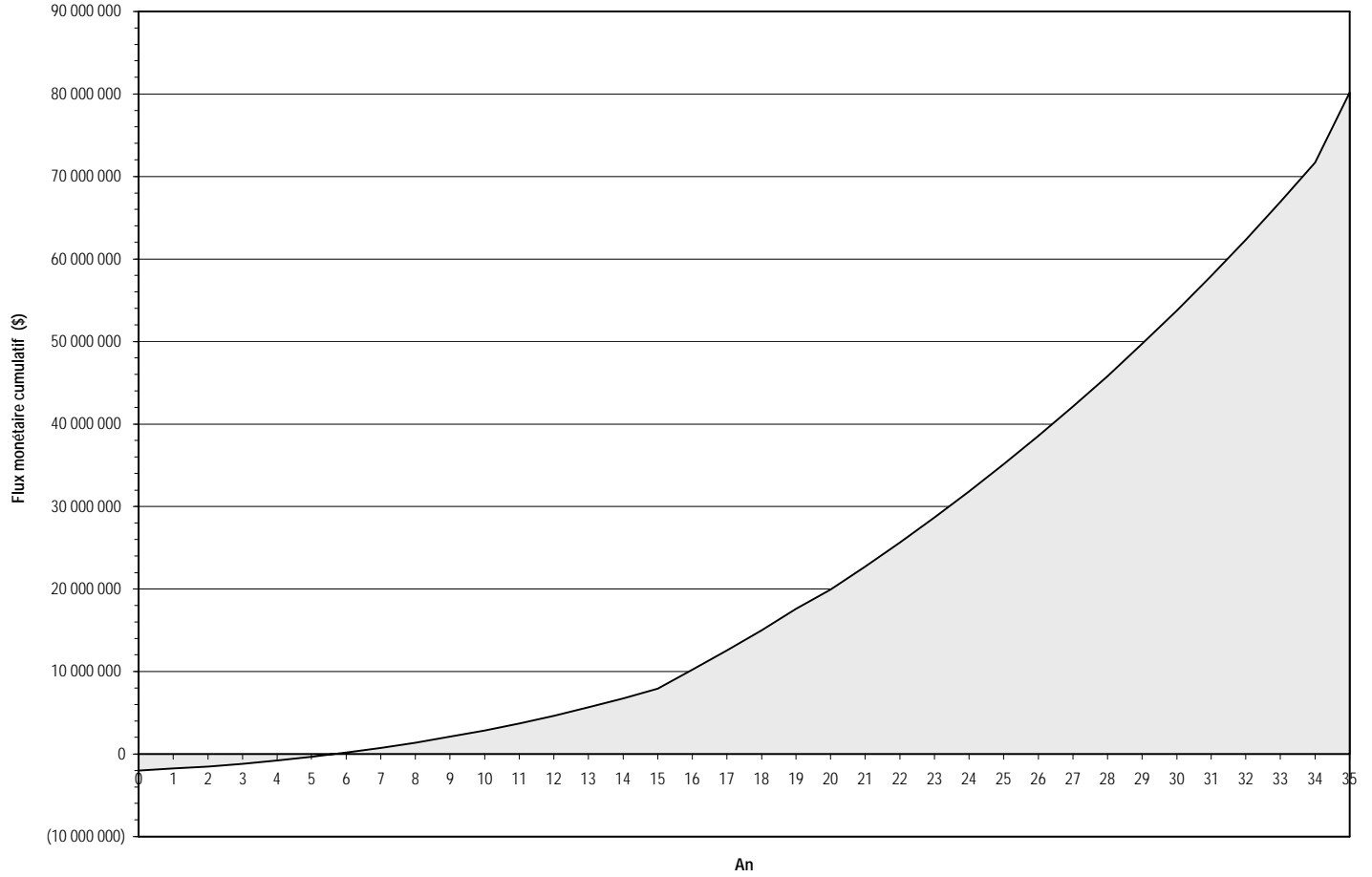
Flux monétaires annuels			
An	Av. impôts	Apr. impôts	Cumulatif
#	\$	\$	\$
0	(1 989 458)	(1 989 458)	(1 989 458)
1	221 525	221 525	(1 767 933)
2	273 652	273 652	(1 494 281)
3	327 960	327 960	(1 166 321)
4	384 536	384 536	(781 785)
5	443 474	443 474	(338 311)
6	504 872	504 872	166 561
7	568 830	568 830	735 391
8	635 453	635 453	1 370 844
9	704 850	704 850	2 075 694
10	777 136	777 136	2 852 830
11	852 428	852 428	3 705 258
12	930 850	930 850	4 636 108
13	1 012 529	1 012 529	5 648 637
14	1 097 599	1 097 599	6 746 236
15	1 186 200	1 186 200	7 932 436
16	2 265 714	2 265 714	10 198 150
17	2 361 813	2 361 813	12 559 963
18	2 461 892	2 461 892	15 021 855
19	2 566 115	2 566 115	17 587 970
20	2 346 928	2 346 928	19 934 898
21	2 787 675	2 787 675	22 722 573
22	2 905 371	2 905 371	25 627 944
23	3 027 930	3 027 930	28 655 874
24	3 155 549	3 155 549	31 811 423
25	3 288 436	3 288 436	35 099 860
26	3 426 805	3 426 805	38 526 665
27	3 570 880	3 570 880	42 097 545
28	3 720 893	3 720 893	45 818 438
29	3 877 085	3 877 085	49 695 523
30	4 039 710	4 039 710	53 735 233
31	4 209 027	4 209 027	57 944 260
32	4 385 311	4 385 311	62 329 572
33	4 568 844	4 568 844	66 898 416
34	4 759 922	4 759 922	71 658 337
35	8 518 658	8 518 658	80 176 996

### Flux monétaire cumulé du projet de petite centrale hydroélectrique Exemple, Chute Montmorency

Année de flux monétaire nul 5,7

TRI et RI 25,2 %

Valeur actualisée nette \$ 3 150 419





# *annexe 1.*

*Exemple 3 :*

***Chute Niagara, ont.***

*( hauteur 57 m., débit 100 m<sup>3</sup>/s. )*

***Projet de petite centrale hydroélectrique***

*( modèle énergétique RETScreen )*

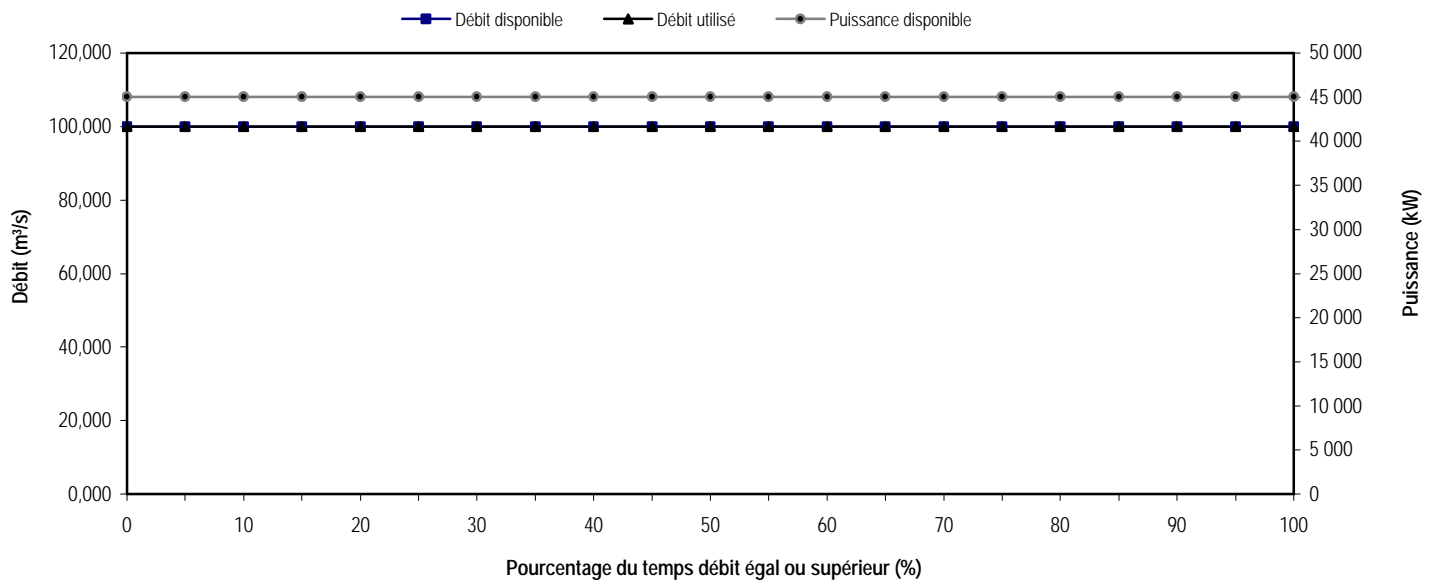
*( turbine autoportante à génératrice interne )*

Caractéristiques du site		Données	Notes/Plage
Nom du projet		Exemple	
Lieu du projet		chute Niagara	
Hauteur de chute brute	m	57,0	
Effet maximal de l'eau de fuite	m	1,00	
Débit résiduel	m <sup>3</sup> /s	0,00	<a href="#">compléter la feuille Hydrologie &amp; charg</a>
Débit garanti	m <sup>3</sup> /s	100,00	
Charge de pointe du réseau électrique	kW	3 500	
Demande du réseau électrique	MWh	18 286	

Paramètres du système		Données	Notes/Plage
Type de réseau électrique	-	Réseau isolé	
Débit nominal d'équipement	m <sup>3</sup> /s	100,000	
Type de turbine	-	Pelton	<a href="#">compléter la feuille Équipements</a>
Nombre de turbines	turbine	6	
Rendement de pointe de la turbine	%	92,5%	
Rendement de la turbine au débit nominal	%	92,0%	
Pertes hydrauliques maximales	%	5%	2% à 7%
Rendement de la génératrice	%	95%	93% à 97%
Pertes dans le transformateur	%	1%	1% à 2%
Pertes parasites d'électricité	%	2%	1% à 3%
Autres pertes et arrêts annuels	%	4%	2% à 7%

Production annuelle d'énergie		Données	Notes/Plage
Puissance hydroélectrique installée	kW	45 021	
	MW	45,021	
Puissance hydroélectrique garantie	kW	45 021	
Facteur d'ajustement du débit disponible	-	1,00	
Facteur de puissance de la centrale hydroélectrique	%	96%	40% à 95%
Énergie renouvelable disponible	MWh	378 605	
Énergie renouvelable fournie	MWh	17 555	
	GJ	63198	
Excédent disponible d'ÉR	MWh	361 050	

Courbes de débits classés et de puissance



Analyse hydrologique	Données	Notes/Plage
----------------------	---------	-------------

Type de projet	Au fil de l'eau	
Méthode d'analyse hydrologique	Définie par l'utilisateur	

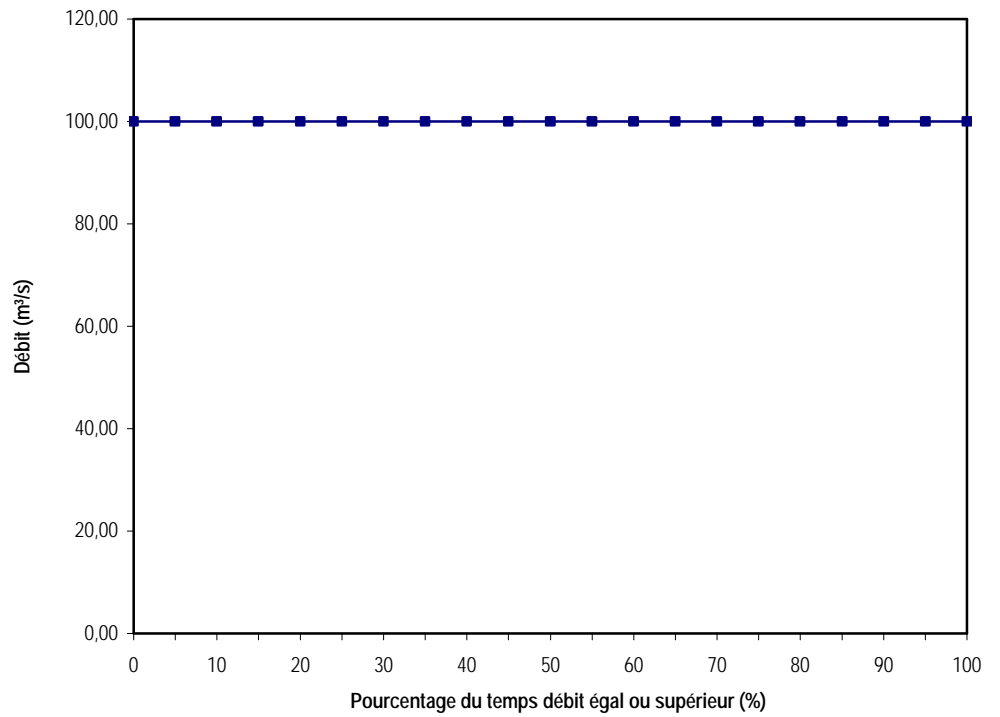
**Paramètres hydrologiques**

Débit résiduel	m³/s	0	
% de disponibilité du débit garanti	%	100%	90% à 100%
Débit garanti	m³/s	100,00	

**Données de la courbe de débits classés**

Temps (%)	Débit (m³/s)
0%	100,00
5%	100,00
10%	100,00
15%	100,00
20%	100,00
25%	100,00
30%	100,00
35%	100,00
40%	100,00
45%	100,00
50%	100,00
55%	100,00
60%	100,00
65%	100,00
70%	100,00
75%	100,00
80%	100,00
85%	100,00
90%	100,00
95%	100,00
100%	100,00

**Courbe de débits classés**



**Caractéristiques de la charge****Données****Notes/Plage**

Type de réseau électrique

Réseau isolé

**Paramètres de la charge**

Courbe de charge classée

Typique

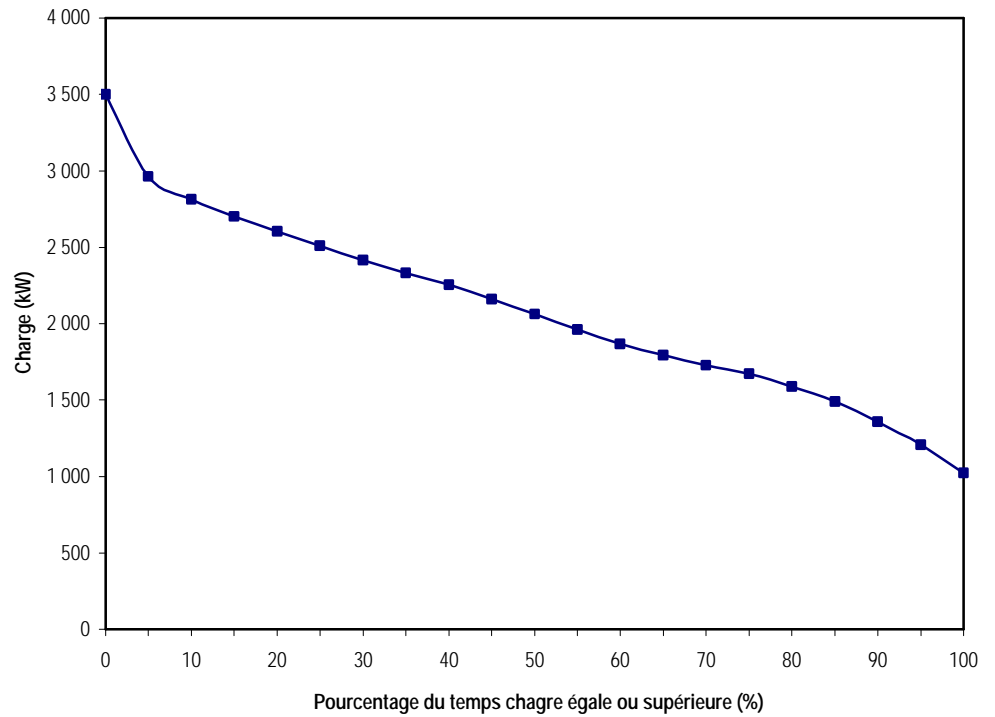
Charge de pointe du réseau électrique kW

3 500

**Données de la courbe de charge classée**

Temps (%)	Charge (kW)
0%	3 500
5%	2 964
10%	2 813
15%	2 703
20%	2 605
25%	2 510
30%	2 416
35%	2 333
40%	2 254
45%	2 159
50%	2 065
55%	1 961
60%	1 869
65%	1 793
70%	1 729
75%	1 671
80%	1 588
85%	1 490
90%	1 359
95%	1 206
100%	1 023

Temps (%)	Charge (kW)
0%	3 500
5%	2 964
10%	2 813
15%	2 703
20%	2 605
25%	2 510
30%	2 416
35%	2 333
40%	2 254
45%	2 159
50%	2 065
55%	1 961
60%	1 869
65%	1 793
70%	1 729
75%	1 671
80%	1 588
85%	1 490
90%	1 359
95%	1 206
100%	1 023

**Courbe de charge classée**

Demande du réseau électrique

MWh

**Annuel**

18 286

**Quotidien**

50,1

Facteur de charge moyen

%

60%

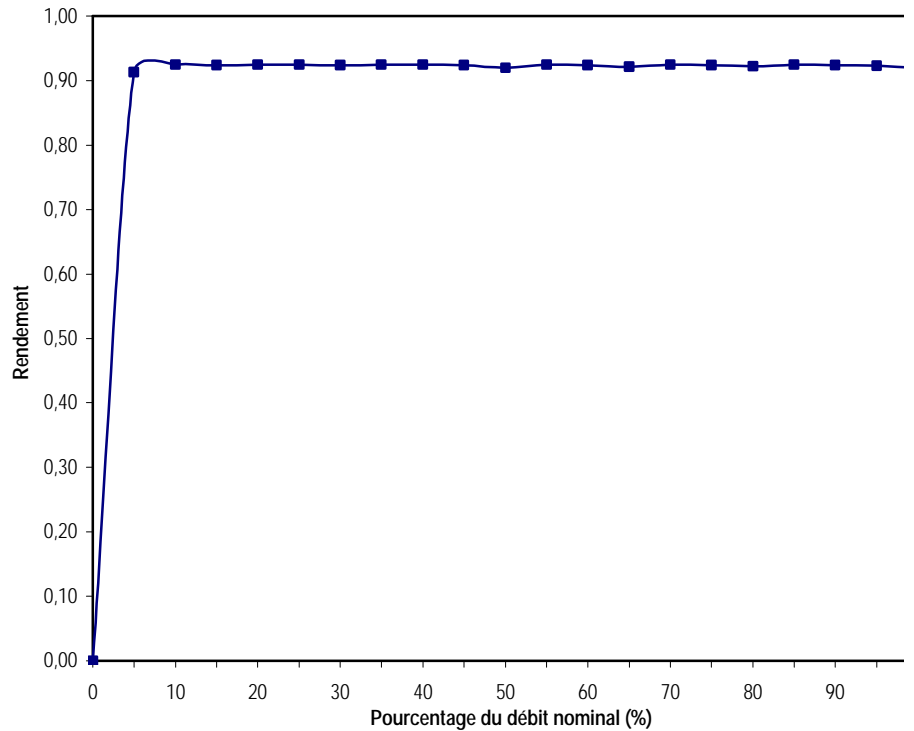
60%

Caractéristiques des turbines hydroélectriques		Données	Notes/Plage
Hauteur de chute brute	m	57,0	
Débit nominal d'équipement	m³/s	100,00	
Type de turbine	-	Pelton	<a href="#">voir la base de données de produits</a>
Source de la courbe de rendement de la turbine	-	Standard	
Nombre d'injecteurs des turbines à impulsion	jet	6	1 à 6
Nombre de turbines	turbine	6	
Manufacturier de turbines hydroélectriques	-	ABC Ltd.	
Modèle de turbine hydroélectrique	-	model XYZ	
Coefficient de conception de fabrication de turbines	-	4,5	2,8 à 6,1; par défaut = 4,5
Ajustement du rendement	%	0%	
Rendement de pointe de la turbine	%	92,5%	
Débit au rendement de pointe	m³/s	66,8	
Rendement de la turbine au débit nominal	%	92,0%	

#### Données de la courbe de rendement de la turbine

Débit (%)	Rendement de la turbine	Turbines en fonction #	Rendement combiné des turbines
0%	0,00	0	0,00
5%	0,20	1	0,91
10%	0,56	1	0,92
15%	0,75	1	0,92
20%	0,85	2	0,92
25%	0,89	2	0,92
30%	0,91	2	0,92
35%	0,92	3	0,92
40%	0,92	3	0,92
45%	0,92	3	0,92
50%	0,92	3	0,92
55%	0,92	4	0,92
60%	0,92	4	0,92
65%	0,92	4	0,92
70%	0,92	5	0,92
75%	0,92	5	0,92
80%	0,92	5	0,92
85%	0,92	6	0,92
90%	0,92	6	0,92
95%	0,92	6	0,92
100%	0,92	6	0,92

Courbe de rendement - 6 turbine(s)



d'investissement (crédits)	Unité	Quantité	Coût unitaire	Montant	% du total	Plage/quantité	Plage/coût
<b>ude de faisabilité</b>							
Inspection du site	j-p	60	\$ 600	\$ 36 000	0,32%	-	-
Évaluation du potentiel hydraulique	j-p	40	\$ 500	\$ 20 000	0,18%	-	-
Évaluation environnementale	j-p	120	\$ 500	\$ 60 000	0,53%	-	-
Conception préliminaire	j-p	50	\$ 500	\$ 25 000	0,22%	-	-
Estimation détaillée des coûts	j-p	20	\$ 600	\$ 12 000	0,11%	-	-
Préparation du rapport	j-p	20	\$ 700	\$ 14 000	0,12%	-	-
Gestion du projet	j-p	25	\$ 700	\$ 17 500	0,15%	-	-
Voyages et hébergement	voyage-p	10	\$ 5 000	\$ 50 000	0,44%	-	-
Autres	Coût	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Crédits - Étude de faisabilité	Crédit	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Sous-total :				\$ 234 500	2,07%	-	-
<b>éveloppement</b>							
Négociation du CAÉ	j-p	40	\$ 1 000	\$ 40 000	0,35%	-	-
Approbations et permis	j-p	40	\$ 700	\$ 28 000	0,25%	-	-
Droits fonciers	site	1	\$ 50 000	\$ 50 000	0,44%	-	-
Arpentage	j-p	30	\$ 500	\$ 15 000	0,13%	-	-
Financement du projet	j-p	40	\$ 1 500	\$ 60 000	0,53%	-	-
Services comptables et juridiques	j-p	25	\$ 1 200	\$ 30 000	0,26%	-	-
Gestion du projet	année-p	0,5	\$ 130 000	\$ 65 000	0,57%	-	-
Voyages et hébergement	voyage-p	10	\$ 2 500	\$ 25 000	0,22%	-	-
Autres	Coût	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Crédits - Développement	Crédit	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Sous-total :				\$ 313 000	2,76%	-	-
<b>génierie</b>							
Conception et appels d'offres	année-p	1,0	\$ 130 000	\$ 130 000	1,15%	-	-
Émission des contrats	j-p	25	\$ 700	\$ 17 500	0,15%	-	-
Surveillance des travaux	année-p	1,0	\$ 130 000	\$ 130 000	1,15%	-	-
Autres	Coût	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Crédits - Ingénierie	Crédit	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Sous-total :				\$ 277 500	2,45%	-	-
<b>quipements énergétiques</b>							
Turbines/génératrices, contrôles	kW	45 021	\$ 125	\$ 5 627 576	49,67%	-	-
Installation des équipements	%	0%	\$ 5 627 576	\$ -	0,00%	-	-
Transport	%	0%	\$ 5 627 576	\$ -	0,00%	-	-
Autres	Coût	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Crédits - Équipements énergétiques	Crédit	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Sous-total :				\$ 5 627 576	49,67%	-	-
<b>rastructures connexes</b>							
Chemin d'accès	km	0,0	\$ 50 000	\$ -	0,00%	-	-
Défrichage	ha	0,0	\$ 20 000	\$ -	0,00%	-	-
Excavation de la terre	m³	300,0	\$ 10	\$ 3 000	0,03%	-	-
Excavation du roc	m³	1 000,0	\$ 60	\$ 60 000	0,53%	-	-
Barrage en béton	m³	0	\$ 1 000	\$ -	0,00%	-	-
Barrage en gabions de bois	m³	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Barrage en remblais	m³	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Assèchement	%	0%	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Évacuateur de crues	m³	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Canal	m³	1 500	\$ 50	\$ 75 000	0,66%	-	-
Conduite d'aménée	m³	500	\$ 1 200	\$ 600 000	5,30%	-	-
Tunnel	m³	0	\$ 150	\$ -	0,00%	-	-
Pipeline/conduite forcée	kg	60 000	\$ 7	\$ 420 000	3,71%	-	-
Centrale - Génie civil	m³	300	\$ 1 200	\$ 360 000	3,18%	-	-
Échelle à poissons	m vertical	0,0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Ligne et poste de raccordement	km	15,0	\$ 50 000	\$ 750 000	6,62%	-	-
Transport	%	8%	\$ 2 268 000	\$ 181 440	1,60%	-	-
Aute	Coût	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Crédits - Infrastructures connexes	Crédit	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Sous-total :				\$ 2 449 440	21,62%	-	-
<b>vers</b>							
Équipements spéciaux	projet	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Frais généraux de l'entrepreneur	%	15%	\$ 2 449 440	\$ 367 416	3,24%	-	-
Formation	j-p	20	\$ 700	\$ 14 000	0,12%	-	-
Intérêts durant les travaux	%	8,0%	\$ 8 902 016	\$ 712 161	6,29%	-	-
Frais imprévus	%	15%	\$ 8 902 016	\$ 1 335 302	11,78%	-	-
Crédits - Divers	Crédit	0	\$ -	\$ -	0,00%	-	-
Sous-total :				\$ 2 428 880	21,44%	-	-
<b>des coûts d'investissement</b>				\$ 11 330 896	100%	-	-

annuels (crédits)	Unité	Quantité	Coût unitaire	Montant	% du total	Plage/quantité	Plage/coût
<b>exploitation et entretien</b>							
Location des terres	projet	1	\$ -	\$ -	0,0%	-	-
Taxes foncières	%	0,0%	\$ 11 330 896	\$ -	0,0%	-	-
Droits hydrauliques	kW	45 021	\$ -	\$ -	0,0%	-	-
Primes d'assurance	%	0,40%	\$ 11 330 896	\$ 45 324	17,4%	-	-
Entretien de la ligne de transport	%	5,0%	\$ 750 000	\$ 37 500	14,4%	-	-
Pièces de rechange	%	0,50%	\$ 11 330 896	\$ 56 654	21,7%	-	-
Main-d'oeuvre	année-p	2,00	\$ 35 000	\$ 70 000	26,8%	-	-
Voyages et hébergement	voyage-p	6	\$ 1 000	\$ 6 000	2,3%	-	-
Frais généraux et d'administration	%	10%	\$ 215 478	\$ 21 548	8,3%	-	-
Autres frais	Coût	0	\$ -	\$ -	0,0%	-	-
Frais imprévus	%	10%	\$ 237 026	\$ 23 703	9,1%	-	-
<b>des frais annuels</b>				<b>\$ 260 728</b>	<b>100%</b>	-	-

périodiques (crédits)		Période	Coût unitaire	Montant	Plage/intervalle	Plage/coût
Mise à niveau de la turbine	Coût	20 ans	\$ 200 000	\$ 200 000	-	-
				\$ -	-	-
				\$ -	-	-
Valeur résiduelle du projet	Crédit	-	\$ 1 500 000	\$ (1 500 000)		

[aller à la feuille Analyse des GES](#)

**Informations générales**

**Informations sur le projet**

Nom du projet Exemple  
Lieu du projet chute Niagara

**Potentiel de réchauffement planétaire des GES**

1 tonne CH<sub>4</sub> = 21 tonnes CO<sub>2</sub> (IPCC 1996)  
1 tonne N<sub>2</sub>O = 310 tonnes CO<sub>2</sub> (IPCC 1996)

**Facteurs de référence**

Mode de production	Proportion des modes (%)	Facteur d'émissions CO <sub>2</sub> (kg/GJ)	Facteur d'émissions CH <sub>4</sub> (kg/GJ)	Facteur d'émissions N <sub>2</sub> O (kg/GJ)	Rend. de conversion de l'énergie (%)	Pertes de transport et de distribution (%)	Facteur d'émissions GES (t <sub>CO2</sub> /MWh)
Gaz naturel	100,0%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Mélange d'électricité	100%	135,5	0,0072	0,0024		8,0%	0,491

**Facteurs de référence (atténuation)**

Mode de production	Proportion des modes (%)	Facteur d'émissions CO <sub>2</sub> (kg/GJ)	Facteur d'émissions CH <sub>4</sub> (kg/GJ)	Facteur d'émissions N <sub>2</sub> O (kg/GJ)	Rend. de conversion de l'énergie (%)	Pertes de transport et de distribution (%)	Facteur d'émissions GES (t <sub>CO2</sub> /MWh)
Centrale électrique							
Petite hydroélectricité	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	8,0%	0,000

**Calcul des réductions d'émissions de GES**

	Facteur d'émissions de GES du cas de référence (t <sub>CO2</sub> /MWh)	Facteur d'émissions de GES du cas proposé (t <sub>CO2</sub> /MWh)	Énergie annuelle utile fournie (MWh)	Réduction annuelle d'émissions de GES (t <sub>CO2</sub> /an)
Centrale électrique	0,491	0,000	16 151	7 931
			Réduction nette d'émissions de GES	t <sub>CO2</sub> /an
				<b>7 931</b>

## Données énergétiques annuelles

Charge de pointe du réseau	Exemple	Charge de pointe du réseau	kW	3 500
Demande énergétique du réseau	chute Niagara	Demande énergétique du réseau	MWh	18 286
Énergie renouvelable fournie		Feuille Analyse des GES utilisée?	oui/non	Oui
Excédent disponible d'ÉR		Réduction nette d'émissions de GES	t <sub>CO2</sub> /an	7 931
Émission garantie en ÉR		Réd. nette d'émissions GES - 35 ans	t <sub>CO2</sub>	277 586
Type de réseau électrique		Réseau isolé		

## Données financières

Coût évité en énergie	\$/kWh	0,0800	Ratio d'endettement	%	80,0%
Coût évité en puissance	\$/kW	-	Taux d'intérêt de la dette	%	9,0%
			Durée de l'emprunt	an	15
Coût - réduction d'émiss. GES	\$/t <sub>CO2</sub>	-	Analyse d'impôt sur le revenu?	oui/non	Non
Valeur potentielle de l'excédent	\$/kWh	-			
Coût évité en puissance	\$/kW-an	-			
Coût d'indexation de l'énergie	%	4,0%			
Coût d'inflation	%	2,5%			
Coût d'actualisation	%	15,0%			
Durée de vie du projet	an	35			

## Coûts du projet et économies générées

<b>Coûts d'investissement</b>				<b>Frais annuels et dette</b>	
Étude de faisabilité	2,1%	\$	234 500	Exploitation et entretien	\$ 260 728
Développement	2,8%	\$	313 000		
Ingénierie	2,4%	\$	277 500	Paiements sur la dette - 15 ans	\$ 1 124 559
Équip. énergétiques	49,7%	\$	5 627 576	<b>Total des frais annuels</b>	<b>\$ 1 385 287</b>
Infrastr. connexes	21,6%	\$	2 449 440	<b>Économies ou revenus annuels</b>	
Divers	21,4%	\$	2 428 880	Énergie	\$ 1 404 392
<b>Investissement total</b>	<b>100,0%</b>	<b>\$</b>	<b>11 330 896</b>	Puissance	\$ -
Encouragements/subventions		\$	-	<b>Total des économ. annuelles</b>	<b>\$ 1 404 392</b>
<b>Coûts périodiques (crédits)</b>					
Mise à niveau de la turbine		\$	200 000	Occurrence - année # 20	
		\$	-		
		\$	-		
Valeur résiduelle - Crédit		\$	(1 500 000)	Occurrence - année # 35	

## Analyse financière

RI et RI avant impôts	%	20,1%	Calcul du coût de revient d'ÉR	oui/non	Non
RI et RI après impôts	%	20,1%	Calcul du coût de réduction de GES	oui/non	Non
Retour simple	an	9,9	Capitaux propres investis	\$	2 266 179
Année de flux monétaire nul	an	8,3	Dette du projet	\$	9 064 716
Valeur actualisée nette (VAN)	\$	1 949 393	Paiements sur la dette	\$/an	1 124 559
Don. annuelles sur la durée de vie	\$	294 621	Recouvrement sur la dette	-	1,06
Indice de rentabilité	-	0,86			

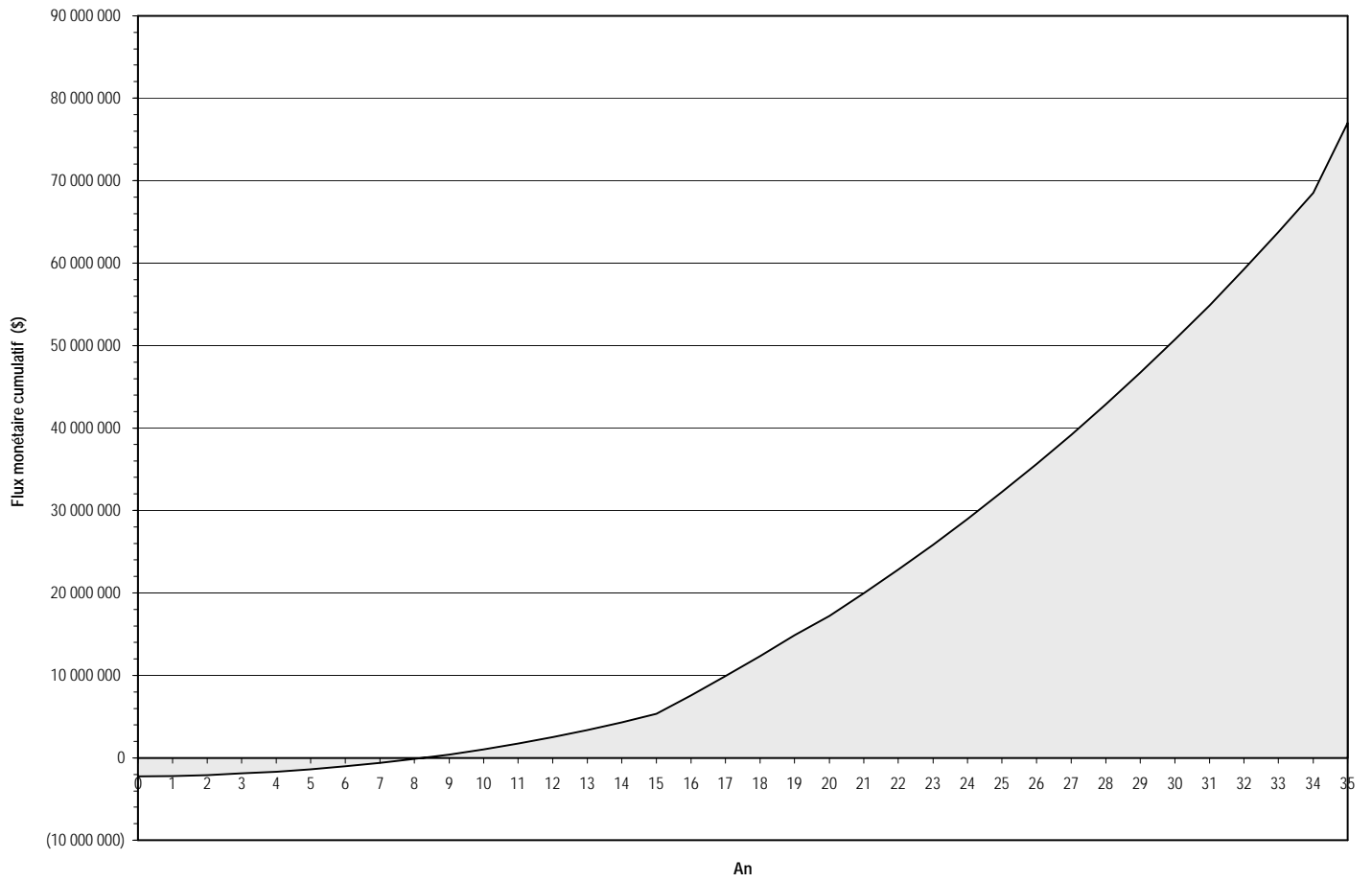
Flux monétaires annuels			
An	Av. impôts	Apr. impôts	Cumulatif
#	\$	\$	\$
0	(2 266 179)	(2 266 179)	(2 266 179)
1	68 762	68 762	(2 197 417)
2	120 504	120 504	(2 076 914)
3	174 415	174 415	(1 902 499)
4	230 586	230 586	(1 671 913)
5	289 108	289 108	(1 382 805)
6	350 080	350 080	(1 032 725)
7	413 601	413 601	(619 124)
8	479 776	479 776	(139 348)
9	548 714	548 714	409 366
10	620 530	620 530	1 029 896
11	695 339	695 339	1 725 235
12	773 267	773 267	2 498 502
13	854 440	854 440	3 352 941
14	938 991	938 991	4 291 932
15	1 027 059	1 027 059	5 318 991
16	2 243 346	2 243 346	7 562 337
17	2 338 886	2 338 886	9 901 223
18	2 438 392	2 438 392	12 339 616
19	2 542 028	2 542 028	14 881 643
20	2 322 238	2 322 238	17 203 881
21	2 762 368	2 762 368	19 966 249
22	2 879 431	2 879 431	22 845 680
23	3 001 342	3 001 342	25 847 022
24	3 128 297	3 128 297	28 975 319
25	3 260 502	3 260 502	32 235 821
26	3 398 173	3 398 173	35 633 994
27	3 541 532	3 541 532	39 175 525
28	3 690 811	3 690 811	42 866 336
29	3 846 251	3 846 251	46 712 587
30	4 008 105	4 008 105	50 720 692
31	4 176 632	4 176 632	54 897 324
32	4 352 106	4 352 106	59 249 430
33	4 534 809	4 534 809	63 784 240
34	4 725 036	4 725 036	68 509 275
35	8 482 900	8 482 900	76 992 175

### Flux monétaire cumulatif du projet de petite centrale hydroélectrique Exemple, chute Niagara

Année de flux monétaire nul 8,3

TRI et RI 20,1 %

Valeur actualisée nette \$ 1 949 393



# *Annexe 2.*

*Turbine autoportante à génératrice interne*



# *T'A.G.I.*

*turbine autoportante à génératrice interne*

*brevet #1307716*  
*théorie et application*  
*recherche préliminaire*

*projet élaboré par :*  
*GABRIEL DESSUREAULT*

[GABRIEL.DESSUREAULT@GLOBETROTTER.NET](mailto:GABRIEL.DESSUREAULT@GLOBETROTTER.NET)



Consumer and  
Corporate Affairs Canada

Patent Office

Consommation et  
Affaires commerciales Canada

Bureau des brevets

**Canadian Patent**

**Brevet canadien**

1307716

**To all to whom these presents shall come:**

Whereas a petition has been presented to the Commissioner of Patents praying for the grant of a patent for a new and useful invention, the title and description of which are contained in the specification of which a copy is hereunto attached and made an essential part hereof, and the requirements of the Patent Act having been complied with.

Now therefore the present patent grants to the applicant whose title thereto appears from the records of the Patent Office and as indicated in the said copy of the specification attached hereto, and to the legal representatives of said applicant for a period of seventeen years from the date of these presents the exclusive right, privilege and liberty of making, constructing, using and vending to the others in Canada the invention, subject to adjudication in respect thereof before any court of competent jurisdiction.

Provided that the grant hereby made is subject to the conditions contained in the Act aforesaid.

All patents are subject to annual maintenance fees subsequent to the modified Patent Act.

In testimony whereof, these letters patent bear the signature of the Commissioner and the seal of the Patent Office hereunto affixed at Hull, Canada.

This Patent was issued on:

**A tous ceux qui les présentes verront:**

Considérant qu'une requête a été présentée au Commissaire des brevets, demandant la délivrance d'un brevet pour une invention nouvelle et utile, dont le titre et la description apparaissent dans le mémoire descriptif et dont copie est annexée aux présentes et en fait partie essentielle, et que ladite requête satisfait aux exigences de la Loi sur les brevets.

A ces causes, le présent brevet confère au demandeur dont le titre de propriété dudit brevet est établi d'après les dossiers du Bureau des brevets et est indiqué dans ladite copie du mémoire descriptif ci-annexée, et aux représentants légaux dudit demandeur, pour une période de dix-sept ans, à compter de la date des présentes, le droit, la faculté et le privilège exclusifs de fabriquer, construire, exploiter et vendre à d'autres, au Canada l'invention, sauf jugement en l'espèce par un tribunal de juridiction compétente.

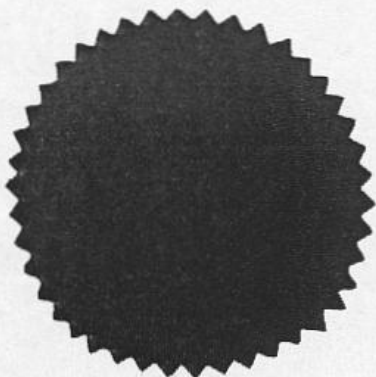
La concession faite par les présentes étant soumise aux conditions contenues dans la loi précitée.

Des frais annuels de maintien seront applicables pour tout brevet octroyé subséquemment à la Loi modifiant la Loi sur les brevets.

En foi de quoi, ces lettres patentes portent la signature du Commissaire ainsi que le sceau du Bureau des brevets apposé à Hull, Canada.

Ce Brevet a été délivré le:

Date SEP 22 1992



Canada

Commissioner of Patents - Commissaire des brevets



# ***TURBINE AUTOPORTANTE À GÉNÉRATRICE INTERNE***

## ***TABLE DES MATIÈRES***

	<i>P.</i>
<i>INTRODUCTION</i>	<i>1</i>
CHAPITRE 1. (TURBINE AUTOPORTANTE À GÉNÉRATRICE INTERNE) PARFOIS TURBINE SPHÈRE OU HYDROLIENNE ( DANS LE TEXTE)	
DÉFINITION	2
1.2 CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	
1.3 DESSIN ET DESCRIPTION DE L'APPAREIL ( BREVET # 1307716 )	6
CHAPITRE 2. INSTALLATION ET FONCTIONNEMENT	15
<i>CHAPITRE 3. ÉNERGIE DISPONIBLE</i>	<i>18</i>
CHAPITRE 4. AMÉNAGEMENT	
4.1 ÉCOULEMENT À SURFACE LIBRE	21
4.2 VITESSE CRITIQUE	
4.3 PROFONDEUR CRITIQUE	22
4.4 EXEMPLE 1. ÉCOULEMENT À SURFACE LIBRE	23
4.5 EXEMPLE 2. RÉSERVOIR	25
4.6 EXEMPLE 3. CHUTE MONTMORENCY ( MODÈLE ANNEXE 1)	28
<b><i>TABLEAU DES DÉBITS</i></b>	29
<b><i>COURBE DES DÉBITS MOYENS</i></b>	30
CONCLUSION	33
<i>RÉFÉRENCES</i>	<i>34</i>

# L'hydrolienne ou la turbine sphère

## Introduction

Pour puiser l'énergie disponible d'une rivière en mouvement, on emploie la turbine, qui, couplée à un générateur, nous donne du courant utilisable. La turbine est l'élément principal de tout le système, car elle permet de disposer de l'énergie hydraulique et de transformer la force naturelle de l'eau en énergie électrique.

Il existe plusieurs types de turbine, depuis la roue à augets et palettes de Ctésibius d'Alexandrie en l'an 135 avant J.C. jusqu'aux turbines plus modernes de Fincks et Francis, de Pelton et de Kaplan. On peut les classer en deux types principaux, soit les turbines à réaction qui se servent de la pression hydraulique ( énergie potentielle ) ( ex: Kaplan, Francis ) ou les turbines à action ( ou impulsion ), dont le rendement énergétique dépend de la vitesse ( énergie cinétique,  $E = mv^2$  ) de la veine d'eau ex: groupe bulbe ou turbine à hélice, et turbine Pelton ).

L'hydrolienne est un nouveau type de turbine à impulsion servant à puiser l'énergie cinétique disponible de l'eau en mouvement, qui sera transformée sous forme d'énergie électrique. Dans ce travail, je vais expliquer toutes les caractéristiques de cet appareil, ainsi que les diverses caractéristiques nécessaires à son installation.

# Chapitre 1 – Hydrolienne

## 1.1 - Définition

La présente invention se rapporte à une hydrolienne qui, par définition, est un appareil comprenant une turbine, un moteur et d'autres assemblages. Elle est actionnée par le mouvement de l'eau, par comparaison avec une éolienne, un appareil comprenant pales, moteur et autres assemblages, qui est cependant actionnée par le mouvement de l'air ( éos & hydro ).

En hydrodynamique, c'est-à-dire l'étude des lois régissant les mouvements d'un liquide, on observe que la vitesse d'un liquide est fonction de la profondeur ( vitesse maximum en surface ), de la pente, de la turbulence ainsi que de la hauteur de chute du liquide ( loi de Torricelli,  $v = \sqrt{2gh}$  ).

L'hydrolienne est un appareil servant à puiser l'énergie cinétique disponible dans l'eau en mouvement, étant donné que cet appareil est conçu pour être suspendu au dessus de l'eau en mouvement. Le type d'installation variera en fonction de la puissance désirée ou disponible ( voir chap. 3 ), ce qui va par le fait même en fait varier les coûts de fabrication et d'installation.

Pour que le moteur de l'hydrolienne soit protégé de l'eau, il est proposé que celui-ci soit à l'intérieur d'une sphère creuse pouvant être suspendue au dessus de l'eau. Cette sphère sera munie de pales ( ou aubes ) sur toute sa surface afin de répondre au courant en un mouvement de rotation. Il est aussi proposé de munir l'intérieur de la sphère d'un anneau de conduction motrice entre la turbine ( sphère + pales ) et le pignon du moteur interne protégé par la sphère. Et enfin, il est proposé dans la forme présentée de mon invention, de fournir une sorte de machinerie servant à la production de courant électrique.

Les buts et les avantages additionnels de mon invention seront présentés au fur et à mesure que les caractéristiques seront décrites, et les nouveaux traits et la nouveauté de cette même invention seront entièrement définis dans la réclamation ci-jointe.

## 1.2 - Caractéristiques principales

Maintenant parlons des caractéristiques propres à la turbine ( sphère + pales ). Pour ce faire, il serait bon de parler des caractéristiques des roues hydrauliques. Une turbine en forme de sphère se rapproche beaucoup de la forme d'une roue ( roue fermée de chaque côté ou roue gonflée ). La forme sphérique est privilégiée, parce que la turbine doit servir de coquille protectrice au moteur qui sera installé à l'intérieur de celle-ci, et que la forme sphérique augmentera le rendement de l'hydrolienne.

Dans le fonctionnement des roues hydrauliques, celle qui semble la plus appropriée pour mon exposé, est la roue en dessous ( under shot wheels ), qui agit par la force vive qu'elle acquiert par la vitesse. On distingue les roues à aubes planes de faible rendement ( 35% ) et les roues à aubes courbes de rendement plus élevé ( 50 à 90 % ). Dans les roues à aubes courbes, celles qui ont le meilleur rendement sont la roue Poncelet ( 60 % ) ( fig.1.1 ), ainsi que la roue Pelton (90%) ( fig.1.2 ). Dans la roue Poncelet, les aubes ont une courbure de 20 à 30 degrés permettant à l'eau de pénétrer tangentiellement au dos des aubes, selon le principe de Rateau : « La vitesse relative (  $w$  ) du fluide doit être, en chaque point, à l'entrée de la roue, tangente au dos des ailes. La non-observation de cette règle provoque des pertes de rendement importantes. » Tandis que dans la roue Pelton ce qui caractérise son rendement si élevé ( 90 % ), c'est la forme de ses augets ( en forme de cuiller avec un sillon central ). En théorie, on aura 100% de rendement si l'eau fait un angle de 180 degrés avec l'auget ( fig.1.3 ).

Comme on peut le constater, la forme des aubes à une grande influence sur le rendement d'une turbine. Et de ce rendement dépend la puissance nette de toute notre installation ( voir chap.. 3 ). La hauteur de chute a aussi une grande influence sur la puissance de notre système, ainsi que le débit (  $Q$  ) ( en fonction de  $P = Q \cdot h$  ). En pratique, pour un même débit, plus la hauteur de chute est élevée, plus la puissance est élevée. On pourra constater ses influences par les exemples au chapitre 4 ( chap. 4, écoulement à surface libre, exemples 1,2 et 3).

Donc pour avoir un rendement optimum, l'hydrolienne de forme sphérique doit avoir des aubes dont la courbure est de 25 à 30 degrés de façon à ce que la vitesse de l'eau soit tangente au dos des aubes. Et si l'on veut avoir un rendement supérieur, l'intérieur de l'aube devra permettre à l'eau de faire un angle de 180 degrés ou si rapprochant le plus possible ( fig. 1.4 ). Le nombre d'aubes courbes devra être le même que pour la turbine Pelton, soit entre 15 et 25, la sphère hydrolienne ayant sensiblement les mêmes caractéristiques extérieures ( roue Pelton gonflée ). Elles devront être à égale distance l'une par rapport à l'autre tout autour de la sphère.

FIG. 1.1 - Roue Pelton

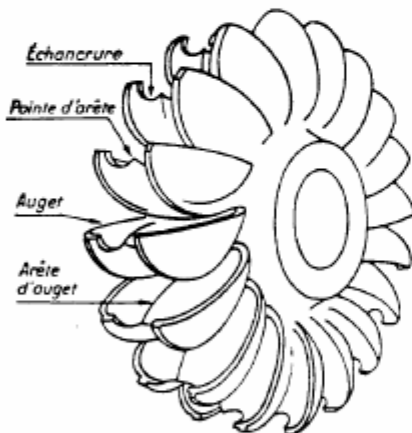
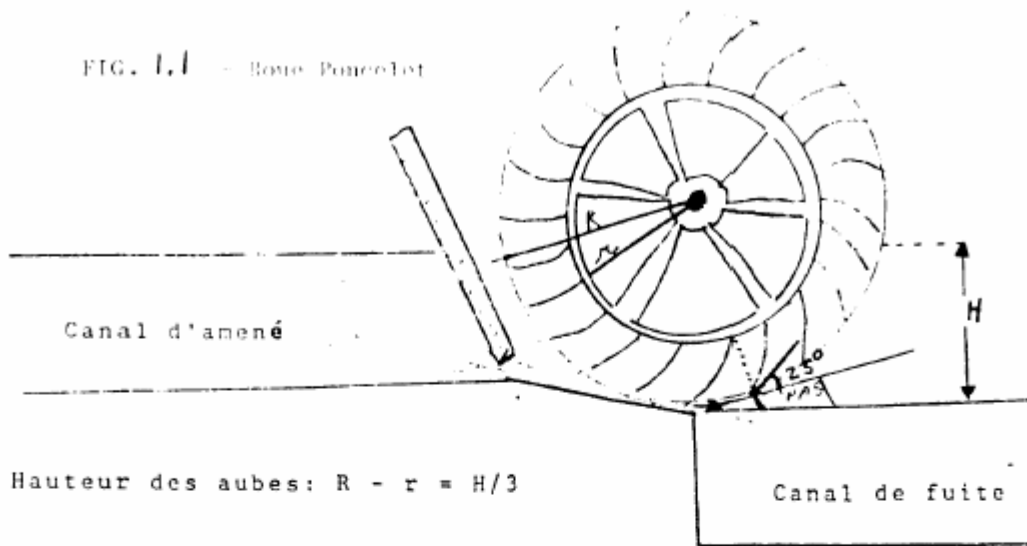


FIG. 1.2 - Roue Pelton.

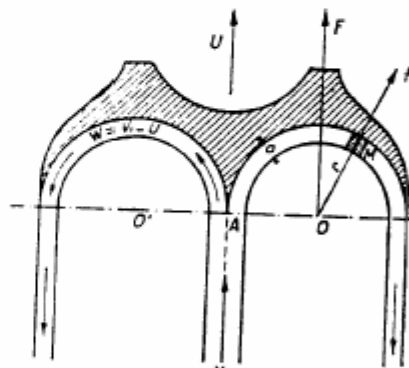
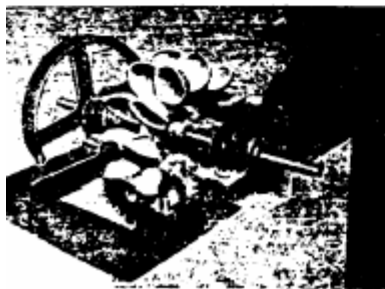
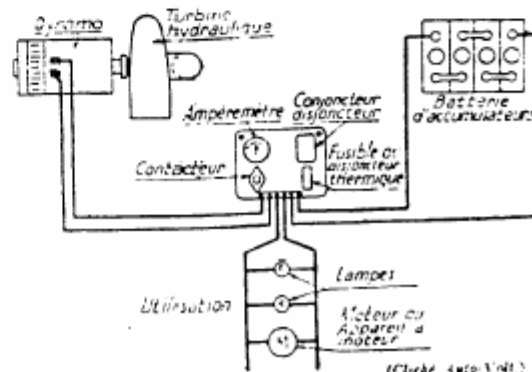


Fig. 1.3 - Auges Pelton



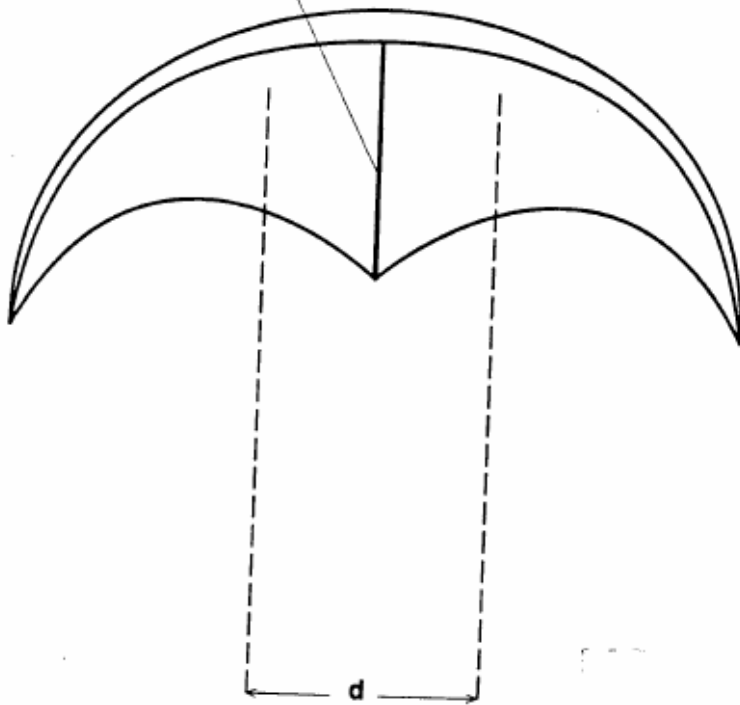
(Cliché Journal des Electriciens)  
Vue de la roue Pelton (châssis enlevé.)



(Cliché Auto-Volt)  
Schéma général d'installation électrique d'un petit groupe électrogène hydraulique.

**FIGURE 1.4**

SILLON CENTRAL



*Handwritten signature or name*

### 1.3 - Dessin et description de l'hydrolienne

La forme présentée de mon invention est illustrée sur les dessins qui accompagnent et font partie de cette demande et sur lesquels l'on trouve:

- le dessin no.1 montrant une vue d'une coupe effectuée, qui montre l'intérieur de l'appareil vu de face;
- le dessin no.2 montrant des détails de l'engrenage, avec son collet d'assemblage;
- le dessin no.3 montrant une vue d'une coupe effectuée, qui montre l'intérieur de l'appareil vu de côté et la position du moteur sur l'anneau d'entraînement;
- le dessin no.4 montrant une vue d'ensemble de l'appareil;
- le dessin no.5, montrant une vue de l'auget (plus détaillée) sur une portion de la sphère;
- le dessin no.6, montrant la position de l'injecteur par rapport à la turbine ( vitesse de l'eau est tangente au dos de l'auget.

Bien que j'ai montré la forme présentée de mon invention, il doit être entendu que divers changements ou modifications peuvent être faits dans les limites de ma réclamation ci-jointe sans se retirer de l'esprit de l'invention.

En se rapportant aux dessins, mon hydrolienne ( ou turbine sphère ) comprend dans ses caractéristiques principales deux manchons creux [ 1 ], ayant deux roulements à billes ( bearing) [2] qui sont fixés au centre de deux demi-sphères [ 3 ] réunies pour faire une sphère par un collet d'assemblage [ 4 ]. Cette sphère peut pivoter sur les manchons, autour des roulements à billes.

La sphère est munie d'aubes courbes [ 5 ] sur toute sa surface. Un engrenage en forme d'anneau [ 6 ] est fixé entre les deux collets d'assemblage des deux demi-sphères, afin d'établir la connexion transmissive entre la sphère et un moteur [ 7 ] fixé aux manchons creux [ 1 ] à l'intérieur de la sphère. Les manchons sont situés de chaque côté de la sphère formant l'axe de rotation. Ils sont creux pour permettre d'y passer le filage [17] du moteur fixé à l'intérieur de la sphère. Ses manchons sont fixés à deux bras [ 8-9 ] situés de chaque côté de la sphère. Ces bras serviront à suspendre l'hydrolienne au dessus du jet d'eau de sorte que l'eau entre en contact de façon tangentielle au dos des augets. Ses bras seront fixés solidement par un moyen d'ancrage qui maintiendra toute l'installation fixe, sauf bien entendu la sphère mobile (ou l'hydrolienne ). La sphère porte sur sa circonférence un anneau d'entraînement [6] fixé entre les collets d'assemblage [ 4 ] des deux demi-sphères [ 3 ] par un anneau d'assemblage [ 11 ] auquel est fixé l'anneau d'entraînement [ 6 ] par des plaques ( ou point ) de fixation [ 12 ].

L'avantage de la fabrication de l'anneau en deux sections est de pouvoir séparer l'anneau d'entraînement [ 6 ] de l'anneau d'assemblage [ 11 ] qui ne fait pas toute la circonférence ou qui est interrompu à la section de la porte d'accès [ 13 ] située sur la surface de la sphère. De cette façon, il est possible d'avoir accès au moteur [ 7 ]. L'anneau d'entraînement [ 6 ] étant démontable, on peut ainsi dégager la porte ( centre de la porte ) pour sortir le moteur lors de réparation le cas échéant. L'anneau d'entraînement [ 6 ] vient donner la connexion transmissive sur le côté du pignon [ 14 ] du moteur [ 7 ] qui est perpendiculaire à l'anneau d'entraînement. Le

moteur est fixé à l'intérieur de la sphère au manchon [ 1 ] ( soit un seul, ou les deux ) par une plaque [ 15 ] fixée à ces manchons et par des vis de fixation [ 16 ] au moteur. Le moteur a des conducteurs de courant électrique [ 17 ] qui peuvent sortir de la sphère close par les trous des manchons et être branchés à des batteries d'accumulation de courant qui pourra être utilisées ultérieurement, par exemple pour l'éclairage ou pour d'autres systèmes électriques.

En fonction, l'hydrolienne sera fixée à une armature ajustable de façon à ce que les aubes ( 25 à 30 degrés ) viennent en contact avec la vitesse de l'eau de façon tangentielle au dos des aubes. Le courant rapide agissant sur les aubes produit la rotation de la sphère sur les manchons de soutien de l'appareil et transmet le mouvement par l'engrenage montré jusqu'au moteur. L'intérieur de l'aube ( ou auget ) sera fabriqué de façon à ce que l'eau fasse un angle de 180 degrés avec l'auget ( type Pelton ), soit avec un sillon central, qui coupe le jet d'eau en deux sections.

La position du moteur par rapport à l'engrenage, soit perpendiculaire à l'anneau ( ou perpendiculaire à l'axe de rotation ) comparativement aux turbines conventionnelles qui sont parallèles à l'axe de rotation, est une caractéristique très importante. Dans les turbines conventionnelles, la vitesse de rotation du générateur ( moteur ) est égale à la vitesse de rotation de la turbine, à moins que l'on ajoute des engrenages supplémentaires pour augmenter le rapport vitesse, tandis que pour l'hydrolienne la vitesse de rotation du générateur sera supérieure à la vitesse de rotation de la turbine ( sphère + pales ), à cause de sa position sur l'engrenage, et ce, sans ajouter à l'hydrolienne des engrenages supplémentaires pour augmenter le rapport vitesse ( la position augmente le rapport vitesse ).

Le générateur à l'intérieur de la sphère a des fils qui sortent par les manchons. Ainsi, on pourra recueillir l'énergie électrique produite par le mouvement de la turbine sur le générateur. Comme on peut le constater, l'hydrolienne fonctionne uniquement par le mouvement mécanique de l'eau sur ses pales et peut fonctionner continuellement tant qu'il y a de l'eau en mouvement, et ce, sans coût, mis à part ceux de l'entretien et du coût initial de fabrication et d'installation qui peuvent être très variables en fonction de la puissance du système à mettre en place. Puisqu'il n'y a pas de coût relié au fonctionnement, le coût initial sera rapidement amorti, après quoi l'appareil distribuera de l'électricité gratuitement.

FIGURE 1

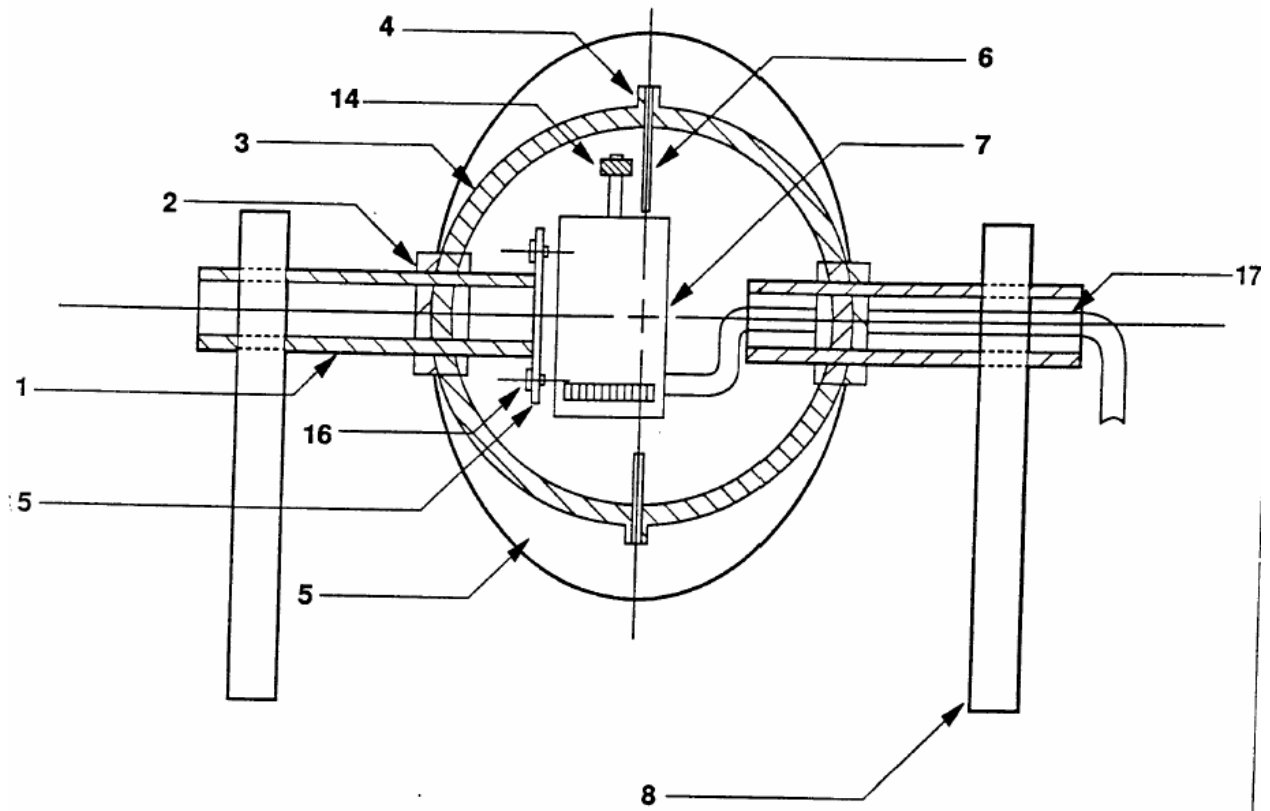


FIGURE 2

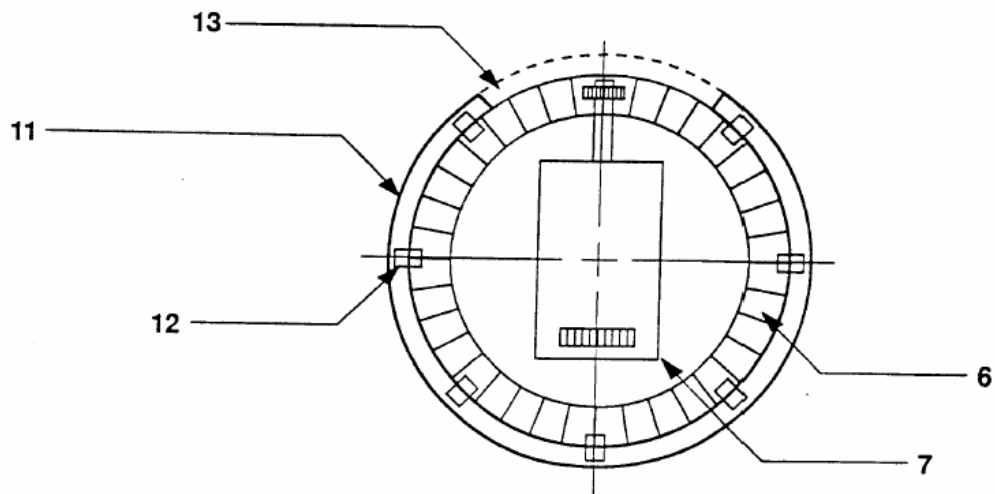
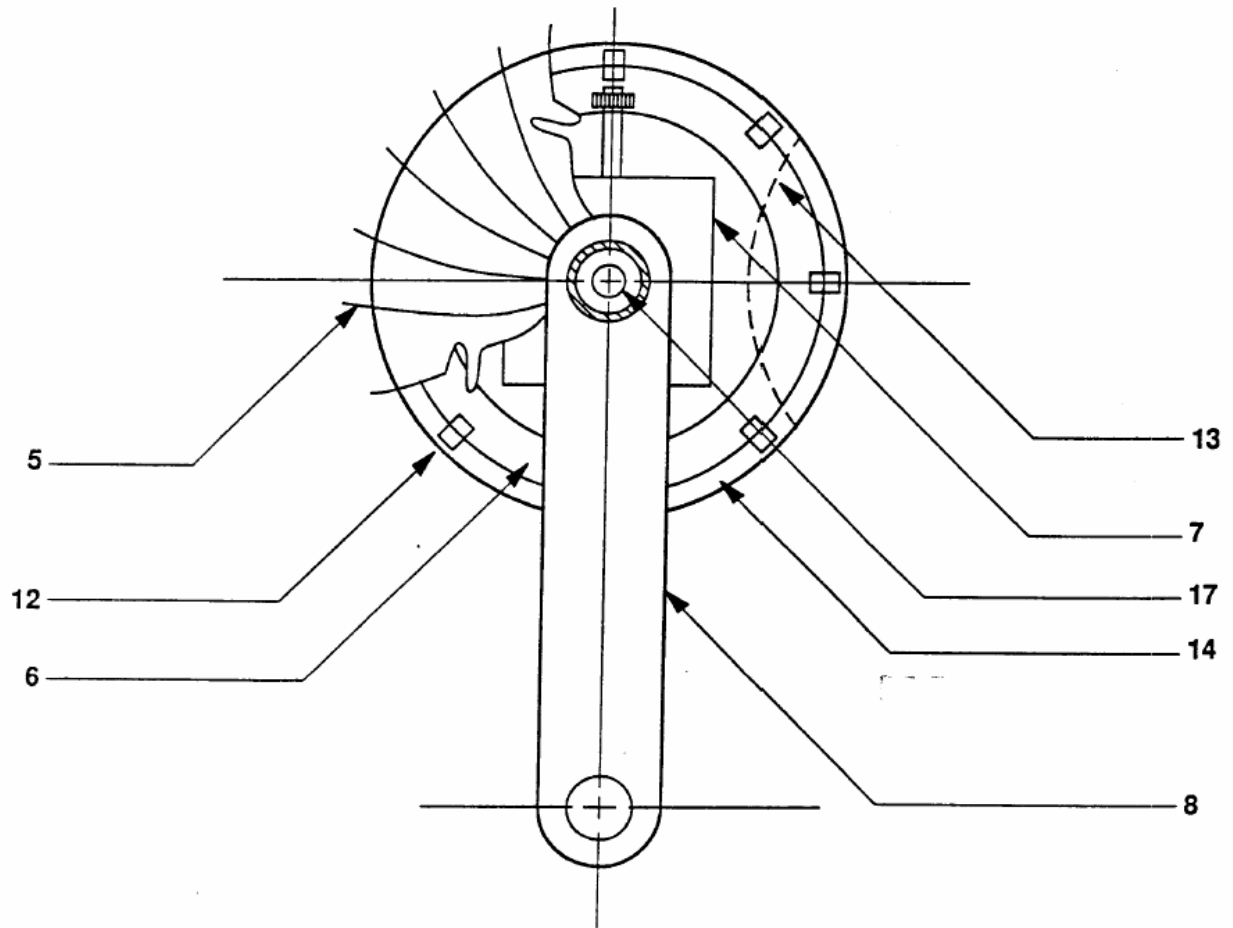
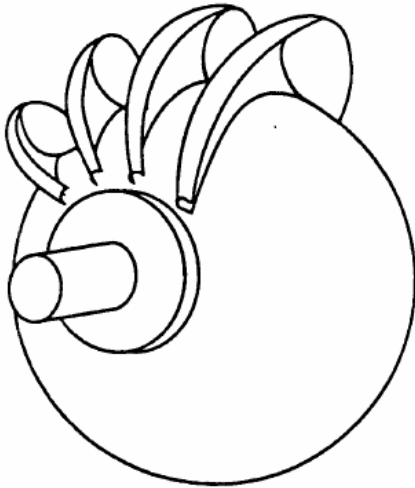


FIGURE 3

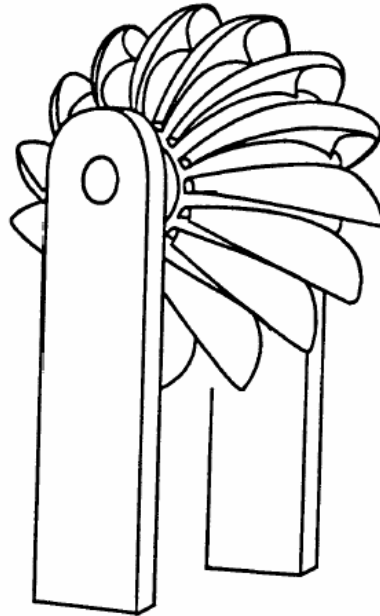


*M. L. K.* *Ch*

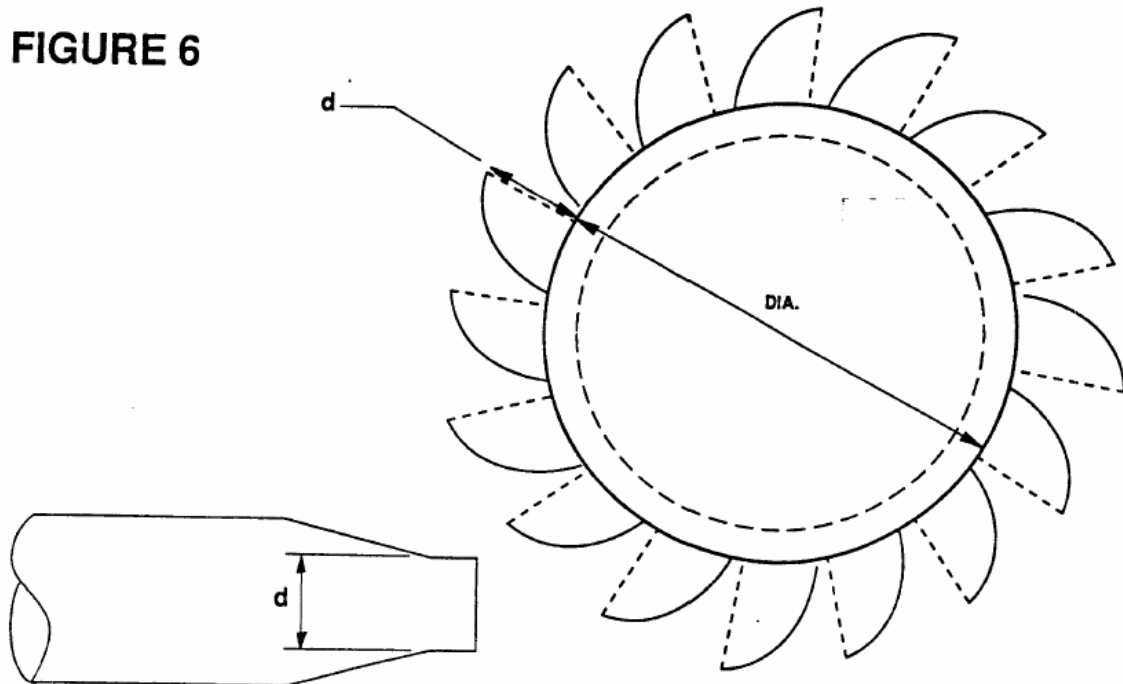
**FIGURE 4**



**FIGURE 5**



**FIGURE 6**



## 1.4 – Réclamation

Je revendique :

1. Dans une hydrolienne, deux manchons creux de part et d'autre d'une sphère creuse, sur lesquels on a deux roulements à billes, qui sont fixés aux manchons et aux centres de deux demi-sphères. Les manchons servent d'axe de rotation à la sphère creuse qui sert de coquille protectrice à un générateur qui est fixé aux manchons à l'intérieur de la sphère. Ce générateur est actionné par le mouvement de rotation de la sphère sur ses manchons. Le courant produit est acheminé vers l'extérieur par un des trous des manchons. Les extrémités des manchons seront fixées sur des bras de fixation qui maintiennent la sphère (l'hydrolienne) à la surface de l'eau en mouvement.

La sphère est munie d'aubes courbes ( 25 à 30 degrés ) sur toute sa surface, permettant à l'eau en mouvement de pénétrer de façon tangentielle au dos des aubes ( principe de Rateau ), et les aubes sont munies d'un sillon central permettant à l'eau de faire une rotation de 180 degrés sur l'aube (type Pelton). Le mouvement de l'eau sur les aubes entraînera le mouvement de rotation de la sphère.

La sphère qui est assemblée en deux parties, soit deux demi-sphères, entre lesquelles est fixé, transversalement aux manchons servant d'axe de rotation, un anneau s'élargissant à l'intérieur de la sphère servant d'engrenage au générateur. Le pignon du générateur électrique vient se poser sur le côté de cet anneau. Il est déposé perpendiculairement à l'anneau d'entraînement situé entre les deux demi-sphères, ce qui augmente le rapport vitesse entre la vitesse de rotation de la sphère et la vitesse de rotation du moteur, et ce, sans ajouter d'engrenage supplémentaire servant à augmenter ce rapport vitesse. Plus la circonférence du pignon sera petite par rapport à la circonférence de l'anneau, plus le générateur tournera vite pour une même vitesse de rotation de la sphère.

Une porte d'accès, avec joint d'étanchéité afin de garder la sphère étanche pour bien protéger le moteur, sera pratiquée sur la surface de la sphère : cette porte est suffisamment grande pour pouvoir enlever le moteur interne de l'hydrolienne pour réparation le cas échéant.

2. Dans une hydrolienne, deux manchons creux dont les extrémités sont fixées à des bras servant à suspendre l'hydrolienne au-dessus de l'eau en mouvement. Ses bras sont fixés à une armature fixe de façon à maintenir la sphère munie d'aubes courbes à la surface du jet d'eau ( de façon tangentielle ) : une sphère creuse servant de coquille de protection à un générateur et pouvant pivoter sur les manchons creux de soutien au moyen de roulements à billes fixés sur les manchons et au centre de la sphère dans l'axe de rotation, la sphère étant munie sur toute sa surface d'aubes courbes pouvant être actionnées par le mouvement de l'eau pour faire tourner la sphère.

Un anneau plat avec engrenage sur le côté (ou friction drive) est fixé au centre de la sphère ( entre deux demi-sphères ), la force du courant sur les aubes entraîne la rotation de la sphère donc la rotation de l'anneau lequel viendra transmettre le mouvement au pignon du moteur qui est déposé perpendiculairement sur cet anneau, le moteur est solidement fixé aux manchons perpendiculairement. Une porte d'accès étanche sera pratiquée sur la

surface de la sphère par laquelle on aura accès au moteur fixé à l'intérieur de l'hydrolienne.

3. Dans une hydrolienne, deux manchons avec deux bras de fixation, soutenant une sphère creuse munie d'aubes courbes sur toute sa surface, au-dessus d'un jet d'eau ( tangente ), pouvant faire rotation sur les manchons, par l'action de l'eau en mouvement sur les aubes, pour faire tourner la sphère; un moteur actionné par la force du courant de l'eau et qui est fixé sur les manchons de soutien et un anneau monté entre les deux demi-sphères au centre de la sphère pour la transmission du mouvement de la sphère au moteur central. Une porte est pratiquée sur la section extérieure mobile, par où on a accès au moteur à l'intérieur de la section centrale ( fixe ).
4. Pour faire la jonction motrice entre la sphère mobile et le moteur solidement fixé aux manchons à l'intérieur de la sphère, un anneau est installé au centre de la sphère, entre les deux demi-sphères, cet anneau est fabriqué en deux parties séparables, soit l'anneau d'assemblage qui est fixé entre les deux demi-sphères, dont la portion qui traverse l'espacement de la porte est absente, et l'anneau d'engrenage qui établit la relation conductrice entre la rotation de la sphère et le pignon rotatif du moteur qui est posé sur cet anneau. L'anneau est fait en deux parties de façon à pouvoir séparer l'engrenage de l'anneau de fixation, pour pouvoir dégager le centre de la porte d'accès qui est pratiquée sur la surface de la sphère, afin d'extraire le moteur interne de l'hydrolienne pour réparation. L'anneau d'entraînement sert de conduction motrice entre la sphère mobile et le pignon rotatif du moteur qui est solidement fixé à l'intérieur de l'hydrolienne.
5. L'hydrolienne est maintenue à la surface de l'eau en mouvement au moyen des deux bras de fixation, de sorte que le dos des aubes courbes vient en contact de façon tangentielle avec le jet d'eau, de façon à produire la rotation de la sphère et ainsi la rotation de l'anneau qui établit la connexion conductrice entre la sphère et le pignon du moteur fixé aux manchons à l'intérieur. Le système de fixation étant conçu pour retenir l'hydrolienne contre le mouvement de rotation. L'hydrolienne est conçue pour la production d'électricité, mais elle pourrait être conçue pour le pompage de l'eau. On n'aurait qu'à changer le moteur électrique par une pompe et passer les tuyaux de pompage par les trous des manchons. Mais il est plus rentable et préférable de produire du courant électrique qu'on peut accumuler dans des batteries auxquelles on pourra brancher divers appareils électriques (au besoin, une pompe).

## Chapitre 2. Fonctionnement et installation

En fonction l'hydrolienne sera fixée à une armature au-dessus d'un injecteur qui a pour fonction de régulariser le débit de façon à ce que la vitesse de sortie du jet ( $v_1$ ) d'eau soit toujours constante, et ce, malgré les variations du débit. L'injecteur peut être muni d'un déflecteur qui a pour fonction de dévier le jet pour arrêter instantanément l'arrivée d'eau à la turbine ( voir fig.2.1, types d'injecteur ). L'énergie de pression, disponible au bas de la conduite forcée alimentant la turbine est transformée, presque intégralement, en énergie cinétique dans le jet de l'injecteur. S'il ne se produisait aucune perte par frottement, on aurait comme vitesse du jet :  $v = \sqrt{2gh}$  ( loi de Torricelli ),  $h$  désignant la hauteur de chute nette. En fait, il faut poser :  $v_1 = k_1 \sqrt{2gh}$ ,  $k_1$  étant un coefficient de réduction très voisin de l'unité ( $k_1 = 0.97$  ou  $0.98$  ). Dans ces conditions, le diamètre maximum  $d_1$  du jet se détermine, en fonction du plus gros débit  $Q$  à dériver, par la relation :

$$Q = \pi d_1^2 / 4 \times 0,97 \sqrt{2gh}$$

En pratique, pour la bonne tenue du jet,  $d$  ne doit pas dépasser 27 centimètres, ce qui, pour une chute de hauteur  $h$ , limite la valeur du débit dérivé par un seul injecteur. Si le débit total à turbiner est supérieur à la limite permise, on résout la difficulté en attaquant la roue par plusieurs jets se partageant le débit total. Lorsqu'un seul jet suffit, la roue est à axe horizontal et l'on oriente l'axe de sortie de l'injecteur suivant la tangente horizontale inférieure ( il va de soi que la tangente supérieure ne peut convenir: l'eau sortant des augets tomberait, dans ce cas, sur la roue en rotation, avant de gagner la fosse ) à la circonférence de Pelton: l'eau détendue, sortant des augets, tombe ainsi dans la fosse de la turbine sans gêner la rotation de la roue. Lorsque deux jets sont nécessaires, la turbine peut encore fonctionner à axe horizontal en disposant les jets ( fig. 2.2) suivant deux tangentes inférieures au cercle de Pelton inclinées d'un même angle ( généralement égal à 30 degrés): l'eau turbinée tombe encore dans la fosse sans gêner la rotation de la roue. Mais au-delà de deux jets, la turbine doit être à axe vertical, car il devient impossible de répartir, autour d'une roue à axe horizontal, plusieurs jets, sans avoir, à la sortie des augets, des retombées d'eau sur la roue, tout au moins avec les jets supérieurs. Pour l'hydrolienne, il est préférable de garder la turbine en position horizontale, parce qu'en position verticale, à cause de la forme sphérique, l'eau déviée sur la partie supérieure ( à la verticale ) retombe sur la sphère, et en diminue le rendement.

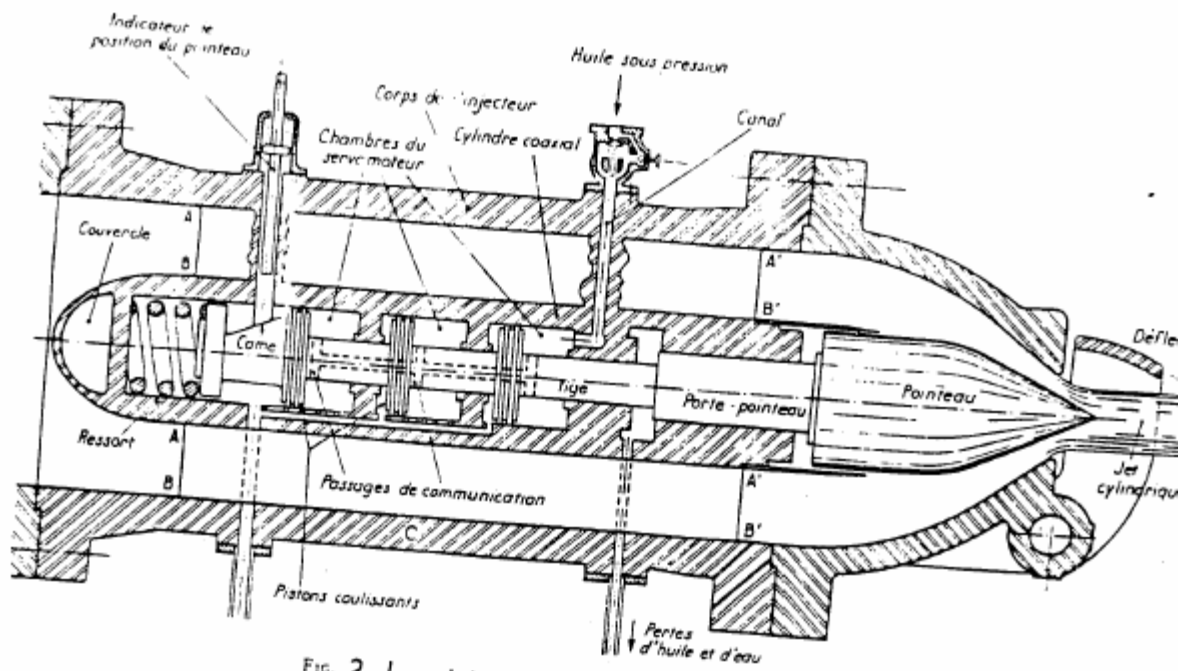


FIG. 2.1 - Injecteur rectiligne (brevet RIVA-BARRISINI)

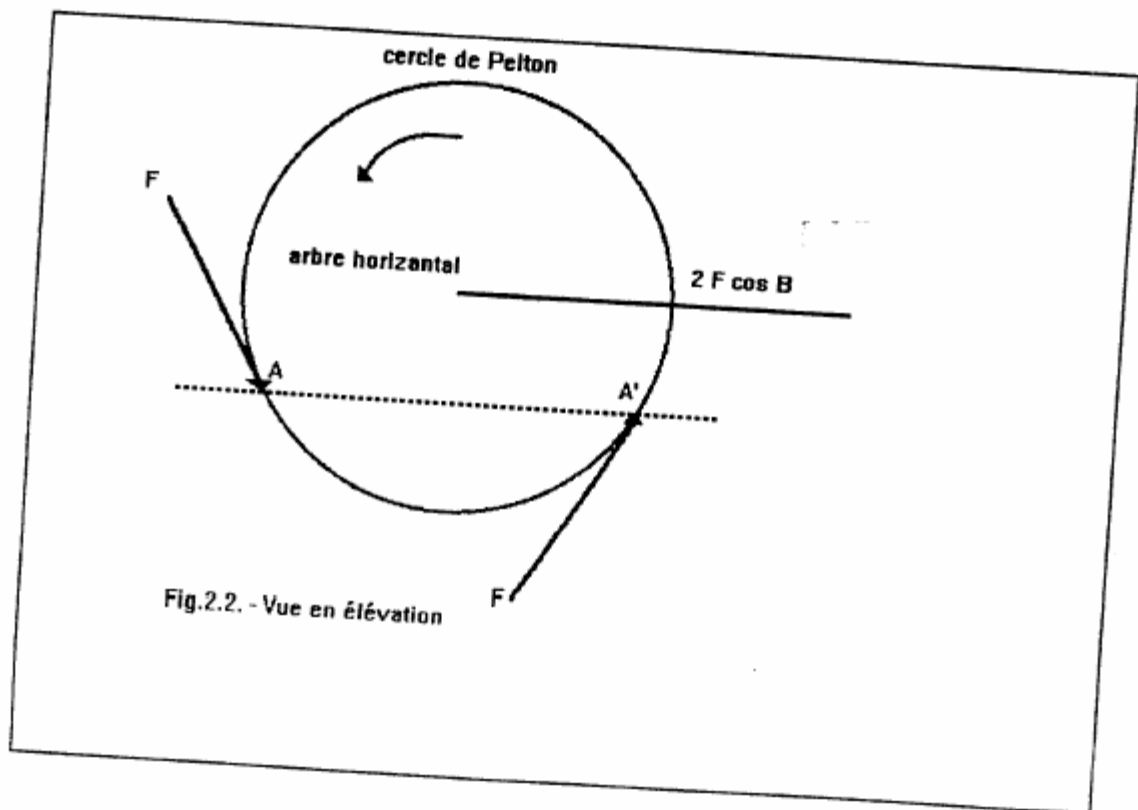


Fig.2.2. - Vue en élévation

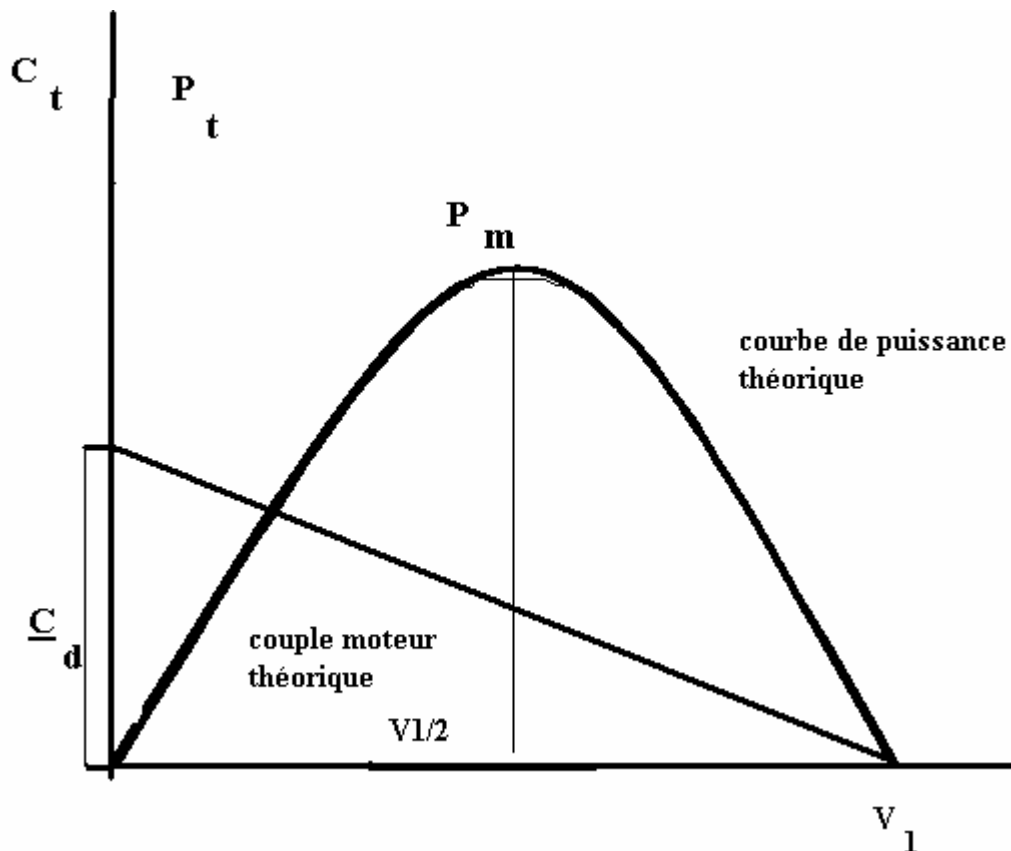
Le jet sortant de l'injecteur débouche à l'air libre à la vitesse  $v$  et vient frapper l'auget passant à sa portée: il y est divisé en deux demi-jets par l'arête vive A ( voir fig.1.3,1.4 ); chaque demi-jet s'engage sur chaque demi-portion de l'auget , en suit le contour, puis est rejeté en arrière, tandis que l'auget s'éloigne de l'injecteur.

La puissance est proportionnelle au débit  $Q$  et au produit de deux facteurs:  $u$  et  $(v_1 - u)$  dont la somme est constante. Par suite, la puissance maximum  $P_m$  s'obtient pour :  $(v_1 - u) = u$  d'où :  
 $U = v_1/2$  et  $w = v_1/2$

C'est également pour ces valeurs que le rendement de la turbine est maximal. L'énergie cinétique du jet est donc complètement épuisée dans la roue lorsque la vitesse  $u = v_1 / 2$  est adoptée comme vitesse de régime.

Si l'on dresse les courbes de la puissance  $P_t$  et du couple moteur  $C_m$  en fonction de la vitesse  $u$  ( fig.2.3 ), on voit que :

- Premièrement, la puissance  $P_t$  admet pour courbe représentative une parabole à axe vertical, dont le sommet correspond à  $P_t = P_m$  et  $u = v_1 / 2$ ; elle coupe l'axe horizontal des vitesses  $u$  à l'origine ( démarrage ) et à l'abscisse  $u = v_1$  . À ce moment, le couple est nul: la turbine tourne à vide ( charge nulle ) à la vitesse d'emballement. On voit ainsi que la vitesse d'emballement est le double de la vitesse de régime.
- Deuxièmement, le couple moteur  $C_t$  est représenté par une droite coupant l'axe des abscisses en  $v_1$  et l'axe vertical au point d'ordonnée  $C_d$ .



En connaissant la vitesse de rotation de la sphère ( $u = v_1 / 2$ ), on pourra connaître la vitesse de rotation du moteur ( $n$ ) ou le diamètre du pignon du moteur ( $D$ ), par la relation suivante:

$$v = \frac{\pi D n}{60} \quad \text{où}$$

$v =$  vitesse de rotation ( $u = v_1 / 2$ )  
 $D =$  diamètre du pignon  
 $n =$  vitesse de rotation en tours par minute.

## Chapitre 4. Aménagement

Dans ce chapitre, nous allons vérifier deux types d'aménagement pouvant convenir à l'hydrolienne. Premièrement, un exemple d'aménagement à surface libre, qui est de faible rendement (exemple 1) à cause de la faible hauteur de chute, et deux autres exemples où la hauteur de chute est beaucoup plus élevée.

### 4.1. Écoulement à surface libre

Comme l'hydrolienne est une turbine servant à puiser l'énergie cinétique disponible de l'eau en mouvement, elle pourrait être installée directement sur une rivière en mouvement (théoriquement). Dans ce cas, pour que l'hydrolienne fonctionne avec un maximum d'efficacité, il faudra comme dans les installations courantes de régularisation de rivière, des installations permettant à l'eau de se diriger vers la turbine. Cette structure pourra être adaptée en fonction du site d'implantation choisi. Par contre, les caractéristiques générales de l'aménagement resteront sensiblement les mêmes. Cette installation permettra à l'eau de se diriger vers la sphère avec le plus de vitesse possible, afin d'obtenir une vitesse critique ( $v_c$ ).

La nature de l'écoulement sous la sphère devra être critique ou rapide, caractérisée par le nombre de Froude:

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gy}} \quad \text{où } v = \text{vitesse moyenne de la section d'écoulement (m/s.)}$$

$g =$  gravitation

$y =$  profondeur ( dimension de l'écoulement )

$F < 1 =$  Écoulement tranquille ( ou fluvial )

$F = 1 =$  Écoulement critique

$F > 1 =$  Écoulement torrentiel ou rapide

### 4.2. Vitesse critique ( $v_c$ )

On appelle vitesse critique celle au dessus de laquelle l'écoulement cesse d'être régulier pour devenir turbulent et instable par suite de remous et tourbillons que forme l'eau. Cette vitesse critique ( $v_c = \sqrt{2gh} = \sqrt{g y_c}$ ) se trouve à la profondeur critique ( $y_c$ ). Par exemple, le débit à l'extrémité d'un canal étant maximum puisque non contrôlé, la profondeur d'écoulement devrait être critique par définition (fig.4.2.1).

### 4.3. Profondeur critique ( $y_c$ )

La profondeur critique se calcule par la formule suivante:

$$Y_c = \text{racine cubique de } \frac{Q^2}{Gb^2}$$

où  $y_c$  = profondeur

$Q$  = débit

$g$  = gravitation

$b$  = largeur de la section

On peut aussi calculer la profondeur critique par la formule:

$$Y_c = 2/3 E_s \quad \text{où} \quad E_s = \text{énergie totale}$$

$$E_s = y_1 + q^2 / 2gA_1^2$$

où  $y$  = profondeur en amont

$Q$  = débit

$A$  = longueur de la section

Dans le cas d'un écoulement à surface libre, pour que la sphère fonctionne à son plein rendement, il faudra que son diamètre corresponde à la largeur (  $b$  ) de la contraction maximum où se produira l'écoulement critique.

$$Q = v_c b y_c \quad \text{où} \quad v = \text{vitesse critique}$$

$b$  = largeur

$y$  = profondeur critique

Étant donné que le rendement de la turbine dépend de la surface mouillée par les pales, dans un écoulement à surface libre, il y aura une grande perte de rendement, parce que le débit servant au fonctionnement de la turbine n'est pas le même que le débit disponible, à moins que les pales aient une très grande surface.

Maintenant donnons quelques exemples d'aménagements, afin de mieux visualiser l'installation et le fonctionnement de l'appareil.

#### 4.4. Exemple 1

Calcul d'une transition dans laquelle on traverse la profondeur critique:

Dans un canal rectangulaire de 10 pi de largeur l'écoulement se fait à une profondeur de 5 pi. lorsque le débit est de 100 pi /s. Il s'agit d'un écoulement tranquille. On veut passer à un canal rectangulaire de 8 pi. de largeur, mais en assurant un écoulement rapide dans un canal en aval. Il faudra donc une transition qui assurera une contraction suffisante pour créer un écoulement critique à cette section contractée. Supposons que la contraction ait une longueur de 50 pi et que la section de profondeur critique serait située à mi-longueur de la transition. En première approximation, supposons qu'il n'y a pas de perte dans la transition et que l'énergie totale (  $E_s$  ) est constante. On peut calculer l'énergie totale par les conditions en amont:

$$E_s = y + \frac{Q}{2g \times A_1^2} = 5 + \frac{100}{2g (50^2)} = 5.0621$$

Calcul de la largeur (  $b$  ) à la contraction maximum où se produira l'écoulement critique.

$$\begin{aligned} Y_c &= 2/3 E_s \\ &= 2/3 \times 5.0621 \\ &= 3.375 \text{ pi ( 1.03 m )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= v_c b y_c \\ &= \sqrt{g y_c} b y_c \\ &= 100 \end{aligned}$$

$$b = \frac{100}{\sqrt{g y_c}^{3/2}} = \frac{100}{5.67 \times 6.2} = 2.842 \text{ pi ( 0.87 m )}$$

$$v_c = \sqrt{g y_c} = 10.42 \text{ pi/s ( 3.176 m/s)}$$

On aura donc à l'entrée, 3.375 pi à la contraction où  $b = 2.842$  pi (profondeur critique) et par la suite, écoulement rapide dans le divergent. La section contractée est ici une section de contrôle et l'écoulement en amont de cette section restera inchangé tant que le niveau en aval restera inférieur à 3.375 pi.

Calcul de la puissance naturelle:

$$P = Q \rho H \quad \text{où } Q = 2.83 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ( } 100 \text{ pi}^3/\text{s} \text{ )}$$

$$\rho = 1,000 \text{ kg/m}^3$$

$$H = (y^1 - y_c) \text{ ou } \frac{v^2}{0.97 \times 2g}$$

$$H = 0.49 \text{ m ( } 1.62 \text{ pi )}$$

$$P = 2.83 \times 1000 \times 0.49 = 1,387.533 \text{ kg.m./s.}$$

$$= 13.600 \text{ kW ( } 1 \text{ kW} = 101.97 \text{ kg.m./s. )}$$

Calcul de la puissance installée:

Dans cet exemple, si on installe une hydrolienne dont le diamètre correspond à la largeur  $b = 0.87$  m à la contraction maximum, la hauteur des aubes sera de  $0.165$  m ( $H/3 = 0.49 / 3$ ).

La puissance installée, correspond à l'énergie cinétique du fluide contenu dans le tube de courant de section  $A$ , qui correspond à la surface mouillée des aubes.

$$P_a = 1/2 \rho A v_0^3 \quad \text{où } v_0 = 3.176 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$A$  = surface mouillée des aubes

La surface mouillée projetée des aubes ( surface estimée ) sera de :  $A = 0.165 \times 0.61 \times 0.5 \times 1.3 = 0.065$  m. Le coefficient 1.3 est approximatif et représente l'arc de cercle décrit par les aubes.

$$P_a = 1/2 \rho A v_0^3 = 1/2 \times 1000 \times 0.065 \times 3.176^3$$

$$= 1,042 \text{ watts}$$

Comme on peut le constater, la puissance disponible sous les pales n'est que de 1,042 W, à comparer aux 13,600 W de puissance naturelle. Il est facile de constater qu'un tel aménagement, soit écoulement à surface libre, n'est pas très rentable. On ne puise qu'environ 8% de l'énergie totale disponible.

Dans cet exemple, si l'on veut augmenter le rendement, il faudra aménager la rivière comme la roue Poncelet, ce qui a pour effet d'augmenter la hauteur de chute, donc d'en augmenter la puissance. Le rendement de l'opération devrait être de 60%.

#### 4.5. Exemple 2

Comme on a pu le constater dans l'exemple 1, la puissance est proportionnelle à la hauteur de chute. La puissance est aussi proportionnelle au débit de la colonne d'eau. Prenons maintenant un exemple avec une plus grande hauteur de chute: soit une rivière de 10 pi de largeur par 5 pi de profondeur qui alimente un réservoir d'eau retenu par un barrage de 8 m de haut. Si l'on veut que le niveau de l'eau dans le réservoir reste constant, le débit de remplissage devra être égal au débit de sortie, supposons  $100 \text{ pi}^3 / \text{s}$ .

Si le débit de sortie est de  $100 \text{ pi}^3 / \text{s}$  ( $2.83 \text{ m}^3 / \text{s}$ ), le diamètre du tuyau de sortie sera de:

$$Q = \frac{\pi d_1^2}{4} \times 0,97 \sqrt{2gh} \quad d_1 = 0,5446 \text{ m}$$

En pratique, pour la bonne tenue du jet,  $d$  ne doit pas dépasser 27 centimètres, ce qui limite la valeur du débit dérivé par un seul injecteur. Si le diamètre du jet ( $d$ ) est de 0.27 m., le débit dérivé sera de:

$$Q = \frac{\pi d_1^2}{4} \times 0,97 \sqrt{2gh}$$

$$Q = 0.6954$$

Sur un débit total de  $2.83 \text{ m}^3 / \text{s}$ , ( dans cet exemple on pourra installer 4 injecteurs, donc 4 turbines ou 2 turbines à 2 injecteurs).

Si on installe à la sortie de chaque injecteur une turbine dont les augets ont une hauteur de 0.27 m de façon à capter toute la surface de charge ( le dos de chaque auget fait un angle de 25 à 30 degrés avec le jet d'eau, et s'il y a un sillon central permettant à l'eau de faire un angle de 170 degrés ), on aura un rendement de 90%.

La puissance maximum produite pour chaque turbine sera de:

$$P = Q \cdot H \cdot 90\%$$

$$P = 0.6954 \times 1000 \times 8 \times 90\%$$

$$P = 5,006.88 \quad (1 \text{ kW} = 101.97 \text{ kg.m. / s})$$

$$P = 49.101 \text{ kW}$$

Dans cet exemple, chaque turbine sera équipée d'un moteur de 65 HP ( 1 HP = 746 watts ).

La vitesse de sortie du jet sera de:  $v_1 = 0.97 \sqrt{2gh}$   
 $v_1 = 12.14 \text{ m / s}$

Si on considère que la vitesse de rotation de la turbine ( vitesse de régime ) est égale à :

$$u = v_1 / 2$$

$$u = 6.075 \text{ m / s.}$$

Si le moteur de 65 HP tourne à plein régime à 1800 tours par minute, le diamètre du pignon sera de :

$$v' = \frac{\pi D n}{60} \quad (v' = u)$$

$$D = \frac{60 \times v'}{\pi \times n}$$

$$D = 0.064 \text{ m ( 2.53 po )}$$

Dans cet exemple on a un réservoir dont le débit de sortie est de  $2.83 \text{ m}^3 / \text{s}$ , ce qui nous permet d'installer 4 turbines d'environ 50 kW de puissance chacune ( puissance totale = 200 kW ). Comme dans la réalité le débit varie selon les saisons, on pourra en tout temps faire fonctionner une seule ou plusieurs turbines en fonction du débit disponible. Il est toujours possible d'installer des accumulateurs suffisants pour accumuler le courant nécessaire aux périodes des plus fortes demandes ou aux périodes d'arrêt du système. On peut optimiser que l'appareil fonctionnera 300 jours \ an, en tenant compte des arrêts pour l'entretien, manque d'eau, ou tout autre raison. À 300 jours\an, les turbines pourront fournir 1,440,000 kW, si on vendait cette énergie au même tarif qu'Hydro-Québec, soit  $\$0.035/\text{kW}$  le revenu annuel serait de 50,400.00\$.

Si on compare l'énergie disponible ( soit 200 kW ) à l'énergie requise au besoin énergétique d'une maison ( environ  $4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , voir chap. 3 ), dans cet exemple on aurait suffisamment d'énergie pour fournir 50 maisons.

Le coût d'un tel système est très variable, il dépendra du type de matériaux, du type de barrage, de la grandeur du réservoir, etc.

La durée de vie de l'appareil peut être estimée à plus de 15 ans ( voir tableau I, qui indique la durée de vie de différents éléments d'un projet hydro-électrique ). Ce qui va nous donner suffisamment de revenus, pour amortir les coûts de toute l'installation.

#### **4.6 Exemple 3 Aménagement de la chute Montmorency, près de Québec ( lat. 46 53' , long. 71 09' )**

Avant d'entreprendre tout aménagement, il faut une étude hydrologique de la rivière à aménager. Il faudra que les données soient prélevées le plus près possible de la chute à aménager. Ici nous allons prendre les données de la rivière Montmorency, en aval du barrage des marches naturelles ( station no.051001 ), pour l'année 86-87 (voir tableau et graphique 4.6.1)

Supposons que ces débits soient immédiatement en amont de la chute. Le débit moyen annuel ( pour 86 - 87 ) est de  $28.3 \text{ m}^3 / \text{s}$  et pour la période de 1924 à 1986 il est de  $35.5 \text{ m}^3 / \text{s}$ . La hauteur de chute est de 251 pi ( 76.5 m )( tableau 2.2 ).

Supposons que le débit dérivé ( débit aménagé ) soit de  $30 \text{ m}^3 / \text{s}$  tombant d'une hauteur de 70 m. Il faudra aménager un réservoir adjacent à la rivière afin de régulariser le débit et d'avoir une réserve d'eau.

La puissance naturelle sera de:  $P = Q \cdot H$   
 $= 30 \times 1000 \times 70$   
 $= 2,100,000 \text{ kg.m. s.}$   
 $= 20,594.292 \text{ kw.}$   
 $= 20.6 \text{ mégawatts}$

La puissance installée sera de: ( rendement 90% )  
 $P_i = Q \cdot H \times 90\%$   
 $= 18,534.862 \text{ kw.}$

On installe un tuyau partant du réservoir ( débitant  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  ) qui aura pour diamètre :

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \times 0,97 \sqrt{2gh}$$

$$d = 1.03 \text{ m.}$$

Si l'on considère que l'orifice du tuyau ( de l'injecteur ) ne doit pas excéder 27 cm pour chaque turbine afin de ne pas avoir de perte de rendement, ce tuyau de 1.03 m de diamètre pourra se subdiviser en quatre conduites de 0.257 m ( 10 po ) pouvant alimenter quatre turbines. La puissance développée pour chacune est fonction du débit dérivé par chaque injecteur, soit de:

$$P_i = Q \cdot H \cdot 90\% \quad ( Q = 7.5 \text{ m}^3/\text{s} )$$

$$= 7.5 \times 1000 \times 70 \times 90\%$$

$$= 472,500 \text{ kg.m} / \text{s}$$

$$= 4,633.715 \text{ kW}$$

La puissance en HP de chaque générateur sera de 6,211.41 HP ( 1 HP = 746 watts ).

Dans cet exemple, on pourra installer quatre turbines de 4,633.715 kW, fonctionnant chacune avec un débit de  $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Comme les calculs ont été effectués à débit moyen (  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  ) au période d'étiage ( à plus faible débit ) par exemple, 16 au mois d'août ( rf: tableau, station # 051001 ), on pourra ne faire fonctionner que deux turbines. Il serait aussi possible d'installer d'autres turbines, en prévision des plus hautes crues ( soit  $105 \text{ m}^3/\text{s}$  en avril ), mais il faudrait complètement changer l'installation ( conduite, réservoir, etc. ). Aux périodes hivernales ( janvier  $7.05 \text{ m}^3/\text{s}$ , février  $4.70 \text{ m}^3/\text{s}$  ), on pourra dévier tout le débit de la rivière dans le réservoir et prévoir des périodes d'arrêt afin de permettre le remplissage du réservoir, car le débit d'entrée est plus faible que le débit de sortie. Comme on peut le constater à la lumière de cet exemple, le potentiel hydro-électrique des chutes est considérable et demande une étude beaucoup plus approfondie de tous les paramètres précédemment décrits, afin d'avoir une installation le plus rentable possible.

## MONTMORENCY A 0,6 KM EN AVAL DU BARRAGE DES MARCHES NATURELLES

STATION NUMÉRO 051001

45°53'28"N - 71°06'08"W

BASSIN VERSANT 1100 km<sup>2</sup>

ENREGISTREUR A RUBAN PERFORE

## RÉSUMÉ DES DÉBITS JOURNALIERS EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE 1986-1987

	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
MOYENNE	32,8	22,1	11,3 B	7,05 B	4,70 B	13,3 B	105	34,7	34,0	34,4	16,0	24,3
MAXIMUM	54,7	64,1	20,1	8,60 B	5,65 B	198	460	83,7	150	79,7	32,8	105
DATE	01	10	04	01	01	31	01	13	28	01	23	14
MINIMUM	24,2	13,3	8,70 B	5,70 B	3,90 B	3,00 J	33,2	21,6	9,69	19,1	10,4	11,9
DATE	22	20	31	31	28	19	30	05	26	14	31	08

## RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

	POUR L'ANNÉE	DEPUIS 1924	RÉGIME
MIXTE	28,3	35,5 (34 ANS)	NATUREL
MAXIMUM JOURNALIER	460 LE 01-04	770 LE 01-10-24	
MAXIMUM INSTANTANÉ	886 LE 01-04 A 00 H 30 MIN	1110 LE 03-11-86 A 01 H 00 MIN	
MINIMUM JOURNALIER	3,00 LE 19-03	2,75 LE 31-01-81	

LA RELATION NIVEAU DÉBIT EST CALCULÉE AVEC LES JAUGEAGES FAITS ENTRE 9,20 m/s ET 413 m/s

APPRECIATION DES DONNÉES PÉRIODE SANS REFOULEMENT BONNE ET PÉRIODE AVEC REFOULEMENT ACCEPTABLE

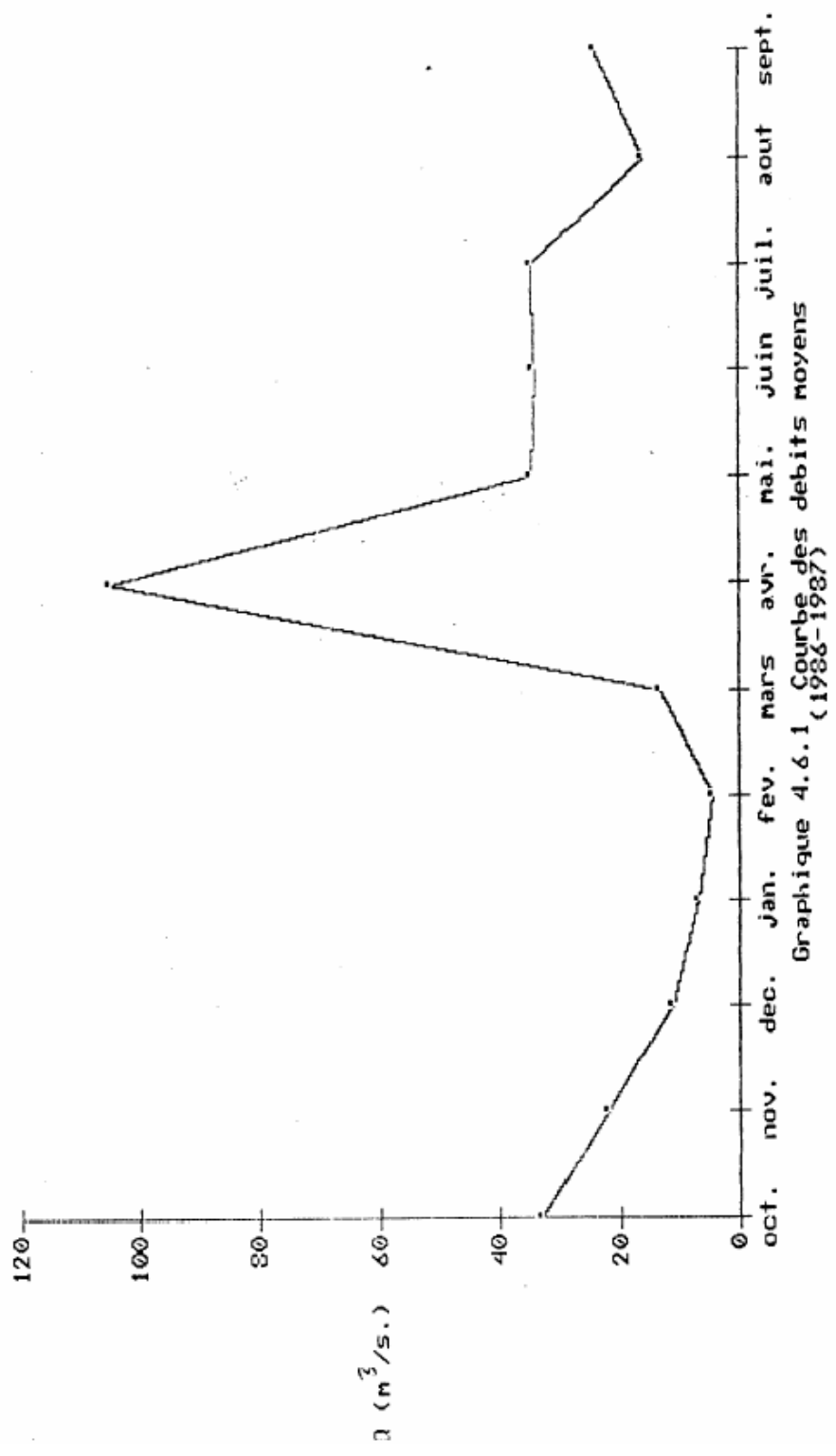
## MONTMORENCY (RIVIÈRE) EN AVAL DU BARRAGE DES MARCHES NATURELLES - STATION NO 02P0002

## DÉBITS MOYENS MENSUELS ET ANNUELS EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE POUR TOUTE LA PÉRIODE D'OBSERVATION

JAN	FEB	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	MOYEN	ANNÉE
---	---	---	11,2	139	112	63,4	35,2	---	---	---	---	---	1924
---	---	---	---	---	---	---	---	---	22,1	21,2	13,7	---	1925
8,35	6,00	4,67	5,18	102	97,1	33,8	15,6	22,5	40,3	67,7	11,8	32,1	1926
7,32	4,84	4,87	38,2	84,2	45,0	31,8	13,2	11,4	27,7	101	21,7	32,1	1927
7,65	6,84	6,54	27,7	224	84,2	82,2	28,1	18,1	21,3	17,2	12,2	43,5	1928
12,0	6,83	7,34	24,0	195	76,3	51,1	33,5	20,7	27,8	24,2	9,83	41,5	1929
14,4	6,73	7,50	28,4	173	76,0	82,7	37,4	35,5	18,8	22,4	10,5	40,9	1930
8,04	5,29	5,11	38,6	80,2	60,3	48,4	32,3	38,4	32,8	26,0	13,2	32,4	1931
13,2	6,84	6,85	32,9	67,8	24,4	45,6	37,8	38,8	41,0	17,8	12,5	30,8	1932
9,83	6,84	6,38	19,3	163	24,0	14,1	14,8	11,0	17,0	13,1	8,63	25,8	1933
4,52	7,81	3,61	29,7	151	46,0	17,4	15,2	18,9	29,2	27,8	32,4	1934	
4,91	6,49	6,59	41,9	71,9	86,0	33,3	22,4	28,4	26,0	29,4	10,0	30,2	1935
5,66	6,34	62,0	36,6	129	47,8	31,2	17,9	33,7	59,2	26,8	13,8	39,8	1936
17,2	12,4	7,58	23,8	122	55,8	31,8	45,0	24,2	54,2	37,0	11,1	39,5	1937
5,88	6,27	12,5	100	84,1	32,2	28,2	33,2	59,8	18,7	17,0	10,5	28,1	1938
19,2	5,58	4,39	14,5	---	---	86,1	60,5	29,1	---	---	---	---	1939
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	24,1	23,3	---	1944
19,4	7,87	6,05	14,8	34,4	25,9	20,3	24,2	38,4	52,7	20,0	8,99	27,8	1945
7,85	7,28	6,09	29,1	124	69,5	19,3	37,1	24,0	42,3	44,8	28,9	40,8	1946
10,4	7,55	5,85	11,7	59,2	82,0	31,8	31,8	19,6	50,7	22,7	13,8	29,9	1947
10,1	6,00	6,91	48,6	54,7	32,7	24,2	14,0	11,8	19,8	9,22	6,57	24,2	1948
4,54	4,25	3,84	24,1	142	65,3	33,9	44,0	32,8	23,3	44,7	16,6	37,0	1949
6,87	8,20	3,98	28,5	121	60,9	28,8	28,4	45,5	49,6	25,3	12,0	35,8	1950
5,22	4,82	4,47	19,1	149	24,0	21,8	48,3	45,8	24,2	17,2	9,73	32,0	1951
6,33	4,89	5,23	11,3	140	90,6	57,3	41,7	22,4	34,3	21,6	18,7	41,8	1952
12,5	22,2	18,2	40,2	144	56,7	66,3	39,5	40,7	23,5	19,7	28,1	47,1	1953
12,2	6,33	8,08	35,0	161	127	47,3	38,2	31,8	26,1	34,6	31,6	47,8	1954
9,38	5,98	16,5	23,7	167	59,8	20,6	17,6	31,1	22,8	27,5	19,2	24,5	1955
11,9	12,8	18,2	28,3	165	38,7	67,2	69,7	28,5	29,4	18,8	9,17	44,2	1956
6,42	5,47	10,2	63,2	121	41,2	31,6	30,8	32,2	49,0	27,1	13,1	36,2	1957
35,1	8,91	6,52	16,7	144	26,8	15,4	11,8	12,2	30,8	16,2	8,40	24,2	1958
6,18	4,17	28,5	85,1	109	29,8	12,4	23,3	68,2	37,0	37,2	21,4	38,2	1959
14,1	7,53	7,86	47,4	72,5	32,6	22,1	20,1	36,7	40,2	20,0	7,43	29,2	1960
2,93	28,2	---	---	---	58,1	37,4	34,5	20,8	32,1	19,2	9,23	---	1961
6,89	6,14	6,82	32,3	107	28,7	14,7	17,6	22,4	19,2	62,0	32,0	28,1	1962
14,2	14,9	17,0	57,6	149	51,3	21,2	14,0	22,2	31,4	25,5	12,8	26,2	1963
4,85	9,41	9,59	61,8	137	44,2	28,7	19,1	14,9	15,1	26,9	13,7	27,8	1964
6,89	4,34	4,38	48,2	120	62,0	31,3	14,4	14,6	31,7	19,4	12,1	30,1	1965
12,0	10,2	7,10	97,0	102	48,8	48,7	32,3	24,5	---	---	---	---	1966
9,57	6,81	9,68	41,1	126	56,6	34,5	29,4	29,5	24,2	29,8	15,1	35,2	MOYEN
GÉNÉRAL - LAT 46 53 28 BASSIN VERSANT 1 100 km <sup>2</sup> DONNÉES FOURNIES PAR - R - RÉVISÉES DEPUIS JAN 1984													
LONG 71 08 05 DÉBIT NATUREL MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC													

Nom de chute	Hauteur de chute (m)	Lieu
» Della Falls	440	Della Lake, CB
» Takakkaw Falls	254	Daly Glacier, CB
» Hunlen Falls	253	Atnarko River, CB
» Panther Falls	183	Nigel Creek, AB
» Helmcken Falls	137	Murtle River, CB
» Bridal Veil Falls	122	Bridal Creek, CB
» Virginia Falls	90	South Nahanni River, TNO
» Chute Montmorency	84	Rivière Montmorency, QC
» Twin Falls	80	Parc National Yoho, CB
» Chute Ouatichouan	79	Rivière Ouatichouan, QC
» Churchill Falls	75	Fleuve Churchill, TN
» Brandywine Falls	61	Brandywine Creek, CB
» Chutes Niagara (American Falls)	59	(Niagara River, É.-U.)
» Chutes Niagara (Horseshoe Falls)	57	Niagara River, ON
» Wilberforce Falls	49	Hood River, NU
» Dog Falls	47	Kaministiquia River, ON
» Kakabeka Falls	47	Kaministiquia River, ON
» Chute de Shawinigan	46	Rivière Saint-Maurice, QC
» Grand Falls	43	Exploits River, TN
» Parry Falls	40	Lockhart River, TNO
» Wawatlin Falls	38	Mattagami River, ON
» Elizabeth Falls	34	Fond du Lac River, SK
» Aubrey Falls	33	Mississagi River, ON
» Alexandra Falls	32	Hay River, TNO
» Thomas Falls	31	Unknown River, TN
» Marengo Falls	30	Marengo Creek, TNO
» Barrow Falls	27	Barrow River, NU
» Pigeon Falls	27	Pigeon River, ON
» Scott Falls	27	Unknown River, TN
» Tyrrell Falls	26	Lockhart River, TNO
» High Falls	24	Onaping River, ON
» Schist Falls	24	Pukaskwa River, ON
» Smoky Falls	24	Mattagami River, ON
» Christopher Falls	23	Opasatika River, ON
» Chute du Calcaire	22	Rivière Caniapiscou, QC
» Chute au Granite	21	Rivière Caniapiscou, QC
» Partridge Falls	21	Pigeon River, ON
» Steephill Falls	21	Maggie River, ON
» Louise Falls	20	Hay River, TNO
» Muhigan Falls	19	Muhigan River, MB
» Big Beaver Falls	18	Kapuskasing River, ON
» Chutes aux Schistes	18	Rivière Caniapiscou, QC
» Twin Falls	18	Abitibi River, ON
» Lady Evelyn Falls	17	Kakisa River, TNO
» Muskrat Falls	15	Fleuve Churchill, TN
» Taskinigup Falls	15	Burntwood River, MB
» Kazan Falls	14	Kazan River, TNO
» Rideau Falls	12	Rideau River, ON

Source : Division GéoAccès, Centre canadien de télédétection, Ressources naturelles Canada 2004



Graphique 4.6.1 Courbe des debits moyens (1986-1987)

## **Conclusion**

Comme on a pu le constater, cet appareil a de multiples avantages. Soit sa facilité d'installation, le générateur étant intégré à l'intérieur de la sphère, ceci nous permet de fabriquer ou de réparer la turbine en usine, et on pourra changer la turbine à volonté.

Par sa facilité d'installation, cet appareil pourrait être un complément intéressant aux réseaux hydroélectriques déjà existants; par exemple l'aménagement de chutes avec un plus ou moins grand potentiel hydraulique, ou dans des endroits difficiles d'accès pour les réseaux courants. Comme il n'est pas nécessaire d'entraver la chute (réservoir adjacent à la rivière), l'installation de l'appareil ne cause pas trop de perturbation à l'environnement (mis à part durant les travaux d'installation. Cet appareil ne demandant pas d'énorme infrastructure, il pourra être installé sans frais démesurés et se rentabilisera assez rapidement.

Enfin, ce type de turbine hydraulique peut constituer une solution intéressante au problème de l'énergie dans les pays en voie de développement qui disposent de ressources inexploitées.

## REFERENCES

Annuaire hydrologique, Ministère de l'Environnement, Direction des relevés aquatiques, Québec 1985-1986.

Fact from canadian map, A géographical handbook, Énergie mines et ressources Canada, Ottawa, Canada 1972.

Fritz Jack J., Small and mini hydropower systems, resource assesment and project feasibility. McGraw-Hill book company, 1984.

Giles, Ranald V., Mécanique des fluides et hydraulique. Cours et problèmes, Ed. française Michel Lobenberg, McGraw-Hill company, 1975.

Ginocchio Roger, L'énergie hydraulique, Paris, Ed. Eyrolles, 1978.

Kaine Michel, Les éoliennes, vue d'ensemble de leur utilisation. Ministère de l'énergie et des ressources, Québec, 1980.

Lanoy Henry, Les petites turbines hydro-électriques modernes. Girardot et cies, Dunod, Paris, 1949.

Lapierre Jean Jacques, Théorie d'électricité et d'électronique, Tome I, Ministère de l'Éducation, Service des cours par correspondance, Canada, 1964.

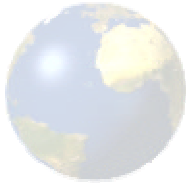
Lebreton C., Dynamique fluviale, Ed. Eyrolles, Paris, 1984.

Leclerc André, Écoulement à surface libre, Note de cours 1.522, École Polytechnique, Département génie civil, Montréal, 1971.

Lemelin René, Précis de mécanique, Tome IV, Ministère de l'Éducation, Service des cours par correspondance, Montréal, 1960.

Streeter L., E. Benjamin Willie, Fluid mechanics, McGraw-Hill company, 1979.

Varlet Henri, Turbine hydraulique et groupes hydroélectriques, Ed. Eyrolles, Paris, 1964.



# *T'A.G.I.*

*turbine autoportante à génératrice interne*

*brevet #1307716*  
*théorie et application*  
*recherche préliminaire*

*projet élaboré par :*  
**GABRIEL DESSUREAULT**  
[Gabriel.dessureault@globetrotter.net](mailto:Gabriel.dessureault@globetrotter.net)