



Siège de l'UNESCO
Paris, 5 - 9 juillet 1993

UNESCO Headquarters
Paris, 5 - 9 July 1993

World Solar Summit Sommet solaire mondial

High-level Expert Meeting
Réunion d'experts de haut niveau

12 AUG 1993

SC.93/Conf.003/23
Paris, 30 June 1993
Original : English

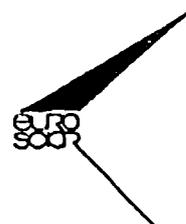
Hydro-Electricity: A Renewable Energy

L'Hydroélectricité: Une Énergie Renouvelable



CEE

Ademe



L'HYDROÉLECTRICITÉ : UNE ÉNERGIE RENEUVABLE

HYDRO-ELECTRICITY: A RENEWABLE ENERGY

**Coordinateur : RENÉ Jean-Guy, P.-d.g.
Société d'énergie de la Baie James**

**Coauteure : NOËL Nathalie, Conseillère
Hydro-Québec**

INTRODUCTION

L'hydroélectricité constitue la source la plus importante d'énergie renouvelable dans le monde utilisée à l'heure actuelle. La majorité des ressources hydroélectriques inexploitées dans le monde se retrouvent dans les pays en développement. Pour ces pays, qui connaîtront au cours des prochaines décennies une forte augmentation de leur population et de leur demande d'électricité, l'énergie hydraulique constitue sans aucun doute l'une des solutions à privilégier. Elle comporte plusieurs avantages par rapport aux autres formes d'énergie. Elle permet de réduire la dépendance des pays à l'égard des importations de pétrole et l'usage polyvalent qu'on peut faire des installations hydroélectriques est très avantageux puisqu'il peut permettre aux pays d'adopter un plan intégré de gestion de l'eau, ce qui s'avère d'une importance stratégique pour un bon nombre de pays du Sud ayant une forte densité de population.

C'est la filière hydroélectrique qui a été retenue au Québec par la compagnie Hydro-Québec. Le Québec est peu choyé en terme de sources d'énergie fossile et l'énergie hydraulique constitue en fait la seule forme d'énergie économiquement exploitable disponible en grande quantité sur le sol québécois. Bien que l'implantation de grands complexes hydroélectriques ne puisse se faire sans toucher l'environnement immédiat des sites aménagés et soulever potentiellement des enjeux sociaux importants, l'hydroélectricité constitue, dans la perspective du développement durable, une forme d'énergie très efficace. C'est le seul moyen de production de base d'électricité, avec l'énergie nucléaire, qui ne contribue pas à la détérioration des conditions atmosphériques globales.

1. L'Hydroélectricité dans le monde

1.1 Mise en situation

Les ressources hydroélectriques mondiales sont considérables. Elles ont été largement développées dans les pays industrialisés, notamment en Europe et en Amérique du nord. Cependant, seule une faible proportion du potentiel hydroélectrique très important situé dans les pays en développement du Sud a été mise à profit jusqu'à maintenant.

Il est important, tout d'abord, de situer la part prise par l'hydroélectricité dans le bilan énergétique mondial. En consultant le tableau 1, on constate que cette part, qui représentait en 1990 0,5 Gtep, se situait à 5,7 % du total. Suivant les différents scénarios, elle atteindra un niveau se situant entre 0,9 et 1,2 Gtep en 2020, ce qui représente une forte croissance dans le contexte actuel et elle occupera alors entre 7 % et 8 % du bilan énergétique. La part de l'hydroélectricité, au plan mondial, ira donc en s'accroissant de façon significative.

Voyons ce qui en est des autres sources d'énergie.

Tableau 1 : Bilan énergétique, passé et futur - consommation mondiale d'énergie
Table 1 : Energy Mix, Past and Future - Global Fuel Use
(en Gtep\in Gtoe)

Source d'énergie Energy Form	1990	2020		
		Scénario de référence Reference Case	Scénario de développement économique fort Enhanced Economic Development Case	Scénario Environnemental Ecologically Driven Case
Charbon\Coal	2,3	3,2	4,8	2,1
Pétrole\Oil	2,8	3,7	4,6	2,7
Gaz\Gas	1,7	2,8	3,5	2,3
Nucléaire\Nuclear	0,4	0,8	1,0	0,7
Hydraulique\Hydro	0,5	1,0	1,2	0,9
Nouvelles énergies renouvelables\ New Renewable	0,2	0,5	0,8	1,5
Traditionnelles\ Traditional*	0,8	1,3	1,2	1,0
TOTAL	8,7	13,3	17,2	11,2

* Principalement des combustibles non-commerciaux\Mainly non-commercial fuels

Source : WEC, RoundUp, 15th WEC Congress 1992, Madrid - Spain, World Energy Council, 1993, p.94.

Le Conseil mondial de l'énergie (World Energy Council) envisage dans ce tableau trois scénarios de prévision de la consommation mondiale d'énergie. Ces trois scénarios correspondent à différentes hypothèses de développement économique et d'amélioration de l'efficacité énergétique. La population de la terre passerait de 5,3 milliards d'habitants en 1990 à 8,1 milliards en 2020 ; 90 % de cette augmentation s'observerait dans les pays en développement. Le scénario de référence fait l'hypothèse que le monde connaîtra une croissance économique moyenne, le scénario de forte croissance économique prévoit une croissance plus importante dans les pays en développement que dans le scénario de référence tandis que le scénario environnemental prévoit la même croissance économique que le scénario de référence mais une amélioration encore plus marquée de l'efficacité énergétique.

Les sources d'énergie exploitées commercialement continuent à dominer le bilan énergétique pour la période étudiée et garderont probablement leur importance pour une bonne partie du prochain siècle. Le ratio combustibles fossiles/ensemble des sources, qui est 78 % en 1990, passe en 2020 à 73 % dans le scénario de référence, 75 % dans le scénario de forte croissance économique et à 63 % dans le scénario environnemental. En chiffres absolus, ces ratios correspondent à des augmentations de la demande en combustible fossile de 6,8 Gtep en 1990 à 9,7 Gtep et 12,9 Gtep en 2020 dans le scénario de référence et le scénario de forte croissance économique respectivement. Seul le scénario environnemental prévoit une certaine stagnation de la demande à 7,1 Gtep.

Il est prévu que la contribution de l'énergie nucléaire augmentera à un rythme semblable à celui de l'hydroélectricité et cela impliquera qu'on apporte des solutions à certains des problèmes de sécurité qui inquiètent l'opinion publique tels que : la sûreté technique en exploitation, la compétence en gestion, des inspections internationales efficaces de même que le stockage sécuritaire et durable des déchets radioactifs.

Les nouvelles énergies renouvelables tiendront probablement une part de plus en plus marquée du bilan énergétique dans les premières décennies du prochain siècle. Cependant, comme vu plus haut, il est prévu que cette augmentation ne permettra pas de diminution de l'utilisation des combustibles fossiles d'ici à 2020. Un développement et une implantation efficaces de ces ressources renouvelables au cours des prochaines décennies sera nécessaire pour maximiser la contribution qu'elles peuvent apporter à la diversification des sources d'énergie et la sécurité des approvisionnements à long terme. Pour l'instant toutefois, le manque de viabilité commerciale des énergies renouvelables limite leur utilisation sur une grande échelle dans le système énergétique mondial, notamment en raison du niveau élevé de leur coût.

Il est, bien entendu, impossible de prédire l'avenir. Toutefois, il est raisonnable de croire, compte tenu de l'inexorable augmentation de la population mondiale, que la demande d'énergie connaîtra un accroissement considérable. Il devient alors évident que l'apport de toutes les sources d'énergie actuellement utilisées sera requis.

1.2 Le développement des ressources hydroélectriques

Bien que pratiquée depuis plus d'un siècle, la construction de barrages hydroélectriques s'est grandement accélérée à partir du milieu du XX^e siècle. Aujourd'hui, il existe plus de 36 000 barrages de plus de 15 mètres de hauteur dans le monde et plus de 85 % de ces barrages ont été construits depuis moins de 35 ans¹.

Plus de 200 barrages ont été complétés durant l'année 1989 seulement. En Inde uniquement, de 60 à 70 barrages de plus de 15 mètres de hauteur étaient en construction alors qu'en Turquie, une quarantaine de chantiers de construction pour des barrages de taille similaire étaient actifs². En ce qui concerne les très grands barrages hydroélectriques (plus de 150 m. de hauteur), il y en avait, en 1990, 271 en service, 71 en construction et 86 de planifiés.

Plusieurs projets hydroélectriques de grande capacité sont en service : Itaipu (12 600 MW) au Brésil, Guri (10 300 MW) au Venezuela, Grand Coulee (6 494 MW) aux États-Unis, Sayano-Shushensk (6 400 MW) et Krasnoyarsk (6 000 MW) en ex URSS, Churchill Falls (5 428 MW) et La Grande 2 (5 328 MW) au Canada³. D'autres sites importants sont aujourd'hui considérés pour des grands projets, notamment en Chine (projet Trois Gorges) et en ex-URSS (projet Turakansk).

Le Tableau 2 indique qu'en termes de puissances installées, l'Europe, le Canada et les États Unis ont connu à ce jour un développement substantiel mais que les taux de développement courants sont davantage importants maintenant en Chine et ailleurs en Asie et au Moyen-Orient, en Amérique Latine et en ex URSS.

¹ USCOLD, The Role of Dams in the 21st Century, United States Committee on Large Dams, June 1992, p. 20.

² Ibid, p. 22.

³ Water Power & Dam Construction, 1992 Handbook, p. 57.

TABLEAU 2 : Puissance hydroélectrique installée et en construction en 1990
TABLE 2 : Hydroelectric Capacity Installed and Under Construction in 1990

Région Region	(1) Puissance installée totale Total installed capacity GW	(2) En construction Under construction GW	(2) en % de (1) (2) as % of (1)
Afrique/Africa	19,5	2,37	12
Asie et M.O., Chine et Japon exclus Asia and M.E., China and Japan excluded	48,4	19,87	41
Chine/China	36,1	24,12	67
Japon/Japan	20,5	0,80	4
Océanie/Oceania	13,3	1,26	9
Europe	153,8	9,29	6
Canada et États-Unis Canada and USA	132,1	5,16	4
Mexique, Amérique centrale et du sud Mexico, South and Central America	97,8	34,47	35
Ex URSS/Ex USSR	64,4	12,60	20
TOTAUX/TOTALS	585,9	109,94	19

Note : Le tableau utilise les données de l'Annexe I et le regroupement produit dans "The Role of Dams in the 21st Century", United States Committee on Large Dams, June 1992, p. 29.

Le Tableau 3 nous permet de constater, lui, l'utilisation qui est faite du potentiel hydroélectrique mondial. L'Annexe I⁴ présente le détail d'où sont tirés les Tableaux 2, 3, et 4. On constate donc qu'en 1990, 15 % seulement des ressources exploitables étaient utilisées ; une fois complété ce qui était alors en construction, l'utilisation faite du potentiel demeurera inférieure à 20 %. Les plus forts taux de réalisation se rencontrent au Japon, au Canada et États Unis et en Europe. Par ailleurs les taux de construction les plus importants sont ceux qu'on observe en Amérique Latine, en Chine et ailleurs en Asie et au Moyen-Orient.

⁴ Tiré de Water Power & Dam Construction, 1992 Handbook, pp. 34 à 37.

TABEAU 3 : Ressources hydroélectriques mondiales en 1990
TABLE 3 : World's Hydro Ressources in 1990

Région Region	(1) Ressources exploitables Potential Resources TWh/an TWh/year	(2) Production en 1990 Generation in 1990 TWh	(2) en % de (1) (2) as % of (1)	(3) Production en 1990 et moyenne probable des centrales en construction Generation in 1990 and probable average for plants under construction TWh/an-TWh/year	(3) en % de (1) (3) in % of (1)
Afrique/Africa	1 332,2	49,6	4	55,2	4
Asie et M.O., Chine et Japon exclus Asia and M.E., China and Japan excluded	2 057,8	167,8	8	235,2	11
Chine/China	1 943,3	130,8	7	226,8	12
Japon/Japan	130,5	88,0	67	90,4	69
Océanie/Oceania	202,6	37,6	19	41,6	21
Europe	835,2	483,5	58	502,9	60
Canada et États-Unis Canada and USA	969,0	573,2	59	589,4	61
Mexique, Amérique centrale et du sud Mexico, South and Central America	3 485,6	380,0	11	574,1	16
Ex URSS/Ex USSR	2 950,0	223,3	8	273,2	9
TOTAUX/TOTALS	13 906,2	2 133,8	15	2 588,8	19

Note : Le tableau utilise les données de l'Annexe I et le regroupement du Tableau 2.

Le Tableau 4 présente les dix principaux pays en matière de ressources exploitables, de production énergétique annuelle et de moyenne annuelle probable pour les centrales en construction. Cinq pays se retrouvent dans les trois composantes du tableau : l'ex URSS, la Chine, le Brésil, l'Inde et le Canada. Les dix pays de la composante des "Ressources exploitables" possèdent donc à eux seuls 70 % des ressources mondiales, l'ex URSS et la Chine venant en tête. Dans la composante des "Centrales en exploitation" on retrouve un fort nombre de pays industrialisés où viennent en tête le Canada et les États Unis, et dans la composante des "Centrales en construction" on retrouve cette fois un fort nombre de pays en développement, le Brésil et la Chine apparaissant aux premiers rangs.

TABEAU 4 : Ressources hydroélectriques en 1990 ; dix principaux pays
TABLE 4 : Hydro Resources in 1990 ; ten main countries

Pays Countries	Ressources exploitables Potential Resources		Pays Countries	Centrales en exploitation Plants in operation		Pays Countries	Centrales en construction Plants under construction	
	TWh/an TWh/year	% du total % of total		TWh/an TWh/year	% du total % of total		TWh/an TWh/year	% du total % of total
Ex URSS Ex USSR	2 950,0	21,2	Canada	293,1	13,7	Brésil Brazil	120,0	26,4
Chine China	1 943,3	14,0	EUA/USA	279,8	13,1	Chine China	96,0	21,1
Brésil Brazil	1 194,9	8,6	Ex URSS Ex USSR	223,2	10,5	Ex URSS Ex USSR	49,9	11,0
Indonésie Indonesia	709,0	5,1	Brésil Brazil	213,4	10,0	Inde India	38,8	8,5
Inde India	600,1	4,3	Chine China	130,8	6,1	Argentine Argentina	26,1	5,7
Canada	593,0	4,3	Norvège Norway	121,6	5,7	Paraguay	15,0	3,3
Zaïre	530,0	3,8	Japon Japan	88,0	4,1	Turquie Turkey	14,0	3,1
Colombie Colombia	418,2	3,0	Suède Sweden	71,5	3,4	Venezuela	13,8	3,0
Perou/Peru	412,0	3,0	France	69,6	3,3	Canada	13,2	2,9
Argentine Argentina	390,0	2,8	Inde India	57,8	2,7	Pakistan	10,0	2,2
	70,1			72,6			87,2	

NOTE : Le tableau utilise les données de l'Annexe I.

Les tableaux démontrent clairement que, s'il y a toujours place pour du développement hydroélectrique dans certains pays industrialisés, c'est surtout dans les pays en développement que s'observe présentement la croissance de cette source d'énergie.

1.3 Les avantages et inconvénients du développement des ressources hydroélectriques

L'hydroélectricité comporte plusieurs avantages par rapport aux autres formes d'énergie. Son coût d'abord, là où l'installation est bien proportionnée aux besoins. L'hydroélectricité est aussi la plus importante des formes d'énergie renouvelable et c'est la seule qui soit actuellement utilisable sur une grande échelle. À toutes fins utiles, elle ne produit pas, contrairement aux filières thermiques, de gaz à effet de serre et permet donc de prévenir le potentiel réchauffement global de la planète.

L'adoption de la filière hydroélectrique permet aux pays de réduire leur dépendance envers les importations de pétrole. Ceci peut s'avérer très important pour plusieurs pays en développement qui sont aux prises avec une dette extérieure très importante et un manque de devises fortes. De plus, la technologie utilisée pour la production d'hydroélectricité est connue et maîtrisée depuis plus d'un siècle. L'efficacité de la conversion de l'énergie hydraulique en électricité est très élevée : elle varie de 85 à 90 %. L'exploitation de centrales hydroélectriques entraîne peu de coûts et leur durée de vie est considérablement plus longue que celle des centrales thermiques⁵. De plus, l'utilisation de l'énergie hydraulique peut facilement être combinée avec d'autres usages de l'eau (irrigation, approvisionnement en eau, contrôle des inondations, etc.). C'est ainsi que le développement des ressources hydroélectriques peut devenir partie intégrante, dans les pays en développement notamment, d'une politique générale de développement économique qui vise le développement durable. On ne doit pas se surprendre que les organismes de financement internationaux supportent généralement ce mode de production énergétique.

Cependant, l'utilisation de l'hydroélectricité peut comporter également des inconvénients substantiels, notamment lors de l'aménagement de grands projets sur des rivières ou des fleuves importants. Les grands projets hydroélectriques peuvent avoir des impacts considérables sur l'environnement. La construction de barrages et la création de réservoirs entraînent l'inondation de terres. Les pertes de terres agricoles peuvent poser des problèmes importants et les effets de l'eutrophisation dans les réservoirs peuvent être négatifs. Les inondations peuvent causer des problèmes d'hygiène et de santé publique. De plus, il arrive que les changements dans les débits et les niveaux de l'eau suscitent des problèmes de sédimentation, d'érosion, de salinisation ou d'évaporation. Ces changements peuvent entraîner des impacts considérables, en aval, sur l'agriculture et les pêcheries. Toutefois, il est possible de diminuer les problèmes causés par les changements de débit.

⁵ Energy Policy : Hydroelectric energy, Geoffrey P. Sims, October 1991, p. 779.

Les projets hydroélectriques peuvent également avoir des impacts sociaux et économiques considérables. Il peut y avoir tout d'abord la nécessité de déplacer des populations pour permettre la création des réservoirs. Il s'agit d'un problème capital, surtout dans les pays en développement ayant une forte densité de population. Il peut également arriver que la présence d'un complexe hydroélectrique dans une région suscite divers impacts locaux sur le climat, les activités socio-économiques des communautés locales de même que les activités récréatives dans la région. Ces impacts sont parfois positifs et parfois négatifs.

Quoiqu'il en soit, les divers impacts des projets hydroélectriques doivent être pris en considération dès les premiers stades de la planification des projets. Il est essentiel de garder une grande flexibilité durant tout le processus car c'est ce qui permet de s'ajuster aux conditions locales et de diminuer les impacts sur l'environnement et les populations locales.

Si les conditions environnementales devaient être telles à mettre un projet hydroélectrique en péril, il faudrait alors, en toute justice pour les populations visées, être en mesure de démontrer que les impacts environnementaux de l'alternative favorisée sont plus acceptables.

2. L'expérience d'Hydro-Québec

2.1 Le choix de la filière hydroélectrique

Depuis le début du XX^e siècle, l'hydroélectricité a été la principale source d'énergie primaire du Québec. Après la nationalisation de l'électricité au Québec, en 1963, l'utilisation de l'hydroélectricité s'est accrue. Le Québec est peu choyé relativement aux grandes sources d'énergie qui répondent actuellement aux besoins de la planète. On n'y trouve aucune source appréciable d'énergie fossile et aucun gisement d'uranium n'y est actuellement en exploitation. Outre la force du vent et le rayonnement solaire, l'énergie hydraulique constitue en fait la seule source d'énergie qui soit disponible en grande quantité sur le sol québécois. Il a donc été décidé de pousser le développement des ressources hydroélectriques du Québec. C'est ainsi qu'ont été construits sur différents sites, au cours des ans et particulièrement au cours des années 1960, 1970 et 1980, plusieurs barrages, réservoirs et centrales hydroélectriques.

La construction de ces grands projets hydroélectriques a favorisé l'acquisition par Hydro-Québec d'une expérience et d'une compétence remarquable, de même qu'une reconnaissance internationale dans les domaines de l'ingénierie, la construction, la gestion de projet et la recherche appliquée en électricité. L'utilisation croissante d'une ressource abondante au Québec a permis d'augmenter le degré d'autonomie énergétique de l'économie québécoise, qui est passé de 50 % au milieu des années 1970 à 70 % aujourd'hui^o, en plus de susciter une chute spectaculaire

^o Gouvernement du Québec, L'énergie au Québec, édition 1990, 1990, p. 9.

de 45 % de la part du pétrole dans le bilan énergétique⁷. Cela constitue une bonne police d'assurance contre les conséquences d'un bouleversement toujours possible de la géopolitique énergétique internationale et contre les fluctuations du prix des hydrocarbures et en particulier du pétrole.

Dans un contexte de diminution progressive des réserves planétaires en énergie fossile (pétrole, charbon, gaz naturel), Hydro-Québec considère que l'hydroélectricité constitue, là où elle est disponible, la forme d'énergie renouvelable la plus intéressante. À l'heure actuelle, le Québec, tout comme la province canadienne du Manitoba et la Norvège sont les seuls grands producteurs d'électricité à s'appuyer presque essentiellement sur une source d'énergie renouvelable, à savoir l'énergie hydraulique de leurs rivières. L'apport de l'hydroélectricité au bilan de l'électricité au Québec est de l'ordre de 95 % (le Québec disposait de 34 400 MW de production hydroélectrique à sa pointe d'hiver 1992-1993).

2.2 Les orientations pour la prochaine décennie

Contrairement à la plupart des pays industrialisés, et même si d'importants aménagements hydroélectriques y ont déjà été réalisés, le Québec dispose encore d'une grande quantité de ressources hydrauliques non aménagées. Le potentiel hydroélectrique encore disponible y est supérieur à 40 000 MW, dont 18 600 MW sont plus économiques que toute autre source de production ; on pourrait également penser que certains autres sites, (pour un total de plus de 3 000 MW) qui n'ont pas été évalués de façon approfondie à ce jour, pourraient être aménagés à un coût inférieur à celui des autres types de production⁸.

Hydro-Québec déposait, en octobre 1992 après une série de consultations, sa proposition de plan de développement pour approbation par le gouvernement du Québec. Cette proposition admet la mise en oeuvre de vigoureuses mesures d'efficacité énergétique et l'amélioration du réseau existant.

Parmi toutes les options qui ont été étudiées pour la filière principale de production pour faire face à la croissance des besoins, il a été décidé de continuer de privilégier la filière hydroélectrique, y compris les petites centrales des producteurs privés (moins de 25 MW de puissance installée). L'hydroélectricité demeure pour le Québec la solution la plus économique à long terme puisque le prix de revient des centrales hydroélectriques de grande envergure (voir le Tableau 5) varie de 0,03 à 0,046 \$ CA / kWh alors que celui de la filière nucléaire canadienne CANDU est évalué à 0,057 \$ CA / kWh et celui de la filière thermique la moins coûteuse (centrale de turbines à gaz à cycle combiné) à 0,06 \$ CA / kWh.

⁷ Gouvernement du Québec, L'énergie au Québec, édition 1992, 1992, p. 9.

⁸ Hydro-Québec, Proposition de plan de développement d'Hydro-Québec 1993, Annexe 3 : Moyens de production, octobre 1992, p. 19.

TABLEAU 5 : Potentiel Hydroélectrique économiquement aménageable au Québec
TABLE 5 : Economical hydroelectric potential in Québec

Centrale ou complexe hydroélectrique Power plant or Hydro Complex	Puissance disponible Available capacity (MW)	Énergie annuelle Annual generation (TWh)	\$ CA/kWh (1992)
Projets en construction :			
· La Grande 1	1 310	7,3	
· Laforge 1	820	4,5	0,030
· Brisay	380	2,3	
· Laforge 2	290	1,8	0,042
Projets de base :			
· Ashuapmushuan	730	3,5	0,035
· Sainte-Marguerite	820	4,4	0,038
· Eastmain 1	465	2,7	0,041
· Haut-Saint-Maurice	615	2,9	0,041
· Grande Baleine	3 210	16,2	0,040
Projets connus en réserve :			
· Nottaway-Broadback-Rupert	8 350	46,3	0,041
· Romaine	1 610	8,3	0,046
TOTAL	18 600	100,2	

Source : Hydro-Québec, Proposition de Plan de développement d'Hydro-Québec 1993, Annexe 3 : Moyens de production, octobre 1992, p. 19.

En ce qui concerne l'utilisation potentielle des autres formes d'énergies renouvelables, l'énergie éolienne semble la plus intéressante à long terme pour le Québec à cause de sa disponibilité et de son coût. Techniquement, c'est aujourd'hui une filière bien établie. Il existe au Québec quelques zones potentiellement intéressantes, situées à la périphérie du réseau principal. En outre, Hydro-Québec est à étudier la construction de parcs éoliens reliés à son réseau principal. Quant à l'utilisation de l'énergie solaire comme moyen de production d'électricité, elle est trop coûteuse pour être attrayante, d'autant plus que la distribution mensuelle d'énergie solaire au Québec ne coïncide pas avec celle de la consommation d'énergie. Toutefois, ni l'énergie solaire, ni l'énergie éolienne ne peuvent constituer des sources fiables d'énergie sur le réseau principal car elles ne permettent pas une production d'électricité sur demande. Par contre, l'hydroélectricité, grâce à ses réservoirs, peut emmagasiner l'eau pendant les périodes de fortes hydraulité et l'utiliser pour produire de l'électricité sur demande.

La production hydroélectrique est bien intégrée à la structure économique du Québec. En effet, chaque million de dollars dépensé à la construction d'une centrale de grande envergure et de son réseau de transport soutient, en terme d'emplois, un coefficient moyen de 10,3 années-personnes. Quant à l'exploitation des centrales hydroélectriques, elle génère un coefficient d'emplois élevé, puisque 75 % des dépenses sont consacrées au paiement de la masse salariale et qu'aucun achat de combustible provenant de l'extérieur du Québec n'est requis.

Les investissements faits par Hydro-Québec dans le domaine de l'hydroélectricité soutiennent les industries québécoises du génie civil, de la construction, du matériel électrique et des services d'ingénierie. De plus, les centrales hydroélectriques sont généralement situées en dehors des régions métropolitaines, ce qui assure une dispersion géographique des emplois directs et indirects et des retombées économiques en général.

2.3 Les enjeux environnementaux et sociaux

Toutes les filières de production d'électricité ont des impacts sur l'environnement. Toutefois, parmi les moyens de production de base, seules l'énergie nucléaire et l'hydroélectricité ne contribuent pas à la détérioration des conditions atmosphériques globales.

L'hydroélectricité constitue, dans la perspective du développement durable, une forme d'énergie très efficace. Cependant, l'implantation de grands complexes hydroélectriques ne peut se faire sans toucher l'environnement immédiat des sites aménagés et soulève des enjeux sociaux importants. Il est donc essentiel de réduire le plus possible les impacts négatifs et de mettre en valeur les retombées positives en intégrant les préoccupations environnementales à toutes les étapes de la conception, en concertation avec les populations visées et les gestionnaires du territoire.

Les enjeux environnementaux d'un projet hydroélectrique sont largement conditionnés par le type de milieu dans lequel il s'inscrit. Au Québec, les ouvrages récents et les projets envisagés se situent majoritairement en territoires éloignés des centres de consommation avec une faible densité de population, ce qui nécessite la construction de lignes de transport à haute tension sur de longues distances. Ce sont souvent des espaces de type boréal où le relief est peu accentué. Ainsi, des réservoirs de grande superficie doivent être généralement créés afin d'obtenir les conditions recherchées pour la gestion du régime hydraulique. Outre des activités forestières, minières ou touristiques, ces milieux sont plus particulièrement consacrés à l'exploitation des ressources fauniques, que ce soit à des fins récréatives ou de subsistance. C'est en prenant compte de ce contexte que la problématique environnementale des grands projets hydroélectriques au Québec doit être abordée. Dans son analyse exhaustive de cette problématique, Hydro-Québec a retenu six thèmes : la qualité de l'eau et de l'air, les écosystèmes naturels, l'environnement global, l'occupation et la structuration du territoire, les perceptions et les changements sociaux et, finalement, la sécurité. Ces six thèmes seront maintenant abordés de façon détaillée.

2.3.1 La qualité de l'eau et de l'air

Sous réserve de l'émission de faibles quantités de bioxyde de carbone (CO₂) et de traces de méthane (voir la section sur les conditions atmosphériques globales), les aménagements hydroélectriques n'ont aucune incidence sur la qualité de l'air.

Les ouvrages hydroélectriques ont toutefois une incidence notable sur les milieux aquatiques. La création de grands réservoirs peut modifier le régime thermique en provoquant un retard dans le réchauffement et le refroidissement des eaux. Par ailleurs, on peut observer dans les réservoirs, en raison de la décomposition de la matière organique submergée, une diminution temporaire du pH dans les milieux au faible pouvoir tampon ainsi qu'une libération d'ions et d'éléments nutritifs. La présence de mercure dans les réservoirs demeure l'impact résiduel le plus important, susceptible de toucher la santé et le mode de vie de ceux dont le régime alimentaire est en partie constitué de poissons. Ainsi, dans les réservoirs, la décomposition intense de la matière organique terrestre inondée provoque, au cours des premières années suivant la mise en eau, une augmentation importante de la teneur en mercure des poissons, de l'ordre de trois à sept fois. Toutefois, le problème est réversible sur une période de quinze à vingt-cinq ans.

Les études entreprises à ce jour dans le cadre des aménagements de la rivière La Grande, à la Baie James, ont permis de déterminer les concentrations de mercure dans les poissons et d'élaborer des normes de consommation pour les autochtones. Durant les années 1983 à 1985 on a noté de fortes teneurs en mercure dans les cheveux de quelques autochtones sans cas d'intoxication toutefois ; aujourd'hui toutes les mesures se situent dans les limites acceptables pour la santé.

2.3.2 Les écosystèmes naturels

Dans les habitats aquatiques, on constate de façon générale, en raison d'un apport important d'éléments nutritifs associés à la décomposition de la matière organique inondée et d'un taux de renouvellement des eaux plus long, que les réservoirs connaissent, au cours des premières années, une augmentation significative de la productivité des populations de poissons. La situation se stabilise par la suite pour assurer aux espèces piscicoles présentes un taux de croissance comparable à ce qui prévalait avant la mise en eau des réservoirs.

Par ailleurs, certains barrages érigés pour créer les réservoirs empêchent la libre circulation des poissons tandis que ces mêmes réservoirs réduisent substantiellement la superficie des habitats essentiels pour les espèces d'eau vive. Les turbines, pour leur part, sont cause d'un certain nombre de mortalités de poissons.

En ce qui concerne les estuaires et le milieu marin, les variations du régime hydrique apportent également des modifications à la température, au panache d'eau douce et à l'avancée du coin salin. Toutefois, les études de suivi environnemental réalisées sur le complexe La Grande, à la Baie James, ont permis d'établir que ces modifications n'ont pas entraîné de répercussion perceptible sur les populations de poissons qui fréquentent les estuaires.

Par ailleurs, dépendant des caractéristiques biophysiques des berges, de la morphométrie des réservoirs et de la gestion hydraulique des ouvrages, les habitats riverains situés en amont ou en aval des ouvrages peuvent voir leur potentiel réduit ou augmenté. La création de réservoirs a également pour effet d'éliminer certains habitats fauniques terrestres et riverains. C'est le cas notamment des habitats utilisés par le caribou et la sauvagine. Toutefois, les

études de suivi effectuées ne laissent pas présager d'effet négatif ou même tangible sur la population des caribous. En ce qui concerne la sauvagine, malgré l'importance locale des pertes d'habitats et des conséquences sur les oiseaux qui les fréquentaient, le déplacement demeure faible, puisqu'il touche moins de 1 % de tous les couples qui nichent au Québec.

2.3.3 Les conditions atmosphériques globales

Les recherches réalisées à ce jour indiquent que les projets hydroélectriques n'ont aucune incidence notable sur les conditions atmosphériques. Pour ce qui est des projets de futurs barrages, il a été établi dans les études que les émissions de CO₂ dans les réservoirs seront en moyenne à un pourcentage de 1,5 à 2,5 % du CO₂ produit, sur une base d'énergie équivalente, par les variantes des filières thermiques faisant l'objet de ces études⁹. Quant aux émissions atmosphériques de méthane provenant d'un réservoir hydroélectrique, elles représenteraient moins de 1 % de celle de CO₂¹⁰. Tant les émissions de CO₂ que de méthane se produisent essentiellement au cours des dix premières années qui suivent la création des réservoirs.

Enfin, des études récentes ont permis d'établir que les aménagements hydroélectriques actuels ou projetés au Québec n'auront que des incidences climatiques limitées et locales (entre 5 et 50 km en périphérie des réservoirs). Ces effets sont saisonniers : réchauffement (inférieur à 1°C) des températures automnales, diminution (10 %) des précipitations au printemps et augmentation (5 %) à l'automne¹¹.

2.3.4 L'occupation et la structuration du territoire

Les ouvrages hydroélectriques nécessitent de vastes superficies. Ils ont donc une incidence marquée sur l'occupation et la structuration du territoire. Les superficies occupées varient toutefois beaucoup en fonction des caractéristiques géographiques des territoires retenus pour fins de production hydroélectrique.

⁹ Tjérien N., Impacts cumulatifs. Enjeu "Qualité de l'air". Étude des enjeux environnementaux associés à l'effet de serre suite à la création de réservoirs hydroélectriques, Université de Sherbrooke, Département de génie chimique, décembre 1990, cité dans Hydro-Québec, Analyse environnementale des filières de production d'électricité, mars 1992, p. 49.

¹⁰ Chamberland, A., Decomposition Model for Flooded Biomass in Reservoirs. Information for the Vermont Public Service Commissions, (in collaboration with R. Shetagne and L. Varfalvy), Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, janvier 1990, cité dans Hydro-Québec, Analyse environnementale des filières de production d'électricité, mars 1992, p. 49.

¹¹ Hydro-Québec, Études sur les effets environnementaux cumulatifs du plan des installations. analyse d'un premier groupe d'enjeux environnementaux, Rapport d'étape, 1990, Cité dans Hydro-Québec, Analyse environnementale des filières de production d'électricité, mars 1992, p. 50.

La création d'un réservoir a pour effet immédiat de soustraire à d'autres types d'utilisation du milieu des ressources ou des espaces qui sont ou pourraient être mis en valeur. L'importance de ces impacts est fonction du nombre de personnes touchées ainsi que de l'intérêt social, culturel ou économique des activités concernées. Elle doit également être évaluée en prenant en compte les nouvelles possibilités offertes par la présence des réservoirs, notamment en ce qui concerne les activités de pêche et les activités nautiques.

Les réservoirs et ouvrages connexes constituent des obstacles qui peuvent compliquer la circulation des personnes sur le territoire. Toutefois, ce problème se pose avec moins d'acuité dans les territoires du Nord du Québec qu'ailleurs puisque la densité de population y est très faible. De plus, les infrastructures (routes, aéroports et établissements permanents) qui ont dû être construites ont un effet marqué sur le désenclavement du territoire et son développement. Cet effet peut avoir des répercussions positives en termes de possibilités nouvelles d'exploitation des ressources si elles s'inscrivent au sein d'un plan régional de développement établi en concertation avec les utilisateurs et gestionnaires du milieu. L'effet peut par ailleurs être déstabilisateur si les possibilités nouvelles apportent des pressions incontrôlées sur les ressources et entraînent des conflits entre différents utilisateurs.

2.3.5 Les perceptions et les changements sociaux

L'ensemble des impacts mentionnés précédemment, qu'ils touchent le milieu humain ou naturel, peuvent susciter des réactions variables chez la population, dépendant de ses modes de vie et de ses valeurs sociales. Ces réactions peuvent être plutôt négatives et génératrices de tensions sociales lorsque les ouvrages hydroélectriques sont implantés dans un espace où ils sont susceptibles de provoquer une évolution accélérée des modes de vie.

L'expérience passée démontre que tout projet hydroélectrique dans de tels milieux doit s'engager sur la base d'une concertation avec les communautés et les autres intervenants impliqués, visant à susciter, au sein de ces communautés, un développement économique et social qui tient compte de leurs besoins. Les territoires du Nord du Québec sont habités par trois différentes communautés autochtones : les Inuit (6 294 personnes), les Cris (9 880 personnes) et les Naskapis (509 personnes). Les niveaux de population donnés sont ceux de 1988 à 1990. En 1975, les communautés cries et inuit, de même que les représentants des divers paliers de gouvernement canadiens et d'Hydro-Québec, signaient la Convention de la Baie James et du Nord québécois, qui prévoyait divers transferts de responsabilités vers les communautés dans le but, entre autres, de favoriser la sauvegarde des modes de vie traditionnels. Le territoire régi (voir l'Annexe II) par cette convention est de 1 066 000 km², soit les 2/3 de la superficie du Québec.

2.3.6 La sécurité

Les bris de digues et barrages sont extrêmement rares. Néanmoins, Hydro-Québec, membre très actif de la Commission internationale des grands barrages, se tient à la fine pointe des technologies de prévention en ce qui concerne la gestion des risques aux différentes étapes de réalisation, planification, conception, construction, exploitation et entretien des ouvrages.

Un suivi constant est exercé sur la totalité des digues et barrages qui, dans le nord du Québec sont constitués de matériaux locaux : moraine, sable et gravier et enrochement.

CONCLUSION

L'hydroélectricité constitue, dans la perspective du développement durable, une forme d'énergie très efficace. C'est la forme d'énergie renouvelable la plus utilisée au monde.

Les besoins en électricité croissants et légitimes des populations des pays en développement devront être comblés d'une manière ou d'une autre. L'adoption de la filière hydroélectrique par les pays en développement qui disposent de ressources hydrauliques pourrait être bénéfique à plusieurs égards. Elle permettrait d'une part de réduire leur dépendance à l'égard des importations de pétrole, ce qui comporterait l'avantage additionnel de réduire les émissions de gaz à effets de serre responsables d'un éventuel réchauffement global de l'atmosphère. D'autre part, l'usage polyvalent qu'on peut faire des installations hydroélectriques est très avantageux puisqu'il permet aux pays d'adopter un plan intégré de gestion de l'eau, ce qui s'avère d'une importance stratégique pour un bon nombre de pays du sud ayant une forte densité de population.

Il sera important, lors de la planification des grands projets hydroélectriques, de prendre en compte toutes les répercussions de ces projets, qu'elles soient locales ou internationales. En ce qui concerne Hydro-Québec, elle a développé une expertise considérable dans le domaine des études d'impacts des projets hydroélectriques et elle est en mesure de partager son expérience avec les autres pays qui décideront d'adopter cette filière et de favoriser ainsi le développement durable.

Bibliographie

Gouvernement du Québec, L'énergie au Québec, édition 1990, 1990, 115 p.

Gouvernement du Québec, L'énergie au Québec, édition 1992, 1992, 106 p.

Hydro-Québec, Analyse environnementale des filières de production d'électricité, mars 1992, 99 p.

Hydro-Québec, Proposition de plan de développement d'Hydro-Québec 1993, Annexe 3 : Moyens de production, octobre 1992. 107 p.

Hydropower : Utilization of Waterfall Energy in an Environmentally Sensitive World, Report from a Symposium on Hydropower, its Potential and Environmental Properties in a Global Context, Oslo, 15-17 October 1991, 37 p.

USCOLD, The Role of Dams in the 21st Century, United States Committee on Large Dams, June 1992, 63 p.

Water Power and Dam Construction, 1992 Handbook, 260 p.

WEC, RoundUp, 15th WEC Congress 1992, Madrid - Spain, World Energy Council, 1993. 314 p.

World Resources Institute, World Resources 1992-93, A Guide to the Global Environment, World Resources Institute, New York, Oxford, Oxford University Press, 1992, 385 p.

Résumé

L'hydroélectricité constitue la source la plus importante d'énergie renouvelable dans le monde. La majorité des ressources hydroélectriques inexploitées dans le monde se retrouvent dans les pays en développement. Pour ces pays, qui connaîtront au cours des prochaines décennies une forte augmentation de population et de la demande d'électricité, l'énergie hydraulique représente sans aucun doute l'une des solutions à privilégier. Elle comporte plusieurs avantages par rapport aux autres formes d'énergie. Elle permet de réduire la dépendance des pays à l'égard des importations de pétrole et l'usage polyvalent qu'on peut faire des installations hydroélectriques est très avantageux puisqu'il permet aux pays d'adopter un plan intégré de gestion de l'eau, ce qui s'avère d'une importance stratégique pour un bon nombre de pays du Sud ayant une forte densité de population.

C'est la filière hydroélectrique qui a été retenue au Québec par la compagnie Hydro-Québec. Le Québec est relativement peu choyé en terme de sources d'énergie fossile et l'énergie hydraulique constitue en fait la seule forme d'énergie économiquement exploitable disponible en grande quantité sur le sol québécois. Bien que l'implantation de grands complexes hydroélectriques ne puisse se faire sans toucher l'environnement immédiat des sites aménagés et soulever des enjeux sociaux importants, l'hydroélectricité constitue, dans la perspective du développement durable, une forme d'énergie très efficace. C'est le seul moyen de production de base d'électricité, avec l'énergie nucléaire, qui ne contribue pas à la détérioration des conditions atmosphériques globales.

Summary

Hydro electricity constitutes the world's largest source of renewable energy. The majority of unexploited hydro-electric resources around the world are located in developing countries. For these countries, who within the next few decades will experience a vast increase in population and a resulting increase in electrical demand, hydro-electricity is without any doubt one of the solutions which should be given priority. It has several advantages over other forms of energy production. Hydro-electricity allows countries to decrease their dependency on petroleum, and the multiple uses which are made available by the hydroelectric installations are of strategic importance, especially in countries in the southern hemisphere with a high population density, because they enable countries to create an integrated water management plan.

Hydro electricity is the branch of renewable energy on which Quebec's major electric utility, Hydro-Québec, has concentrated its efforts. Quebec is poorly endowed in terms of fossil fuel energy, and hydraulic energy is virtually the only economically viable source of energy available on a large scale in the province. Even though the building of hydroelectric power stations affects the environment immediately around the sites and raises serious social issues, the use of hydroelectric energy, with a view to sustainable development, represents a very efficient form of energy production. Hydro-electricity, along with nuclear energy, is the only widely used form of electricity production which does not adversely affect global atmospheric conditions.

The world's hydro resources

Most data relate to 1990 figures and have been submitted by national power authorities. Where 1990 data were not available, the most recent figures have been used. Small hydro data relate to schemes <10 MW unless stated otherwise in a footnote.

Water Power & Dam Construction Handbook 1992

See foot-notes	Country	Gross theoretical hydro potential (GWh/year)	Exploitable potential (GWh/year)	Hydro generation									Percentage of total power generation contributed by hydro in 1990	Pumped-storage plants						
				In operation			Under construction			Planned				Operating		Under const.		Planned		Generation by pumped storage plants in 1990 (GWh)
				Total hydro capacity (GW)	Small hydro capacity (MW)	Total hydro generation in 1990 (GWh)	Total hydro capacity (GW)	Small hydro capacity (MW)	Probable average annual generation (GWh)	Total hydro capacity (GW)	Small hydro capacity (MW)	Probable average annual generation (GWh)		No. of stations	Total capacity (GW)	No. of stations	Total capacity (GW)	No. of stations	Total capacity (GW)	
◆	Alghanistan	n/a	n/a	0.281	n/a	764	0.26	n/a	n/a	0.338	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Albania	20000	17000	1.71	n/a	5200	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	>2000	90	0	0	0	0	0	0	0
◆	Algeria	12000	n/a	0.285	n/a	300	n/a	n/a	n/a	0.1	n/a	150	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Angola	>150000	100000	0.434	n/a	1335	0.52	n/a	n/a	0.3	n/a	3400	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Argentina	535000	390000	5.63	90	17650	4.87	15	26100	n/a	n/a	n/a	36	2	0.974	0	0	0	0	520
◆	Australia (total)	264000	30000	7.26	34.5	14568	0.827	0	n/a	0.05	0	n/a	11.4	3	1.28	0	0	0	0	409
◆	New South Wales	38000	5300	0.345	13.5	246.5	0	0	0	0.05	0	190	0.55	1	0.24	0	0	0	0	28
◆	Northern Territory	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
◆	Queensland	n/a	3400	0.632	3	432.9	0.6	0	1100	0	0	0	1.94	1	0.5	0	0	0	0	118
◆	South Australia	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
◆	Snowy Mts	—	—	3.74	0	4216.5	0	0	0	0	0	0	100	1	0.54	0	0	0	0	263
◆	Tasmania	30000	18000	2.075	13	8306	0.227	n/a	902.3	0	0	0	92.1	0	0	0	0	0	0	0
◆	Victoria	13000	250	1.6	3.1	8.5	0.0026	2.6	n/a	0.0295	29.5	118	2	0	0	0	0	0	1	0 (001)
◆	Western Australia	n/a	n/a	0.002	2	n/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
◆	Austria	75000	53700	10.9	700	32491	0.21	15	550	6.5	300	19300	64	17	2.9	0	0	0	2.7	2600
◆	Bangladesh	n/a	n/a	0.23	n/a	738.9	0	0	0	0	0	0	9.87	0	0	0	0	0	0	0
◆	Belgium	798	n/a	0.0929	14	355.7	0.00257	2.57	n/a	n/a	n/a	297.5	3.8	2	1.211	0	0	0	0	645.9
◆	Bhutan	n/a	n/a	0.336	5.66	n/a	1.6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	100	0	0	0	0	0	0	0
◆	Bolivia	173000	90000	0.31	55	1142	0	0	0	0.35	10	2135	65.2	0	0	0	0	0	0	0
(a)◆	Brazil	3020400	1194900	48.747	100	213378	20	40	120000	15.436	180	69756	96	4	0.147	0	0	0	0	n/a
◆	Bulgaria	3710	2240	1.973	831.6	1852	0.47	0	440	0.05	50	260	4.5	2	0.19	1	0.84	0	0	185
+	Burkina Faso	n/a	n/a	0.014	0	9.3	0.016	0	45	0.0614	1.35	2.079	5.04	0	0	0	0	0	0	0
◆	Burma (Myanmar)	376000	160000	0.258	n/a	1121	n/a	n/a	n/a	0.706	n/a	2600	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Burundi	6605	1445	0.028	12	93	0.0028	0.4	21	0.073	n/a	350	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Cambodia	n/a	83000	0	0	0	0	0	0	0.022	4	60	0	0	0	0	0	0	0	0
◆	Cameroon	172572	115000	0.528	3	2325	0.12	19	790	0.284	n/a	1850	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Canada	975934	592982	59	897	293147	4	50	13240	78	500	412133	63	1	0.186	0	0	0	0	92

◆ Small hydro data refer to schemes <10MW

◆ Technical capability given for exploitable potential - source: World Bank

(a) Includes 11.9 GW capacity for large and 200 MW ab

◆ Small hydro data refer to <2 MW

Source : Water Power & Dam Construction Handbook 1992, pp. 34, 35, 36, 37.

◆	Central African Republic	n/a	n/a	0.022	n/a	74	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Chile	181000	132433	2.3	11	11458	0.766	n/a	4306	8,852	n/a	52064	67.8	1	0.004	0	0	0	0	n/a
◆	China	5922180	1923064	34.58	3874.8	126000	24	n/a	96000	41	n/a	164000	20.38	2	0.033	1	1.55	2	2.6	n/a
◆	China (Taiwan)	105450	20000	1.562	15.49	4840	0.123	0	n/a	0.001	1	4.4	8.66	1	1	1	1.6	1	1.2	1819
◆	Colombia	1290000	418200	6.7	100	24220	1.4	0	6830	2.9	35	15760	78.2	3	0.031	0	0	0	0	n/a
◆	Comoros	n/a	n/a	0.001	1	2	0	0	0	0	0	0	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Congo	n/a	50000	0.12	n/a	233	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Costa Rica	222953	37000	0.706	30.2	3317	0.122	24.4	555	0.982	1.8	4932	99	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Cote D'Ivoire	68000	14000	0.385	n/a	1290	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Cuba	n/a	n/a	0.49	n/a	44	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Cyprus	n/a	n/a	0.00065	0.65	0.852	0	0	0	0	0	0	0.075	0	0	0	0	0	0	0
◆	Czechoslovakia	28600	10826	3.011	203	3884	0.46	8	2050	0.35	41	950	4.48	7	1.349	1	0.65	2	1.7	n/a
◆	Denmark	120	70	0.0095	n/a	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0.016	0	0	0	0	0	0	0
◆	Faroe Islands	n/a	90	0.027	0.5	n/a	0	0	0	0.033	0	100	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Dominica	200	118.3	0.00284	2.84	14.2	0.00484	4.84	19.3	0	0	0	43.6	0	0	0	0	0	0	0
◆	Dominican Republic	n/a	2517	0.165	252	950	n/a	4.8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Ecuador	491000	115000	0.915	16.62	4934	0.708	3.1	1992	1.892	13.17	10144	85.5	0	0	0	0	0	0	0
◆	Egypt	n/a	n/a	2.7	n/a	6000	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	El Salvador	4737	3319	0.233	0.5	1030	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Equatorial Guinea	n/a	n/a	0.001	1	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Ethiopia	650000	162000	0.372	0.6	1004	0.168	1.1	885.8	0.416	3	2263	84.3	0	0	0	0	0	0	0
◆	Fiji	1261	515	0.08	0	365.6	0.0005	0.5	4	0.02	0	47	94	0	0	0	0	0	0	0
◆	Finland	28000	20000	2.6	300	12000	0.1	n/a	300	0.1	10	400	19	0	0	0	0	1	0.45	0
◆	France	266000	72000	19.8	<800	69600	0.189	n/a	835	1.4	n/a	1880	13	22	4.9	0	0	1	0.5+	3000
◆	Gabon	n/a	32500	0.323	160	699	0.0044	4.4	12	0.0415	1.5	2	80	0	0	0	0	0	0	0
◆	Germany	120000	27000	3.589	n/a	17825	0.1	n/a	500	n/a	n/a	n/a	3.3	33	5.618	n/a	n/a	n/a	n/a	3496
◆◆	Ghana	12782	10000	1.072	n/a	4907.9	n/a	n/a	n/a	1.302	n/a	5871	99	0	0	0	0	0	0	0
◆	Greece	25000	16000	2.969	4.7	1808	0.7923	0	820	0.796	0	2043	7.3	1	0.315	1	0.3	0	0	323.4
◆	Greenland	300000	10000	0	0	0	0.29	0	200	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0	0
◆	Grenada	30000	20000	0	0	0	0.003	3	10.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
◆	Guatemala	95405	43370	0.438	4.9	2088.9	0	0	0	0.252	n/a	817	94.1	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Guinea	n/a	26000	0.047	n/a	167	n/a	n/a	n/a	0.75	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Guinea-Bissau	n/a	300	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Guyana	67500	63100	0	0	0	0	0	0	0.05	50	325	0	0	0	0	0	0	0	0
◆	Haiti	548	430	0.054	7	258.4	0.0011	1.1	7	0.0028	2.8	16.8	49.9	0	0	0	0	0	0	0
◆	Honduras	196000	24000	0.431	1.2	1914.5	0	0	0	0.319	0	1622.7	98.5	0	0	0	0	0	0	0
◆	Hungary	7400	4500	0.05	8.4	178	0	1.12	6.5	0	0	0	0.65	0	0	0	0	1	1.2	0
◆	Iceland	64000	28000	0.8	43	4159	0.15	n/a	750	n/a	n/a	n/a	93.5	0	0	0	0	0	0	0
◆	India	2637800	600100	17.34	207	57793	7.377	57	38773	29.844	62	156860	26.13	2	1	1	0.06	0	0	n/a
◆	Indonesia	3380000	709000	1.9938	12.52	5300.55	1.4	13	n/a	1.518	n/a	n/a	21	0	0	0	0	0	0	0
◆	Iran	36286	n/a	1.952	n/a	7522	0.061	3	146	4.777	n/a	9809	15.4	0	0	1	1	0	0	0
◆	Iraq	n/a	70000	0.1	n/a	610	1.76	n/a	n/a	25	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Ireland (Rep. of)	n/a	1180	0.22	33	679.4	0	3	15	0	0	0	5	1	0.292	0	0	0	0	285.4
◆	Israel	1600	1600	0	0	0	0	0	0	0.00025	2.5	n/a	0	0	0	0	0	1	0.5	0
◆	Italy	341000	65000	12.7	1991	31115	1.18	23.9	1160	1.3	15	3800	14.8	21	6.3	1	1.75	0	0	3453

◆ = Small hydro data refer to schemes <1MW.

◆ = Technical capability given for exploitable potential—source: World Bank.

(b) Small hydro data relates to powerplants equipped with units of <10 MW.

◆ = Small hydro data refer to <2 MW.

See foot-notes	Country	Gross theoretical hydro potential (GWh/year)	Exploitable potential (GWh/year)	Hydro generation									Percentage of total power generation contributed by hydro in 1990	Pumped-storage plants					Generation by pumped storage plants in 1990 (GWh)	
				In operation			Under construction			Planned				Operating		Under const.		Planned		
				Total hydro capacity (GW)	Small hydro capacity (MW)	Total hydro generation in 1990 (GWh)	Total hydro capacity (GW)	Small hydro capacity (MW)	Probable average annual generation (GWh)	Total hydro capacity (GW)	Small hydro capacity (MW)	Probable average annual generation (GWh)		No. of stations	Total capacity (GW)	No. of stations	Total capacity (GW)	No. of stations		Total capacity (GW)
◆	Jamaica	455	335	0.0217	1.09	101.16	0.00155	1.55	11.41	0.042	4.1	193.1	6	0	0	0	0	0	0	0
◆	Japan	717600	130524	20.481	n/a	87968	0.802	n/a	2458	11.518	n/a	40223	11	38	17.004	8	5.48	440	329.116	n/a
◆	Jordan	87	87	0.007	n/a	19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Kenya	n/a	30000	0.583	8.24	2192	0.14	—	400	60	—	130	78	0	0	0	0	0	0	0
◆	Korea (DPR of)	n/a	n/a	4.6	n/a	29100	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Korea (Rep of)	77201	n/a	2.422	9.52	n/a	0.073	3.65	147.7	3	0.45	n/a	4.8	2	1.032	1	0.6	0	0	1549
◆	Laos (PDR of)	150227	22638	0.153	3	705	0.045	n/a	180	928.4	2.4	5378.1	95	0	0	0	0	0	0	0
◆	Lebanon	1000	1000	0.246	2	610	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Lesotho	n/a	2000	0.0022	3	n/a	0.07	0.2	500	0.11	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Liberia	n/a	11000	0.081	<0.1	319	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Luxembourg	125	120	0.028	17	72	0	0	0	0.005	5	23	12	1	1.1	0	0	0	0	745
◆◆	Madagascar	400000	23061	0.106	2.48	303.5	0.0001	0.1	0.7	0.071	0	613.4	70.6	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Malawi	n/a	6000	0.146	n/a	564	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Malaysia (total)	219900	108600	1.5805	8.75	5800.62	0.0873	89.3	482.26	4.2	11.87	22296	30.5	0	0	0	0	0	0	0
◆	Peninsular	16200	10000	1.4065	6.2	4996	0.082	84	452	1.1177	1.7	1056	29	0	0	0	0	0	0	0
◆	Sabah	11700	11700	0.066	0.5	338.72	0.005	5	29	0.39	2.17	1540	36.8	0	0	0	0	0	0	0
◆	Sarawak	190000	87000	0.11	2.15	450.2	0	0	0	4	7.17	n/a	44.6	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Mali	10000	10000	0.045	n/a	162	n/a	n/a	n/a	0.2	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Mauritius	n/a	n/a	0.0593	12.34	147.6	0	0	0	0	0	0	25.3	0	0	0	0	0	0	0
◆	Mexico	500000	150624	7.734	n/a	20800	1.59	n/a	4205	44.67	n/a	125200	20	0	0	0	0	5	1.39	0
◆	Mongolia	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0.16	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Morocco	4700	1900	0.687	19.8	1219.4	0.488	n/a	265	0.95	23	2060	13.7	0	0	0	0	1	0.333	0
◆◆	Mozambique	n/a	72000	2.36	2.75	132.9	0.0145	0	43	0.001	1	11.6	43.82	0	0	0	0	0	0	0
◆	Nepal	729500	144000	0.22345	8.898	706.9	0.0171	2.5	n/a	0.492	0.6	n/a	99.9	0	0	0	0	0	0	0
◆	Netherlands	700	130	0.03	n/a	-60	0	n/a	n/a	0.01	n/a	30	0.2	0	0	0	0	1	0	0
◆	New Caledonia	n/a	n/a	0.075	n/a	257	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	2	0
◆	New Zealand	n/a	74000	4.587	18.2	21891	0.432	0	2000	0.096	0.4	445	77	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Nicaragua	n/a	17277	0.103	n/a	268	n/a	n/a	n/a	2.091	n/a	5684	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Nigeria	n/a	46200	1.3384	0	3159	0.6	0	2628	8.02	0	31150	27.53	0	0	0	0	0	0	0
(c)	Norway	550000	171400	26.6	806	121601	1.3	11.1	3494.3	2.6	195.9	11505.6	99.6	22	0.995	1	0.043	4	n/a	1235
◆	Pakistan	n/a	n/a	2.901	109	15531	1.928	14	10000	9.24	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆◆	Panama	n/a	16233	0.551	n/a	2848	n/a	n/a	n/a	0.731	n/a	4022	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Papua New Guinea	175000	98000	0.143	12	438	n/a	6.2	n/a	1.844	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
(d)◆	Paraguay	n/a	78000	6.148	n/a	24303.2	2.25	n/a	15000	3.1	n/a	25000	100	0	0	0	0	0	0	0
◆	Peru	1819600	412000	3.8	50	11000	0.21	10	1200	4.5	25	1000	78	0	0	0	0	0	0	0
◆	Philippines	36654	18563	2.124	6	6230.39	0.08	n/a	456	3.389	n/a	11877.3	27.2	1	0.31	0	0	1	0.31	190.2
◆	Poland	23000	12100	2.007	100	4053.1	0.824	n/a	1319	n/a	n/a	n/a	6.5	5	1.37	2	0.927	n/a	n/a	n/a
◆	Polynesia	n/a	n/a	0.01	n/a	35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Portugal	32150	24500	1.069	69.3	9187	0.918	10	1299	1.065	n/a	1616	34.7	4	0.562	0	0	4	0.542	654.3

◆ = Small hydro data refer to schemes < 1 MW ◆◆ = Total capacity given for exploitable potential - source: World Bank (c) Small hydro data relates to schemes of 1 to 10 MW (d) Includes half the capacity of Itaipu and half the capacity of Yacrepá etc (1500MW) ◆◆ = Small hydro data refer to < 2 MW

◆	Puerto Rico	n/a	n/a	0.085	n/a	260	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Reunion	n/a	n/a	0.125	n/a	530	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Romania	70000	17500	5.72	270	10900	1.26	129	2600	1.82	212	3670	17.71	0	0	0	0	0	0	0
◆	Rwanda	n/a	3000	0.056	4	170	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Sao Tome-Principe	n/a	n/a	0.002	2	8	0	0	0	0	0	0	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Senegal	n/a	2500	0	0	0	0	0	0	0.2	0	n/a	0	0	0	0	0	0	0	0
◆	Sierra Leone	n/a	6800	0.004	4	25.66	0.222	2	n/a	310	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Solomon Islands	n/a	n/a	0.00003	0.03	0.04	0.00013	0.13	0.64	6.65	0.25	20	0.13	0	0	0	0	0	0	0
◆	Somalia	n/a	n/a	0.0048	0	0.024	0	0	0	0.14	0	500	6	0	0	0	0	0	0	0
◆	South Africa	n/a	n/a	0.6	n/a	1010	0	n/a	n/a	0.24	n/a	315	0.74	2	1.4	0	0	1	1	1841
◆	Spain	150360	65400	16.7	1050	25694	0.317	-50	700	2	-1000	n/a	17	23	4.9	n/a	n/a	n/a	n/a	-3300
◆	Sri Lanka	7000	7255	0.938	9	2597	0.169	0	708	0.392	0.02	1200	92.78	0	0	0	0	0	0	0
◆	Sudan	n/a	1900	0.283	n/a	516	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Surinam	n/a	12840	0.189	n/a	935	n/a	n/a	n/a	0.3	n/a	1371	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Swaziland	1200	400	0.044	3	220	0.0003	0.3	2	n/a	0	n/a	51	0	0	0	0	0	0	0
◆	Sweden	200000	99000	16.4	320	71459	0.18	n/a	474	0.25	n/a	-1000	50.3	3	0.427	0	0	0	0	n/a
◆	Switzerland	144000	41000	11.6	664	30675	0.193	22	685	n/a	180	1600	56.7	16	1.455	0	0	5	0.85	1640
◆	Syria	5000	4500	0.895	n/a	1934.22	0.63	n/a	1600	0.05	n/a	100	19.48	0	0	0	0	0	0	0
◆	Tahiti	n/a	n/a	0.02	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Tanzania	n/a	20000	0.3332	2.72	1445	n/a	0.72	n/a	0.26772	0.72	1740.97	46	0	0	0	0	0	0	0
◆	Thailand	17750	n/a	2.429	17.76	4858	0.136	0	280	0.672	0	1367	11.25	1	0.36	0	0	2	1.175	261
◆	Togo	n/a	n/a	0.069	4	154	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Tunisia	n/a	n/a	0.065	13	44	0	0	0	0.3	2.2	385	1	0	0	0	0	1	0.3	0
◆	Turkey	433000	121000	6.8	95.3	23148	4.1	18.2	14000	10.5	247	36200	40	0	0	0	0	0	0	0
◆	Uganda	n/a	10200	0.156	n/a	644	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	UK (total)	9300	5200	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	1.5	5	3.023	0	0	0	0	n/a
◆	England	n/a	n/a	0.0033	3.3	11.2	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0
◆	Northern Ireland	n/a	n/a	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.23	0	0	0	0	n/a
(e)	Scotland	n/a	n/a	1.189	82	3963	0	0	0	0	0	0	n/a	2	0.7	0	0	0	0	507
◆	Wales	n/a	n/a	3.0917	0	229.114	0	0	0	0	0	0	0.1	2	2.088	0	0	0	0	n/a
◆	Uruguay	32000	4880	1.196	0	2687	0	0	0	0	0	0	60.4	0	0	0	0	0	0	0
◆	USA	528500	376000	73	3405	279839	1.16	53	2915	n/a	n/a	n/a	10	37	17.1	3	2.06	53	26.4	n/a
(f)	USSR	3942000	2950000	64.36	883	223325	12.6	50.2	49900	35.6	155	12640	13.2	1	0.625	4	5.121	n/a	n/a	533
◆	Vanuatu	n/a	n/mv	0	0	0	0	0	0	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0	0
◆	Venezuela	335000	250000	10.98	7.44	34667.4	2.54	1.02	13829.6	4.848	3.5	26749	58.4	0	0	0	0	0	0	0
◆	Vietnam (southern)	n/a	6490	0.563	3.7	2720	0.15	5	600	1.02	5	2830	70	0	0	2	0.155	2	0.45	0
◆	Western Samoa	140	80	0.00765	7.65	21.95	0	0	0	0.004	4	n/a	52.37	0	0	0	0	0	0	0
◆	Yugoslavia	118000	71000	6.648	119	24391	0.356	n/a	1278	2.178	n/a	6336	31	3	1.3	0	0	0	0	1416
◆	Zaire	n/a	530000	2.486	1	5156	n/a	n/a	n/a	2	n/a	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Zambia	33500	30900	1.963	n/a	9512	0	0	0	3.729	0	n/a	n/a	0	0	0	0	0	0	0
◆	Zimbabwe	23.665	19.281	0.666	0	3528.4	0	0	0	1.4	0	7805	46.7	0	0	0	0	0	0	0

◆ Small hydro data refer to schemes < 10 MW

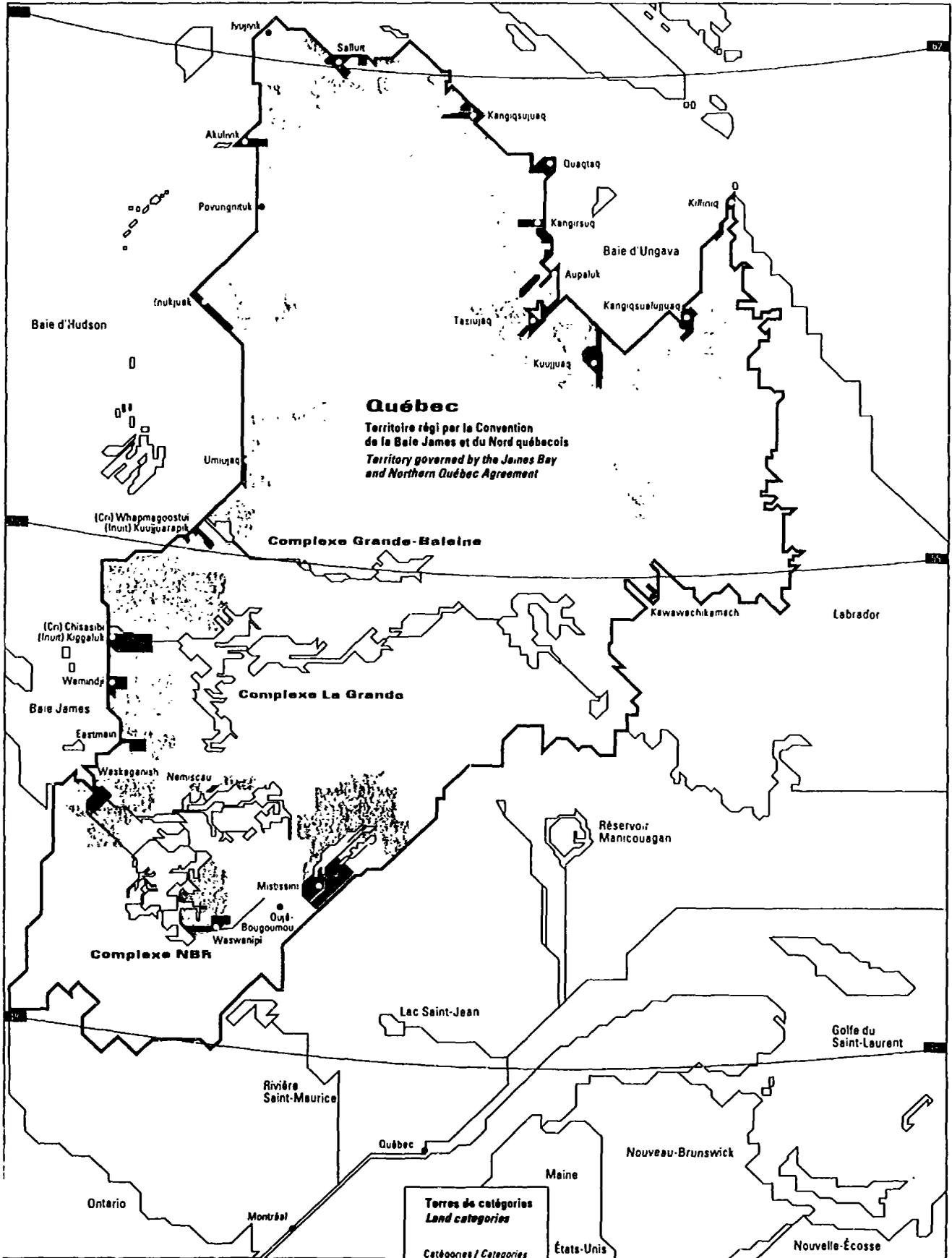
◆ Technical capability given for exploitable potential—source: World Bank

(e) Data do not include independent producers

(f) Small hydro data refer to powerplants of < 25 MW

◆ Small hydro data refer to < 2 MW

Communautés autochtones du Québec nordique
Native communities of Northern Québec



Source : FORCES, Revue de documentation économique, culturelle et sociale, Québec, No 97, p. 21.